

Kehitystä naudanlihantuotantoon I

Arto Huuskonen (toim.)



MTT KASVU₉

Kehitystä naudanlihantuotantoon I

Arto Huuskonen (toim.)



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin.

ISBN 978-952-487-265-2 (Painettu)
ISBN 978-952-487-266-9 (Verkojulkaisu)
ISSN 1798-1816 (Painettu)
ISSN 1798-1832 (Verkojulkaisu)
www.mtt.fi/mttkasvu/pdf/mttkasvu9.pdf

Copyright MTT

Kirjoittajat

Arto Huuskonen (toim.)

Julkaisija ja kustantaja MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti MTT, viestintä ja informaatiopalvelut,
31600 Jokioinen, puhelin (03) 41881,

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi 2010

Kannen kuva Sari Jaakola

Painopaikka Tampereen Yliopistopaino Juvenes Print Oy

Kehitystä naudanlihantuotantoon I

Arto Huuskonen (toim.)
MTT, Kotieläintuotannon tutkimus
Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

Tiivistelmä

InnoNauta Tiedotus -hankkeen keskeisenä tavoitteena on uusimman kotimaisen ja ulkomaisen tiedon hankinta ja sen saattaminen asiasta kiinnostuneiden tietoon. Tähän julkaisuun on koottu neljän naudanlihantuotantoa käsittelevän kirjallisuusselvityksen merkittävimmät tulokset.

Ensimmäisessä selvityksessä kuvataan naudanlihantuotannon rakennekehitystä ja muutoksia naudanlihan tarjonnassa sekä esitellään naudanlihantuotantotilojen talouden kehitystä viime vuosina. Lisäksi tarkastellaan suomalaisten tilojen taloudellista asemaa suhteessa kilpailijamaiden lihanautatiloihin ja Euroopan unionin keskiarvoon. Naudanlihantuotantotiloilla on tapahtunut voimakasta rakennekehitystä Suomen EU-jäsenyyden aikana, sillä suuri joukko pieniä tiloja on lopettanut tuotantonsa samaan aikaan kun tuotanto on alkanut keskittymään yhä suurempiin tilakokoluokkiin. Rakennekehityksen seurauksena naudanlihantuotantotilojen keskimääräinen peltopinta-ala ja eläinmäärä ovat kasvaneet ja pellot ja eläimet keskittyneet yhä harvemmalle tilalle.

Kotimainen naudanlihantuotanto ei pärjää tuotantokustannuksiltaan kansainvälisessä vertailussa. Heikon kannattavuuden kanssa painitaan Suomen lisäksi monessa muussakin jäsenmaassa.

Toisessa kirjallisuusselvityksessä kootaan tietoa pikkuvasikoiden lämmönsäätelyn fysiologiasta ja kylmässä kasvattamisen vaikutuksista niiden terveyteen, tuotantoon ja

hyvinvointiin. Vasikan kyky sietää alhaisia lämpötiloja kehittyä kasvun myötä eristyksen (karvapeite, ihonalainen rasva) parantussa ja lämmöntuoton lisääntyessä. Vasikan kylmänkestävyyttä parantavat muun muassa energiapitoinen ruokinta, runsas olkikuivitus sekä ympäristön vedottomuus ja kuivuus. Vasikat ovat kasvaneet heikommin, yhtä hyvin tai jopa paremmin kylmissä kuin lämpimissä olosuhteissa. Kylmissä olosuhteissa kasvatusta on lisännyt vasikoiden rehun syöntiä tai ei ole vaikuttanut siihen. Iglukasvatus on usein vähentänyt vasikoiden riskiä sairastua hengitystietulehdukseen ja ripuliin perinteiseen sisäkasvatukseen verrattuna, mutta aiheesta on saatu myös vastakkaisia tutkimustuloksia.

Kolmannessa kirjallisuusselvityksessä kartoitetaan mahdollisuuksia vaikuttaa naudan ruhon rasvoittumiseen. Kirjallisuuden perusteella rasvan kertyminen ruhoon lisääntyy päiväkasvun nopeutuessa ja energian saannin lisääntyessä. Myös teuraspainon kasvu lisää ruhojen rasvaisuutta ja vähentää lihan sekä luun osuutta. Ruokinnan energiapitoisuuden pienentäminen vähentää yleensä ruhojen rasvoittumista, mutta hidastaa myös usein eläinten kasvua ja pidentää siten kasvatusaikaa. Valkuaislisän vaikutukset ruhon koostumukseen ovat yleensä vähäisiä. Erilaisen karkearehujen ja väkirehujen käytöllä ei ole tutkimuksissa ollut vaikutusta ruhojen rasvoittumiseen, jos eläinten energian saanti on ollut samalla tasolla eri ruokintaryhmien välillä. Lisääntyneen liikunnan on havaittu ehkäisevän nautojen rasvoittumista. Liikunnan seurauksena eläimet kuluttavat enem-

män energiaa ja niihin kerääntyy enemmän lihaskudosta ja vähemmän rasvakudosta. Liharotuisten nautojen jalostuksellinen valinta residuaalisen syönnin perusteella voi olla tulevaisuudessa yksi mahdollinen keino tuottaa vähärasvaisempia ruhoja.

Neljännessä selvityksessä esitetään tutkimustietoa liharotuisten nautojen rehuhyötysuhteen vaihtelusta, periytyvyydestä ja siihen liittyvistä seikoista. Perinteisesti rehun hyväksikäyttö on määritetty rehun muunto-suhteella. Rehun muunto-suhteessa ei oteta huomioon yksilöiden välisiä eroja ylläpitoon ja kasvuun tarvittavassa energiamäärässä. Residuaalinen syönti on yksi mahdollinen tapa mitata liharotuisten eläinten rehun hyväksikäyttöä. Residuaalinen syönti on erotus, joka muodostuu eläimen todellisesta syönnistä ja arvioidusta syönnistä saavutettua tuotantotulosta kohden. Laskentatavasta johtuen residuaaliseen syöntiin ei vaikuta eläimen koko tai tuotanto-ominaisuudet. Residuaalisen syönnin avulla on mahdollista löytää yksilöt, jotka syövät vähemmän rehua ja ovat tuotannollisilta ominaisuuksiltaan tasavertaisia. Residuaalinen syönti periytyy keskinker-

taisesti. Loppukasvatuksessa eläinten kuiva-aineen syönti on ollut matalan residuaalisen syönnin eläimillä keskimäärin 12 % matalampi ja rehun muuntosuhde 9–15 % tehokkaampi kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä. Sonnan määrää sekä typpi-, fosfori- ja kaliumpäästöjä voidaan vähentää 15–17 % valitsemalla matalan residuaalisen syönnin omaavia eläimiä. Australialaisissa ja pohjois-amerikkalaisissa tutkimuksissa eläinten metaanintuotanto on ollut matalan residuaalisen syönnin eläimillä 25–30 % vähäisempää kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä. Myös teurasruhot ovat olleet hieman vähärasvaisempia matalan residuaalisen syönnin eläimillä. Matalan residuaalisen syönnin emot ovat poikineet 5–6 päivää myöhemmin kuin korkean residuaalisen syönnin emot.

Avainsanat:

naudanlihantuotanto, tuotannon talous, tuotantokustannukset, rakennekehitys, tuotantoympäristöt, vasikat, iglut, lämmönsäätely, terveys, rubon laatu, rasva, ruokinta, rebut, rehuhyötysuhde, residuaalinen syönti

Towards more efficient beef production I

Arto Huuskonen (ed.)
MTT, Animal Production Research
Halolantie 31 A, FI-71750 Maaninka

Abstract

The central aim of the InnoNauta Tiedotus project is to acquire the latest information from home and abroad and to distribute it to those concerned. This publication summarises the main results of four literature reviews on beef production.

The first study describes the structural development of beef production and changes in the supply of beef. The study also highlights the economic development of beef production farms in recent years. In addition, the study looks at the economic status of Finnish farms compared to beef cattle farms of competing countries and to the average of the European Union. Beef production farms have undergone considerable structural development during Finnish membership in the EU. A great number of small farms have given up production while production has concentrated on larger and larger farms. As a result of this structural development the average arable area and number of heads on beef production farms have grown as the fields and animals have concentrated on fewer and fewer farms. The production costs of Finnish beef are not competitive internationally. However, weak profitability is a concern also in many other member countries besides Finland.

The second literature review aimed at gathering information on the physiology of thermoregulation of young calves and on the effects of outdoor housing on their health, performance and welfare. The ability of the calf to withstand low temperatures increases

as its insulation (fur coat, subcutaneous layer of fat) improves and its heat production increases. The lower critical temperature for a newborn calf is (+9) – (+13) °C and for a three-week old calf +8 °C. The cold tolerance of calves can be improved e.g. through highly nutritious feed, ample straw-bedding and a draft-free and dry environment. Calves have grown more slowly, equally well or even better in cold than warm conditions. Housing in outdoor conditions has increased the feed intake of calves or has had no effect on it. Housing in outdoor hutches has often reduced the tendency of the calves to have respiratory diseases or diarrhoea compared to traditional indoor housing, but also contradictory research results have been obtained on the subject.

The purpose of the third literature review was to chart the possibilities of influencing the fat build of beef cattle. Based on the literature, fat build also increases with acceleration of live weight gain and an increased supply of energy. The increase of carcass weight also increases the fat content of the carcasses thereby reducing the proportion of beef and bone. Heifers put on fat earlier than steers who put on fat earlier than bulls. Breeds of heavy adult weight (such as Charolais, Simmental and Limousin) grow more quickly and put on fat more slowly than medium-size breeds (Aberdeen angus, Hereford, Highland cattle). Lowering of the energy content of feed reduces the fat build in the carcass but also tends to slow down the growth of the animals thereby increasing the raising

time. The effects of protein supplementation on carcass composition are usually slight. The use of various roughages and concentrates had no effect on fat build of the carcass in the study, provided the energy intake of the animals had remained on the same level between the different feed groups. Increased exercise has been found to reduce fat build in beef cattle. As a result of exercise the animals burn more energy and develop more muscular tissue and less adipose tissue. The selection of beef cattle based on residual feed intake may be one of the means of producing leaner carcasses in the future.

The fourth review aimed at presenting research results on the variation, heritability and other such factors of feed efficiency for beef cattle. Traditionally, feed efficiency has been determined through feed conversion. Feed conversion does not incorporate individual differences in the required amounts of energy for maintenance and gain. Residual feed intake is one possibility for measuring the feed economy of animals of beef breeds. Residual feed intake is the difference between the actual feed intake of the animal and its estimated feed intake compared to the achieved gain. Due to the calculation method the size of the animal or its raising conditions have

no effect on residual feed intake. Residual feed intake helps identify the animals who eat less but have equal performance properties. Residual feed intake has mediocre heritability. During the finishing period the dry matter intake of the animals has been on average 12% less and the feed conversion ratio 9-15% more efficient on animals of low residual feed intake than on animals of high residual feed intake. The amount of dung and emissions of nitrogen, phosphorous and potassium can be reduced by 15–17 % by selecting animals of low residual feed intake. In Australian and North-American studies methane production has been 25–30 % lower on animals of low residual feed intake than on animals of high residual feed intake. Also the carcasses of animals of low residual feed intake have been slightly leaner. Beef cows of low residual feed intake have calved 5-6 days later than cows of high residual feed intake.

Key words:

beef production, economy, production costs, housing environments, calves, hutches, health, carcass quality, fat, feeding, feed, feed efficiency, residual feed intake

Sisällysluettelo

Lihanautatilojen taloudellinen tilanne Suomessa ja vertailumaissa.....9

1	Johdanto.....	10
2	Naudanlihan tuotanto Suomessa	11
3	Aineistot ja menetelmät	17
4	Naudanlihantuotantotilojen talous	22
5	Johtopäätökset.....	30
6	Kirjallisuus	31

Pikkuvasikoiden kasvatus eristämättömissä olosuhteissa: terveys, tuotanto ja hyvinvointi..... 35

1	Johdanto.....	36
2	Lämmönsäätelyn fysiologia	37
3	Vasikoiden eristämättömät kasvatusympäristöt	42
4	Kylmässä kasvattamisen vaikutus vasikan hyvinvointiin	45
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	52
6	Suosituksukset ja ohjeet	53
7	Kirjallisuus	54

Naudan rasvoittumiseen vaikuttavat tekijät 58

1	Johdanto.....	59
2	Rasvakudoksen kehittyminen	59
3	Naudanruhon laatu	60
4	Ruhon laatuun vaikuttavat muut kuin ruokinnalliset tekijät	63
5	Ruokintastrategian vaikutus ruhoon	66
6	Rehujen laadun vaikutus ruhoon	68
7	Residuaalinen syönti ja ruhon rasvoittuminen	69
8	Yhteenveto ja johtopäätökset	69
9	Kirjallisuus	70

Liharotuisten nautojen rehun hyväksikäyttö ja residuaalinen syönti 75

1	Johdanto.....	76
2	Rehuhyötysuhde.....	77
3	Residuaalinen syönti, RFI.....	79
4	Käytetyt tutkimusmenetelmät	82
5	Rehuhyötysuhteen ja residuaalisen syönnin fysiologia.....	83
6	Residuaalinen syönti ja emolehmän tuotannollinen tehokkuus.....	89
7	Residuaalinen syönti ja ympäristövaikutukset	92
8	Rodun vaikutus residuaaliseen syöntiin sekä energiatehokkuuteen.....	94
9	Jalostukselliset mahdollisuudet ja kompastuskivet.....	96
10	Ruokinnalliset mahdollisuudet vaikuttaa rehuhyötysuhteeseen	103
11	Yhteenveto ja johtopäätökset	105
12	Kirjallisuus	106

Alkusanat

Suomalaisen naudanlihantuotannon haasteena on maatalouspolitiikan murroksessa ja kansainvälisen kilpailun puristuksessa viime vuosina ollut se, miten kotimaisen naudanlihan tarjonta saadaan pidettyä riittävän vahvana. Lypsykarjataloudesta tulevien vasikoiden määrän alentuessa keskeisinä keinoina vahvistaa naudanlihan tarjontaa ovat olleet emolehmiin määrän lisääminen ja nuorten nautojen kasvattaminen aikaisempaa suurempiin teuraspainoihin. Suomalaisen elintarviketuotannon haasteena globaalissa kilpailussa ovat vaikeat luonnonolot, eriytynyt markkina-alue ja historiallisista syistä johtuva epäedullinen tilarakenne. Kilpailukykyä voidaan lisätä alkutuotantoa kehittäville toimille ja luonnonolosuhteista johtuvia taloudellisia menetyksiä voidaan kompensoida maatalouspolitiikan toimenpiteillä. Menestyminen Euroopan yhteismarkkinoilla, jossa kilpailu kiristyy ja tuottajahinnat laskevat, edellyttää huomion kiinnittämistä entistä tarkemmin tiloilla tuotettujen tuotteiden yksikkökustannuksiin ja mahdollisuuksiin alentaa niitä.

MTT:n hallinnoimaan InnoNauta -hankekokonaisuuteen kuuluu kolme erillistä hanketta: InnoNauta Tiedotus, InnoNauta Koulutus ja InnoNauta Kehitys. Hankekokonaisuuden tavoitteena on: 1) suomalaisen naudanlihantuotannon tuotantokustannusten alentaminen 20 %:lla, 2) kilpailukykyyn säilyttäminen kansainvälisillä markkinoilla ja 3) kannattavuuden parantaminen. InnoNauta Tiedotus -hankkeen yhtenä keskeisenä tehtävänä on uusimman kotimaisen ja ulkomaisen tiedon hankinta ja saattaminen asiasta kiinnostuneiden tietoon. Tämä työ tehdään pääasiassa kirjallisuusselvitysten kautta. Tähän MTT Kasvu -sarjan julkaisuun on koottu neljän naudanlihantuotantoa käsittelevän kirjallisuusselvityksen merkittävimmät tulokset.

Näiden selvitysten toivotaan osaltaan palvelevan suomalaisen nautasektorin kehittämistä. Selvitykset tuovat uutta tietoa liharotuisten nautojen rehun hyväksikäytöstä, pikkukuvakoiden kasvatuksesta eristämättömissä tuotanto-olosuhteissa, naudanlihantuotannon taloudesta sekä naudan rasvoittumiseen vaikuttavista tekijöistä. Selvityksissä esitetään myös käytännön suosituksia, joiden toivotaan hyödyntävän tuotannon tarkentamista naudanlihantuotantoon erikoistuneilla tiloilla.

InnoNauta Tiedotus -hanke on rahoitettu Euroopan maaseudun kehittämisen Maatalousrahosta. Tuki on myönnetty Pohjois-Pohjanmaan TE-keskuksen kautta. InnoNauta -hankkeiden yhteistyökumppaneina toimivat AtriaNauta, TTS Tutkimus, Valio Oy, Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Savonia-ammattikorkeakoulu ja Itä-Suomen yliopisto.

Vesannolla 18.12.2009

Arto Huuskonen

MTT, Kotieläintuotannon tutkimus

Lihanutatilojen taloudellinen tilanne Suomessa ja vertailumaissa

Timo Karhula¹ ja Pellervo Kassi²

¹MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki, timo.karhula@mtt.fi

²MTT Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, pellervo.kassi@mtt.fi

Tiivistelmä

Naudanlihantuotannolla on merkittävä asema Suomen maataloussektorilla. Naudanlihantuotantoon erikoistuneita tiloja oli vuonna 2008 noin 4000 kpl eli 6,2 % Suomen maatiloista. Maataloustuotannon kokonaisarvosta naudanlihantuotannon osuus on noin 10 %. Tämän selvityksen alkuosassa kuvataan naudanlihantuotannon rakennekehitystä ja muutoksia naudanlihan tarjonnassa. Jälkimmäisessä osassa esitetään naudanlihantuotantotilojen talouden kehitystä viime vuosina. Lisäksi tarkastellaan suomalaisten tilojen taloudellista asemaa suhteessa kilpailijamaiden lihanautatiloihin ja Euroopan unionin keskiarvoon nähden. Naudanlihantuotannon rakennekehitys on ollut nopeaa. Kuluneen vuosikymmenen aikana emolehmien lukumäärä on kohonnut 50 % samaan aikaan kun nautojen loppukasvatuksessa suuri joukko pieniä tiloja on lopettanut ja tuotanto kes-

kittynyt yhä suurempiin yksiköihin. Vuosina 1995–2008 naudanlihantuotantotilojen lukumäärä on vähentynyt noin 5000 tilalla eli noin 6 % vuosittain. Tilojen lukumäärän vähenemisen keskeisin syy on naudanlihantuotannon pitkään jatkunut heikko kannattavuus. Naudanlihan tuottajahinta on ollut alhainen ja tilojen tuotantokustannukset ovat olleet vuosittain kokonaistuottoja suurempia. Kotimainen naudanlihantuotanto ei pärjää tuotantokustannuksiltaan kansainvälisessä vertailussa. Suomi sijoittuu tässä vertailussa kustannuksiltaan korkeimpien jäsenmaiden luokkaan. Heikon kannattavuuden kanssa painitaan Suomen lisäksi monessa muussakin jäsenmaassa.

Avainsanat: naudanlihantuotanto, tuotannon talous, rakennekehitys, tuotantokustannukset

1 Johdanto

Vuonna 2008 Suomessa tuotettiin 80,1 milj. kg naudanlihaa. Määrä oli peräti 7,6 % edellisvuotta pienempi. Naudanlihaa kulutettiin 95,1 milj. kg, joten kotimainen naudanlihan tuotanto kattoi vain 83 % kulutuksesta. Vuoteen 2007 verrattuna naudanlihan tuotantoon erikoistuneiden tilojen määrä laski 3 %, mutta emolehmätilojen määrä sen sijaan lisääntyi 4 % ja emolehmien määrä kasvoi peräti 10 %. Naudanlihan vienti (1,5 milj. kg) jäi noin kolmannekseen vuodesta 2007, mutta tuonti (15,9 milj. kg) lisääntyi 14 % vuonna 2008 (Niemi & Ahlstedt 2009).

Naudanlihan tuotannolla on merkittävä asema Suomen maataloussektorilla. Naudanlihan tuotantoon erikoistuneita tiloja oli vuonna 2008 noin 4 000 kpl eli 6,2 % Suomen maataloista. Naudanlihan tuotannon osuus on kuitenkin noin 10 % maataloustuotannon kokonaisarvosta, naudanlihan markkinahintaisen tuoton ollessa noin 200 milj. euroa. Kuitenkin vuosina 1995–2008 naudanlihan tuotantotilojen lukumäärä on vähentynyt noin 5 000 tilalla eli noin 6 % vuosittain (Tike 2009a). Tilalukumäärän vähenemisen keskeisimpänä syynä on ollut naudanlihan tuotannon pitkään jatkunut heikko kannattavuus.

Naudanlihan tuotanto Suomessa perustuu pääosin lypsykarjatiloihin syntyneisiin sonnivasikoihin. Emolehmien lukumäärä on kuitenkin 2000-luvulla kasvanut merkittävästi. Samalla naudanlihan tuotanto on alkanut keskittymään entistä enemmän maan keski- ja pohjoisosiin. Naudanlihan tuotantotiloista noin 50 % ja naudoista (pl. lypsy-lemmät) noin 60 % sijaitsee C2-tukialueella (Tike 2009b).

Naudanlihan tuotanto on murroksessa, sillä sonnivasikoiden tarjonta supistuu maidon tuotannon voimakkaan rakennemuutoksen seurauksena. Naudanlihan tuotannon edistämiseen pyrkivät toimet ovat kuitenkin onnistuneet kasvattamaan emolehmä tuotantoa, mutta emolehmien alhaisen lukumäärän vuoksi niiden määrä ei ole pystynyt korvaamaan lypsylehmien vähenemisestä aiheutunutta vasikoiden tarjontavajetta.

Tämän artikkelin alkuosassa kuvataan naudanlihan tuotannon rakennekehitystä ja muutoksia naudanlihan tarjonnassa. Jälkimmäisessä osassa esitellään naudanlihan tuotantotilojen talouden kehitystä viime vuosina. Lisäksi tarkastellaan suomalaisten tilojen taloudellista asemaa suhteessa kilpailijamaiden lihanautatiloihin ja Euroopan unionin keskiarvoon.

2 Naudanlihan tuotanto Suomessa

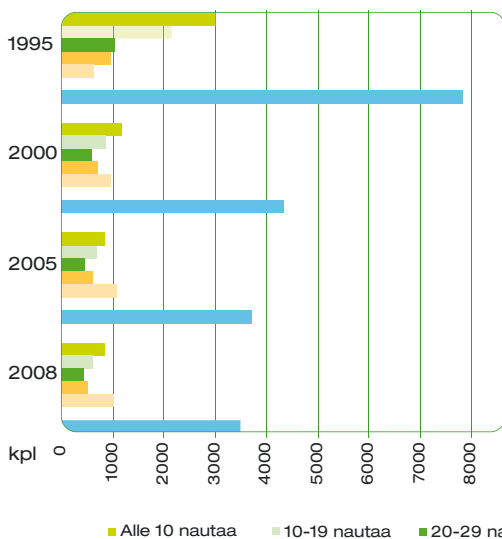
2.1 Naudanlihantuotantotilojen rakennekehitys

2.1.1 Kehitys tilakokoluokittain

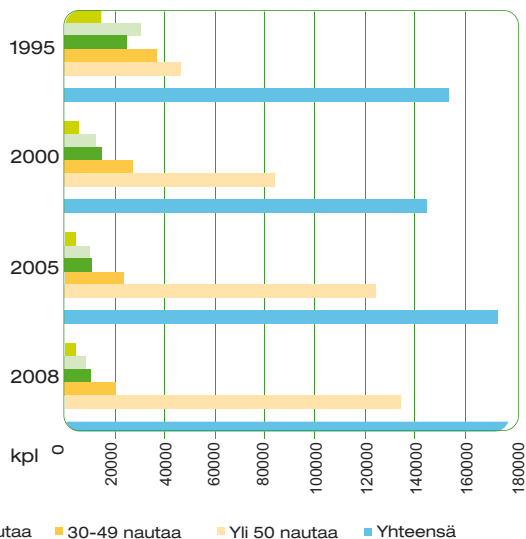
Naudanlihantuotanto on vuosien 1995–2008 aikana keskittynyt yhä suurempiin tuotantoyksiköihin. Naudanlihantuotantoon erikoistuneiden tilojen lukumäärä on vähentynyt Suomessa merkittävästi vuosina 1995–2008. Vuonna 1995 naudanlihantuotantotiloja oli lähes 8 000 kpl, mutta vuonna 2008 enää noin 3 500 kpl. Samaan aikaan suurimman tilakokoluokan tilalukumäärä on kasvanut voimakkaasti, noin 60 %:lla (+400 tilaa) ja pienimmissä tilakokoluokissa tilalukumäärä on laskenut 70 % (-3 700 tilaa) (kuva 1, Tike 2009a).

Kuvassa 2 esitetään lihanautojen lukumäärän kehitys tilakokoluokittain ja koko maassa yh-

teensä. Lihanautojen lukumäärä on kasvanut vuoden 2000 jälkeen, mutta merkittävämpi huomio on se, että kasvua on tapahtunut yksinomaan suurimmassa tilakokoluokassa. Kaikissa pienimmissä tilakokoluokissa nautojen lukumäärä on vähentynyt. Vuonna 1995 näissä tilakokoluokissa oli nautoja yhteensä noin 107 000 kappaletta ja vuonna 2008 enää 44 000 kappaletta. Sen sijaan suurimmassa tilakokoluokassa (> 50 kpl/tila) nautojen lukumäärä on kasvanut voimakkaasti, sillä vuonna 1995 tässä kokoluokassa oli nautoja yhteensä 47 000 kappaletta ja vuonna 2008 peräti 134 000 kappaletta (Tike 2009a).



Kuva 1. Naudanlihantuotantotilojen lukumäärä tilakokoluokittain ja tilojen kokonaismäärä (kpl) vuosina 1995, 2000, 2005 ja 2008 (Tike 2009a).



Kuva 2. Naudanlihantuotantotilojen nautojen lukumäärä (kpl) tilakokoluokittain ja yhteensä (kpl) vuosina 1995, 2000, 2005 ja 2008 (Tike 2009a).

2.1.2 Kehitys tukialueittain

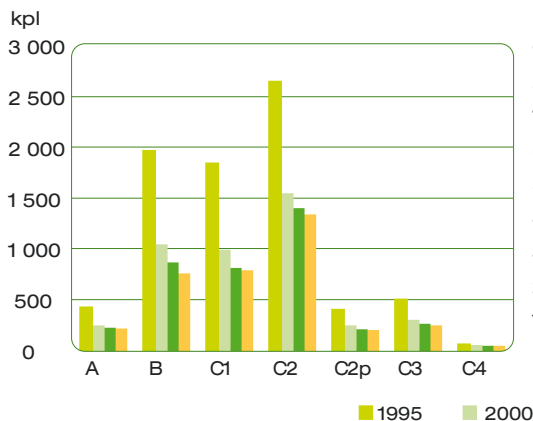
Vuonna 2008 naudanlihan tuotantotiloja oli tukialueilla seuraavasti: A-alueella noin 200, B-alueella 750, C1-alueella 780, C2-alueella 1 300, C2p-alueella 190, C3-alueella 230 ja C4-alueella 30 tilaa. Naudanlihan tuotanto on keskittynyt C2-tukialueelle. Vuonna 1995 siellä sijaitti 34 % (2 600 kpl) Suomen naudanlihan tuotantotiloista ja 38 % tiloista vuonna 2008 (1 300 kpl). Naudanlihan tuotantotilojen määrä on laskenut vuosina 1995–2008 suhteellisesti eniten eli 60 % B-tukialueella, ja vähiten eli noin 40 % C4-tukialueella. Absoluuttisesti tilalukumäärä on laskenut eniten C2-tukialueella, 1 300 tilalla, ja vähiten C4-tukialueella, 22 tilalla (kuva 2, Tike 2009a).

Naudanlihan tuotantotilojen keskimääräinen peltopinta-ala on kasvanut vuosina 1995–2008. Eniten keskimääräinen peltopinta-ala on kasvanut A-tukialueella, noin 30 ha:sta 80 ha:iin. A-tukialueella sijaitsee siten keskimääräiseltä peltopinta-alaltaan suurimmat naudanlihan tuotantotilat, sillä muilla tukialueilla niiden keskimääräinen peltopinta-ala on ollut noin 50 ha vuonna 2008 (kuva

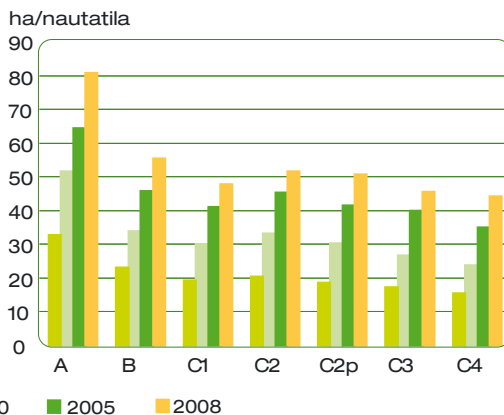
4, Tike 2009a). A-tukialueella on toisaalta vähän naudanlihan tuotantotiloja (kuva 3) ja niillä todennäköisesti harjoitetaan kasvinviljelyä naudanlihan tuotannon rinnalla.

Nautojen keskimääräinen tilakohtainen lukumäärä on kasvanut kaikilla tukialueilla vuosina 1995–2008. Vuonna 1995 naudanlihan tuotantotilojen keskieläinluku oli 21 nautaa/tila ja vuonna 2008 keskimäärin 45 nautaa/tila. Vuonna 2008 keskieläinlukumäärältään suurimmat tilat sijaitsivat C2-tukialueella. Näillä tiloilla oli keskimäärin 63 nautaa/tila. Keskieläinluvultaan pienimmät naudanlihan tuotantotilat sijaitsivat vuonna 2008 C2p-tukialueella, sillä näillä tiloilla oli keskimäärin 36 nautaa/tila (kuva 5, Tike 2009a).

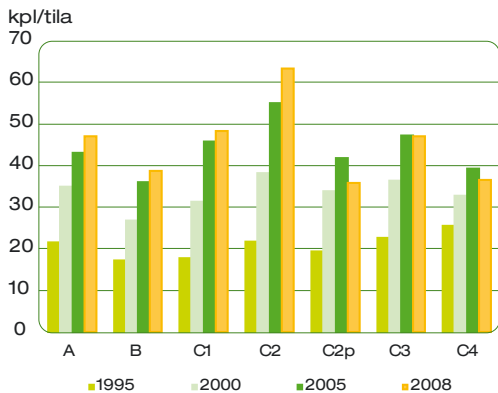
Vuosina 1995–2008 emolehmien lukumäärä on laskenut Uudenmaan, Hämeen ja Kaakkois-Suomen TE-keskusten alueella. Vuonna 1995 näillä alueilla oli 25 % Suomen emolehmistä, mutta vuonna 2008 enää 12 %. Muiden TE-keskusten alueella emolehmi- en lukumäärä on ollut voimakkaassa kasvussa. Näillä alueilla emolehmien lukumäärä on



Kuva 3. Naudanlihan tuotantotilojen lukumäärä (kpl) tukialueittain vuosina 1995, 2000, 2005 ja 2008 (Tike 2009a).

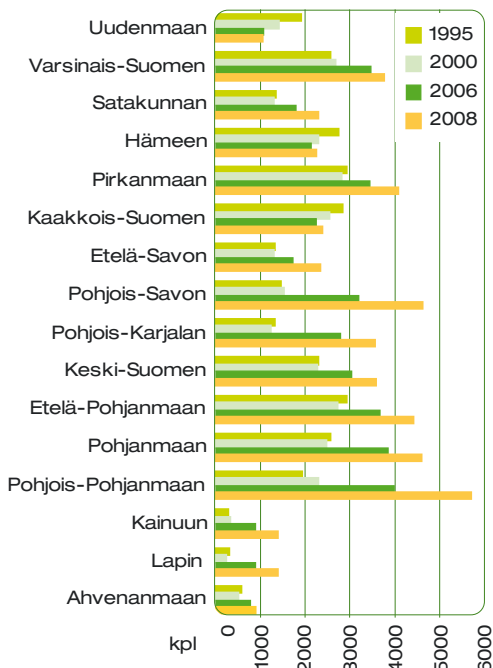


Kuva 4. Naudanlihan tuotantotilojen keskimääräinen peltopinta-ala (ha/tila) tukialueittain vuosina 1995, 2000, 2005 ja 2008 (Tike 2009a).



Kuva 5. Naudanlihantuotantotilojen nautojen keskimääräinen lukumäärä (kpl/tila) tukialueittain vuosina 1995, 2000, 2005 ja 2008 (Tike 2009a).

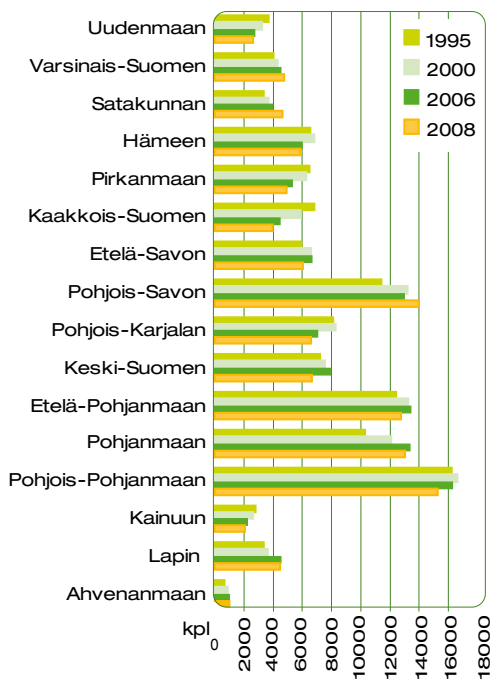
kasvanut 100 % eli emolehmien lukumäärä on noussut vuoden 1995 22 000 emolehmästä 43 000 emolehmään vuoteen 2008 mennessä (kuva 6, Tike 2009b).



Kuva 6. Emolehmien lukumäärä (kpl) TE-keskuksittain vuosina 1995, 2000, 2006 ja 2008 (Tike 2009b).

Sonnien kasvatusta on keskittynyt hyvin voimakkaasti neljän TE-keskuksen alueelle eli Pohjois-Savoon, Etelä-Pohjanmaalle, Pohjanmaalle ja Pohjois-Pohjanmaalle. Vuonna 2008 noin puolet (50 %) sonneista kasvatettiin näiden TE-keskusten alueilla (46 % vuonna 1995). Näiden TE-keskusten alueilla sonnien lukumäärä on joko kasvanut tai pysynyt likimain ennallaan Suomen EU-jäsenyyden aikana, tosin Pohjois-Pohjanmaan TE-keskuksen alueella sonnien lukumäärä on vähentynyt vuoden 1995 sonnimäärään verrattuna.

Sonnien lukumäärä on vähentynyt etenkin Uudenmaan, Hämeen, Pirkanmaan, Kaakkois-Suomen, Pohjois-Karjalan, Keski-Suomen ja Kainuun TE-keskusten alueilla vuosina 1995–2008. Näiden alueiden osuus sonnien kokonaislukumäärästä on laskenut 38 %:sta 30 %:iin (kuva 7, Tike 2009b).



Kuva 7. Sonnien lukumäärä TE-keskuksittain vuosina 1995, 2000, 2006 ja 2008 (Tike 2009b).

2.2 Naudanlihan tuotanto ja kulutus

Naudanlihantuotanto perustuu Suomessa pitkälti ns. maidontuotannon sivutuotteisiin, joita ovat maitorotuiset sonnit ja hiehot sekä lypsystä poistetut lehmät. Emoleh-

mätuotannon kasvu on viime vuosina ollut nopeaa, mutta se ei ole pystynyt kompensoimaan lypsylehmien vähenemisestä johtuvaa, lihaksi kasvatettavan eläinaineksen tarjonnan heikkenemistä.

2.2.1 Nautojen lukumäärä

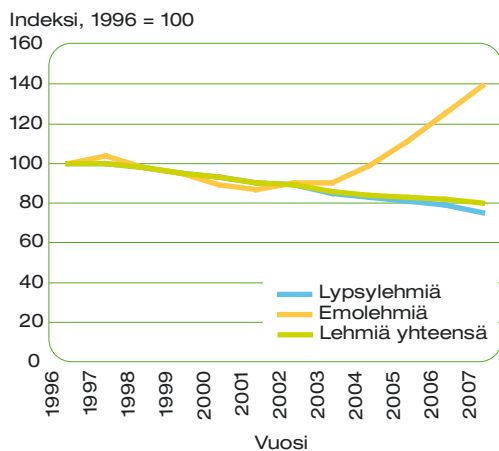
Elävien nautojen lukumäärä

Sonnien lukumäärä on pysynyt Suomen EU-jäsenyyden aikana likimain samansuuruisena, noin 110 000 kappaleessa. Myös emolehmien lukumäärä pysyi vuosina 1995–2000 suunnilleen samansuuruisena eli noin 30 000 kappaleessa. Vuosina 2000–2008 emolehmi-

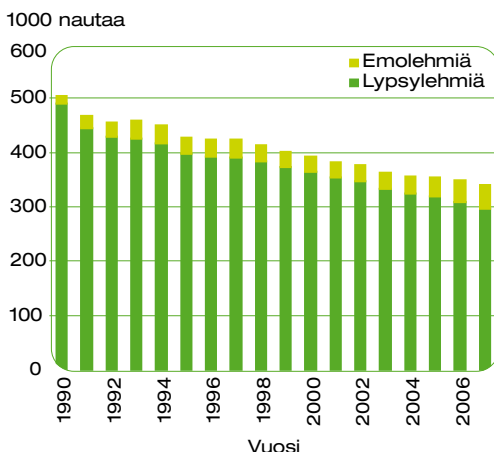
kumäärän absoluuttinen kasvu on ollut riittämätön kattamaan lypsylehmien lukumäärän vähenemisestä johtuvan lihanautojen tarjontavajeen (kuva 9).

Ristiriita muiden nautojen lukumäärän vähenemisen ja sonnien lukumäärän ennallaan säilymisen välillä tulee näkyviin tarkastelemalla sonnivasikoiden ja lihaksi kasvatettavien sonnien lukumäärän kehitystä vuosina 2000–2008 (kuva 10). Uroseläinten tarjonta (sonnivasikoiden lukumäärä) on laskenut kolmanneksella, mutta elävien yli yksivuotiaiden sonnien lukumäärä on pysynyt ennallaan (Tike 2009e). Tällä perusteella voidaan päätellä, että sonnien teurasikä on kohonnut tarkasteluajanjaksolla.

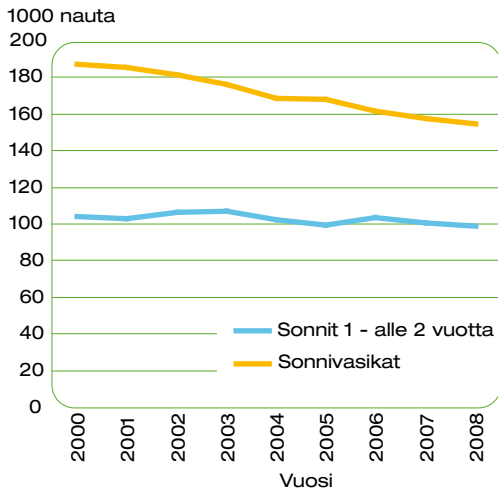
Lihantuotantoon käytettävien nautojen tarjonta perustuu lypsy- ja emolehmien lukumäärään. Lehmien lukumäärä on laskenut koko tarkasteluajanjakson ajan. Vaikka emolehmien lukumäärä on kasvanut nopeasti, lu-



Kuva 8. Lehmien lukumäärän suhteellinen kehitys vuosina 1996–2007 (Tike 2009f).



Kuva 9. Lehmien lukumäärän kehitys vuosina 1991–2007 (Tike 2009f).



Kuva 10. Elävien sonnien lukumäärän kehitys vuosina 2000–2008 (Tike 2009e).

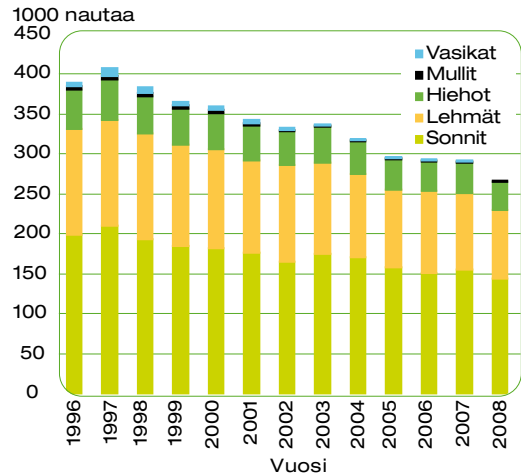
Teurastettujen nautojen lukumäärä

Teurastettujen nautojen absoluuttinen lukumäärä on laskenut koko tarkasteluajanjakson ajan (kuva 11). Samaan aikaan teurastettujen eläinten suhteellinen jakauma on kuitenkin pysynyt likimain ennallaan (Tike 2009c).

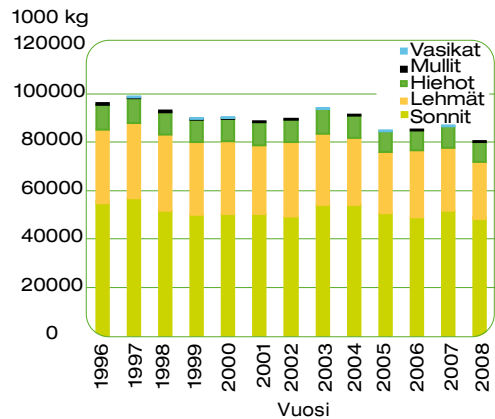
2.2.2 Naudanlihantuotanto

Suomessa tuotetun naudanlihan määrä on vähentynyt vuosina 1995–2008. Vuonna 1995 naudanlihaa tuotettiin vielä 96 milj. kg, mutta vuonna 2008 enää 82 milj. kg (kuva 12). Suomessa naudanlihaa kuitenkin kulutetaan noin 95 milj. kg, joten kotimainen naudanlihan tarjonta ei riitä kattamaan kysyntää (Niemi & Ahlstedt 2009).

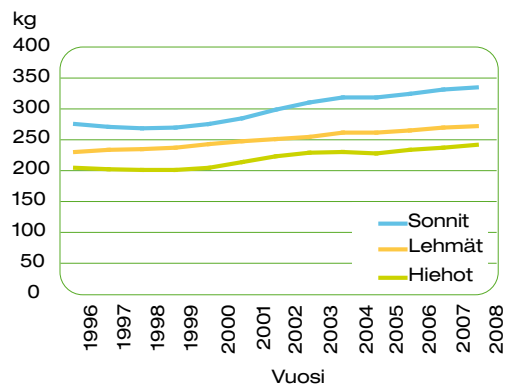
Naudanlihantuotanto riippuu teurastettujen eläinten lukumäärän ohella teuraspainosta. Teuraspaino on kasvanut kaikissa keskeisissä teurasryhmissä koko tarkastelujakson ajan. Näin teuraspainojen kasvu on osittain kompensoinut eläinten vähentyntä lukumäärää teurastuksissa (kuva 13, Tike 2009c). Lehmiin teuraspainojen kasvu selittynee eläinaineksen ja ruokintamenetelmien muutoksilla. Sonnien ja lihaksi kasvatettujen hiehojen teu-



Kuva 11. Teurastettujen nautojen lukumäärä vuosina 1996–2008 (Tike 2009c).



Kuva 12. Suomessa tuotetun naudanlihan määrä vuosina 1995–2008, milj. kg (Tike 2009c).



Kuva 13. Teuraspainojen kehitys vuosina 1996–2008 (Tike 2009c).

raspainoa selittävät myös muutokset toimintaympäristössä, minkä seurauksena teurasikä on kohonnut tarkastelujakson aikana.

Naudanlihaa tuotetaan eniten Pohjois-Savon, Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan ja

Pohjois-Pohjanmaan TE-keskusten alueilla. 2000-luvulla naudanlihan tuotantomäärät ovat kuitenkin laskeneet kaikkien TE-keskusten alueilla, paitsi Pohjois-Savossa (Tike 2009b).

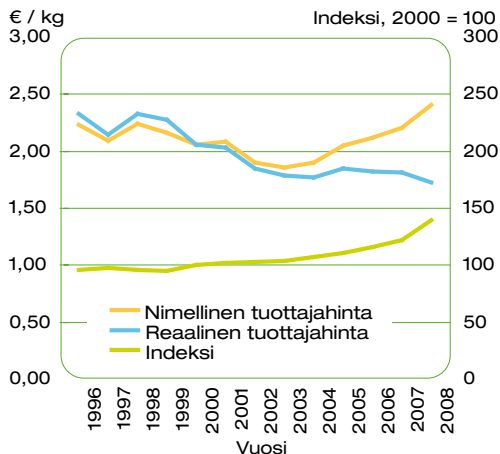
2.3 Naudanlihan markkina- ja tuottajahinnat

Vuosina 1996–2008 naudanlihan nimellinen tuottajahinta oli alhaisin vuonna 2004, jolloin se oli 2,28 €/kg, ja korkeimmillaan vuonna 2008, jolloin se oli noin 2,8 €/kg. Samaan aikaan maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi¹ nousi 100:sta aina 139:ään, joten naudanlihan nimellisen ja reaalin tuottajahinnan erotus on kasvanut. Reaalinen tuottajahinta on siten huomattavasti nimellistä hintaa alhaisempi, ja se on ollut pääasiassa laskeva. Reaalinen tuottajahinta on ollut alle 2,0 €/kg vuodesta 2004 viimeiseen seurantavuoteen 2008 saakka. Korkeimmillaan reaalin tuottajahinta oli tarkasteluajanjakson alussa vuonna 1996, jolloin hintaindeksin arvo oli 95,6 (Tike 2009d).

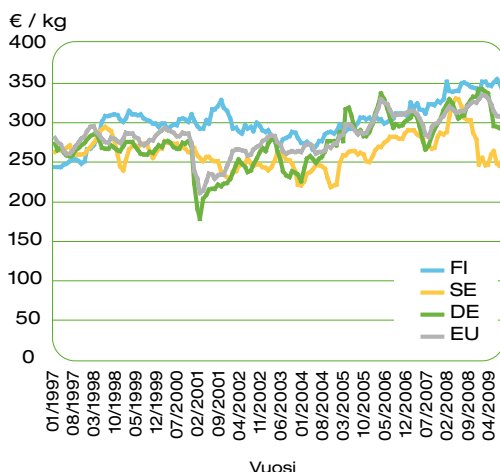
Vuoden 2009 aikana naudanlihan nimelliset hinnat ovat pysyneet likimain ennallaan, mutta maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi on laskenut vuoteen 2008 verrattuna. Kesäkuussa 2009 ostohintaindeksin pisteluku oli 123,9. Vuoden 2009 aikana naudanlihan reaalin hinta viljelijän kohtaan kustannustasoon nähden on siis hie-man kohonnut (kuva 14).

Vuosina 1997–2009 naudanlihan hinta (Sonnin R3) Suomessa on liikkunut molemmin puolin EU:n keskiarvon. Suomen hinnoista puuttuvat terävimmät piikit ja kuopat, jotka ovat nähtävissä Saksan ja EU:n keskimääräisissä hinnoissa (kuva 15) (Euroopan komissio 2009).

¹ Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi mittaa maatalouden kustannustekijöiden hintojen kehitystä. Indeksiksi kertoo, kuinka paljon maatalouden tuotantovälineiden ostohinnat ovat muuttuneet verrattuna perusajan kohtaan. (<http://tilastokeskus.fi/til/ttohi/index.html>)



Kuva 14. Naudanlihan reaalin ja nimellinen tuottajahinta (€/kg) Suomessa vuosina 1996–2008 ja maatalouden tuotantopanosten hintaindeksin kehittyminen, 2000=100 (Tike 2009d, Tilastokeskus 2009).



Kuva 15. Naudanlihan (Sonnin R3) viikoittaiset markkinahinnat (€/kg) EU:ssa keskimäärin ja eräissä EU:n jäsenmaissa tammikuusta 1997 elokuuhun 2009 (Euroopan komissio 2009).

3 Aineistot ja menetelmät

3.1 Aineistot

Tämän tutkimuksen aineistoina käytetään kannattavuuskirjanpito- ja FADN-aineistoa. Kannattavuuskirjanpitoaineiston perusteella selvitetään kotimaisen naudanlihantuotan-

non taloutta ja FADN-aineiston perusteella naudanlihantuotannon taloutta EU:ssa ja sen eräissä jäsenmaissa.

3.1.1 Naudanlihantuotantotilat kannattavuuskirjanpilotila-aineistossa

Kannattavuuskirjanpitoaineiston tulokset perustuvat MTT:n taloustutkimuksen tilakohtaiseen kannattavuuskirjanpitoaineistoon, jossa on vuosittain noin 900 kotimaista maa- ja puutarhataloutta harjoittavaa yritystä. Tulokset painotetaan kuvaamaan kaikkien suomalaisten tietyn kokoluokan ylittävien maatalous- ja puutarhayritysten tuloksia. Esimerkiksi vuonna 2007 näitä yrityksiä oli noin 40 600 kappaletta. Lisätietoja kannattavuuskirjanpitoaineistosta löytyy internet-osoitteesta: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kannattavuuskirjanpito>

Kannattavuuskirjanpilotilat on luokiteltu tuotantosuuntiin EU:n maatilatypologian mukaisesti vakioitujen katteiden perusteella.

Perustulostuksissa käytettäviä tuotantosuuntia ovat lypsykarjatilat, muut nautakarjatilat, sikatilat, viljatilat, muut kasvinviljelytilat sekä puutarhatilat. Tässä tutkimuksessa käsitellään tuotantosuunnista muita nautakarjatilajoja ja edelleen sen tuotantoaaroja eli naudanlihantuotantoa ja emolehmätuotantoa.

Vuosina 2002–2007 aineisto naudanlihantuotantotilojen lukumäärä on vaihdellut 11–20 tai 20–30 tilan välillä vuodesta riippuen. Emolehmätilojen lukumäärä on vaihdellut 5–10 tai 20–30 tilan välillä vuodesta riippuen. Painotusjärjestelmää käytettäessä tilojen tulokset edustavat naudanlihantuotantotilojen osalta 710–950 ja emolehmätilojen osalta 500–770 tilan tuloksia (taulukko 1).

Taulukko 1. Kannattavuuskirjanpilotilojen perustietoja naudanlihantuotantotilojen osalta vuosilta 2002–2007.

		2002		2004		2006		2007	
		Naudan- lihan- tuotanto	Emo- lehmä- tuotanto	Naudan- lihan- tuotanto	Emo- lehmä- tuotanto	Naudan- lihan- tuotanto	Emo- lehmä- tuotanto	Naudan- lihan- tuotanto	Emo- lehmä- tuotanto
Tiloja edustettuna	kpl	950	500	940	530	950	650	710	770
Kirjanpilotiloja	kpl	11<n<20	5<n<10	20<n<30	11<n<20	20<n<30	20<n<30	20<n<30	20<n<30
Emolehmät	kpl	2.2	21.2	3.1	32.9	1.3	37.3	1.1	35.8
Sonnit,>2 v	kpl	0,2	0,7	0,2	0,7	0,1	1,4	0,1	1,5
Hiehot,>2 v	kpl	0,4	0,2	1,9	1,4	0,9	1,6	0,5	1,4
Sonnit,1-2 v	kpl	38,2	3,7	53	6,1	53,8	6,0	73,6	4,2
Hiehot,1-2 v	kpl	4,1	5,5	4,0	8,7	6,2	10	8,9	9,9
Vasikat	kpl	77,5	17,4	71,2	22,1	90,2	22,0	107,7	18,7
Eläinyksiköt	EY	59.3	34.7	68.0	52.8	74.4	58.9	94.5	55.4
Viljelijäperheen työpanos	h	2 419	1 490	2 790	1 950	3 020	2 140	2 680	2 160
Viljelyala	ha	50	42	47	48	61	56	75	55

Naudanlihantuotantotiloilla sonneja oli vuonna 2002 keskimäärin 38 kpl ja 74 kpl vuonna 2007. Samoina vuosina vasikoita oli 77 ja 108 kpl, ja eläinyksiköitä yhteensä per tila 60 vuonna 2002 ja 95 vuonna 2007. Naudanlihantuotantotiloilla tehdään keskimäärin 2 700 työtuntia vuodessa ja keskimääräinen peltopinta-ala on 58 ha (taulukko 1).

Emolehmätiloilla emolehmiä oli vuonna 2002 keskimäärin 21 kpl ja 36 kpl vuonna 2007. Samoina vuosina vasikoita oli 17 ja 19 kpl, ja eläinyksiköitä yhteensä per tila 35 vuonna 2002 ja 55 vuonna 2007. Emolehmätiloilla tehdään keskimäärin 1 900 työtuntia vuodessa ja keskimääräinen peltopinta-ala on 50 ha (taulukko 1).

Jakamalla kannattavuuskirjanpitotila-aineisto vuosilta 1998–2007 keskimäärin ”hyviin ja heikkoihin” saadaan jaettua tilat ”menestyjiin ja häviäjiin”². Sekä emolehmätilat että naudanlihantuotantotilat on mahdollista jakaa näihin kahteen luokkaan eri kriteereiden perusteella. Tässä tutkimuksessa aineisto jaettiin ”hyviin ja heikkoihin” neljän eri tekijän mukaisesti eli eläinten määrän, taloudellisen koon³, kannattavuuskertoimen ja yrittäjätulon mukaisesti. Taulukossa 2 esitetään perustietoja näiden jakokriteereiden suhteen.

2 Ryhmittelemällä tilat ”hyviin” ja ”heikkoihin” otetaan molempiin ryhmiin mukaan 20 % tiloista, keskiarvoon otetaan 40 % tiloista ja lisäksi 10 % sekä heikoimmista että parhaimmista tiloista jää kokonaan tarkastelun ulkopuolelle.

3 Yrityksen tilakoko perustuu taloudelliseen kokoon, joka on yrityksen vakioitu kokonaiskate. Kun vakioitu kokonaiskate on vähintään 9 600 euroa, yritys kuuluu ryhmään, jonka tuloksia seurataan kannattavuuskirjanpidossa.

Taulukko 2. Emolehmätilojen ja naudanlihantuotantotilojen keskimääräisiä perustietoja ”hyvät – heikot” -luokittelussa eläinten määrän, taloudellisen koon, kannattavuuskertoimen ja yrittäjätulon mukaisesti vuosina 1998–2007.

	Emolehmätuotanto			Naudanlihantuotanto		
	Heikot	Keskiarvo	Hyvät	Heikot	Keskiarvo	Hyvät
Eläinten määrän mukaisesti						
Eläinyksikkömäärä	29	56	73	38	65	88
Tiloja edustettuna	970	4 870	970	1 860	9 340	1 910
Kirjanpitotiloja	11<n<20	120<n<130	40<n<50	30<n<40	210<n<220	50<n<60
Viljelyssä oleva peltoala	35	52	69	33	51	67
Taloudellisen koon mukaisesti						
Taloudellinen koko	25	44	60	23	40	56
Tiloja edustettuna	970	4 870	970	1 860	9 290	1 860
Kirjanpitotiloja	11<n<20	120<n<130	40<n<50	30<n<40	210<n<220	50<n<60
Viljelyssä oleva peltoala	34	52	74	31	51	69
Kannattavuuskertoimen mukaisesti						
Kannattavuuskerroin	-0,08	0,39	0,86	0,22	0,82	1,43
Tiloja edustettuna	970	4 870	970	1 860	9 290	1 860
Kirjanpitotiloja	20<n<30	120<n<130	20<n<30	30<n<40	210<n<220	30<n<40
Viljelyssä oleva peltoala	37	52	51	45	53	52
Yrittäjätulon mukaisesti						
Yrittäjätulo	-2 430	13 600	31 300	7 870	30 300	51 700
Tiloja edustettuna	970	4 870	970	1 860	9 310	1 860
Kirjanpitotiloja	11<n<20	120<n<130	20<n<30	30<n<40	210<n<220	30<n<40
Viljelyssä oleva peltoala	35	52	61	38	53	56

3.1.2. Naudanlihantuotantotilat FADN-aineistossa

Maatalouden kirjanpidon tietoverkko eli FADN on eurooppalainen järjestelmä, joka kerää vuosittain maataloilta rakenteellisia ja taloudellisia tietoja, joiden tavoitteena on seurata maatilojen taloutta. FADN-aineiston pohjalta arvioidaan esimerkiksi yhteisen maatalouspolitiikan toimivuutta ja sen vaikutuksia unionissa. Esimerkiksi vuonna 2006 FADN-aineistossa oli mukana noin 75 000 maatilaa, ja edelleen painottamalla aineisto kattoi peräti neljä miljoonaa maatilaa Euroopan unionin maissa. Tilamäärä edusti tällöin noin 40 % EU:n maataloista. Lisätietoja FADN-tietoverkosta löytyy

internet-osoitteesta: <http://ec.europa.eu/agriculture/rica/>

Tämän tutkimuksen kansainväliseen vertailuun valittiin FADN-aineistosta lihanautojen kasvatusta ja emolehmätuotantoa koskevat tiedot vuosilta 2002–2007 Euroopan unionista keskimäärin ja lisäksi viidestä jäsenmaasta: Suomesta, Ruotsista, Saksasta, Isosta-Britanniasta ja Irlannista. Ruotsista oli saatavilla ainoastaan emolehmätuotantoa koskeva aineisto. Taulukossa 3 esitetään kansainvälisessä vertailussa käytettävän FADN-aineiston perustietoja EU:ssa keskimäärin ja jäsenmaittain.

3.2 Menetelmät

3.2.1 Kannattavuuskirjanpito-aineisto

Kannattavuuskirjanpidossa käytettävät laskelmakehikot perustuvat Yritystutkimusneuvottelukunnan suosituksiin. Kannattavuuskirjanpidossa yritysten yksittäiset tulo- ja menoerät kohdennetaan suoriteperusteen mukaisesti tuotoiksi ja kustannuksiksi sille vuodelle, jolloin tuotanto on aikaansaatua. Näin esimerkiksi sato- ja tuotosvaihtelut heijastuvat suoraan vuosittaisiin tulos- ja kannattavuuslukuihin.

Liitteessä 1 esitetään kannattavuuskirjanpidossa käytettävä tuloslaskelma, lisätietoja löytyy myös internetissä osoitteesta: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kannattavuuskirjanpito/taustatiedot/Tuloslaskelma>

Liitteessä 2 esitetään kannattavuuskirjanpidossa käytettävä taselaskelma, lisätietoja myös internetissä osoitteesta:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kannattavuuskirjanpito/taustatiedot/Taselaskelma>

Kannattavuuskirjanpitoiloiden tulos- ja taselaskelmien sisältämä informaatio pyritään tiivistämään muutamisiin tunnuslukuihin, jotka kuvaavat yrityksen tulosta, kannattavuutta, vakavaraisuutta ja maksuvalmiutta. Kannattavuuskirjanpitoaineistosta lasketaan maatalouden perinteiset tunnusluvut, Yritystutkimusneuvottelukunnan suosittamat tunnusluvut sekä EU:n FADN-järjestelmän tunnusluvut.

Liitteessä 3 esitetään kannattavuuskirjanpidossa käytettävät tunnusluvut ja niiden tulkinta, lisätietoja myös internetissä osoitteesta:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kannattavuuskirjanpito/taustatiedot/Tunnusluvut>

Taulukko 3. FADN-aineiston perustietoja kansainvälisessä vertailussa.

LIHANAUTOJEN KASVATUS

2006	EU	Iso-Britannia										Belgia				
		Ruotsi	Suomi	Portugali	Puola	Itävalta	Alankomaat	Luxemburg	Italia	Iranti	Ranska		Espanja	Kreikka	Saksa	Tsekin tasavalta
Tiljo edustettuna	65050	1490	90	1050	2620	1610	2700	1530	30	11190	29550	1160	3260	5660	20	340
Tiljoa otoksessa	1000-2000	40-100	<15	15-40	40-100	15-40	40-100	15-40	<15	200-500	200-500	15-40	15-40	100-200	<15	<15
Taloudellinen koko	27	33	45	11	7	20	20	92	52	12	45	18	58			
Viljelyala-ha	39	88	56	41	21	44	12	12	39	34	36	61	51			
Eläimyskiköitä yhteensä-EY	61	142	76	28	15	36	223	81	41	135	71	82	82			
Muu nautakarja-EY	58	125	76	27	14	34	216	80	38	125	71	76	76			
Työpanos yhteensä/h	2725	3287	2914	3280	3365	3344	3012	3498	2029	2256	2834	3301				
Palkattu työpanos/h	205	394	226	436	97	176	200	409	39	215	685	269				
Yrittäjäperheen työpanos/h	2520	2893	2689	2845	3268	3168	2812	3089	1990	2041	2149	3031				

EMOLEHMÄTUOTANTO

2006	EU	Iso-Britannia										Belgia			
		Ruotsi	Suomi	Portugali	Puola	Itävalta	Alankomaat	Luxemburg	Italia	Iranti	Ranska		Espanja	Kreikka	Saksa
Tiljo edustettuna	124670	1110	1390	760	3770	400	200	1940	26600	41520	27430	1630	2250	1110	3820
Tiljoa otoksessa	2000-3000	200-500	40-100	15-40	100-200	<15	15-40	40-100	200-500	500-1000	200-500	15-40	40-100	40-100	100-200
Taloudellinen koko	25	40	17	56	16		25	20	8	37	12	18	44	17	59
Viljelyala-ha	71	113	121	68	89		70	63	37	88	55	11	123	186	52
Eläimyskiköitä yhteensä-EY	70	131	81	65	47		78	60	32	93	44	60	111	72	102
Muu nautakarja-EY	67	111	81	65	44		78	60	31	91	43	60	106	69	102
Työpanos yhteensä/h	2602	3554	2940	2830	2719		2475	3778	2003	2095	2852	3918	4264	6291	3808
Palkattu työpanos/h	222	455	350	442	469		157	218	74	110	143	898	1141	3221	10
Yrittäjäperheen työpanos/h	2380	3098	2590	2388	2250		2318	3561	1929	1985	2709	3020	3124	3070	3798

3.2.2 FADN-aineisto

FADN:n tulokset perustuvat Euroopan komission julkaisemiin FADN-vakiotuloksiin, jotka ovat saatavilla julkisessa EU DG AGRI G.3:n ylläpitämässä internet-palvelussa osoitteessa:

<http://ec.europa.eu/agriculture/rica/>

FADN-aineiston muodostamisesta löytyy lisätietoa osoitteesta: http://ec.europa.eu/agriculture/rica/methodology1_en.cfm

Taloustohtori FADN Standard Results -verkkopalvelu tarjoaa tietoja EU:n jäsenmaiden maatilojen taloudesta vuosilta 1989–2006. FADN Standard Results -palvelu löytyy internetistä osoitteesta:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/eufadnstandard>

FADN Advanced Results -palvelu tarjoaa maatalouden kannattavuuden tunnuslukuja, jotka perustuvat FADN-vakiotuloksiin. Yrittäjäperheen omien tuotannontekijöiden, työn ja pääoman, vaihtoehtoiskustannus on määritetty ja laskettu mukaan kustannuksiin. Tämä mahdollistaa maatalouden kannattavuutta ja vakavaraisuutta kuvaavi-

en tunnuslukujen laskemisen kaikista EU:n jäsenmaista. Yrittäjäperheen työn ja oman pääoman vaihtoehtoiskustannus on laskettu kullekin jäsenmaalle niiden oman aineiston perusteella.

Maatalouden tuotanto- ja yritys rakenteen erilaisuus EU:ssa vaikeuttaa tulosten vertailua. Yrityskoko, työn ja pääoman käyttö ja yritys muodot vaihtelevat suuresti eri maissa samoin kuin omien ja ostettujen tuotantopanosten käyttösuhde. Yrityskoon ja pääoman määrän kasvu ovat kuitenkin lisänneet kokonaiskustannusten ja kannattavuuden laskennan merkitystä.

Kannattavuuden tunnusluvut antavat käyttäjille paremman kuvan taloudellisista toimintaedellytyksistä erityisesti työn ja pääoman käytön näkökulmasta. Tunnusluvut mahdollistavat vertailun paitsi maatalouden sisällä myös tulosten vertailun muilla toimialoilla toimiviin yrityksiin. Lisätietoa FADN Advanced Results -palvelusta löytyy internet-osoitteesta:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/eufadnadvanced>

4 Naudanlihantuotantotilojen talous

4.1 Naudanlihantuotantotilojen talous Suomessa vuosina 2002–2007

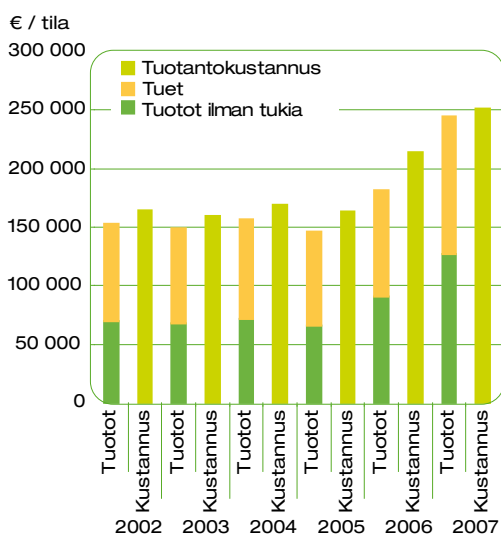
4.1.1 Tulo ja kustannuskehitys

Sekä naudanlihantuotanto- että emolehmätilojen kokonaistuotot ovat kasvaneet 2000-luvulla. Vuonna 2002 naudanlihantuotantotilojen kokonaistuotot olivat noin 153 000 €/tila ja vuonna 2007 noin 245 000 €/tila. Emolehmätilojen tuotot olivat vastaavina vuosina 60 000 ja 109 000 €/tila (kuva 16 ja kuva 17).

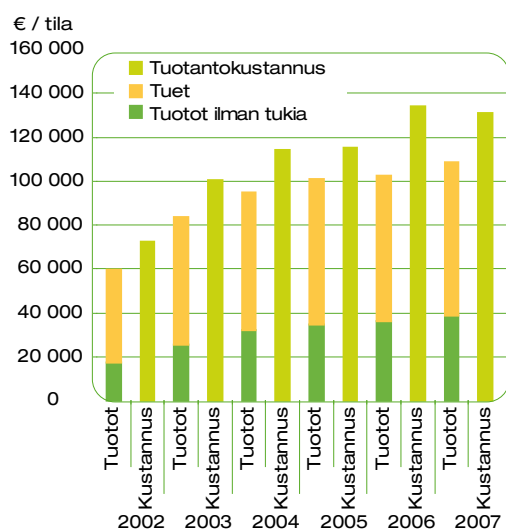
Myös molempien tuotannonhaarojen tuotantokustannukset ovat kasvaneet. Naudanlihantuotantotiloilla tuotantokustannukset olivat 165 000 €/tila vuonna 2002 ja 252 000 €/tila vuonna 2007 (kuva 16). Emolehmätilojen kustannukset olivat vastaavina vuosina 72 000 ja 131 000 €/tila (kuva 17). Molempien tuotannonhaarojen tuotantokustannukset ovat olleet vuosittain suurempia kuin kokonaistuotot.

Naudanlihantuotantoa harjoittavat tilat ovat hyvin riippuvaista maksettavista tuista. Naudanlihantuotannon liikevaihdosta keskimäärin 52 % ja emolehmätuotannon liikevaihdosta 66 % muodostuu tuista. Kotieläintuoton osuus on naudanlihantuotannossa keskimäärin 45 % ja emolehmätuotannossa 27 % liikevaihdosta. Muiden myyntituottojen osuus molemmissa tuotannonhaaroissa on vähäinen (kuva 18).

Naudanlihantuotannossa tuotantokustannuksesta tarvikkekustannuksen osuus on suurin, 27 %. Muita merkittäviä kustannuseriä ovat kotieläinkustannus (16 %), konekustannus (14 %) sekä työvoimakustannus 19 %. Emolehmätuotannon tuotantokustannuksesta tarvikkekustannuksen osuus on 15 %, ko-



Kuva 16. Naudanlihantuotantotilojen tuotot ja tuotantokustannukset (€/tila) kannattavuuskirjanpitotiloilla vuosina 2002–2007 (Taloustohtori).



Kuva 17. Emolehmätilojen tuotot ja tuotantokustannukset (€/tila) kannattavuuskirjanpitotiloilla vuosina 2002–2007 (Taloustohtori).

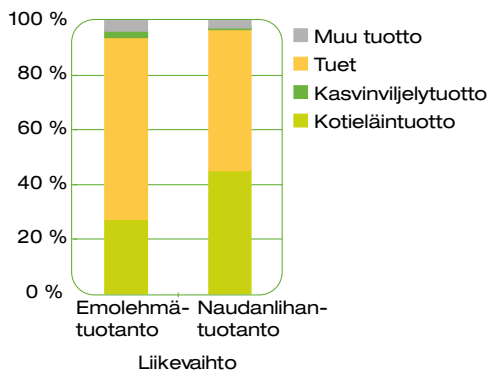
nekustannuksen 22 % ja työvoimakustannuksen osuus on 22 % (kuva 19).

Jakamalla tuotantokustannukset muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin saadaan emolehmtuotannossa muuttuvien kustannusten osuudeksi keskimäärin 22 %, kiinteiden kustannusten 47 %, viljelijäperheen palkkavaatimuksen 21 % ja oman pääoman korkovaatimuksen 10 % tuotantokustannuksesta. Naudanlihantuotannossa muuttuvien kustannusten osuus tuotantokustannuksesta on keskimäärin 42 %, kiinteiden kustannusten osuus 33 %, viljelijäperheen palkkavaatimuksen 18 % ja oman pääoman korkovaatimuksen 7 %.

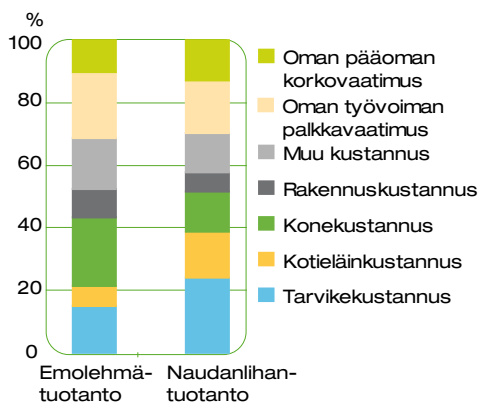
Muodostuva yrittäjätulo kuvaa sitä rahamäärää, joka jää korvaukseksi viljelijäperheen omalle työlle ja tuotantotoimintaan sidotulle omalle pääomalle. Yrittäjätulon määrä on ollut naudanlihantuotannossa laskeva vuosina 2002–2006, mutta vuonna 2007 yrittäjätulon määrä kasvoi. Vuosina 2002–2007 yrittäjätuloa muodostui naudanlihan tuotantotiloilla keskimäärin 31 600 €/tila ja emolehmtiloilla 13 300 €/tila (Kuva 20). Emolehmtiloilla yrittäjätulon määrä on siten ollut huomattavasti alhaisempi kuin naudanlihan tuotantotiloilla.

4.1.2 Kannattavuuskehitys

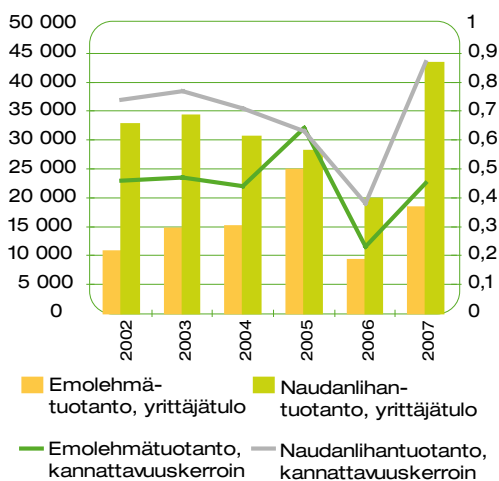
Kannattavuuskerrointa laskettaessa viljelijäperheen omalle työlle ja omalle pääomalle korvaukseksi jäävä yrittäjätulo jaetaan oman työn palkkavaatimuksen ja oman pääoman korkovaatimuksen summalla. Kannattavuuskerroin osoittaa, kuinka suuri osa palkkavaatimuksesta ja oman pääoman korkovaatimuksesta on saavutettu. Kun kannattavuuskerroin on 1,00, omalle työlle ja omalle pääomalle korvaukseksi jäävä yrittäjätulo on yhtä suuri kuin näille tavoitteeksi asetetut palkka- ja korkovaatimukset. Jos kannattavuuskerroin on tätä pienempi, omalle työlle ja pääomalle on jäänyt tavoitteita alhaisemmat korvaukset.



Kuva 18. Nautatilojen liikevaihton keskimääräinen rakenne (%) vuosina 2002–2007 (Taloustohtori).



Kuva 19. Tuotantokustannuksen rakenne (%) naudanlihan tuotantotiloilla keskimäärin vuosina 2000–2007 (Taloustohtori).



Kuva 20. Naudanlihan tuotantotilojen yrittäjätulo (€/tila) ja kannattavuuskerroin kannattavuuskirjanpitoiloilla vuosina 2002–2007 (Taloustohtori).

Naudanlihantuotantotiloilla kannattavuuskerroin on ollut vuosina 2002–2004 keskimäärin 0,73, mutta vuonna 2006 se laski 0,38:aan ja vuonna 2007 nousi 0,87:ään. Kannattavuus on siten vaihdellut hyvin paljon. Vuosina 2002–2007 kannattavuuskerroin on ollut keskimäärin 0,68 (kuva 20). Tämä merkitsee sitä, että naudanlihantuotantotiloilla on viljelijäperheen palkaksi jäänyt keskimäärin 8,60 €/työtunti ja oman pääoman koroksi 3,40 %, kun tavoitteena on ollut 12,6 €/työtunti ja omalle pääomalle korkoa 5 %.

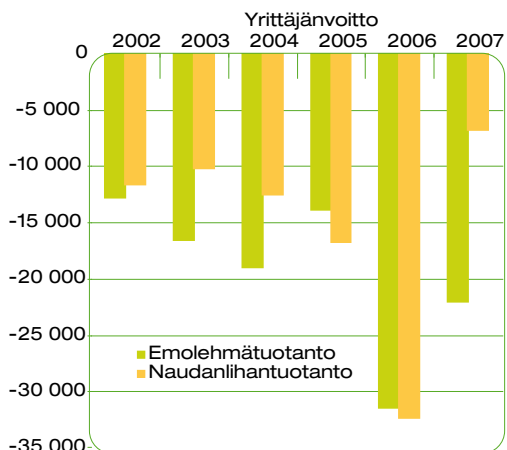
Emolehmätuotannon kannattavuus on vaihdellut samansuuntaisesti kuin naudanlihan tuotannonkin. Pääosin kannattavuuden taso on ollut naudanlihan tuotantoa alhaisempi. Emolehmätuotannon kannattavuuskerroin on ollut keskimäärin 0,45 (kuva 20). Tämä merkitsee viljelijäperheelle 5,70 € tuntipalkkaa ja 2,20 % korkoa omalle pääomalle.

Yrittäjänvoitto kuvaa yrityksen euromääräistä (absoluuttista) kannattavuutta. Se lasketaan vähentämällä kokonaistuotosta tuotantokustannukset. Jos yrittäjänvoitto on negatiivinen, on yritys tuottanut tappiota. Kustannusten tulisi olla näiden tappioiden verran alhaisempia, jotta yrityksen kokonaistuotto olisi riittänyt kattamaan tuotantokustannukset.

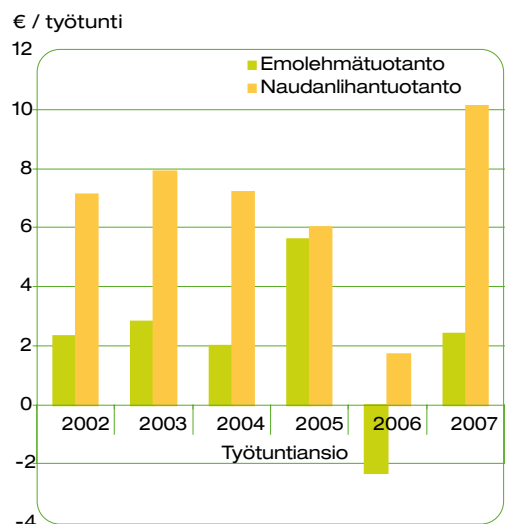
Sekä naudanlihantuotannossa että emolehmätuotannossa on syntynyt yrittäjätappiota vuosina 2002–2007. Naudanlihantuotannossa yrittäjätappiota on syntynyt vuosittain keskimäärin 15 000 €/tila ja emolehmätuotannossa keskimäärin 19 200 €/tila. Vähiten yrittäjätappiota on syntynyt naudanlihan tuotannossa vuonna 2007, jolloin tappion määrä on ollut 6 700 €/tila. Emolehmätuotannossa vähiten tappiota on syntynyt vuonna 2002, jolloin tappiota kertyi 12 700 €/tila. Eniten yrittäjätappiota on syntynyt vuonna 2006, jolloin naudanlihantuotannon tappio oli 32 300 €/tila ja emolehmätuotannon tappio 31 400 €/tila (kuva 21).

Työansio kuvaa yrittäjäperheen maataloustyölle saamaa työtuloa. Työansiota laskettaessa

sa yrittäjätulosta vähennetään oman pääoman korkovaatimus, joka on siten tuotannon tekijänä asetettu etusijalle työpanokseen nähden. Työtuntiansiota laskettaessa työansio suhteutetaan tehtyjen työtuntien määrään. Saatua työtuntiansiota voidaan verrata esim. palkansaajan tuntiansioon. Tunnuslukua tarkasteltaessa on huomattava, että omalle pääomalle on jo saatu laskentakorkovaatimuksen mukainen tuotto.



Kuva 21. Naudanlihantuotantotilojen yrittäjänvoitto/-tappio (€/tila) kannattavuuskirjanpitoiloilla vuosina 2002–2007. (Taloustohtori).



Kuva 22. Naudanlihantuotantotilojen työtuntiansio (€/työtunti) vuosina 2002–2007 kannattavuuskirjanpitoiloilla (Taloustohtori).

Naudanlihantuotannon työtuntiansio on ollut emolehmätuotantoa korkeampi, sillä naudanlihantuotannon työtuntiansio on ollut keskimäärin 6,7 €/työtunti ja emolehmätuotannon työtuntiansio painui negatiiviseksi (-2,3 €/työtunti). Myös naudanlihantuotan-

non työtuntiansio on ollut alhaisimmillaan vuonna 2006, jolloin työtuntiansioksi muodostui 1,7 €/työtunti. Korkeimmillaan työtuntiansio on ollut vuonna 2007, jolloin naudanlihantuotannon tuntipalkaksi jäi 10,1 €/työtunti. Emolehmätuotannon paras vuosi oli 2005, jolloin työtuntiansioksi muodostui 5,6 €/työtunti (kuva 22).

4.1.3 Vertailu hyvien ja heikkojen ryhmien välillä

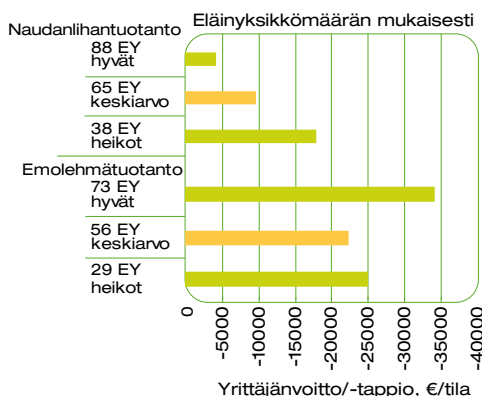
Naudanlihantuotannon kannattavuus paranee, kun tilakohtainen eläinyksikkömäärä kasvaa. Eläinyksikkömäärän mukaan ”heikot”-ryhmässä (vähän eläimiä) on keskimäärin 38 eläinyksikköä, jolloin yrittäjätappiota syntyy -17 700 €/tila ja ”hyvät”-ryhmässä (paljon eläimiä) on keskimäärin 88 eläinyksikköä ja yrittäjätappiota syntyy enää noin -4 100 €/tila (Kuva 23).

Naudanlihantuotannon kannattavuus paranee hieman yrityksen taloudellisen koon kasvaessa, sillä ”heikot”-ryhmässä yrittäjätappiota syntyy -8 300 €/tila ja ”hyvät”-ryhmässä -5 500 €/tila. Verrattaessa naudanlihantuotantoa emolehmätuotantoon on huomattava tuotannonhaarojen kannattavuuden suuri tasoero; naudanlihantuotanto on kaikissa talou-

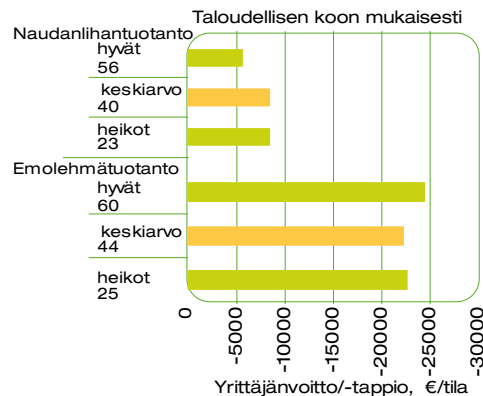
dellisissa kokoluokissa kannattavampaa kuin emolehmätuotanto (kuva 23).

Emolehmätuotannon kannattavuus ei sen sijaan riipu yhtä suoraviivaisesti tilakohtaisesta eläinyksikkömäärästä kuin naudanlihantuotannon, sillä eläinyksikkömäärän kasvaessa kannattavuus laskee. Emolehmätuotannon ”heikot”-ryhmässä on keskimäärin 29 eläinyksikköä ja yrittäjätappiota syntyy -24 800 €/tila. Suuremmassa tilakokoluokassa eli ”hyvät”-ryhmässä on 75 eläinyksikköä, mutta yrittäjätappiota syntyy -33 900 €/tila eli enemmän kuin ”heikot”-ryhmässä tai emolehmätiloilla keskimäärin (kuva 23).

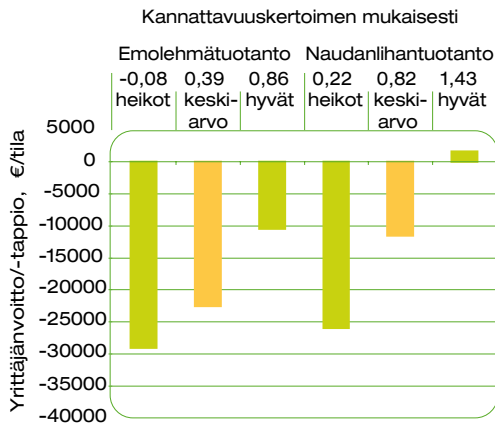
Emolehmätuotannon kannattavuus ei myöskään oleellisesti muutu yrityksen taloudel-



Kuva 23. Heikoiden ja parhaiten menestyneiden naudanlihantuotantotilojen keskimääräinen yrittäjänvoitto/-tappio (€/tila) eläinyksikkömäärän mukaisesti vuosina 1998–2007 (Taloustohtori).



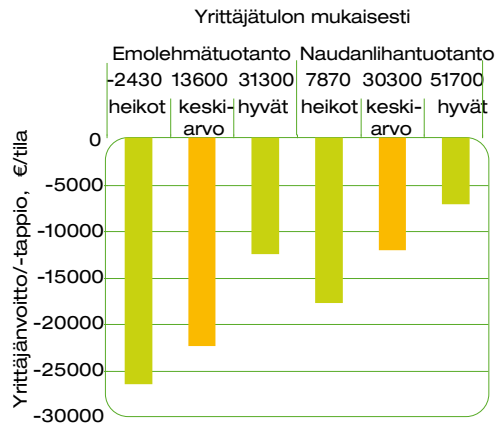
Kuva 24. Heikoiden ja parhaiten menestyneiden naudanlihantuotantotilojen keskimääräinen yrittäjänvoitto/-tappio (€/tila) taloudellisen koon mukaisesti vuosina 1998–2007 (Taloustohtori).



Kuva 25. Heikoiden ja parhaiten menestyneiden naudanlihantuotantotilojen keskimääräinen yrittäjänvoitto/-tappio (€/tila) kannattavuuskertoimen mukaisesti vuosina 1998–2007 (Taloustohtori).

lisen koon kasvaessa. ”Heikot”-ryhmässä yrittäjätappiota syntyy -22 500 €/tila ja ”hyvät”-ryhmässä -24 400 €/tila, joten kannattavuus jopa hieman heikkenee tarkasteltaessa taloudelliselta kooltaan suurempia emolehmätiloja (kuva 24).

Yrittäjänvoitto saa sitä paremman arvon, mitä korkeampi on kannattavuuskertoimen tai



Kuva 26. Heikoiden ja parhaiten menestyneiden naudanlihantuotantotilojen keskimääräinen yrittäjänvoitto/-tappio (€/tila) yrittäjätulon mukaisesti vuosina 1998–2007 (Taloustohtori).

yrittäjätulo. Tulos on looginen, sillä kannattavuuskertoimen ja yrittäjänvoitto/-tappio-tunnuksluvut korreloivat keskenään eli kuvaavat samaa asiaa (kuva 25). Yrittäjätulo puolestaan on tulokäsite, mutta kuvan 26 mukaan näyttää siltä, että mitä enemmän yrittäjätuloa muodostuu sitä vähemmän muodostuu myös yrittäjätappiota.

4.2 Naudanlihantuotantotilojen talous vertailumaissa

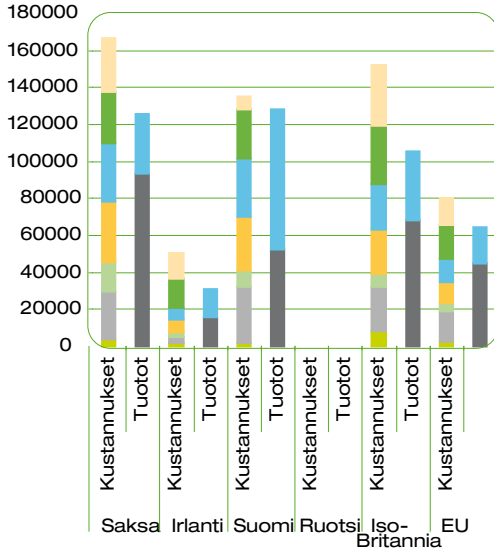
4.2.1 Tuotot ja kustannukset

EU:n naudanlihantuotantotiloilla tuotantokustannukset ovat pääasiassa kokonaistuottoja suuremmat. Lihanautojen kasvatus tilojen kokonaistuotot ovat EU:ssa keskimäärin 64 700 €/tila ja tuotantokustannukset 75 000 €/tila (kuva 27). Vastavasti emolehmätuotannon kokonaistuotot ovat keskimäärin 60 000 €/tila ja tuotantokustannukset 73 000 €/tila. Yhdessäkään vertailumaassa tuotot eivät kata kustannuksia kokonaan ilman tukia (kuva 28).

Keskimäärin EU:n naudanlihantuotannon kokonaistuotot ilman tukia riittävät kat-

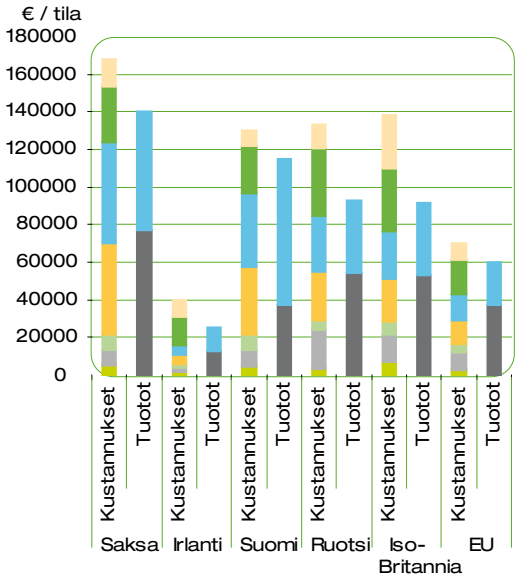
tamaan lähes kaikki kustannukset, mutta eivät yrittäjäperheen palkkavaatimusta ja oman pääoman korkovaatimusta. Useimmissa vertailumaissa kokonaistuotto ilman tukia riittää kattamaan ainoastaan toiminnan muuttuvat ja yleiskustannukset. Suomalaisilla tiloilla yleiskustannuksetkin jäävät kattamatta. Oman pääoman korkovaatimusta ja yrittäjäperheen palkkavaatimusta ei pystytä kokonaan saavuttamaan EU:n keskiarvossa (kuva 27).

Suomalaisilla emolehmätuotantotiloilla tuis- ta puhdistettu kokonaistuotto ei riitä katta-



■ Tuet ■ Yrittäjäperheen palkkavaatimus ■ Muut muuttuvat kustannukset
■ Kokonaistuotto, ilman tukia ■ Kiinteät kustannukset ■ Nautakarjan rehukustannus
■ Oman pääoman korkovaatimus ■ Yleiskustannukset ■ Muut kotieläinkustannukset

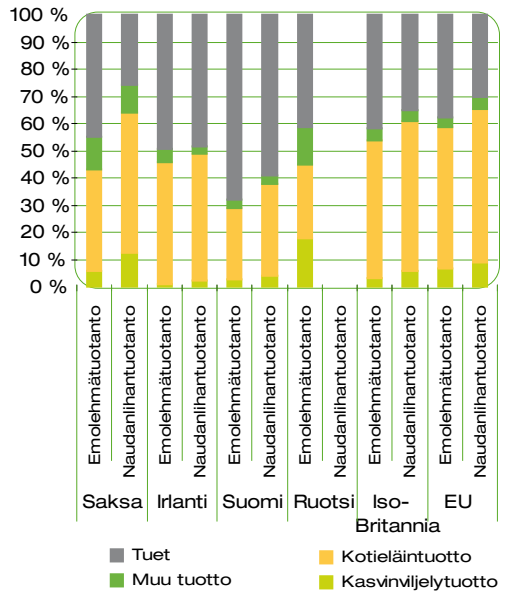
Kuva 27. Naudanlihantuotantotilojen kokonaistuotto ja tuotantokustannus (€/tila) keskiarvot vuosina 2002–2006 EU:ssa keskimäärin ja eräissä jäsenmaissa (Taloustohtori).



Kuva 28. Emolehmätilojen kokonaistuotto ja tuotantokustannus (€/tila) keskiarvot vuosina 2002–2006 EU:ssa keskimäärin ja eräissä jäsenmaissa (Taloustohtori).

maan kuin muuttuvat kustannukset ja osan yleiskustannuksista. Vertailukohdista ainoastaan EU:n keskiarvossa ja Irlannissa kokonaistuotot ilman tukia pääsevät lähimmäksi tuotantokustannusta, mutta ilman että oman pääoman korkovaatimukselle ja yrittäjäperheen palkkavaatimukselle saadaan täysi korvaus (kuva 28).

Lihautojen kasvatuksessa kotieläintuoton osuus kokonaistuotosta on alhaisin Suomessa (34 %). EU:ssa kotieläintuoton osuus kokonaistuotosta on keskimäärin 48 %. Tukien osuus kokonaistuotosta on Suomessa EU:n maista korkein, keskimäärin 59 %, kun EU:ssa tukien osuus on keskimäärin noin 38 % kokonaistuotosta. Eniten muita myyntituottoja on saksalaisilla tiloilla, keskimäärin 26 % kokonaistuotoista, kun muiden



Kuva 29. Kokonaistuoton rakenne (%) vuosien 2000–2006 keskiarvona EU:ssa keskimäärin sekä eräissä jäsenmaissa (Taloustohtori).

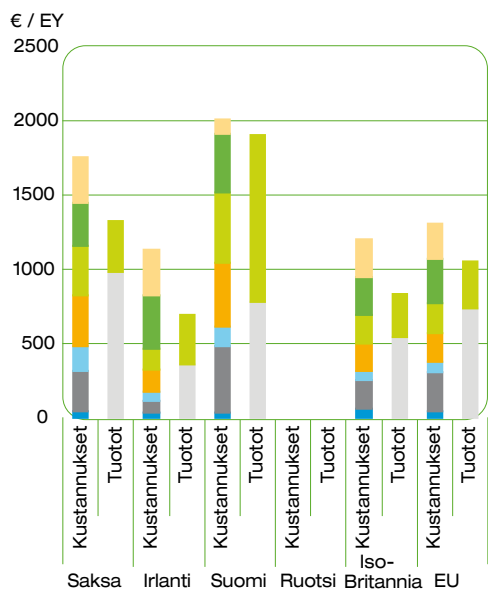
myyntituottojen osuus EU:ssa keskimäärin on 14 % kokonaistuotosta (kuva 29).

Emolehmätuotannossa kotieläintuoton osuus kokonaistuotosta on alhaisin Ruotsissa (26 %) ja Suomessa (26 %). EU:ssa naudanlihan myyntituoton osuus kokonaistuotosta on keskimäärin 48 %. Tukien osuus kokonaistuotosta on Suomessa korkein EU-maista, keskimäärin 68 %, kun EU:ssa tukien osuus on keskimäärin 30 % kokonaistuotosta. Muiden myyntituottojen osuus on EU:ssa keskimäärin 22 % kokonaistuotosta. Suomessa muita myyntituottoja on keskimäärin 6 % kokonaistuotosta (kuva 29).

Lihanautojen kasvatuksen eläinyksikköä kohti laskettu tuotantokustannus on EU:ssa keskimäärin 1 300 €/EY ja emolehmätuotannon 1 100 €/EY (kuva 30). Emolehmä-

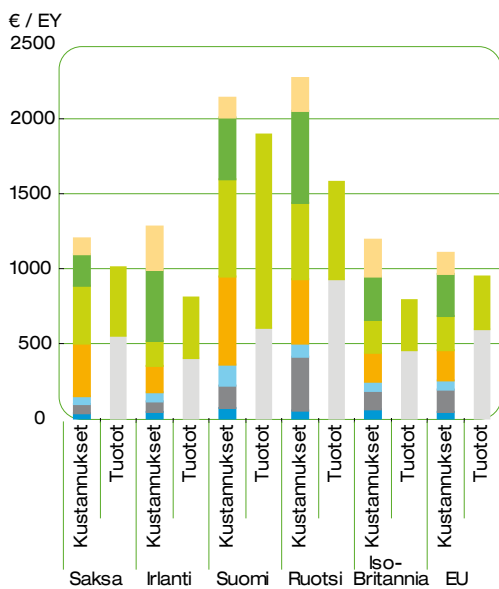
tuotannon korkein eläinyksikkökohtainen tuotantokustannus on Ruotsissa (2 260 €/EY) ja lihanautojen kasvatuksen Suomessa (2 040 €/EY). Emolehmätuotannon osalta suomalaisten tilojen tuotantokustannus on toiseksi korkein (2 140 €/EY) (kuva 31). EU:n keskimääräiset eläinyksikkökohtaiset tuotantokustannukset ovat alhaisemmat kuin yhdessäkään vertailumaassa sekä emolehmä- että naudanlihanuotannossa.

Naudanlihanuotantotilojen yrittäjätulo on EU:ssa keskimäärin lihanautojen kasvatustiloilla 17 250 €/tila ja emolehmätiloilla 16 900 €/tila. Suomen naudanlihanuotannossa muodostuu vertailumaista korkein yrittäjätulo, 26 500 €/tila; myös emolehmätiloilla korkein yrittäjätulo saadaan Suomessa, 18 200 €/tila. Molempien tuotannonhaarojen alhaisin yrittäjätulo saadaan Irlannis-

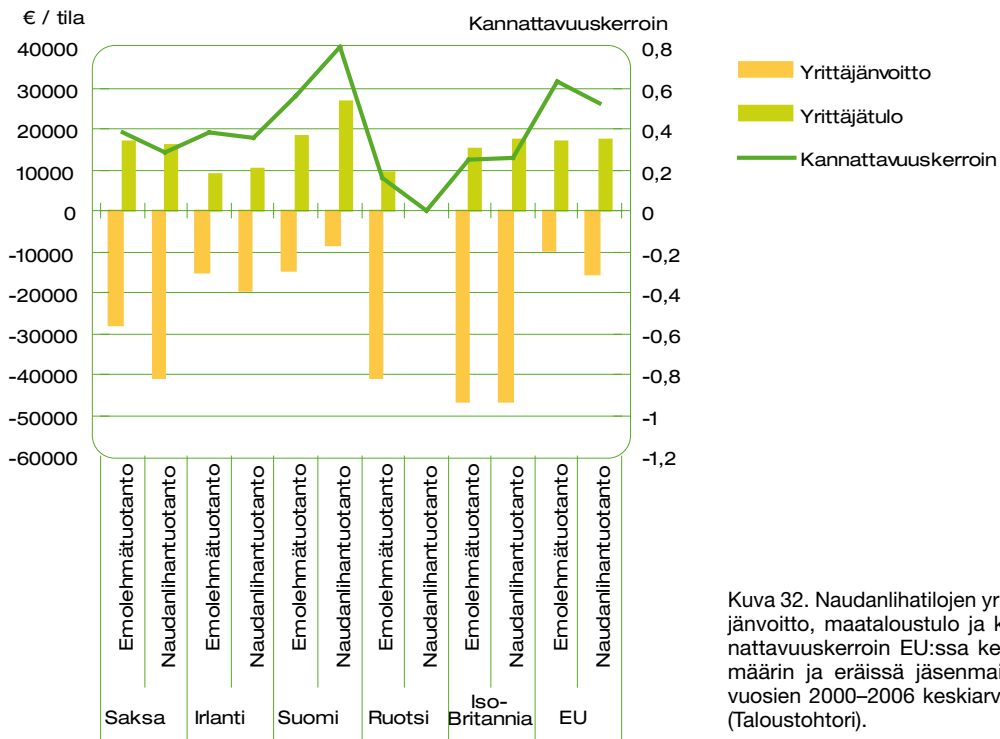


- Oman pääoman korkovaatimus € / EY
- Kiinteät kustannukset € / EY
- Muut muuttuvat kustannukset € / EY
- Nautakarjan rehukustannus € / EY
- Yrittäjäperheen palkkovaatimus € / EY
- Yleiskustannukset € / EY
- Kokonaistuotto, ilman tukia € / EY
- Muut kotieläinkustannukset € / EY
- Tuet € / EY

Kuva 30. Naudanlihanuotantotilojen kokonaistuotot ja tuotantokustannus eläinyksikkö kohden (€/EY) EU:ssa keskimäärin ja eräissä jäsenmaissa vuosien 2000–2006 keskiarvona (Taloustohtori).



Kuva 31. Emolehmätilojen kokonaistuotot ja tuotantokustannus eläinyksikkö kohden (€/EY) EU:ssa keskimäärin ja eräissä jäsenmaissa vuosien 2000–2006 keskiarvona (Taloustohtori).



Kuva 32. Naudanlihatilojen yrittäjänvoitto, maataloustulo ja kannattavuuskerroin EU:ssa keskimäärin ja eräissä jäsenmaissa vuosien 2000–2006 keskiarvona (Taloustohtori).

sa, 10 200 €/tila naudanlihan tuotannossa ja 9 100 €/tila emolehmätuotannossa (kuva 32). Yrittäjätulo on tulokäsitem, joka ei kuvaa tuotannon kannattavuutta, koska se ei huomioi yrittäjätulon aikaansaamiseksi käytettyä työ- eikä pääomapanosta. Taloudellisesta menestyksestä voidaan arvioida vain kannattavuuden tunnusluvulla.

4.2.2 Kannattavuus

Naudanlihan tuotannon kannattavuuskerroin on ollut lihanautojen kasvatustiloilla EU:ssa keskimäärin 0,52 ja emolehmätuotannossa 0,63. Missään vertailumaassa kannattavuus-

kerroin ei ole ollut yli yhden⁴, eikä niin ikään kummassakaan tuotannonhaarassa. Alhaisin kannattavuuskerroin on ollut Saksan naudanlihatiloilla. Emolehmätiloista kannattavuuskerroin on ollut matalin Ruotsin ja Ison-Britannian emolehmätiloilla (kuva 32).

EU:n naudanlihan tuotantotiloilla syntyy yrittäjän tappiota keskimäärin 15 600 €/lihanautojen kasvatustila ja 9 900 €/emolehmätila (kuva 32). Tämä merkitsee sitä, että tuottaja saa kuitenkin korvaukseksi omalle työlleen keskimäärin 3,7 €/työtunti lihanautojen kasvatustiloilla ja 4,5 €/h emolehmätiloilla, ja oman pääoman koroksi 1,80 % lihanautojen kasvatustilalla ja 2,10 % emolehmätiloilla.

4 Kun kannattavuuskerroin saa arvon yksi tai on sitä suurempi, taloudelliset tavoitteet viljelijäperheen palkkavaatimuksen ja oman pääoman korkovaatimuksen suhteen on saavutettu tai ylitetty.

5 Johtopäätökset

Kotimaisen naudanlihan tarjonta on ollut laskevaa. Naudanlihantuotannon perustuminen maidontuotannon ohella syntyvien sonnivasikoiden kasvatukseen teuraaksi antaisi olettaa naudanlihantuotannon alenevan samaa tahtia lypsylehmien lukumäärän vähenemisen kanssa. Lihantuotannon taantumista on kuitenkin onnistuttu hidastamaan teuraspainoja kohottamalla. Tämä on saatu aikaan kehittämällä ruokintaa ja eläinainesta sekä pidentämällä lihaksi kasvatettavien eläinten kasvatusaikaa.

Maidontuotannon nopean rakennekehityksen vaikutuksia naudanlihantuotantoon on pyritty vähentämään myös tuotantokannustin- ja investointitukijärjestelmillä. Näillä keinoilla emolehmätuotanto on saatu selkeään kasvuun. Emolehmien lukumäärä on kuluvaan vuosikymmenen aikana kohonnut lähes 50 %. Emolehmätuotannon lähtötaso oli kuitenkin niin vaatimaton, että suhteellisesti erittäin nopea kasvu ei ole pystynyt kompensoimaan lypsylehmien määrän vähenemisestä johtuvaa lihaksi kasvatettavien eläinten lukumäärän vähenemistä.

Naudanlihantuotantotiloilla on tapahtunut voimakasta rakennekehitystä Suomen EU-jäsenyyden aikana, sillä suuri joukko pieniä tiloja on lopettanut tuotantonsa ja samaan aikaan tuotanto on alkanut keskittymään yhä suurempiin tilakokoluokkiin. Rakennekehityksen seurauksena naudanlihantuotantotilojen keskimääräinen peltopinta-ala ja eläinmäärä ovat kasvaneet, ja pellot ja eläimet keskittyneet yhä harvemmalle tilalle.

Lihaksi kasvatettavien nautojen lukumäärä laskee lähivuosina nykytasolta, sillä maidontuotannon rakennekehityksen seurauksena lypsylehmien lukumäärä vähenee edelleen. Emolehmäpopulaation kasvaessa myös emolehmien absoluuttinen määrä voi kasvaa, mutta tuotannon kannattavuus ei kuitenkaan välttämättä houkuta laajentamaan tuo-

tantoa tulevaisuudessa, saati houkuta alalle uusia yrittäjiä.

Naudanlihan tuottajahinta on ollut alhainen ja tilojen tuotantokustannukset ovat olleet vuosittain kokonaistuottoja suurempia. Lisäksi emolehmätuotannon ja naudanlihantuotannon välillä sekä tuotoissa että kustannuksissa on selvä tasoero, sillä emolehmätuotannossa sekä tuotantokustannukset että kokonaistuotot ovat selvästi naudanlihantuotantotiloja alhaisempia.

Emolehmätuotanto on naudanlihantuotantoa pääomavaltaisempaa, sillä emolehmätuotannossa kiinteät kustannukset muodostavat noin 30 % tuotantokustannuksesta, kun taas naudanlihantuotannossa niiden osuus jää reiluun 20 %:iin.

Naudanlihantuotanto on myös hyvin tukiriippuvaista, sillä tukien osuus liikevaihdosta on peräti 50–70 %. Tukiriippuvuus lisää epävarmuutta, sillä muutokset tukipolitiikassa näkyvät heti naudanlihantuotantotilojen liikevaihdossa. Myös EU:n tasolla naudanlihantuotanto on hyvin tukiriippuvaista, sillä lihanautatiloilla tuet muodostavat 38 % tilan kokonaistuotosta ja emolehmätiloilakin 30 %.

Naudanlihantuotannon kannattavuus jää asetetuista tavoitteista, sillä naudanlihantuotantotiloilla taloudellisista tavoitteista joudutaan tinkimään keskimäärin 30 % ja emolehmätiloilla 55 %. Tämä merkitsee sitä, että naudanlihantuottajien palkaksi tulee keskimäärin 8,6 €/työtunti ja oman pääoman koroksi 3,4 %, kun tavoitteena on ollut 12,6 €/työtunti ja omalle pääomalle korkoa 5 %. Emolehmätuottajan palkaksi muodostuu 5,6 €/työtunti ja 2,2 % korkoa omalle pääomalle.

Tilan suurempi taloudellinen koko tai eläinmäärä ei välttämättä merkitse tuotannon parempaa kannattavuutta varsinkaan emo-

lehmätuotannossa, sillä se on kustannusrakenteeltaan jäykempi kuin naudanlihan tuotanto. Edes paras ryhmä ei ole saanut emolehmätuotantoa kannattavaksi pitkäläkään aikavälillä – toisin kuin naudanlihan tuotannossa. Naudanlihan tuotannossa suurempi tilakoko näyttääkin merkitsevän parempaa kannattavuutta, mutta samalla myös suurempia riskejä.

Kotimainen naudanlihan tuotanto ei pärjää tuotantokustannuksiltaan kansainvälises-

sä vertailussa. EU:ssa tuotantokustannukset ovat keskimäärin kokonaistuottoja suurempia, niin myös Suomessa. Suomen tuotantokustannustaso suhteessa muihin EU-maihin voidaan selvittää vain eläinyksikköä kohti, koska tilakohtaisia lihan tuotantomääriä ei ole kirjattu tutkimusaineistoon. Suomi sijoittuu tässä vertailussa kustannuksiltaan korkeimpien jäsenmaiden luokkaan. Heikon kannattavuuden kanssa painitaan Suomen lisäksi monessa muussakin jäsenmaassa.

6 Kirjallisuus

Euroopan komissio 2009. Market prices – member states [verkkodokumentti]. Saatavissa internetistä: <http://ec.europa.eu/agriculture/markets/index_en.htm>. [Viitattu 18.12.2009.]

Niemi, J. & Ahlstedt, J. (toim.) 2009. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2009. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Julkaisuja 109: 96 s.

Tilastolähteet

Tike 2009a. Tutkimuksen käytössä olevia eri tilastoraportteja. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.

Tike 2009b. Matilda-tietopalvelu. Päivitetty: 14.12.2009. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Saatavilla internetistä: <<http://www.matilda.fi>>. [Viitattu 15.12.2009.]

Tike 2009c. Matilda-tietopalvelu, Liha. Päivitetty: 14.12.2009. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Saatavilla internetistä: <<http://www.matilda.fi>>. [Viitattu 15.12.2009.]

Tike 2009d. Matilda-tietopalvelu, Maataloustuotteiden hinnat. Päivitetty: 14.12.2009. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Saatavilla internetistä: <http://www.matilda.fi>. [Viitattu 15.12.2009.]

Tike 2009e. Matilda-tietopalvelu, Maatilarekisteri. Päivitetty: 14.12.2009. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Saatavilla internetistä: <http://www.matilda.fi>. [Viitattu 15.12.2009.]

Tike 2009f. Matilda-tietopalvelu, Maatilatilastollinen vuosikirja. Päivitetty: 14.12.2009. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Saatavilla internetistä: <http://www.matilda.fi>. [Viitattu 15.12.2009.]

Tilastokeskus 2009. Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi. Saatavissa internetistä: <<http://tilastokeskus.fi/til/ttohi/index.html>>. [Viitattu 15.12.2009.]

Liitteet

LIITE 1.

Taulukko 1. Kannattavuuskirjanpitoon perustuvan tuloslaskelman operationalisointi.

OIKAISTU TULOSLASKELMA

- + Myyntituotot
- + Tuet
- = LIIKEVAIHTO
- + tuotevarastojen ja kotieläinomaisuuden lisäys
- tuotevarastojen ja kotieläinomaisuuden vähennys
- + sisäiset siirrot (luovutukset)
- + maa- ja puutarhatalouden muut tuotot
- = KOKONAISTUOTTO
- muuttuvat kulut
- kiinteät kulut
- yrittäjäperheen palkkavaatimus
- = KÄYTTÖKATE
- poistot
- = LIIKETULOS
- + rahoitustuotot
- korot ja rahoituskulut
- = NETTOTULOS
- oman pääoman korkovaatimus
- = YRITTÄJÄNVOITTO

LIITE 2

Taulukko 1. Kannattavuuskirjanpitoon perustuvan taselaskelman operationalisointi.

OIKAISTU TASELASKELMA

Vastaavaa

- Aineettomat hyödykkeet
- Aineelliset hyödykkeet
 - Maa- ja vesialueet (viljelysmaa)
 - Rakennukset
 - Koneet ja kalusto
 - Muut aineelliset
- Pitkäaikaiset sijoitukset
- Arvostuserät
- Vaihto-omaisuus
 - Aineet ja tarvikkeet (panosvarastot)
 - Tuotevarastot
 - Kotieläimet
 - Muu vaihto-omaisuus
- Saamiset
- Rahoitusomaisuus

Vastattavaa

- Oma pääoma
- Varaukset
- Arvostuserät
- Pitkäaikainen vieras pääoma
 - Valtionlainat
 - Korkotukilaina
 - Muut pankkilainat
 - Muut pitkäaikaiset velat
- Lyhytaikainen vieras pääoma
 - Lyhytaikaiset pankkilainat
 - Ostovelat
 - Muut lyhytaikaiset velat

LIITE 3.

Yrityksen tulosta, kannattavuutta ja vakavaraisuutta kuvaavat tunnusluvut, niiden laskeminen ja tulkinta.

1. YRITYKSEN TULOSTA KUVAAVAT TUNNUSLUVUT

Yrittäjätulo (Maataloustulo, Farm Family Income): Maa- ja puutarhatalouden yrittäjätulo jää kokonaistuotosta yrittäjäperheen työpalkaksi ja oman pääoman koroksi. Koska yrittäjätuloa laskettaessa ei oteta huomioon yrittäjäperheen tekemän työn ja oman pääoman käyttömääriä, se ei kuvaa yritystoiminnan kannattavuutta. Yrittäjätulo ei myöskään kuvaa tilan kannattavuuskehitystä, sillä yrittäjäperheen tekemän työn ja oman pääoman käyttö on saattanut muuttua edellisistä vuosista.

Keskiarvotasolla pääoman ja työn käyttömäärät eivät kuitenkaan muutu kovin nopeasti, minkä vuoksi suurissa tarkasteluryhmissä jo yrittäjätulonkin kehityksestä nähdään kohtuullisen hyvin yritystoiminnan kannattavuuskehitys. Tilakohtainen sekä myös pienempien tilaryhmien kannattavuustaso ja -kehitys nähdään kuitenkin vasta, kun oman pääoman ja oman työn käyttömäärät ja niissä tapahtuvat muutokset otetaan huomioon.

Yrittäjätulo = Nettotulos + yrittäjäperheen palkkavaatimus
Yrittäjätulo = Kokonaistuotto - kustannukset ilman yrittäjäperheen palkkavaatimusta ja oman pääoman korkovaatimusta

Nettotulos: Nettotulos jää koroksi yritystoimintaan sijoitetulle omalle pääomalle. Nettotuloksen ollessa useamman vuoden negatiivinen, seurauksena on oman pääoman pieneneminen ja vakavaraisuuden heikkeneminen. Nettotulosta tarkasteltaessa on huomattava, että veroja ei ole vähennetty.

2. YRITYKSEN KANNATTAVUUTTA KUVAAVAT TUNNUSLUVUT

Kannattavuudella tarkoitetaan yrityksen pitkän tähtäimen tulontuotamiskykyä.

Yrittäjänvoitto: Yrittäjänvoitto kuvaa yrityksen euromääräistä (absoluuttista) kannattavuutta. Se lasketaan vähentämällä kokonaistuotosta kaikki tuotantokustannukset. Jos yrittäjänvoitto on negatiivinen, on yritys tuottanut tappiota. Kustannusten tulisi olla näiden tappioiden verran alhaisempia, jotta yrityksen kokonaistuotto olisi riittänyt kattamaan tuotantokustannukset.

Kannattavuuskerroin: Kannattavuuskerrointa laskettaessa omalle työlle ja omalle pääomalle korvaukseksi jäävä yrittäjätulo jaetaan oman työn palkkavaatimuksen ja oman pääoman korkovaatimuksen summalla. Korkovaatimus lasketaan tässä tilivuoden keskimääräiselle omalle pääomalle.

Kannattavuuskerroin osoittaa, kuinka suuri osa palkkavaatimuksista ja oman pääoman korkovaatimuksista on saavutettu.

Kun kannattavuuskerroin on 1,00, omalle työlle ja omalle pääomalle korvaukseksi jäävä yrittäjätulo on yhtä suuri kuin näille tavoitteeksi asetetut palkka- ja korkovaatimukset. Jos kannattavuuskerroin on tätä pienempi, omalle työlle ja pääomalle on jäänyt tavoitteita alhaisemmat korvaukset.

Kannattavuuskerroin kuvaa tuotannon kannattavuuden lisäksi myös kannattavuuskehitystä, sillä se ottaa huomioon myös työn ja pääoman käyttömäärissä tapahtuneet muutokset. Se sopii rahamääräisiä käsitteitä paremmin eri kokoisten yritysten ja eri tuotantosuuntien väliseen vertailuun. Tuotantontekijöistä työtä ja pääomaa käsitellään tasavertaisena kannattavuuskerrointa laskettaessa, joten se mittaa tasapuolisesti sekä pääomavaltaisen että työvaltaisen tuotannon kannattavuuden. Kannattavuuskerroin on suhteellinen käsite, jolloin eri vuosien kannattavuutta voidaan vertailla ilman deflaatioita.

KANNATTAVUUSKERROIN = Yrittäjätulo / (yrittäjäperheen palkkavaatimus + oman pääoman korkovaatimus)

Työn tuotto(€/h) ja pääoman tuotto (%) lasketaan kertomalla kannattavuuskertoimella tuntipalkkavaatimus ja korkovaatimusprosentti. Tunnusluvut kuvaavat kuinka suuren tuntipalkan ja koron omalle pääomalle yritystoiminta antoi. Omaa työtä ja pääomaa kohdellaan tasavertaisena, joten työ- ja pääomavaltaisia yrityksiä kohdellaan tasapuolisesti kannattavuusvertailuissa.

TYÖN TUOTTO (€/h) = kannattavuuskerroin * tuntipalkkavaatimus

PÄÄOMAN TUOTTO (%) = kannattavuuskerroin * laskentakorkovaatimus

Työansio: Työansio kuvaa yrittäjäperheen maataloustyölle saamaa työtuloa. Työansiota laskettaessa yrittäjätulosta vähennetään oman pääoman korkovaatimus, joka on siten tuotantontekijänä asetettu etusijalle työpanokseen nähden.

Työansio = Yrittäjätulo - oman pääoman korkovaatimus

Työtuntiansio: Työtuntiansiota laskettaessa työansio suhteutetaan tehtyjen työtuntien määrään. Saatua työtuntiansiota voidaan verrata esim. palkansaajan tuntiansioon. Tunnuslukua tarkasteltaessa on huomattava, että omalle pääomalle on jo saatu laskentakorkovaatimuksen mukainen tuotto.

Työtuntiansio = Työansio / työtuntimäärä

Oman pääoman tuotto: Oman pääoman tuotto on korvausta yrittäjäperheen omalle pääomalle. Oman pääoman tuottoa laskettaessa yrittäjätulosta vähennetään yrittäjäperheen palkkavaatimus, joka on siten tuotantontekijänä asetettu etusijalle omaan pääomaan nähden.

Oman pääoman tuotto (nettotulos) = Yrittäjätulo - yrittäjäperheen palkkavaatimus

Oman pääoman tuotto prosentti: Oman pääoman tuotto prosenttia laskettaessa omalle pääomalle korvaukseksi jäänyt oman pääoman tuotto suhteutetaan oman pääoman määrään. Saatua tuotto prosenttia voidaan verrata markkinoilta saatavaan vastaavaan riskin omaavan sijoituksen tuottamaan korkoon. Tunnuslukua tarkasteltaessa on huomattava, että yrittäjäperheen työlle on jo saatu tuntipalkkavaatimuksen mukainen tuotto.

Oman pääoman tuotto prosentti = 100 * Oman pääoman tuotto / oman pääoman määrä

Kokonaispääoman tuotto: Kokonaispääoman tuotto kertoo paljonko yritys tuottaa korkoa toimintaan sijoitetulle koko pääomalle.

Kokonaispääoman tuotto = Nettotulos + korot ja rahoituskulut

Kokonaispääoman tuotto prosentti: Kokonaispääoman tuotto prosentti osoittaa koko pääomalle saatavan koron. Kokonaispääoman tuotto prosenttia voidaan verrata vieraasta pääomasta maksettavaan korkoon.

Kokonaispääoman tuotto prosentti = 100 * (Nettotulos + korot ja rahoituskulut) / taseen loppusumma

3. VAKAVARAIUUTTA KUVAAVAT TUNNUSLUVUT

Omavaraisuusaste: Omavaraisuusaste mittaa yrityksen vakavaraisuutta ja rahoitusriskiä. Se lasketaan suhteuttamalla vuoden lopun oma pääoma varojen koko määrään. Yritys on sitä vakavaraisempi ja rahoitusriski sitä pienempi, mitä korkeampi on sen omavaraisuusaste.

Jos omalle pääomalle korvaukseksi jäävä nettotulos on negatiivinen, yrityksen oma pääoma ja varallisuus vähenee. Tällöin yritykseen on sijoitettava ulkopuolelta lisäpääomaa mm. investointeina, mikäli tuotantotoimintaa aiotaan jatkaa. Lisäpääoma saattaa olla vierasta pääomaa, mutta usein se on myös oman pääoman ehtoista (metsätulot, palkkatulot jne.), jolloin tilan omavaraisuusaste ei heikkene vastaavasti.

Omavaraisuusaste = 100 * Oma pääoma / taseen loppusumma

Suhteellinen velkaantuneisuus: Suhteellinen velkaantuneisuus on vakavaraisuuden mittari. Se kuvaa velkojen suhdetta toiminnan laajuuteen. Siitä voidaan karkeasti päätellä, millaiset käyttökattevaatimukset vieraan pääoman hoitokulut yritykselle asettavat.

Suhteellinen velkaantuneisuus = 100 * Vierias pääoma / Kokonaistuotto

Pikkuvasikoiden kasvatus eristämättömissä olosuhteissa: terveys, tuotanto ja hyvinvointi

Leena Tuomisto ja Arto Huuskonen
MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Tähän kirjallisuusselvitykseen on koottu tietoa pikkuvasikoiden lämmönsäätelyn fysiologiasta ja kylmässä kasvattamisen vaikutuksista niiden terveyteen, tuotantoon ja hyvinvointiin. Vasikan kyky sietää alhaisia lämpötiloja kehittyy kasvun myötä eristyksen (karvapeite, ihonalainen rasva) parantuessa ja lämmöntuoton lisääntyessä. Vasikan alempi kriittinen lämpötila on vastasyntyneenä (+9) – (+13) °C ja kolmen viikon iässä +8 °C. Vasikan kylmänkestävyyttä parantavat muun muassa energiapitoinen ruokinta, runsas olkikuivitus sekä vedoton ja kuiva ympäristö. Termoneutraalilla lämpötila-alueella vasikka säilyttää ruumiinlämpönsä tasaisena fysikaalisen lämmönsäätelyn keinoin vähentämällä tai lisäämällä elimistön lämmönhukkaa. Alemman kriittisen lämpötilan alapuolella vasikan on myös lisäävä aineenvaihdunnallista lämmöntuottoaan (lihasvärinän ja ruskean rasvakudok-

sen tuottama lämpö) säilyttääkseen tasaisen ruumiinlämpötilan. Vasikat ovat kasvaneet kylmissä olosuhteissa heikommin, yhtä hyvin tai jopa paremmin kuin lämpimissä olosuhteissa. Kylmissä olosuhteissa kasvatusta on lisännyt vasikoiden rehun syöntiä tai ei ole vaikuttanut siihen. Kylmässä vasikat vähentävät lämmönhukkaansa ja säästävät energiaa lisäämällä kokonaismakuaikaa sekä makuu- ja kiinnityskäyttäytymistä toisissaan. Iglukasvatus on usein vähentänyt vasikoiden riskiä sairastua hengitystietulehdukseen ja ripuliin verrattuna perinteiseen sisäkasvatukseen, mutta aiheesta on saatu myös vastakkaisia tutkimustuloksia.

Avainsanat:

vasikat, tuotantoympäristöt, kylmäkasvatus, iglut, lämmönsäätely, tuotanto, terveys



Kuva: Leena Tuomisto

1 Johdanto

Vasikoiden perinteiset kasvatustilat ovat usein monin tavoin puutteellisia eläimen terveyden ja hyvinvoinnin kannalta. Yleisiä ongelmia ovat tilojen ahtaus, vetoisuus, kosteus, huono ilmastointi ja kuivituksen vähäisyys. Taudinaiheuttajien määrä kasvaa, kun ahtaissa tiloissa pidetään paljon eläimiä. Huonot olosuhteet altistavat vasikoita erityisesti hengitysteiden sairauksille ja suolistoperäisille sairauksille (Andrews 1992, Fels-Klerx ym. 2000). Sairastumisesta voi olla kauaskantoisia seurauksia: vasikkana sairastetun hengitystietulehduksen tai ripulin on todettu nostavan hiehoivasikan myöhempää kuolleisuutta tai viivästyttävän ensimmäistä poikimista (Waltner-Toews ym. 1986a).

Pikkuvasikoiden kasvatusta ulkona eristämättömissä kasvatustiloissa on yleistä Pohjois-Amerikassa ja Keski-Euroopassa. Kasvatusmallissa tavoitellaan terveempiä eläimiä siirtämällä vasikat pian syntymän jälkeen ulos raittiiseen ilmaan pienempään tautipaineeseen. Vasikoiden kasvatusta eristämättömissä tiloissa tai kokonaan lypsykarjanavetan ulkopuolella on perusteltu myös pienemmillä rakennuskustannuksilla. Suomessa pikkuvasikoiden ulkokasvatusta on melko uusi kasvatusmuoto ja sitä harjoitetaan laajemmassa mittakaavassa vain muutamilla tiloilla.

Suomessa lihanautoja kasvatetaan monilla tiloilla eristämättömissä kasvatusympäristöissä. Suurelle naudalle kylmyys ei ole ongelma, jos eläimet ovat laumassa, tarjolla on hyvä tuulensuoja ja kuiva makuualusta sekä riittävästi rehua ja puhdasta juomavettä (Huuskonen ym. 2009, Tuomisto ym. 2009). Pikkuvasikoiden hyvinvointi on kuitenkin monella tavoin suurta nautaa haavoittuvaisempi. Lisäksi pienten vasikoiden kasvattaminen kylmässä herättää usein huolta eläinten terveydestä ja hyvinvoinnista. Tähän kirjallisuusselvitykseen on koottu tutkittua tietoa pikkuvasikoiden lämmönsäätelyfysiologiasta ja kylmässä kasvattamisen vaikutuksesta pikkuvasikoiden terveyteen, tuotantoon ja hyvinvointiin.

2 Lämmönsäätelyn fysiologiaa

2.1 Lämmönsäätelyn perusteet

Tasalämpöiset eläimet ylläpitävät suhteellisen tasaisen ruumiinlämpötilan muuttuvissa ympäristön lämpötiloissa (Christopherson ym. 1993). Lämmönsäätely perustuu lämmöntuoton ja -hukan väliseen tasapainoon, jota eläimet pitävät yllä fyysikaalisen ja kemiallisen lämmönsäätelyn avulla ja jota käytäytymislämmönsäätely täydentää. Hermosto ohjaa lämmönsäätelyä (Tirri ym. 1995). Aivojen lämmönsäätelykeskus sijaitsee väliaivojen pohjassa, hypothalamuksessa, jonka tietyt solut aistivat veren lämpötilaa, mutta sinne saapuu myös viestejä ihon lämpötila-aistimien toiminnasta. Näiden perusteella käynnistyvät nopeasti hermostolliset mekanismit, jotka ohjaavat sekä fyysikaalisia että kemiallisia lämmönsäätelyjärjestelmiä. Hitaammat hormonaaliset mekanismit liittyvät eläimen pitkän ajan kuluessa tapahtuvaan sopeutumiseen, akklimatisaatioon.

Jotta ruumiinlämpötila säilyisi tasaisena, eläimen lämmönhukan ja lämmöntuoton on oltava yhtä suuria (Christopherson ym. 1993). Eläimestä poistuu lämpöä lämpösäteilynä, väliaineen mukana tapahtuvalla kuljetuksella, haihtumalla vesihöyrynä iholta ja hengitysteiden pinnalta sekä johtumalla ympäröivään ilmaan ja pintoihin, joita eläin koskettaa (Davis

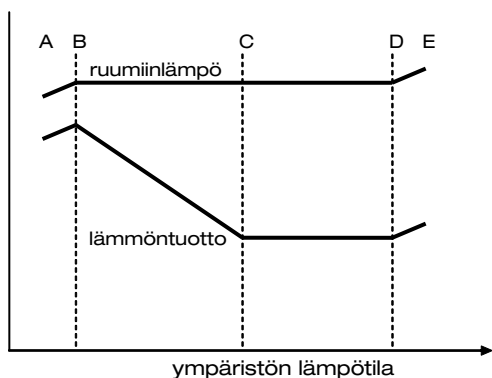
& Drackley 1998, IUPS thermal commission 2003). Lämmönhukka lisääntyy ympäristön lämpötilan laskiessa (Webster ym. 1978). Eläimessä syntyvä lämpö on perusaineenvaihdunnan ja lihastyön tuottamaa. Kun tämä lämpö ei yksinomaan riitä, lisälämmön tuotossa on toiminnassa kaksi mekanismia: lihasvärinälinen ja lihasvärinäton lämmöntuotto (Tirri ym. 1995). Lihasvärinälinen lämmöntuotto on kylmässä tapahtuvaa tahatonta luurankolihasien värinää. Intensiivisen lihasvärinän aikana nauta tyypillisesti seisoo selkää kaarella (Young 1975). Lihasvärinäton lämmöntuotto perustuu ruskean rasvakudoksen nopeasti tuottamaan lämpöön (Tirri ym. 1995).

Eläimen karvapeite, iho ja ihonalaiskudos toimivat lämpöeristeenä (Christopherson ym. 1993). Pintaverisuonten vasokonstriktio eli supistuminen, piloerektio eli karvojen nouseminen pystyy sekä paksu talvikarvapeite tehostavat eristystä. Kylmissä oloissa eläimet vähentävät lämmönhukkaansa hakeutumalla suojaan tai palloutumalla tai käpertymällä, jolloin ihon lämpöä luovuttava pinta-ala on mahdollisimman pieni (Tirri ym. 1995). Sosiaalisessa lämmönsäätelyssä lämmönhukka pienenee eläinten kerääntyessä yhteen mahdollisimman tiiviiksi rykelmiksi.

2.2 Lämpötila-alueet

Termoneutraalialue (kuva 1) on tasalämpöisen eläimen ympäristön lämpötila-alue, jossa eläimen ei tarvitse käyttää aineenvaihdunnallisia mekanismeja lämpötilansa säätelyyn, vaan siihen riittävät lämmönhukkaa säätelevät mekanismit (Tirri ym. 1995). Termoneutraalin alueen ylärajaa kutsutaan ylempiä kriittiseksi lämpötilaksi ja alarajaa alemmaksi kriittiseksi lämpötilaksi. Alempi

kriittinen lämpötila on ympäristön lämpötila, jonka alapuolella eläimen täytyy lisätä aineenvaihdunnallista lämmöntuottoaan säilyttääkseen lämpötasapainonsa (IUPS thermal commission 2003). Ylempi kriittinen lämpötila on ympäristön lämpötila, jonka yläpuolella eläimen täytyy tehostaa haihduttamalla tapahtuvaa lämmönhukkaa säilyttääkseen lämpötasapainonsa.



Kuva 1. Ruumiinlämmön, elimistön lämmöntuoton ja ympäristön lämpötilan välinen suhde. Mukailtu Mountin (1973) kaaviosta.

A = hypotermia
 B = lämpötila, jossa elimistön lämmöntuotto on korkeimmillaan
 C = alempi kriittinen lämpötila
 D = ylempi kriittinen lämpötila
 E = hypertermia,
 CD = termoneutraalialue

Elimistön tuottaman lämmön määrä on keskeinen alempaan kriittiseen lämpötilaan vaikuttava tekijä. Tuotetun lämmön määrä riippuu eläimen tuotosvaiheesta sekä tarjotun

rehun määrästä ja laadusta (Webster 1974). Eniten lämpöä tuottavat korkeassa tuotosvaiheessa olevat naudat, kuten nopeasti kasvavat lihanaudat ja runsaasti maitoa tuottavat lypsylehmät. Siten korkeatuottoisten nautojen alemmat kriittiset lämpötilat ovat hyvin alhaisia. Alempaan kriittiseen lämpötilaan vaikuttavat myös sääolosuhteet, eläinsuojan laatu, naudan rotu, edellisestä ateristiasta kulunut aika, käyttäytyminen ja kylmään sopeutuminen (Webster 1981, Young 1983, Schrama ym. 1994).

Tuuli voimistaa pakkasen vaikutusta nopeuttamalla iholta ympäröivään ilmaan tapahtuvaa lämmönhukkaa. Siten heikkokin tuuli nostaa naudan alemmaa kriittistä lämpötilaa (Webster 1981). Ilmankosteudella ei ole suurta vaikutusta lämmönhukkaan tai eläimen tuntemaan kylmään ellei karvapeite tai makuualusta ole märkä, jolloin niiden eristyskyky on heikentynyt. Auringon säteilyn lämmittävä vaikutus laskee alemmaa kriittistä lämpötilaa (Webster 1974). Ulkokasvatettujen vasikoiden onkin havaittu hakeutuvan pilvettöminä talvipäivinä auringonpaisteeseen (Brunsvold ym. 1985).

2.3 Vasikan lämmönsäätely

Nuori vasikka ei siedä kylmää yhtä hyvin kuin aikuinen nauta, koska se tuottaa lämpöä vähemmän ja sen kudosten ja karvapeitteen tarjoama eristys on heikompi kuin aikuisella eläimellä (Gonzalez-Jimenez & Blaxter 1962, Webster 1971). Lisäksi vasikan kylmänsietoa heikentävät ihon suuri pinta-ala suhteessa eläimen massaan sekä kehittymättömän kyky säädellä vasokonstriktiota eli verisuonten supistumista (Gonzalez-Jimenez & Blaxter 1962). Vasikan kyky sietää alhaisia lämpötiloja kehittyy vasikan kasvaessa. Kasvun myötä vasikan lämpöeristys paranee: karvapeite paksunee ja pitenee, iho paksunee ja ihonalainen rasva lisääntyy. Myös lämmöntuotto lisääntyy: vastasyntyneenä vasikka tuottaa lämpöä 100 W/m^2 ja kuukauden iässä 120 W/m^2 (Webster 1981). Aikuisen, 22

kg maitoa tuottavan lehmän lämmöntuotto on 154 W/m^2 .

Termoneutraalilla alueella vasikka säilyttää ruumiinlämpönsä tasaisena fysikaalisen lämmönsäätelyn keinoin vähentämällä tai lisäämällä elimistön lämmönhukkaa (Davis & Drackley 1998). Tämä tapahtuu säätelämällä iholle virtaavan veren määrää, sydämen sykettä, hengitystiheyttä ja ihon karvojen asentoa. Kylmissä oloissa vasikka pienentää lämmönhukkaansa supistamalla verisuonia ruumiinääriosissa, raajoissa ja korvissa sekä kohottamalla ihon karvoja, jolloin ihon ja ulkoilman väliin syntyy eristävä ilmakerros.

Vasikan alempi kriittinen lämpötila on kahden ensimmäisen elinviikon aikana $+9$ ja $+13 \text{ }^\circ\text{C}$ välillä (taulukko 1). Vasikan kasva-

essa alempi kriittinen lämpötila laskee niin, että kolmen viikon iässä se on +8 °C ja kuu-kauden iässä 0 °C. Alempaan kriittiseen läm-pötilaan vaikuttavat myös esimerkiksi tuu-lennopeus, lattian materiaali ja kuivitus sekä vasikan asento (taulukko 1). Alempaa kriittis-tä lämpötilaa laskevat vedottomuus, paksu ol-kipohja ja makuuasento. Hyvin energiapitoi-nen ruokinta lisää vasikan lämmöntuottoa ja parantaa eläimen kylmänkestävyyttä (Web-ster 1981). Sairaus tai riittämätön ruokinta puolestaan pienentävät vasikan lämmöntuo-toa ja heikentävät vasikan kylmänkestävyyt-tä (Webster ym. 1978, Schrama ym. 1993a). Holmesin ja McLeanin (1975) mukaan jer-seyrotuiset vasikat ovat herkempiä kylmälle kuin friisiläisrotuiset vasikat. Websterin ym. (1978) mukaan alempi kriittinen lämpöti-la on korkeampi friisiläisrotuisilla vasikoilla kuin hereford-friisiläis-risteytysvasikoilla.

Ympäristön lämpötilan laskiessa vasikka lisää lämmöntuottoaan säilyttääkseen ruumiinläm-pönsä tasaisena (Schrama ym. 1992, Schra-ma ym. 1993b). Vasikalla on käytössään kaksi kemiallista keinoa lisälämmön tuottamiseksi (Davis & Drackley 1998). Lihasvärinän avul-

la vasikka voi kaksinkertaistaa perusaineen-vaihdunnalla tuottamansa lämmön määrän (Gonzalez-Jimenez & Blaxter 1962). Toinen vasikan kemiallinen lämmöntuottokeino, li-hasvärinätön lämmöntuotto, perustuu ruske-an rasvakudoksen nopeasti tuottamaan läm-pöön (Davis & Drackley 1998).

Tunnusomaista ruskealle rasvakudokselle on elektronimikroskoopilla havaittava suuri mi-tokondrioiden määrä (Alexander ym. 1975). Ruskeaa rasvakudosta on pääasiassa selässä la-paluiden välissä sekä munuaisten ja suurten verisuonten ympärillä (Tirri ym. 1995). Run-saammin ruskeaa rasvaa on vastasyntyneillä vasikoilla. Ruskean rasvan määrä lisääntyy ja se aktivoituu voimakkaasti eläimen joutuessa kylmään ympäristöön, jolloin se tuottaa run-saasti lämpöenergiaa. Ruskealla rasvakudok-sella ei tiedetä olevan muuta tehtävää kuin tuottaa lämpöä kylmän aiheuttaman stressin aikana. Suurin osa vastasyntyneen vasikan ras-vakudoksesta on ruskeaa käsittäen noin 2,0 % eläimen painosta (Alexander ym. 1975). Rus-kea rasvakudos korvautuu vasikan ensimmäi-sen elinviikkojen aikana vanhemmille eläimil-le tyypillisellä valkealla rasvakudoksella.

Taulukko 1. Vasikan alempi kriittinen lämpötila eri lähteiden mukaan.

Lähde	Ikä (vrk)	Rotu	Ruokinta	Käsittely	Alempi kriittinen lämpötila (°C)
	3				12,8
Gonzalez-Jimenez & Blaxter (1962)	10	Ay	4 l maitoa/vrk		10,8
	20				8,2
Webster (1981)	0			tuuli 0,2 m/s	9
	0			tuuli 2 m/s	17
Webster (1981)	30			tuuli 0,2 m/s	0
	30			tuuli 2 m/s	9
Webster (1978)	3-56	Fr			10
		Hf x Fr			8
				betonilattia	18
Aaltonen & Pyykkönen (1988)	0			puulattia	11
				olkipohja	6
Schrama ym. (1992)	6-14	Ho-Fr	alle tai lähellä ylläpitotasoa		12,5
			alle		
Schrama ym. (1993a)	6-11	Ho-Fr	ylläpitotason		13,1-16,6
				seisaalla	17,0
Schrama ym. (1993b)	6			makuulla	13,5

Ympäristön lämpötilan noustessa ylemmän kriittisen lämpötilan yläpuolelle vasikan täytyy käyttää energiaa lämmön poistamiseen elimistöstä (Davis & Drackley 1998). Tämä tapahtuu pääasiallisesti tihtyneenä hengityksenä tai läähätyksenä, joiden tarkoituksena on lisätä lämmön poistumista haihtumalla. Korkeatuottoisilla naudoilla rehun syönnin vähentäminen on tehokas keino vähentää lämpöstressiä. Jos eläin ei pysty sää-

telemään ruumiinlämpöään haihduttamalla lämpöä, ruumiinlämpö alkaa kohota ja lopulta eläin kuolee. Lämpöstressin on havaittu vähentävän vasikoiden väkirehun syöntiä ja heikentävän vasikoiden kasvua iglukasvatuksessa kesällä verrattuna kevät- tai syyskasvatukseen (Broucek ym. 2008). Vasikoiden lämpöstressiä voidaan iglukasvatuksessa vähentää sijoittamalla iglut katoksen alle varjoon (Coleman ym. 1996, Spain & Spiers 1996).

2.4 Kylmään sopeutuminen

Eläimen sopeutumista vuodenaikojen vaihtelun aiheuttamien ilmasto-olosuhteiden muutoksiin kutsutaan akklimatisaatioksi (Tirri ym. 1995). Akklimatisaatio on fenotyyppistä sopeutumista ja vaatii kehittyäkseen yleensä useamman viikon. Yksilön geneettiset tekijät määräävät ne biokemialliset, fysiologiset ja käyttäytymisen strategiat, joilla eliöt reagoivat ilmaston muutoksiin. Muutoksia tapahtuu erilaisten entsyymien aktiivisuuksissa sekä hormonien ja hermoston toiminnassa.

Nautojen kyky selviytyä kylmissä olosuhteissa paranee lievän kylmänaltistuksen myötä (Young 1983). Akklimatisaatio ilmenee esimerkiksi nautojen selviytymisenä ilman lihasvärinää yhä matalammista lämpötiloista talven edetessä (Gonyou ym. 1979). Kylmään sopeutuminen käsittää märehäijöillä elimistön lämpöeristyksen paranemisen, ruokahalun kasvamisen ja perusaineenvaihdunnan kiihtymisen (Young 1983). Kylmässä tapahtuva aineenvaihdunnan kiihtyminen ja lämmöntuoton lisääntyminen parantavat eläimen kykyä kestää kylmästressiä (Christopherson ym. 1993). Naudan lepoaineenvaihdunta voi kasvaa jopa 40 prosenttia pitkäaikaisessa kylmänaltistuksessa (Young 1975). Myös maksimaalisen lämmöntuoton (*summit metabolism*) potentiaali kasvaa kylmään sopeutumisen seurauksena (Christopherson ym. 1993).

Lämmöntuoton lisääntyessä naudan energiantarve ja ruokahalu kasvavat (Young 1981).

Kylmästressi ilmeneekin naudoilla rehusta saadun energian siirtymisenä tuotannosta tasalämpöisyyden ylläpitoon ja elimistön energiavarastojen vähenemisenä (Young 1983, Christopherson ym. 1993). Kylmänaltistuksessa märehäijöiden ruuansulatuselimistön toiminnassa on havaittu muutoksia: eläimen märehäimisaktiivisuus lisääntyy, etumahojen liikkeet lisääntyvät ja ruokasulan kulku ruuansulatuskanavassa nopeutuu (Westra & Christopherson 1976, Kennedy ym. 1977, Gonyou ym. 1979). Tämän seurauksena rehun sulavuuden on todettu heikkenevän karkearehualtaisilla ruokinnoilla ympäristön lämpötilan laskiessa (Christopherson & Kennedy 1983). Rehun viipymäajan lyhentymisen etumahoissa lyhentää aikaa, jonka rehu on alttiina pötsifermentaatiolle. Tämä haittaa etenkin kuidun sulatusta. Kylmissä oloissa havaittava lisääntynyt syönti voikin olla yhteydessä myös nopeutuneeseen ruokasulan kulkuun ruuansulatuskanavassa (Christopherson ym. 1993). Teoria ei kuitenkaan päde aivan nuorilla vasikoilla, joiden ruuansulatus vastaa lähinnä yksimahaisia eläimiä, koska tässä vaiheessa etumahat eivät ole vielä kehittyneet sulattamaan karkearehua.

Naudat kasvattavat uuden karvapeitteen syksyisin ja keväisin, jolloin vanha karva irtoaa uuden tieltä. Nautojen talvikarvapeite kasvaa paksummaksi ulkona kuin sisällä pidetyillä naudoilla (Webster ym. 1970, Webster 1974). Päivän pituuden lyheneminen syksyllä stimu-

loi karvaa kasvamaan samalla kun lämpötilan lasku vähentää karvan irtoamista (Christopherson ym. 1993). Lyhytaikaisen kylmälle altistumisen ei ole kuitenkaan havaittu saavan

aikaan karvapeitteen paksunemista pikkuvasikoilla (Kauppinen 2000). Kylmään sopeutumisen seurauksena myös kudosten eristys voi parantua (Christopherson ym. 1993).

2.5 Äkillinen kylmänaltistus

Vasikat altistuvat äkillisesti kylmälle esimerkiksi silloin, kun ne siirretään lämpimästä navetasta ulkokasvatukseen kylmänä vuodenaikana. Olosuhdevaihdoksen yhteydessä termisen stressin suuruuteen vaikuttaa se, kuinka paljon uuden ympäristön lämpötilaolosuhteet poikkeavat niistä olosuhteista, joihin eläin on tottunut (Webster 1974). Lämpimässä ympäristössä pidetyt naudat kärsivät kylmästressistä, jos ne siirretään kylmään ympäristöön. Vastaavasti kylmään sopeutuneet naudat kärsivät lämpöstressistä, jos ne siirretään lämpimään (Webster ym. 1970).

Emolehmäkarjan talvella syntyneillä vasikoilla on osoitettu olevan suurentunut kuolemanriski ensimmäisten 24 tunnin aikana syntymän jälkeen verrattuna kesällä syntyneisiin vasikoihin (Ganaba ym. 1995). Vastasyntyneen vasikan karvapeite on märkä, mikä laskee karvapeitteen tarjoaman lämmöneristyksen minimiin. Etenkin kylmissä oloissa tapahtuneen poikimisen jälkeen maksimaalisen aineenvaihdunnallisen lämmöntuoton merkitys on vasikalle kriittinen normaalin ruumiinlämmön säilyttämiseksi ja vasikan selviytymiseksi (Okamoto ym. 1986). Maksimaalisessa lämmöntuottovaiheessa (*summit metabolism*) vastasyntynyt vasikka pystyy tuottamaan lämpöä yli kolme kertaa enemmän kuin lepoaineenvaihdunnan aikana (Okamoto ym. 1986, Robinson & Young 1988). Vesialtaassa jäädytetyt vasikat ovat saavuttaneet maksimaalisen lämmöntuottovaiheen ruumiin ydinlämpötilan laskettua 3–4 celsiusasteella +35,4 celsiusasteeseen (Okamoto ym. 1986). Vesialtaassa jäädytettyjen vasikoiden lihasvärinän intensiteetti laski tai sitä ei enää ollut havaittavissa ydinlämpötilan laskettua 6–8 celsiusasteella

(Olson ym. 1980). Ruumiinlämmön edelleen laskiessa vasikka lopulta kuolee.

Kylmälle altistettujen vasikoiden nopeasti kehittyneen hypotermian oireita ovat fyysinen heikkous, apeus, puhdittomuus, vaikeus imeä sekä haluttomuus seistä tai kävellä (Olson ym. 1980). Kylmässä vedessä jäädytetyn, hypotermiasta kärsivän vasikan ruumiinlämmön on havaittu palautuvan normaaliksi nopeammin lämpimässä vedessä (+38 °C) kuin lämpölampun alla tai kiedottuna huopaan ilman lämpötilan ollessa +20 °C (Robinson & Young 1988). Lisäksi ruumiinlämmön palauttaminen normaaliksi vaati vasikoilta vähiten aineenvaihdunnallista ponnistelua (*metabolic effort*) lämpimässä vedessä.

Vastasyntyneen vasikan energiavarastot ovat rajalliset, ja ne hupenevat nopeasti. On arvioitu, että 40 kg painavassa vastasyntyneessä vasikassa on 380–400 g rasvaa ja 180 g glykogeenia käytettäväksi energianlähteenä (Alexander ym. 1975, Okamoto ym. 1986). Maksimaalisen lämmöntuoton ollessa käynnissä nämä energiavarastot kuluvat loppuun noin 18 tunnissa (Okamoto ym. 1986).

Eristävästä materiaalista valmistettu loimi voi lisätä vasikan kokonaiseristystä 52 prosentilla (Rawson ym. 1989a), mistä voi olla apua kylmänaltistuksessa etenkin pienille tai sairaille vasikoille. Joka sään vasikkatakin ei kuitenkaan ole havaittu parantavan yli 19 vuorokauden ikäisten ulkona (lämpötila keskimäärin +4 °C) kasvatettujen vasikoiden kasvua verrattuna sisällä (lämpötila keskimäärin +6 °C) tai ulkona ilman vasikkatakkia kasvatettujen vasikoiden kasvuun (Earley ym. 2004).

3 Vasikoiden eristämättömät kasvatusympäristöt

3.1 Iglu, verhoseinäkasvattamo ja kaksi-ilmastokarsina

Suosituin pikkuvasikoiden ulkokasvatusmuoto etenkin Pohjois-Amerikassa ja Keski-Euroopassa on iglukasvatus. Iglu on yhdelle tai useammalle vasikalle mitoitettu muovista valmistettu koppi, joka sijoitetaan varsinaisen navettarakennuksen ulkopuolelle. Kopin eteen aidataan pieni liikkumatila tai useamman iglun yhteinen jaloittelualue. Iglun sisältäiläa kuivutetaan runsaasti vasikan makuualueeksi. Iglukasvatuksessa on perinteisesti käytetty yhden vasikan iglujä, mutta nykyisin on saatavilla myös usean vasikan ryhmässä kasvattamiseen soveltuvia ratkaisuja. Suomen markkinoilta löytyy jo useita erilaisia yksilö- tai ryhmäkasvatukseen tarkoitettuja igluvaihtoehtoja, mutta laajemmassa mittakaavassa kasvatusmuotoa käytetään vain harvoilla suomalaisilla tiloilla.

Pohjois-Amerikassa perinteistä vasikoiden kylmäkasvatusta on kehitetty edelleen (Mälkiä 2008). Vasikoille on rakennettu eristämättömiä verhoseinäisiä kasvattamoja, joissa vasikat kasvatetaan yksilö- tai ryhmäkarsi-

noissa. Karsinoiden rakenteet ovat yksinkertaisia, mikä mahdollistaa makuualueen tyhjentämisen koneellisesti. Myös iglut voidaan sijoittaa suojaan verhoseinäisen kasvattamon sisälle. Tärkeä syy siirtymiselle verhoseinäisten kasvattamojen käyttöön on eläinten hoitajien työskentelyolosuhteiden parantaminen.

Vasikoiden lämpötila- ja ilmanvaihtovaatimukset ovat erilaiset kuin lehmien, ja lehmien kanssa samassa tilassa pidettävien vasikoiden oloja yritetään usein parantaa paikallisella lämmityksellä. Se voi kuitenkin aiheuttaa vetoa vasikkatiloihin, varsinkin jos vasikoille ei ole rakennettu kiinteäpohjaista makuualueetta. Tämä on etenkin vanhoissa navetoissa yleinen ongelma. Navetan sisällä sijaitsevisä vasikkatiloissa voidaan käyttää vasikoiden olosuhteita parantamaan ns. kaksi-ilmastokarsina-ratkaisua. Kaksi-ilmastokarsinan makuualueelle on sijoitettu vetoa estävät seinät ja katto, minkä lisäksi makuualueella käytetään tarpeen mukaan lisälämmitystä.

3.2 Vasikoiden kylmässä kasvattamista koskeva eläinsuojelulainsäädäntö ja tukiehdot

Suomen eläinsuojelulainsäädännön mukaan alle kaksiviikkoisella vasikalla on oltava hyvin kuivutettu makuupaikka (MMMp 23.5.1997/14/EEO/1997). Yli kahdeksan viikon ikäistä vasikkaa ei saa pitää yksittäiskarsinassa, jollei siihen ole eläinlääketieteellistä syytä (MMMA 7.6.1996/396). Ryhmäkarsinassa on oltava tilaa jokaista alle 150 kg painavaa vasikkaa kohden vähintään 1,5 m², 150–220 kg painavaa vasikkaa kohden vähintään 1,7 m² ja yli 220 kg painavaa va-

sikkaa kohden vähintään 1,8 m² (MMMp 23.5.1997/14/EEO/1997).

Eläinsuojelulainsäädännön mukaan eläimet on totutettava kylmäkasvatukseen vähitellen, eikä kylmään tottumattomia eläimiä saa siirtää lämpimästä pitopaikasta suoraan kylmäkasvatukseen kylmänä vuodenaikana (MMMA 3.6.2002/6/EEO/2002). Muutoin eläinsuojelulainsäädäntö ei ota suoraan kantaa vasikoiden kasvattamiseen kylmässä,

mutta lainsäädännöstä löytyy useita ympäri-
vuotisesti ulkona kasvatettavia nautoja kä-
sitteleviä kohtia, joita voidaan soveltaa myös
vasikoiden ulkokasvatuksessa. Lainsäädän-
nön mukaan ympärivuotisesti ulkona kasva-
tettavilla nautoilla on oltava asianmukaiset
ruokinta- ja juoma-astiat, sulaa juomavettä
sekä asianmukainen suoja epäsuotuisia sää-
olosuhteita vastaan. Suojana voi toimia esi-
merkiksi kolmeseinäinen rakennus (MMMA
3.6.2002/6/EEO/2002). Sääsuojassa on olta-
va hyvin kuivitettu makuualue, johon kaik-
ki eläimet mahtuvat ja pääsevät yhtä aikaa
makuulle. Jos pikkuvasikoiden kylmäkasva-
tus yleistyy Suomessa, nykyistä eläinsuojelu-
lainsäädäntöä on syytä päivittää.

Eläinten hyvinvoinnin tuessa voidaan perus-
ehtojen lisäksi valita lisäehtoja nautojen hy-
vinvoinnin parantamiseksi (Maaseutuvirasto
2008). Tukiehtojen mukaan ulos sijoitettavat
vasikkaiglut voivat täyttää vasikkakasvatusta
koskeviin lisäehtoihin *vasikoiden pito-olosuh-
teiden parantaminen pinta-alavaatimuksilla ja
vasikoiden pito-olosuhteiden parantaminen sis-
ältyvän karsinavaatimuksen*. Lisäehdon *va-
sikoiden pito-olosuhteiden parantaminen pinta-
alavaatimuksilla* mukaan vasikkaiglut voidaan
hyväksyä, jos ne ovat lämmitettävissä, runsaasti
kuivitettuja ja juoma lämmitetään kylmänä
vuodenaikana. Vasikkaa ei saa pitää iglussa yksin,
vaan tuen ehtojen mukaisessa ryhmässä. Ryhmäkarsinassa on jokaista korkeintaan kolmen kuukauden ikäistä vasikkaa kohti oltava pinta-alaa vähintään 1,8 m² ja 3–6 kuukauden ikäistä vasikkaa kohti 2,1 m². Tästä pinta-alasta vähintään puolet on oltava kiinteäpohjaista, hyvin kuivitettua, puhdasta, pitävää ja pehmeää makuu-aluetta. Huonetila tai sen makuu-alue tulee olla lämmitettävissä esimerkiksi keskuslämmityksen tai säteilylämmittimen avulla. Lisäehto *vasikoiden pito-olosuhteiden parantaminen* on samansisältöinen lisäehdon *vasikoiden pito-olosuhteiden parantaminen pinta-alavaatimuksilla* kanssa, mutta ilman pinta-alaan liittyvää ehtoa. Pinta-alan osalta lisäehdossa *vasikoiden pito-olosuhteiden parantaminen* noudatetaan voimassa olevan lainsäädännön määräyksiä (MMMp 23.5.1997/14/EEO/1997).

Perinteisesti vasikoiden iglukasvatuksessa eläimet on siirretty lämpimästä navetasta igluihin ilman totutusvaihetta myös talvela. Suomen eläinsuojelulainsäädäntö kuitenkin kieltää kylmään tottumattomien eläinten siirtämisen lämpimästä pitopaikasta suoraan kylmäkasvatukseen kylmänä vuodenaikana (MMMA 3.6.2002/6/EEO/2002.). Tämä tarkoittaa, että vasikoiden siirtäminen lämpimästä navetasta kylmäkasvatukseen on mahdollista kylmänä vuodenaikana, mikäli vasikat voidaan totuttaa vähitellen kylmiin olosuhteisiin esimerkiksi laskemalla vähitellen ympäristön lämpötilaa tai järjestämällä kylmään tilaan lisälämpöä totutusvaiheen ajaksi. Eristävästä materiaalista valmistetun loimen on todettu parantavan vasikan kokonaiseristystä (Rawson ym. 1989a), minkä vuoksi myös vasikkaloimea voitaisiin käyttää lievittämään vasikoiden termistä stressiä kylmään siirron yhteydessä. Eläinten hyvinvoinnin tuen vasikoiden pito-olosuhteita parantavien lisäehtojen mukaan vasikkaiglut voidaan hyväksyä, jos ne ovat lämmitettävissä (Maaseutuvirasto 2008). Vasikkaiglun lämmittäminen esimerkiksi säteilylämmittimellä voi olla haastavaa, koska markkinoilla olevissa igluissa ei ole suunniteltu käytettävän lisälämmitystä.

Pohjois-Amerikassa vasikoita pidetään joskus kytkettynä igluihin. Suomessa on kiellettyä pitää vasikkaa kytkettynä parteen, karsinaan tai muuhun rakenteeseen muutoin kuin tilapäisesti eläimen ruokkimisen tai muun hoitamisen ajan (MMMA 7.6.1996/396). Eläinsuojelulainsäädännön mukaan yli kahdeksan viikon ikäistä vasikkaa ei myöskään saa pitää yksittäiskarsinassa (MMMA 7.6.1996/396). Mikäli yksilögluja siis halutaan käyttää, vasikoita voidaan pitää niissä kahdeksan viikon ikään asti, jonka jälkeen eläimet on viimeistään siirrettävä ryhmäkasvatukseen. Jos tilalla halutaan valita eläinten hyvinvoinnin tuen vasikoiden pito-olosuhteita parantava lisäehto, vasikat tulee kuitenkin pitää ryhmissä alusta asti (Maaseutuvirasto 2008).

3.3 Vasikoiden hoitotyö

Kylmässä kasvatettujen vasikoiden hoitotyötä ei ole varsinaisesti tutkittu, mutta käytännön havainnot siitä on saatavilla. Ulkokasvatettujen vasikoiden hoitotyön määrä ja kuormittavuus riippuvat monista seikoista, kuten vasikkatilojen sijainnista, hoitorutiineista ja käytettävissä olevasta teknologiasta (Rehnström 2008). Vasikkatilat kannattaa sijoittaa mahdollisimman lähelle navettaa, jotta niiden ja navetan välillä tapahtuva liikkuminen olisi mahdollisimman vaivatonta. Iglut tulisi sijoittaa suojaan paikkaan ja mielellään katoksen alle, mikä parantaa hoitajien työolosuhteita ja auttaa pitämään vasikoille tarjottavat rehut kuivina. Iglujen tulisi olla kiinteällä pohjalla, josta valumavedet saadaan ohjattua viemäriin. Ulkokasvatetut vasi-

kat vaativat perusteellisen kuivituksen, mikä usein lisää työmäärää verrattuna sisällä kasvatettavaan vasikoihin. Kylmissä olosuhteissa ryhmissä pidettyjen vasikoiden hoitoa voidaan helpottaa lämmitettävien vesikuppien ja kylmissä olosuhteissa toimivien juottoautomaattien avulla.

Eristämättömissä kasvattamoissa hoitajien olosuhteet ovat usein epäoptimaaliset. Työ tapahtuu avoimessa ulkoilmassa tai muuten kylmissä tiloissa, mikä etenkin talviaikaan heikentää hoitajan olosuhteita. Kylmätyöskentelyyn liittyy lisääntynyt tapaturmariski (Tuure 2005). Toisaalta ulkoilman parempi ilman laatu voi parantaa hoitajan työskentelyolosuhteita.



Kuva: Maike Johannes

4 Kylmässä kasvattamisen vaikutus vasikan hyvinvointiin

4.1 Kasvu ja ravinnontarve

Pikkuvasikoiden kasvua ja rehunkäyttöä on tutkittu melko laajasti. Suurin osa vasikoiden kasvatuskokeista eristämättömissä ympäristöissä on tehty Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa. Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto tässä kirjallisuuskatsauksessa viitattuihin kokeisiin ja niissä käytettyihin eläimiin, kasvatusolosuhteisiin ja ruokintoihin. Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto näiden kokeiden keskeisimmistä tuloksista.

Jorgenson ym. (1970) eivät havainneet kasvatusympäristöllä olevan vaikutusta igluissa (lämpötila (-23) – (+35) °C) tai sisällä yksilökarsinassa (lämpötila vähintään +10 °C) kasvatettujen vasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen tai rehuhyötysuhteeseen. Myöskään Websterin ym. (1978) kokeessa ympäristön lämpötila (+5, +10 tai +15 °C) ei vaikuttanut pareittain kasvatettujen vasikoiden kasvuun.

McKnight (1978) havaitsi vasikoiden kasvavan talvella ensimmäisen elinviikon aikana paremmin sisäkarsinoissa kuin igluissa. Kesällä igluvasikat puolestaan kasvoivat ensimmäisellä viikolla sisävasikoita paremmin. Seuraavina viikkoina vasikoiden kasvuerot tasoittuivat. Ensimmäisen neljän viikon aikana igluvasikat kuluttivat väkirehua enemmän kuin sisävasikat. Kokeen aikana lämpötila oli igluissa (-30) – (+42) °C ja sisäkarsinoissa (+10) – (+31) °C.

Scibilian ym. (1987) kokeessa vasikat pidettiin kytkettyinä kuivittamattomalla lattialla. Vasikat kasvoivat heikommin kylmässä (-4 °C) kuin lämpimässä (+10 °C). Juomarehun kulutuksessa ei ollut eroa kasvatuslämpötilojen välillä. Tulosten perusteella laskettiin, että kylmässä vasikoiden ylläpitoenergiatarve oli 32 % suurempi kuin lämpimässä.

Richard ym. (1988) havaitsivat vasikoiden kasvavan juottokaudella paremmin igluissa kuin sisällä yksilökarsinoissa. Tämän tutkijat esittivät johtuvan sisävasikoiden laajemmasta hengitystietulehdusongelmasta verrattuna igluvasikoihin. Rehunkulutuksessa ei ollut eroa koeryhmien välillä. Myöhemmin sisävasikat kompensoivat alun heikentyneen kasvun. Iglukasvatuksessa lämpötila oli (-6) – (+14) °C. Yksilöisäkarsinoissa lämpötila oli +10 °C.

Scott ym. (1993) selvittivät kasvatuslämpötilan (-5 tai +20 °C) ja ruokintatason (niukka tai runsas ruokinta) vaikutusta metaboliahäikeissä pidettyjen vasikoiden kasvuun. Niukasti ruokitut vasikat kasvoivat heikommin kylmissä kuin lämpimissä metaboliahäikeissä.

Rawsonin ym. (1989b) tutkimuksessa iglut oli sijoitettu lämpimään (+17 °C) tai kylmään (lämpötila vaihteli joko -20 ja -8 °C välillä tai -30 ja -18 °C välillä). Iglujen kuivutuksesta huolehdittiin erityisen hyvin. Lisäksi vasikoiden ruokintataso ylitti 20 prosentilla kylmässä kasvatettujen vasikoiden suositusten mukaisen energiantarpeen. Kasvatuslämpötila ei vaikuttanut vasikoiden kasvuun.

Bøen ja Havrevollin (1993) tutkimuksessa vasikat kasvoivat ensimmäisen neljän viikon aikana heikommin navetan eristämättömässä osassa kuin lämpimässä osassa. Myöhemmin ero tasoittui.

Kauppinen (2000) tutkimuksessa vasikat kasvoivat ryhmäkarsinoissa ensimmäisessä kokeessa yhtä hyvin kaikilla koekäsittelyillä (lämpötila keskimäärin +12, +6 tai -5 °C). Toisessa kokeessa vasikat kasvoivat paremmin kylmässä (-1 °C) kuin lämpimässä (+12 °C). Ympäristön lämpötilan laskiessa heinä-

ja väkirehun syönti kasvoi ja syönti muuttui voimakkaasti väkirehuvaltaiseksi, joskaan syöntituloksia ei pystytty tilastollisesti varmentamaan käytetystä koeasetelmasta johdettua (Kauppinen ym. 2002).

Gutzwillerin ja Morelin (2003) tutkimuksessa vasikat kasvoivat paremmin igluissa kuin sisäyksilökarsinoissa. Iglukasvatuksessa lämpötila oli 0 ja (+6) °C välillä. Yksilösisäkärsinoissa lämpötila oli vähintään +10 °C.

Hepola ym. (2006) tutkivat, parantaisiko lämmitetty suojarakennus ulkokasvatettujen vasikoiden hyvinvointia. Tutkimusympäristöt olivat ryhmäkarsina sisällä (+13 °C), ryhmäkarsina ulkona lämmittämättömällä suojarakennuksella ja ryhmäkarsina ulkona lämmitetyllä suojarakennuksella (lämpötila lämmitetyn suojarakennuksen sisällä +11 °C). Kokeen aikana ulkolämpötila oli (-15) – (+16) °C. Juottokaudella vasikoiden rehun syönnissä ja kasvussa ei ollut eroa sisällä ja ulkona ryhmäkasvatettujen eläinten välillä, mutta vieroituksen jälkeen sisävasikat kasvoivat paremmin kuin ulkovasikat. Ulkokasvatettujen vasikoiden väkirehukaukalo sijaitsi suojarakennuksen ulkopuolella. Kylmällä säällä vasikat eivät mielellään menneet syömään väkirehua, mikä vähensi sen syöntiä. Tutkijat päättelivät, että väkirehukaukalo sijaitsi suojarakennuksen ulkopuolella ei ollut optimaalinen vasikoiden rehun syönnin kannalta.

Nonnecken ym. (2009) kokeessa koeympäristöt olivat yksilökarsina lämpimässä (+16 °C) tai kylmässä (+5 °C) huoneessa. Kylmässä huoneessa vasikoita kasteltiin lisäksi vedellä kahdesti päivässä kylmän vaikutuksen tehostamiseksi. Vasikoiden kasvut eivät eronneet käsittelyjen välillä, mutta kylmässä pidetyt vasikat kuluttivat enemmän väkirehua kuin lämpimässä pidetyt vasikat.

Tuomiston ym. (2010) tutkimuksessa vasikoiden kasvu ja rehun syönti olivat heikotmat igluissa kuin sisäkärsinoissa. Kasvu kärsi etenkin igluissa pidetyillä sonnivasikoilla. Mahdolliseksi syyksi igluvasikoiden heikommalle syönnille tutkijat arvelivat rehun maittavuuden ajoittaisen heikkenemisen sateen ja kylmyyden vuoksi. Ruokinta-astioiden sijainti iglujen ulkopuolella etukarsinassa ei siten välttämättä ollut optimaalinen. Rehuhyötysuhteeseen kasvatustavalla ei ollut vaikutusta. Kokeen aikana lämpötila oli igluissa (-17) – (+36) °C ja sisäkärsinoissa (+10) – (+25) °C.

Yhteenvedon voidaan todeta, että tutkimustulokset vasikoiden kasvusta ja rehun syönnistä kylmissä olosuhteissa ovat ristiriitaisia. Vasikat ovat kasvaneet heikommalla (McKnight 1978, Scibilia ym. 1987, Bøe & Havrevoll 1993, Scott ym. 1993, Hepola ym. 2006, Tuomisto ym. 2010), yhtä hyvin (Jorgenson ym. 1970, Webster ym. 1978, Rawson ym. 1989b, Kauppinen 2000, Hepola ym. 2006, Nonnecke ym. 2009) tai jopa paremmin (Richard ym. 1988, Kauppinen 2000, Gutzwiller & Morel 2003) kylmissä kuin lämpimissä olosuhteissa. Usein kylmissä kasvatetut vasikat ovat kuitenkin myöhemmin kompensoineet alun heikommalla kasvun (McKnight 1978, Richard ym. 1988, Bøe & Havrevoll 1993). Kylmissä olosuhteissa kasvatusta on lisännyt vasikoiden rehun syöntiä (McKnight 1978, Bøe & Havrevoll 1993, Kauppinen ym. 2002, Nonnecke ym. 2009), vähentänyt rehun syöntiä (Tuomisto ym. 2010) tai ei ole vaikuttanut siihen (Jorgenson ym. 1970, Richard ym. 1988, Hepola ym. 2006). Hansen (1984) on laskenut, että talvella vasikan rehunkulutus on 3–4 % suurempi eristämättömässä kuin eristetyssä kasvatusympäristössä. Scibilian ym. (1987) mukaan vasikoiden ylläpitoenergian tarve on 32 % suurempi kylmässä (-4 °C) kuin lämpimässä (+10 °C).

Taulukko 2. Yhteenveto vasikoiden kasvatuskokeiden eläimistä, kasvatusolosuhteista ja ruokinnasta.

Lähde	Eläimet rotu ja ikm	Ikä kokeen alkana	Kasvatusolosuhte ja lämpötila	Kuivitus	Ruokinta
Jorgenson ym. (1970)	Ho, 60	4-102 vrk	Iglu (-23→+35 °C) tai yksilösisäkärsina (min +10 °C).	Sahanpuru-puulastu -seos.	Maitojuotto antibioottittisillä. Väkirehua ja heinää.
Webster ym. (1978)	Fr ja Hf x Fr, 15	4-56 vrk	Parikarsina, +5, +10 tai +15 °C.	Sahanpuru.	Juomarehua.
McKnight (1978)	Ho, 68	0-49 vrk	Iglu (-30→+42 °C) tai yksilösisäkärsina (+10→+31 °C).	Iguissa kyllä, sisäkärsinoissa ei.	Niukka hapannaitojuotto, vettä, väkirehua ja heinää.
Scibilia ym. (1987)	Ho, 36	6-27 vrk	Vasikat kytkettyinä, -4 tai +10 °C.	Ei kuivitusta.	Juomarehua (kolme rasvatatsoa) ja vettä.
Richard ym. (1988)	Ho, 42	3-56 vrk	Iglu (keskimäärin -6→+14 °C) tai yksilösisäkärsina (+10 °C).	-	Rajoitusti tai vapaasti hapatettua juomarehua. Vettä ja väkirehua vapaasti.
Scott ym. (1993)	Ho, 11	35-56 vrk	Metaboliahäkit, -5 tai +20 °C.	-	Pelletöity sinimailasen ja ohran seos. Kaksi ruokintatsoa: 72 g rehua/kg BW ^{0,75} b, tai 90 g rehua/kg BW ^{0,75} b.
Rawson ym. (1989)	Ho, 15	0-21 vrk	Iglu. Kontrolliryhmä +17 °C. Koeryhmien lämpötilat vaihtelevat -20 ja -8 °C välillä tai -30 ja -18 °C välillä.	Puuhaake ja runsas olkikuivitus.	Juomarehua.
Bøe ja Havrevoll (1993)	Norj. pun., 72	Koe 1: 5-144 vrk koe 2: 5-116 vrk	Sisäkärsina (+15→+20 °C) tai karsina navetan eristämättömässä osassa.	Lämpimässä puinen rakolattia, kylmässä olki.	Juomarehua, heinää, väkirehua.
Kauppinen (2000), Kauppinen ym. (2002)	Ay, 44	11-74 vrk	Ryhmäkärsina.	Kutterinlastua ja olkea.	Juomarehua. Heinää, väkirehua ja lämmintä vettä vapaasti.
Gutzwiller ja Morel (2003)	Maitorotu, 112	0-14 vrk	Koe 1 lämpötilat keskimäärin: +12, +6 tai -5 °C. Koe 2 lämpötilat keskimäärin: +12, +4 tai -1 °C.	-	Maitoa.
Hepola ym. (2006), Hänninen ym. (2003)	Fr ja Ay, 80	8-92 vrk	Ryhmäkärsina sisällä (+13 °C) tai ryhmäkärsina ulkona ^a . Ulkolämpötila -15→+16 °C.	Suojarakennuksessa olki, jaloittelalueella puuhake.	Maitoa. Heinää ja väkirehua vapaasti. Vettä.
Nonnecke ym. (2009)	Ho, 29	3-49 vrk	Yksijökärsina lämpimässä (+16 °C) tai kylmässä (+5 °C) huoneessa. Kylmässä huoneessa vasikat kasteltiin vedellä kahdesti päivässä.	-	Juomarehua ja väkirehua.
Tuomisto ym. (2010)	Fr, 32	4-74 vrk	Parikarsina sisällä (+10→+25 °C) tai pari-iglu ulkona (-17→+36 °C). Ulkoilma (-19→+28 °C).	Olki.	Hapannaitojuotto. Heinää vapaasti ja väkirehua enintään 3 kg/vrk/eläin. Vettä.

^a Ryhmäkärsinat olivat identtiset ja koostuivat kuivikepohjaisesta suojarakennuksesta ja hakepohjaisesta jaloittelalueesta. Ulkoryhmäkärsinoiden suojarakennus oli lämmittämätön tai lämmitetty (+11 °C).

^b Alempi ruokintatase oli käytössä molemmissa tutkimuslämpötiloissa, ylempi vain alhaisemmassa tutkimuslämpötilassa.

Taulukko 3. Yhteenveto vasikoiden kasvatuskokeiden kasvu- terveys- ja rehunkäyttötuloksista.

Lähde	Kasvutulos	Terveys	Syönti	Rehuryötyosuus
Jorgenson ym. (1970)	Ei eroa.	Ei eroa.	Ei eroa.	Ei eroa.
Webster ym. (1978)	Ei eroa.	-	-	-
McKnight (1978)	Sisävasikat kasvoivat talvella ensimmäisenä viikolla paremmin kuin igluvasikat. Igluvasikat kasvoivat kesällä ensimmäisenä viikolla paremmin kuin sisävasikat. Myöhemmin ei eroa.	Igluvasikat näyttivät olevan terveempiä kuin sisävasikat.	Igluvasikat söivät ensimmäisen neljän viikon aikana enemmän väkirehua kuin sisävasikat. Myöhemmin ei eroa.	-
Scibilia ym. (1987)	Kylmävasikat kasvoivat lämminvasikoita heikommin.	Yleisesti vasikat terveitä.	Ei eroa juomarehun kulutuksessa.	-
Richard ym. (1988)	Igluvasikat kasvoivat sisävasikoita paremmin juottokaudella. Myöhemmin sisävasikat kompensoivat alun heikomman kasvun.	Hengitystietulehduksista sekä sisävasikoilla että ulkoverasikoilla.	Ei eroa.	-
Scott ym. (1993)	Alemman ruokintatason kylmävasikat kasvoivat heikommin kuin alemman ruokintatason lämminvasikat. Ylemmän ruokintatason kylmävasikoiden kasvu ei eronnut alemman ruokintatason lämminvasikoista.	-	Ei eroa ruokintatasojen sisällä.	Kylmävasikoilla heikompia kuin lämminvasikoilla.
Rawson ym. (1989)	Ei eroa.	Ei merkkejä hengitystietulehduksesta.	-	-
Bøe ja Havrevoll (1993)	Ensimmäisen 4 viikon aikana kylmävasikat kasvoivat lämminvasikoita heikommin, myöhemmin ei eroa.	Yleisesti hyvä.	Juomarehun syönnissä ei eroa. Kokeessa 2 heinä ja väkirehun syönti suurempi kylmävasikoilla kuin lämminvasikoilla.	-
Kauppinen (2000), Kauppinen ym. (2002)	Koe 1: Ei eroa. Koe 2: Vasikat kasvoivat paremmin kylmässä (-1 °C) kuin lämpimässä (+12 °C) tullehdusta.	Kaikkia koeryhmissä lievää kuumetta. Joillakin kylmässä tai viileässä kasvatuilla vasikoilla kuumetta tai hengitystietulehduksia.	Lämpötilan laskiessa heinä ja väkirehun syönti kasvoi ja syönti muuttui voimakkaasti väkirehuvalliseksi.	-
Gutzwiller ja Morel (2003)	Igluvasikat kasvoivat sisävasikoita paremmin.	Taipumus ripulikuolleisuuteen suurempi sisävasikoilla kuin igluvasikoilla.	-	-
Hepola ym. (2006), Hämäinen ym. (2003)	Ei eroa juottokaudella. Vieroituksen jälkeen ulkoverasikat kasvoivat sisävasikoita heikommin.	Ripulin esiintymistiheys ja kesto juottokaudella suuntaa antavasti suurempi ulkoverasikoilla (lämmittämätön suojarakennus) kuin sisävasikoilla.	Ei eroa.	Ei eroa.
Nonnecke ym. (2009)	Ei eroa.	Hengitystietulehduksien osalta lämminvasikat hierman kylmävasikoita terveempiä. Käsitteilyjen välillä ei eroa ripulissa.	Kylmävasikat söivät enemmän väkirehua kuin lämminvasikat.	-
Tuomisto ym. (2010)	Sisävasikat kasvoivat paremmin kuin igluvasikat.	Ei hengitystietulehduksia. Iglukasvat näytti lisäävän ripulia sairastavien määrää.	Igluvasikat söivät vähemmän heinää ja väkirehua kuin sisävasikat.	Ei eroa.

4.2 Käyttäytyminen

Eläimet käyttävät käyttäytymislämmönsäätelyä täydentämään fysikaalista ja kemiallista lämmönsäätelyä (Tirri ym. 1995). Yleisesti eläimet vähentävät kylmissä oloissa lämmönhukkaansa esimerkiksi hakeutumalla suojaan tai palloutumalla eli käpertymällä. Sosiaalisessa lämmönsäätelyssä eläimet kerääntyvät yhteen mahdollisimman tiiviiksi rykelmiksi, jotta lämpöä luovuttava pinta-ala olisi mahdollisimman pieni. Vasikoiden on havaittu ottavan käyttöön monia käyttäytymiseen liittyviä lämmönsäätelymekanismeja kylmissä oloissa. Osasta tässä mainituista tutkimuksista löytyy taustatietoa taulukoista 2 ja 3.

Kylmässä kasvatettujen vasikoiden on havaittu lisäävän makuu-aikaa ympäristön lämpötilan laskiessa (Hänninen ym. 2003). Myös härkien on havaittu makaavan enemmän ympäristön lämpötilan laskiessa (Redbo ym. 1996). Toisissa tutkimuksissa ympäristön lämpötila ei ole vaikuttanut vasikoiden makuulla viettämään aikaan (Bøe & Havrevoll 1993, Kauppinen 2000). Makuulla pysyttelemine voi olla vasikan keino säästää energiaa, sillä makuulla vasikan tarvitsee tuottaa lämpöä vähemmän kuin seisaalla (Schrama ym. 1993b). Kylmyyden on havaittu vaikuttavan nisäkkäiden uneen vähentämällä REM-unen osuutta ja kokonaisnukkumisaikaa (ks. Heller & Glotzbach 1975).

4.3 Terveys, fysiologiset parametrit, veriarvot ja veren metaboliitit

Pikkuvasikoiden ulkokasvatusta perustellaan usein pienentyneellä tautipaineella ja terveemmillä vasikoilla (Davis ym. 1954). Ulkokasvatuksen vaikutusta vasikoiden terveyteen on tutkittu paljon osin ristiriitaisin tuloksin. Osa seuraavassa esitetyistä terveyshavainnoista, fysiologisista havainnoista ja veritutkimuksista on tehty edellä mainittujen kasvatuskokeiden yhteydessä. Näistä tutkimuksista löytyy taustatietoa taulukoista 2 ja 3.

Eläimestä tapahtuva lämmönhukka on pienin asennoissa, joissa vartalon lämpöä luovuttava pinta-ala on mahdollisimman pieni. Kylmissä olosuhteissa vasikoiden onkin havaittu makaavan vähemmän kyljellään (Hänninen ym. 2003) ja enemmän pää vartaloa vasten tuettuna (Hänninen ym. 2003) tai jalat vartalon alle sijoitettuna (ns. autohuddling-asento) (Gonzalez-Jimenez & Blaxter 1962, Brunsvold ym. 1985, Kauppinen 2000). Toisaalta, Bøe ja Havrevoll (1993) eivät havainneet lämpötilan vaikuttavan vasikoiden makuuasentoihin. Kylmissä oloissa vasikoiden on todettu pienentävän lämmönhukkaansa myös hakeutumalla makaamaan kiinni toiseen eläimeen (ns. allohuddling) (Bøe & Havrevoll 1993, Kauppinen 2000).

Brunsvoldin ym. (1985) mukaan vasikat hakeutuivat iglukasvatuksessa mukavuudelleen sopivaan mikroympäristöön, jonka valinta riippui ulkolämpötilasta ja vuorokaudenajasta. Esimerkiksi aurinkoisella pakassäällä vasikat hakeutuivat iglun etukarsinaan auringonpaisteeseen. Hännisen ym. (2003) mukaan vasikat käyttivät suojarakennusta enemmän ulkokasvatuksessa kuin sisäkasvatuksessa.

Hännisen ym. (2003) mukaan ripulin esiintymistiheys ja kesto olivat juottokaudella suuntaa antavasti suurempia ulkona kuin sisällä kasvatetuilla vasikoilla. Vieroituksen jälkeen kasvatustyypillä ei enää ollut vaikutusta ripulin esiintymiseen tai kestoan. Tuomiston ym. (2010) kokeessa ripulia sairastavia vasikoita näytti olevan enemmän iglukasvatuksessa kuin sisäkarsinakasvatuksessa, mutta kummassakaan kasvatustyypissä

ei ilmennyt hengitystietulehduksia. Waltner-Toewsin ym. (1986c) mukaan vasikoiden todennäköisyys tulla hoidetuksi hengitystietulehduksen tai ripulin vuoksi oli pienempi iglukasvatuksessa kuin yksilökarsinakasvatuksessa navetan sisällä. Gutzwiller ja Morel (2003) havaitsivat vasikoiden ripulikuolleisuuden olevan suuntaa antavasti pienempi igluissa kuin sisäyksilökarsinoissa.

Jorgenson ym. (1970) eivät havainneet kasvatuslämpötilan vaikuttavan ripulin, keuhkotulehdusten tai puhaltumisten esiintymiseen tai vasikoiden kuolleisuuteen. Williamsin ym. (1981) kokeessa matala ruokintataso lisäsi ulkokasvatettujen vasikoiden kuolleisuutta. Waltner-Toewsin ym. (1986b) kokeessa vasikoiden kuolleisuus oli kesäkaudella pienempi iglukasvatuksessa kuin yksilökarsinakasvatuksessa navetan sisällä. Virtala ym. (1999) havaitsivat iglukasvatuksen pienentävän vasikan riskiä sairastua hengitystietulehdukseen ja kasvatuksen aikuisten eläinten kanssa samoissa tiloissa suurentavan vasikan riskiä sairastua hengitystietulehdukseen. Nonnecken ym. (2009) kokeessa lämpimässä kasvatetut vasikat sairastivat hieman vähemmän hengitystietulehdusta kuin kylmässä kasvatetut vasikat, mutta kasvatuslämpötilalla ei ollut vaikutusta ripulin esiintymiseen.

Taulukossa 4 on esitetty yhteenveto kylmässä kasvatuksen vaikutuksesta vasikoiden fysiologisiin parametreihin, veren metaboliitteihin sekä veri-arvoihin verrattuna lämpimässä kasvatettuihin vasikoihin. Kylmässä kasvattaminen on laskenut vasikoiden ruumiinlämpöä (Scibilia ym. 1987, Rawson ym. 1989b) tai ei ole vaikuttanut siihen (Richard ym. 1988, Rawson ym. 1989b, Kauppinen 2000). Kylmissä olosuhteissa kasvattaminen on laske-

nut vasikoiden hengitystiheyttä (Scibilia ym. 1987) tai ei ole vaikuttanut siihen (Rawson ym. 1989b). Kylmässä havaittu alhaisempi hengitystiheys voi olla vasikan mekanismi vähentää hengitysteiden kautta tapahtuvaa lämmön haihtumista (Scibilia ym. 1987). Kylmät kasvatusolosuhteet ovat nostaneet vasikan sydämen sykettä ja lisänneet jalkojen ihonalaista verenvuotoa (Rawson ym. 1989b). Kasvatuslämpötila ei ole juuri vaikuttanut vasikan karvapeitteen pituuteen tai laatuun tai ihon pintalämpötilaan (Kauppinen 2000).

Kylmissä olosuhteissa kasvattaminen on nostanut vasikan veren vapaiden rasvahappojen pitoisuutta (Kauppinen 2000) tai ei ole vaikuttanut siihen (Scibilia ym. 1987, Kauppinen 2000). Kylmät olosuhteet ovat nostaneet veren albumiinin ja kokonaisproteiinien pitoisuutta (Scibilia ym. 1987, Kauppinen 2000). Kylmät kasvatusolosuhteet ovat pienentäneet veren glukoosipitoisuutta (Scibilia ym. 1987) tai eivät ole vaikuttaneet siihen (Richard ym. 1988, Rawson ym. 1989b, Kauppinen 2000). Kasvatuslämpötilan ei ole havaittu juuri vaikuttavan vasikan veren hiiven- ja kivennäisaineiden pitoisuuksiin, IgG-pitoisuuteen, kilpirauhashormonien pitoisuuteen tai kasvuhormonipitoisuuteen (Scibilia ym. 1987, Rawson ym. 1989b, Kauppinen 2000). Kylmissä oloissa vasikoiden veren kortisolipitoisuus on noussut (Kauppinen 2000) ja prolaktiinipitoisuus laskenut (Scibilia ym. 1987). Kasvatuslämpötilan on havaittu voivan vaikuttaa myös veren puna- ja valkosolujen määrään (Scibilia ym. 1987, Rawson ym. 1989b). Hematokriittiin ja hemoglobiiniin kasvatuslämpötilalla ei ole havaittu vaikutusta (Scibilia ym. 1987, Rawson ym. 1989b).

Taulukko 4. Kylmässä kasvatuksen vaikutus vasikoiden fysiologisiin parametreihin, veren metabolitteihin ja veriarvoihin. Tutkimuksista on esitetty taustatietoja taulukoissa 2 ja 3.

	Scibilia ym. (1987)	Richard ym. (1988)	Rawson ym. (1989b)	Kauppinen (2000)
Fysiologiset mittaukset:				
ruumiinlämpö	↓	↔	↔, ↓ ⁴	↔
hengitystiheys	↓		↔	
sydämen syke			↑	
ihonalainen verenvuoto jaloissa ¹			↑	
päällyskarvan pituus				↔
aluskarvan pituus				↔
karvan massa				↔
karvatuppien lukumäärä				↔
karvojen luokittuminen eri kasvuvaiheisiin				↔
jalkakarvojen pituus				↔, ↑
ihon lämpötila ²				↔
Veren metabolitit:				
vapaiden rasvahappojen pitoisuus	↔			↔, ↑
NEFA ³ pitoisuus		↔		
albumiinipitoisuus	↑			
kokonaisproteiinipitoisuus	↑			↑
glukoosipitoisuus	↓	↔	↔	↔
Na-pitoisuus			↔	
K-pitoisuus			↔	
Ca-pitoisuus			↔	
kloridipitoisuus			↔, ↓	
Muut veriarvot:				
IgG-pitoisuus				↔
tyroksiinipitoisuus			↔	↔
trijodotyroniinipitoisuus				↔
kasvuhormonipitoisuus	↔			
kortisolipitoisuus				↑
prolaktiinipitoisuus	↓			
punasolujen määrä			↔, ↑	
valkosolujen määrä			↑, ↓	
hemoglobiini	↔		↔	
hematokriitti	↔			

¹ ilman turvotusta, ontumista tai arkuutta tunnusteltaessa vasikan ollessa olossa, ² perustuu infrapuna-kuviin, ³ NEFA = nonesterified fatty acid, ⁴ kliinisesti normaalin rajoissa.

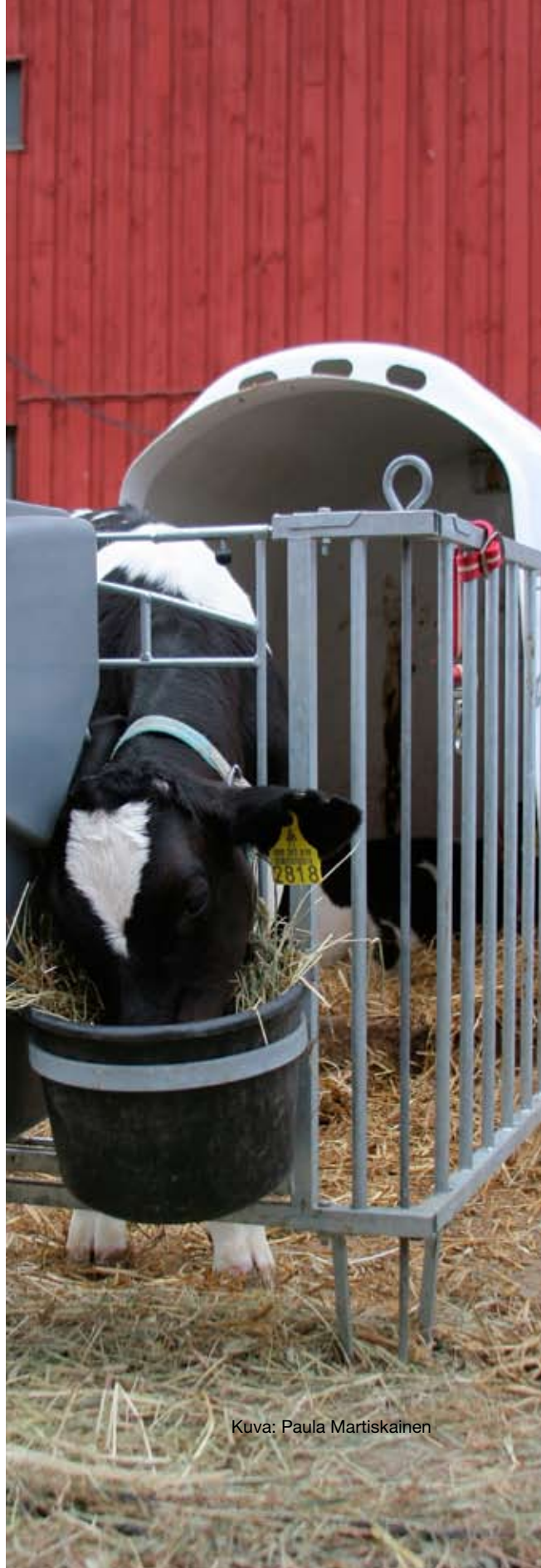
Nuolien selitykset: ↔ = ei vaikutusta, ↑ = nousee, lisääntyy ↓ = laskee, vähenee.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

- Nuori vasikka ei siedä kylmää yhtä hyvin kuin aikuinen nauta. Vasikan kyky sietää alhaisia lämpötiloja kehittyä kasvun myötä eristyksen (karvapeite, ihonalainen rasva) parantuessa ja lämmöntuoton lisääntyessä.
- Vasikan alempi kriittinen lämpötila on vastasyntyneenä (+9) – (+13) °C ja kolmen viikon iässä +8 °C. Monet tekijät vaikuttavat vasikan alemman kriittiseen lämpötilaan. Vasikan kylmänkestävyyttä parantavat muun muassa energiapitoinen ruokinta, runsas olkikuivitus ja ympäristön vedottomuus ja kuivuus.
- Äkillisessä kylmänaltistuksessa (esimerkiksi kylmässä tapahtunut poikiminen) korostuu maksimaalisen lämmöntuoton merkitys vasikan normaalin ruumiinlämmön säilyttämisessä. Maksimaalisessa lämmöntuotovaiheessa vastasyntynyt vasikka pystyy tuottamaan lämpöä yli kolme kertaa enemmän kuin lepoaineenvaihdunnan aikana, mutta vain rajallisen ajan. Voimakas lihasvärinä on merkki siitä, että vasikka joutuu turvautumaan maksimaaliseen lämmöntuottoon säilyttääkseen ruumiinlämpönsä normaalina.
- Yleisesti nautojen sopeutuessa kylmään eläimen eristys paranee, aineenvaihdunta kiihtyy ja ruokahalu kasvaa. Kylmästressi ilmenee nautoilla rehusta saadun energian siirtymisenä tuotannosta tasalämpöisyyden ylläpitoon ja kudosten energiavarastojen hupenemisena.
- Kylmät kasvatusolosuhteet voivat heikentää vasikan kasvua ja lisätä vasikan energiantarvetta ja rehun syöntiä. Hyvissä kylmäkasvatusolosuhteissa riittävästi ruokittujen vasikoiden kasvu ei kuitenkaan välttämättä vaarannu.
- Vasikat voivat vähentää lämmönhukkaansa ja säästää energiaa kylmissä olosuhteissa lisäämällä kokonaismakuu-aikaa sekä makaamalla enemmän käpertyneenä ja kiinni toisensa eläimessä.
- Iglukasvatus on usein vähentänyt vasikoiden riskiä sairastua hengitystietulehdukseen ja ripuliin, mutta aiheesta on saatu myös vastakkaisia tutkimustuloksia
- Suomen nykyinen eläinsuojelulainsäädäntö ei tunne pikkuvasikoiden kylmäkasvatusta. Jos pikkuvasikoiden kylmäkasvatus yleistyy Suomessa, on eläinsuojelulainsäädäntöä syytä päivittää.
- Vasikka pystyy sopeutumaan hyvin kylmäkasvatusolosuhteisiin siten, että sen kasvu ja terveys eivät vaarannu. Hyvät kylmäkasvatusolosuhteet pitävät sisällään kuivan ja hyvin kuivitetun makuualueen säänsuojan sisällä, riittävän ja maittavan ruokinnan sekä vasikan hyvinvoinnin ja terveydentilan tarkan seurannan ja nopean reagoimisen ongelmatilanteissa.

6 Suositukset ja ohjeet

- Siirrettäessä vasikoita lämpimistä oloista kylmiin oloihin kylmään totutus voidaan tehdä esimerkiksi laskemalla vähitellen ympäristön lämpötilaa tai järjestämällä aluksi lisälämpöä kylmään ympäristöön esimerkiksi säteilylämmittimen avulla. Siirron yhteydessä vasikan omaa eristystä voidaan parantaa eristävästä materiaalista valmistetulla loimella.
- Kylmäkasvatuksessa vasikoilla tulee olla käytössään suoja, jossa sijaitsee vedoton ja paksusti kuivitettu makuualue. Makuualueella tulee kuivittaa riittävästi ja valumavesien pääsy alueelle tulee estää, jotta makuualue pysyy kuivana. Kuivitus on riittävä, kun testaja polvet eivät kastu kymmenen sekunnin kuluessa oljelasetumisesta.
- Vasikoita on ruokittava riittävästi energiapitoisella rehulla. Juoma ja mielellään myös juomavesi tulee tarjota lämpiminä. Ruokinta-astiat tulee sijoittaa siten, että sääolosuhteet eivät pääse heikentämään rehun maittavuutta tai vähentämään vasikoiden halukkuutta mennä syömään.
- Kylmäkasvatettuja vasikoita tulee tarkkailla ja hoitaa erityisen huolellisesti. Koska sairast ja heikot vasikat ovat erityisen kylmänarkoja, ne on voitava siirtää lämpimään ympäristöön toipumaan. Jos vasikalla esiintyy havaittavaa lihasvärinää, eläin on siirrettävä lämpimään tai muulla tavalla lämmitettävä vasikkaa, kunnes värinä lakkaa. Olosuhteet (kuivitus, ruokinta) on korjattava.



Kuva: Paula Martiskainen

7 Kirjallisuus

- Aaltonen, R. & Pyykkönen, M. 1988. Vetoisuus. *Karjalalous* 3: 16–17.
- Alexander, G., Bennett, J.W. & Gemmell, R.T. 1975. Brown adipose tissue in the newborn calf (*Bos taurus*). *Journal of Physiology* 244: 223–234.
- Andrews, A.H. 1992. Calf respiratory disease. Teoksessa: Andrews, A.H., Blowey, R.W., Boyd, H. & Eddy, R.G. (toim.). *Bovine medicine: diseases and husbandry*. Oxford: Blackwell Scientific Publications Ltd. s. 202–212.
- Bøe, K. & Havrevoll, Ø. 1993. Cold housing and computer-controlled milk feeding for dairy calves: behaviour and performance. *Animal Production* 57: 183–191.
- Broucek, J., Kisac, P., Uhrincat, M., Hanus, A. & Benc, F. 2008. Effect of high temperature on growth performance of calves maintained in outdoor hutches. *Journal of Animal and Feed Sciences* 17: 139–146.
- Brunsvold, R.E., Cramer, C.O. & Larsen, H.J. 1985. Behavior of dairy calves reared in hutches as affected by temperature. *Transactions of the ASAE* 28: 1265–1268.
- Christopherson, R.J. & Kennedy, P.M. 1983. Effect of the thermal environment on digestion in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science* 63: 477–496.
- Christopherson, R.J., Kennedy, A.D., Feddes, J.J.R. & Young, B.A. 1993. Overcoming climatic constraint. Teoksessa: Martin, J., Hudson, R. J. & Young, B. A. (toim.). *Animal production in Canada*. University of Alberta. s. 173–190.
- Coleman, D.A., Moss, B.R. & McCaskey, T.A. 1996. Supplemental shade for dairy calves reared in commercial calf hutches in a Southern climate. *Journal of Dairy Science* 79: 2038–2043.
- Davis, C.L. & Drackley, J.K. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Iowa, Ames: Iowa State University Press.
- Davis, L.R., Autrey, K.M., Herlich, H. & Hawkins, G.E. 1954. Outdoor individual portable pens compared with conventional housing for raising dairy calves. *Journal of Dairy Science* 37: 562–570.
- Earley, B., Murray, M., Farrell, J.A. & Nolan, M. 2004. Rearing calves outdoors with and without calf jackets compared with indoor housing on calf health and live-weight performance. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 43: 59–67.
- Fels-Klerx, H.J. van der, Horst, H.S. & Dijkhuizen, A.A. 2000. Risk factors for bovine respiratory disease in dairy youngstock in The Netherlands: the perception of experts. *Livestock Production Science* 66: 35–46.
- Ganaba, R., Bigras-Poulin, M., Belanger, D. & Couture, Y. 1995. Description of cow-calf productivity in Northwestern Quebec and path models for calf mortality and growth. *Preventive Veterinary Medicine* 24: 31–42.
- Gonyou, H.W., Christopherson, R.J. & Young, B.A. 1979. Effects of cold temperature and winter conditions on some aspects of behaviour of feedlot cattle. *Applied Animal Ethology* 5: 113–124.
- Gonzalez-Jimenez, E. & Blaxter, K.L. 1962. The metabolism and thermal regulation of calves in the first month of life. *British Journal of Nutrition* 16: 199–212.
- Gutzwiller, A. & Morel, I. 2003. Housing young winter born calves in hutches. *Revue Suisse d'Agriculture* 35: 61–64.
- Hansen, K. 1984. Klimaforsøg med kalve. *SjF Beretning* 21. 35 s.
- Heller, H.C. & Glotzbach, S.F. 1975. Thermoregulation during sleep and hibernation. Teoksessa: Robertshaw, D. (toim.). *Environmental Physiology II*. Baltimore, MD: University Park Press. s. 147–188.
- Hepola, H., Hänninen, L., Pursiainen, P., Tuure, V.-M., Syrjälä-Qvist, L., Pyykkönen, M. & Saloniemi, H. 2006. Feed intake and oral behaviour of dairy calves housed individu-

- ally or in groups in warm or cold buildings. *Livestock Science* 105: 94–104.
- Holmes, C.W. & McLean, N.A. 1975. Effects of air temperature and air movement on the heat produced by young Friesian and Jersey calves, with some measurements of the effects of artificial rain. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 18: 277–284.
- Huuskonen, A., Tuomisto, L., Joki-Tokola, E. & Kauppinen, R. 2009. Animal performance and carcass characteristics of growing Hereford bulls under insulated, uninsulated and outdoor housing conditions in Northern Finland. *Agricultural and Food Science* 18: 16–26.
- Hänninen, L., Hepola, H., Rushen, J., de Passillé, A.M., Pursiainen, P., Tuure, V.-M., Syrjälä-Qvist, L., Pyykkönen, M. & Saloniemi, H. 2003. Resting behaviour, growth and diarrhoea incidence rate of young dairy calves housed individually or in groups in warm or cold buildings. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 53: 21–28.
- IUPS thermal commission 2003. Glossary of terms for thermal physiology. *Journal of Thermal Biology* 28: 75–106.
- Jorgenson, L.J., Jorgensen, N.A., Schingoethe, D.J. & Owens, M.J. 1970. Indoor versus outdoor calf rearing at three weaning ages. *Journal of Dairy Science* 53: 813–816.
- Kauppinen, R. 2000. Acclimatization of dairy calves to a cold and variable micro-climate. Doctoral dissertation. Kuopio University Publications C. Natural and Environmental Sciences 113. 105 s.
- Kauppinen, R., Kukkonen, S., Niemelä, P., Risänen, A. & Vaarala, S. 2002. Kasvatuslämpötilan vaikutus pikkivasikoiden kasvuun ja rehunsyöntiin. Teoksessa: *Marketta Rinne (toim.). Maataloustieteen Päivät 2002, Kotieläintiede, 9.–10.1.2002. Helsinki: Yliopistopaino. s. 164–167.*
- Kennedy, P.M., Young, B.A. & Christopherson, R.J. 1977. Studies on the relationship between thyroid function cold acclimation and retention time of digesta in sheep. *Journal of Animal Science* 45: 1084–1090.
- Maaseutuvirasto 2008. Eläinten hyvinvoinnin tuen opas, eläinten hyvinvoinnin tuki nautatilalla. 21 s. Saatavissa internetistä: <http://www.mavi.fi/attachments/maaseutufi/5zFFawdui/891078_nautatila_LR.pdf> [Viitattu: 5.12.2009.]
- McKnight, D.R. 1978. Performance of newborn dairy calves in hutch housing. *Canadian Journal of Animal Science* 58: 517–520.
- MMMA 3.6.2002/6/EEO/2002. Maa- ja metsätalousministeriön asetus Nautojen pidolle asetettavista eläinsuojeluvaatimuksista annetun maa- ja metsätalousministeriön päätöksen muuttaminen. Annettu Helsingissä 3.6.2002. Päivitetty: 6/2002. Saatavissa internetistä: <<http://www.mmm.fi/el/laki/F/f20m1fi.pdf>>. [Viitattu: 24.9.2009.]
- MMMA 7.6.1996/396. Eläinsuojeluasetus. Annettu Helsingissä 7.6.1996. Suomen säädöskokoelma 396/1996: 1019–1028.
- MMMp 23.5.1997/14/EEO/1997. Maa- ja metsätalousministeriön päätös F20 nautojen pidolle asetettavat eläinsuojeluvaatimukset. Annettu Helsingissä 23.5.1997. Saatavissa internetistä: <<http://www.mmm.fi/el/laki/F/f20.html>>. [Viitattu: 24.9.2009.]
- Mount, L.E. 1973. The concept of thermal neutrality. Teoksessa: Monteith, J.L. & Mount, L.E. (toim.). *Heat loss from animals and man. Lontoo: Butterworths. s. 425–439.*
- Mälkiä, P. 2008. Kanadassa vasikat kylmässä / uusia ratkaisuja vasikkatiloihin. *KM Vet* 14: 6–13.
- Nonnecke, B.J., Foote, M.R., Miller, B.L., Fowler, M., Johnson, T.E. & Horst, R.L. 2009. Effects of chronic environmental cold on growth, health, and select metabolic and immunologic responses of preruminant calves. *Journal of Dairy Science* 92: 6134–6143.
- Okamoto, M., Robinson, J.B., Christopherson, R.J. & Young, B.A. 1986. Summit metabolism of newborn calves with and without colostrum feeding. *Canadian Journal of Animal Science* 66: 937–944.
- Olson, D.P., Papasian, C.J. & Ritter, R.C. 1980. The effects of cold stress on neonatal cal-

- ves. I. Clinical condition and pathological lesions. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 44: 11–23.
- Rawson, R.E., Dziuk, H.F., Good, A.L., Anderson, J.F., Bates, D.W. & Ruth, G.R. 1989a. Thermal insulation of young calves exposed to cold. *Canadian Journal of Veterinary Research* 53: 275–278.
- Rawson, R.E., Dziuk, H.E., Good, A.L., Anderson, J.F., Bates, D.W., Ruth, G.R. & Serfass, R.C. 1989b. Health and metabolic responses of young calves housed at -30 degrees C to -8 degrees C. *Canadian Journal of Veterinary Research* 53: 268–274.
- Redbo, I., Mossberg, I., Ehrlemark, A. & Stahl-Hogberg, M. 1996. Keeping growing cattle outside during winter: behaviour, production and climatic demand. *Animal Science* 62: 35–41.
- Rehnström, K. 2008. Ulkona kasvaa terveitä vasikoita. *KM Vet* 14: 24–26.
- Richard, A.L., Muller, L.D. & Heinrichs, A.J. 1988. Ad libitum or twice daily feeding of acidified milk replacer to calves housed individually in warm and cold environments. *Journal of Dairy Science* 71: 2193–2202.
- Robinson, J.B. & Young, A.B. 1988. Metabolic heat production of neonatal calves during hypothermia and recovery. *Journal of Animal Science* 66: 2538–2544.
- Schrama, J.W., Arieli, A., Heetkamp, M.J.W. & Verstegen, M.W.A. 1992. Responses of young calves to low ambient temperatures at two levels of feeding. *Animal Production* 55: 397–405.
- Schrama, J.W., Arieli, A., Hel, W. van der & Verstegen, M.W.A. 1993a. Evidence of increasing thermal requirement in young, unadapted calves during 6 to 11 days of age. *Journal of Animal Science* 71: 1761–1766.
- Schrama, J.W., Arieli, A., Brandsma, H.A., Luiting, P. & Verstegen, M.W.A. 1993b. Thermal requirements of young calves during standing and lying. *Journal of Animal Science* 71: 3285–3292.
- Schrama, J.W., Noordhuizen, J.P.T.M., Arieli, A., Brandsma, H.A., Linden, J.M. van der & Verstegen, M.W.A. 1994. Circadian fluctuation in heat production of young calves at different ambient temperatures in relation to posture. *Journal of Animal Science* 72: 598–605.
- Scibilia, L.S., Muller, L.D., Kensinger, R.S., Sweeney, T.F. & Shellenberger, P.R. 1987. Effect of environmental temperature and dietary fat on growth and physiological responses of newborn calves. *Journal of Dairy Science* 70: 1426–1433.
- Scott, S.L., Christopherson, R.J., Thompson, J.R. & Baracos, V.E. 1993. The effect of a cold environment on protein and energy metabolism in calves. *British Journal of Nutrition* 69: 127–139.
- Spain, J.N. & Spiers, D.E. 1996. Effects of supplemental shade on thermoregulatory response of calves to heat challenge in a hutch environment. *Journal of Dairy Science* 79: 639–646.
- Tirri, R., Lehtonen, J., Lemmetyinen, R., Piha-kaski, S. & Portin, P. 1995. *Biologian sanakirja*. Keuruu: Otava. 607 s.
- Tuomisto, L., Huuskonen, A., Ahola, L. & Kauppinen, R. 2009. Different housing systems for growing dairy bulls in Northern Finland - effects on performance, behaviour and immune status. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 59: 35–47.
- Tuomisto, L., Sairanen, A., Huuskonen, A., Hartikainen, K., Tarkiainen, A. & Kauppinen, R. 2010. Pikkivasikoiden kasvu ja terveys iglukasvatuksessa. *Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2010 [verkkojulkaisu]*. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisu ja no 26. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 11.1.2010. Saatavissa internetistä: <<http://www.smts.fi>>. [Viitattu 15.12.2009.]
- Tuure, V.-M. 2005. Talvikauden työtapatuomat ja talvikaudella ilmenneet työperäiset sairaudet maataloudessa. *Työtehoseura*. 53 s.
- Virtala, A.-K., Grohn, Y.T., Mechor, G.D. & Erb, H.N. 1999. The effect of maternally derived immunoglobulin G on the risk of respi-

- ratory disease in heifers during the first 3 months of life. *Preventive Veterinary Medicine* 39: 25–37.
- Waltner-Toews, D., Martin, S.W. & Meek, A.H. 1986a. The effect of early calfhood health status on survivorship and age at first calving. *Canadian Journal of Veterinary Research* 50: 314–317.
- Waltner-Toews, D., Martin, S.W. & Meek, A.H. 1986b. Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. IV. Association of management with mortality. *Preventive Veterinary Medicine* 4: 159–171.
- Waltner-Toews, D., Martin, S.W. & Meek, A.H. 1986c. Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. III. Association of management with morbidity. *Preventive Veterinary Medicine* 4: 137–158.
- Webster, A.J.F. 1971. Prediction of heat losses from cattle exposed to cold outdoor environments. *Journal of Applied Physiology* 30: 684–690.
- Webster, A.J.F. 1974. Heat loss from cattle with particular emphasis on the effects of cold. Teoksessa: Monteith, J.L. & Mount, L.E. (toim.). *Heat loss from animals and man*. Lontoo, UK: Butterworths. s. 205–231.
- Webster, A.J.F. 1981. Optimal housing criteria for ruminants. Teoksessa: Clark, J.A. (toim.). *Environmental aspects of housing for animal production*. Lontoo: Butterworths. s. 217–232.
- Webster, A.J.F., Chlumecky, J. & Young, B.A. 1970. Effects of cold environments on the energy exchanges of young beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 50: 89–100.
- Webster, A.J.F., Gordon, J.G. & McGregor, R. 1978. The cold tolerance of beef and dairy type calves in the first weeks of life. *Animal Production* 26: 85–92.
- Westra, R. & Christopherson, R.J. 1976. Effects of cold on digestibility, retention time of digesta, reticulum motility and thyroid hormones in sheep. *Canadian Journal of Animal Science* 56: 699–708.
- Williams, P.E.V., Day, D., Raven, A.M. & McLean, J.A. 1981. The effect of climatic housing and level of nutrition on the performance of calves. *Animal Production* 32: 133 - 141.
- Young, B.A. 1975. Temperature-induced changes in metabolism and body weight of cattle (*Bos taurus*). *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 53: 947–953.
- Young, B.A. 1981. Cold stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science* 52: 154–163.
- Young, B.A. 1983. Ruminant cold stress: Effect on production. *Journal of Animal Science* 57: 1601–1607.

Naudan rasvoittumiseen vaikuttavat tekijät

Arto Huuskonen¹ ja Päivi Lamminen²

¹ MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31A, 71750 Maaninka, arto.huuskonen@mtt.fi

² Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Luonnonvara-alan yksikkö, Metsäkouluntie, 90650 Oulu, paivi.lamminen@oamk.fi

Tiivistelmä

Tässä kirjallisuusselvityksessä kartoitetaan mahdollisuuksia vaikuttaa naudan ruhon rasvoittumiseen. Kasvunopeudella on vaikutusta lihan laatuun, sillä nopeasti kasvaneet naudat voidaan teurastaa nuorempina, millä on myönteinen vaikutus lihan syöntilaatuun. Nopeaan kasvuun liittyy myös rasvoittuminen: nopeasti kasvaneet eläimet ovat yleensä rasvaisempia kuin hitaasti kasvaneet eläimet. Rasvan kertyminen ruhoon lisääntyy päiväkasvun nopeutuessa ja energian saannin lisääntyessä. Myös teuraspainon kasvu lisää ruhojen rasvaisuutta ja vähentää lihan sekä luun osuutta. Hiehot rasvoittuvat aikaisemmin kuin härät, jotka puolestaan rasvoittuvat aikaisemmin kuin sonnit. Aikuispainoltaan suurikokoiset rodut (esim. Charolais, Simmental ja Limousin) kasvavat nopeammin ja rasvoittuvat hitaammin kuin keskikokoiset rodut (Aberdeen angus, Hereford, Highland cattle).

Ruokinnan energiapitoisuuden pienentäminen vähentää yleensä ruhojen rasvoittumista, mutta usein myös hidastaa eläinten kasvua ja pidentää siten kasvatusaikaa. Valkuaislihan vaikutukset ruhon koostumukseen ovat yleensä vähäisiä. Erilaisten karkearehujen ja väkirehujen käytöllä ei ole tutkimuksissa ollut vaikutusta ruhojen rasvoittumiseen, jos eläinten energian saanti on ollut samalla tasolla eri ruokintaryhmien välillä. Lisääntyneen liikunnan on havaittu ehkäisevän nautojen rasvoittumista. Liikunnan seurauksena eläimet kuluttavat enemmän energiaa ja niihin kerääntyy enemmän lihaskudosta ja vähemmän rasvakudosta. Liharotuisten nautojen jalostuksellinen valinta residuaalisen syönnin perusteella voi olla tulevaisuudessa yksi mahdollinen keino tuottaa vähärasvaisempia ruhoja.

Avainsanat:

naudanlihantuotanto, ruhon laatu, rasva, ruokinta, rehut, tuotantoympäristöt

1 Johdanto

Suomessa naudanlihantuotanto perustuu pääosin maitorotuiheen eläinainekseen. Kotimaisen naudanlihantuotannon määrä on pystytty säilyttämään kotimaista kysyntää kohtuullisesti vastaavana teuraspainojen nostamisen ja emolehmätuotannon lisäämisen avulla. Maitorotuihen eläinten teuras-

painojen nousu on kuitenkin samalla lisännyt jonkin verran ruhojen rasvoittumista. Tässä kirjallisuusselvityksessä on kartoitettu mahdollisuuksia vaikuttaa naudan ruhojen rasvoittumiseen.

2 Rasvakudoksen kehittyminen

Rasvakudos on erikoistunutta sidekudosta, joka varastoi rasvan triglyseridien muodossa (Robelin & Tulloh 1992). Naudoilla on rasvaa kahdessa eri muodossa: valkoista ja ruskeaa. Vasikalla rasva on suurimmaksi osaksi ruskeaa, kun taas aikuisen eläimen rasva on lähes kokonaan valkoista. Rasvaa naudat tarvitsevat lämmönsäätelyyn ja mekaaniseksi suojapuskuriksi. Rasvan tärkein tehtävä on kuitenkin olla energiavarasto. Ihonalainen rasvakerros, joka on heti nahan alla, huolehtii lämmönsäätelystä hoitaen 1/3 kyseisestä tehtävästä. Ihonalainen rasvakudos ympäröi sisäelimiä antaen niille suojaa. Nämä eri paikoissa olevat rasvasolukot eivät ole keskenään identtisiä, vaan niiden koko ja erityistoiminta poikkeavat toisistaan (Louveau & Gondret 2004).

Rasvakudos sisältää rasvasoluja sekä stromavaskulaarisia soluja, sisältäen fibroblastista sidekudosta, leukosyyttejä, makrofageja ja preadiposyyttejä eli rasvasolun esiasteita (Albright & Stern 1998). Rasvasolut voivat olla joko yksi- tai monilokeroisia. Yksilokeroiset solut ovat valkoisia rasvasoluja, kooltaan 20–200 µm. Mitokondrio on lähellä solun tumaa. Solun täyttää suuri rasvapisara, joka ei sisällä soluelimiä. Monilokeroiset, lähinnä ruskeat rasvasolut sisältävät useita rasvapisaroita. Ruskea väri johtuu tiiviisti pakatuista mitokondrioista, joita ruskeissa rasvasoluissa on paljon (Albright & Stern 1998).

Rasvakudoksen painosta noin 60–85 % on rasvoja, joista 90–99 % on triglyseridejä. Lisäksi rasvakudoksessa on pieniä määriä vapaita rasvahappoja, diglyseridejä, kolesterolia, fosfolipidejä, kolesterolin estereitä ja monoglyseridejä. Jäljelle jäävä tilavuus on lähinnä vettä (5–30 %) sekä proteiineja (2–3 %) (Robelin & Tulloh 1992).

Rasvakudoksen massa riippuu sekä kudoksen lukumäärästä että koosta. Massan lisääntyminen voi johtua joko hyperplastisesta tai hypertrooppisesta kasvusta. Hyperplastinen kasvu tarkoittaa solujen lukumäärän lisääntymistä, ja se johtuu pääasiassa preadiposyyttien mitoottisesta aktiivisuudesta. Hypertrooppinen kasvu tarkoittaa solun koon kasvamista ja johtuu pääasiassa rasvan kerääntymisestä samaan soluun (Robelin & Tulloh 1992).

Hyperplastista kasvua tapahtuu myös aikuisiässä (Robelin & Tulloh 1992). Rasvasolut täyttyvät rasvoista ja saavuttavat kriittisen koon, jolloin preadiposyytit stimuloituvat jakautumaan ja solujen lukumäärä kasvaa. Kun uusi rasvasolu on syntynyt, se säilyy koko eläimen elinkaaren ja vain sen koon pieneneminen on enää mahdollista. Hoodin ja Allenin (1973) mukaan hyperplasiaa ja hypertropiaa tapahtuu sonnien lihaksensisäisessä rasvakudoksessa jopa 14 kuukauden ikään. Muissa rasvoissa vastaavia ominaisuuksia on havaittu vain 8 kuukauden ikään.

3 Naudanruhon laatu

3.1 Kasvavan naudan kehitysvaiheet

Lihakset, rasvakudos ja luu muodostuvat tiettyjen kasvumallien mukaan. Järjestys on kronologinen ruumiin eri osissa. Lihaskudoksen määrä ja muoto ovat erittäin tärkeitä tekijöitä

sonnin ruhon kasvatuksessa, tuotannossa ja markkinoinnissa. Luiden suhteellinen osuus pienenee ja rasvan määrä suurenee eläimen vanhetessa (Robelin & Tulloh 1992).

3.1.1 Kasvu ja elopaino

Kasvua voidaan mitata elopainon lisääntymisenä tiettyssä aikajaksossa. Kasvu voidaan myös kuvata muutoksina ruhon muodossa ja koostumuksessa. Elopaino on harhaanjohtava käsite, koska sen avulla ei voida päätellä ruhon koostumusta, joka selviää teuraspainosta. Taloudellisen kasvun kannalta olennaista on tietää kudosten suhteellisia kasvunopeuksia, sillä nämä muodostavat ruhon. Liha-eläinten kohdalla ollaan useimmiten kiinnostuneita tiettyjen kudosten kasvusta ja niiden suhteista ruhossa. Olennaista on tietää, kuinka lihas-, rasva- ja luukudos kehittyvät.

Ruhon koostumus muuttuu eläimen kasvaessa, kun sitä mitataan lihaksen, rasvan ja luun osuuksina. Kudosten kasvuun vaikuttavat monet ympäristö- ja geneettiset tekijät, kuten eläimen ikä, paino, sukupuoli sekä ravitsemuksellinen historia. Syntymähetkellä vasikan ruhosta noin 2/3 on lihaksia ja 1/3 luuta (Robelin & Tulloh 1992). Syntymän jälkeen lihakset kasvavat nopeammin kuin luut, joten liha/luu-suhde nousee.

Rasvaa on ruhossa syntymähetkellä vain vähän (Robelin & Tulloh 1992). Eläimen

saavuttaessa tietyn kasvun vaiheen rasvan kertyminen ruhoon kuitenkin kiihtyy (rasvoittumispiste). Rasvan määrä on ruhon tekijöistä suurin muuttuja. Normaalioloissa teuraspaino korreloi myös ruhon rasvaisuuden kanssa, joka nousee painon noustessa. Geneettiset tekijät vaikuttavat myös ruhon koostumukseen.

Naudan tyyppillinen kasvukäyrä on S-muotoinen. Vasikka kasvaa sigmoidisen kasvukäyrän mukaan, jossa kasvu kiihtyy vasikan saavuttaessa puberteetti-ään (noin puolivuotiaana), ja kun sukukypsyys saavutetaan, kasvu hidastuu. Yleensä naudat teurastetaan puberteetti-ään loppuvaiheissa.

Elopaino muuttuu teuraspainoksi, kun eläin teurastetaan. Teuraspaino on elopaino, josta on vähennetty eläimen ruuansulatuskanavan ja sen sisällön, sisäelimiä, veren, nahan, pään ja jalkojen paino. Ruhossa on sekä syötäviä että syömäkelvottomia osia, ihmisravinnoksi kelpaamaton suurin osa ovat luut. Myös syötävien osien arvot vaihtelevat.

3.1.2 Ruhon rakenne

Ruho koostuu suurimmaksi osaksi lihaksista, rasvasta, luista ja sidekudoksesta. Suurimman osan ruhosta muodostavat erilaiset lihakset. Luu-lihas-suhde on noin 2:1 vasikan syntyessä.

Suhde kuitenkin pienenee, koska luu kasvaa tasaisen hitaasti ja lihas nopeasti. Rasva muodostaa suhteellisen pienen osan ruhosta syntymähetkellä, mutta lopulta sitä kehitty

niin nopeasti, että se saavuttaa ja satunnaisesti jopa ylittää (erittäin lihavilla eläimillä) lihaksen määrän (Berg & Butterfield 1976).

Luun täytyy saavuttaa riittävä kehitysaste jo tiineysaikana, jotta vasikka olisi elinkelpoinen, ja siksi se määritetäänkin aikaisin kehittyväksi kudokseksi (Berg & Butterfield 1976). Myös sellaisten lihasten, joiden toi-

mina on välttämätöntä heti syntymän jälkeen, on kehityttävä jo tiineysaikana. Lihaskudoksessa tapahtuu suuria suhteellisia muutoksia heti syntymän jälkeen, ja lopulta lihaksiston määrä on jo kaksinkertaistunut syntymästä. Lukuun ottamatta aivan ensimmäisiä päiviä rasva on merkityksettömin kudos näistä kolmesta, ja samasta syystä se kehittyy vasta myöhemmässä vaiheessa.

3.2 Laadun määrittely ja tutkiminen

Ruhon laatu on kaupallinen käsite, joka kuvaa ruhon taloudellista arvoa teurastamoteollisuudelle. Ruhon laatu määritetään nykyisin luokittelemalla ruho lihakkuuden ja rasvaisuuden mukaan. Näiden lisäksi yhtenä laatukriteerinä voidaan pitää teuraspainoa. Ruhojen laatuluokituksen kehittämistä ja valvonnasta vastaa Suomessa Lihateollisuuden tutkimuskeskus. Teurastamoilla luokituksen suorittavat luokittajan koulutuksen saaneet henkilöt.

Suomessa on käytetty EUROP-luokitusta (Commission of the European Communities 1982) ruhon laadun osalta vuodesta 1995 alkaen. Eläinten ruhot jaetaan laatu- luokkiin lihakkuuden perusteella sekä rasvaisuusasteisiin. Lihakkuus määritetään ruhoista silmämääräisesti ruhon muodon perusteella. Huomiota kiinnitetään erityisesti paisteihin ja paistilinjaan sekä selkään ja lapoihin. Perusluokkia on Suomessa käytössä viisi, joista osa on vielä jaettu + ja – arvoihin. Eräissä liharotuvaltaisissa Keski-Euroopan maissa käytetään myös ylintä luokkaa S, mutta Suomessa se ei kuitenkaan ole käytössä, koska luokan E osuuskin on vain noin 0,1 prosenttia ruhoista.

Suomalaisen naudanruhon lihakkuus on EU-maista heikoin. Sonneistamme luokittuu toiseksi heikoimpaan lihakkuusasteeseen O noin 80 prosenttia ja huonoimman P-luokankin osuus on merkittävä. Suomessa teurastettujen nautojen heikkoa lihakkuutta selittävät muun muassa maitorotuisten eläinten jalostus yksinomaan maidontuotannon ehdoilla. Liharotujen ja emolehmien määrä Suomessa lisääntyy vuosittain, mutta maitotiloilla liharotusiemennysten määrä ei ole kuitenkaan noussut vaan päinvastoin laskenut. Liharotusiemennysten lisäämiseksi lypsylehmien keski-ikä tulisi saada nousemaan. Nykyisin lähes kaikki hiehot tarvitaan uudistukseen, koska keskipoikimakertojen määrä on pieni (Huuskonen ym. 2004).

Rasvaisuusaste määritetään ruhoista silmämääräisesti ja siinä kiinnitetään huomiota rasvakerroksen paksuuteen ruhon selkäpuolella. Rasvaisuuden vaikutus ruhon käyttöarvoon on noin kaksi kertaa suurempi kuin lihakkuuden. Tämän takia tuottajille maksettavissa teurastililyksissä on otettu käyttöön rasvaisuusvähennykset.

3.2.1 Marmoroituminen ja lihaksen sisäinen rasva

Lihaksen sisäinen rasva määritetään objektiivisesti analysoimalla lihasnäytteen rasvapiitoisuus kemiallisesti. Marmoroituminen sen

sijaan määritetään subjektiivisesti, silmämääräisesti arvioimalla. Käytännössä mitattu rasvapiitoisuus ja marmoroitumisaste kuitenkin

korreloivat varsin hyvin keskenään. Lihaksen sisäisen rasvaisuuden lisääntymistä pidetään lihan syöntilaatua parantavana ominaisuutena (Jokela & Rinne 1996).

Rasvakudosta kertyy eläimen kasvaessa ensiksi sisäelinten ympärille, seuraavaksi lihasten väliin, sitten nahan alle ja viimeiseksi lihaksensisäiseksi rasvaksi (Allen & Kilkenny 1984). Nautojen pintarasvan paksuuntumisa myös marmoroituminen yleensä lisääntyy

(Lawrie 1985, Micol ym. 1991). Dolezalin ym. (1982) tutkimuksessa marmoroitumisen ja pintarasvan välinen korrelaatio oli melko korkea ($r=0,63$). Jos siis halutaan parantaa syöntilaatua lihaksen sisäistä rasvapitoisuutta lisäämällä, joudutaan todennäköisesti hyväksymään myös ruhojen pintarasvan tietynasteinen lisääntyminen. Toisin sanoen keinot, joilla ruhojen pintarasvaa voitaisiin vähentää, vähentävät todennäköisesti myös marmoroitumista.



Kuva: Sari Jaakola

4 Ruhon laatuun vaikuttavat muut kuin ruokinnalliset tekijät

4.1 Valo

Valaistuksen on todettu vaikuttavan nautojen lisääntymiseen, liikkuvuuteen, terveydentilaan sekä tuotokseen (Kauppinen ym. 2004). Lisävalaistuksen on todettu myös lisäävän eläinten vuorokauden aikana tapahtuvien syöntijaksojen määrää ja vaikuttavan näin välillisesti tuotokseen. Vanhemmat eläimet eivät ole yhtä herkkiä päivän pituuden vaihtelulle kuin nuoremmat eläimet. Yksi-

tyiskohtaisempaa tietoa valon vaikutuksesta eläintuotokseen naudoilla on saatavissa Kauppinen ym. (2004) kirjallisuustutkimuksesta. Phillipsin ym. (1997) tekemässä tutkimuksessa päivää keinotekoisesti pidentäessä härkien ruhon rasvaisuus väheni verrattuna lyhyen päivän olosuhteissa kasvatettuihin härkiin. Vastaavaa tulosta ei kuitenkaan saatu Zinnin ym. 1989 kokeessa.

4.2 Kasvatusympäristö

Useissa ryhmäkokoa ja eläintiheyttä käsittelevissä tutkimuksissa karsinaan on sijoitettu erilainen eläinmäärä eri eläintiheyksissä, mikä vaikeuttaa tulosten tulkintaa ja vertailua. Näissä tutkimustuloksissa on kuitenkin lähes poikkeuksetta ollut suuntauksena, että ryhmäkoon ja erityisesti eläintiheyden kasvataminen vaikuttaa negatiivisesti lihanautojen kasvuun (Tuomisto ym. 2004). Ryhmäkoolla ja eläintiheydellä ei kuitenkaan näyttäisi olevan vaikutusta ruhon tai lihan laatuun, kuten ei myöskään karsinan pohjamateriaalilla.

Tuomiston ym. (2009) tutkimuksessa parsikasvatus heikensi hiukan ay-sonnien ruhojen lihakkuutta ja lisäsi ruhojen rasvaisuutta karsinakasvatukseen verrattuna. Ruotsalaisissa tutkimuksissa Mossberg ym. (1992, 1993) vertasivat sonnivasikoiden ja sonnien tuotantoa lämpimässä rakennuksessa rakolattiapoh-

jaisissa karsinoissa ja kylmäpihatossa tilavammassa, osittain kuivitetuissa, betonipohjaisissa karsinoissa. Karsinatyyppillä ei ollut vaikutusta sonnien kasvuun, rehunkulutukseen tai rehuhyötysuhteeseen, mutta kylmäpihatossa sonnien ruhoihin kerääntyi vähemmän rasvaa kuin rakolattialla. Lisäksi toisessa kokeessa sonnien teurasprosentti oli suurempi kylmäpihatossa kuin rakolattialla (Mossberg ym. 1993). Kylmäpihaton sonnien vähäisemmän rasvoittumisen Mossberg ym. (1992, 1993) esittivät olevan seurausta alhaisemmasta eläintiheydestä ja pitävämmästä lattiamateriaalista, minkä vuoksi eläimet mahdollisesti olivat aktiivisempia kylmäpihatossa kuin rakolattialla. Liikunnan seurauksena pihatton eläimet kuluttivat enemmän energiaa ja niihin kerääntyi enemmän lihaskudosta ja vähemmän rasvakudosta kuin rakolattialla.

4.3 Sukupuoli

Sukupuoli vaikuttaa ruumiin kudosten kasvuun ja siten myös ruhon koostumukseen ja painon jakautumiseen eri kudoksiin (Jokela & Rinne 1996). Selvin ero on ruhon rasvoittumisessa. Hiehot rasvoittuvat aikaisemmin

kuin härät, jotka puolestaan rasvoittuvat aikaisemmin kuin sonnit (Micol ym. 1991). Samoin rasvoittumisnopeus on suurin hiehoilla, minkä vuoksi sonneilla on laajempi teurasoptimialue kuin hiehoilla.

Hiehojen ruhot ovat rasvaisempia sisäelinten ja rintalastan ympäriltä sonneihin verrattuna (Murphey ym.1984). Hiehoilla ja sonneilla rasva kerääntyy elimistöön eri vauhtia eri paikkoihin. Hiehojen rasvan määrä voidaan määrittellä tarkemmin ulkoisesta olemuksesta kuin sonnien. Sonneilla on vähemmän rasvaa ja sitä on ohuemmalti kuin härillä, mutta toisaalta marmoroitumista esiintyy enemmän kuin härillä (Eichhorn ym. 1985).

Sukupuoli vaikuttaa myös lihaksen kasvuun ja siten ruhon koostumukseen (Micol ym. 1991). Hiehot eivät juuri eroa häristä, mutta nämä molemmat eroavat selvästi sonneista. Sonneilla on enemmän ruhon etuosan lihaksia, jotka kylläkin ovat hiukan arvottomampia kuin ruhon takaosan lihakset. Son-

nit kuitenkin kasvavat nopeammin, rehuhyötysuhde on parempi ja ruho painavampi sekä rasvattomampi kuin hiehoilla. Sonneilla on ruhossaan kuitenkin enemmän luuta kuin hiehoilla (Eichhorn ym. 1986). Samassa iässä tai painossa lihan osuus on sonneilla ollut suurempi ja rasvan osuus pienempi kuin hiehoilla. Sonnien ruhon luuprosentti on suurempi kuin samanikäisillä hiehoilla. Liha/luu-suhde puolestaan on sonneilla parempi kuin samassa rasvoittumisvaiheessa olevilla hiehoilla tai härillä, joilla keskenään ei ole ollut eroa. Ruhon arvokkaiden osien osuus on sonneilla suurempi kuin hiehoilla tai härillä.

4.4 Rotu

Eri rodut ja risteytykset eroavat toisistaan kasvukyvyn, rehunkäyttökyvyn, kasvun koostumuksen ja aikuispainon suhteen (Jokela & Rinne 1996). Käytännön kasvatuksessa nämä liittyvät taloudellisesti tärkeisiin ominaisuuksiin, kuten sopivaan teurastusikään ja -painoon sekä siten myös kokonaisrehunkulutukseen ja kasvukilogrammaa kohti tarvittavaan energiamäärään sekä ruhon koostumukseen.

Rodut eroavat toisistaan rasvoittumispisteen (ts. missä painossa eläin alkaa rasvoittua) osalta (Andersen 1991, Jones ym. 1994, Lowe ym. 1994). Aikuispainoltaan suurikokoiset rodut (esim. Charolais, Simmental ja Limousin) kasvavat nopeammin ja rasvoittuvat hitaammin kuin keskikokoiset rodut (Aberdeen angus, Hereford, Shorthorn, Highland cattle) (Jones ym. 1994). Myöhään ja/tai hitaasti rasvoittuvat rodut soveltuvat paremmin oloihin, joissa rehua on runsaasti saatavilla ja eläimet voidaan kasvattaa korkeisiin teuraspainoihin. Aikaisin rasvoittuvia rotuja taas voidaan käyttää oloissa, joissa ruokinta on rajoitetumpaa tai eläimet on syytä teuras-

taa pienemmissä painoissa. Kaikki eläimet eivät menesty samalla ruokinnalla yhtä hyvin. Keskikokoisten, varhain kehittyvien rotujen eläimet ovat sopeutuneet paremmin karkearehun hyödyntämiseen, kun taas väkirehuvaltaisella ruokinnalla suuret rodut pääsevät näyttämään kasvutaipumuksensa. Keskikokoisilla roduilla saattaa olla etulyöntiasema oloissa, joissa rehun laatua ei voida kovin tarkkaan taata. Keskikokoiset rodut sietävät enemmän vaihtelua, mikä johtuu rasvan kerääntymisestä ruhoon ja antaa enemmän pelivaraa teurastuksen ajankohdalle. Usein keskikokoiset rodut myös selviävät suurikokoisia paremmin rajoitetulla ruokinnalla.

Nopeakasvuiset eläimet rasvoittuvat hitaammin ja pääsevät rasvoittumatta suurempiin teuraspainoihin kuin hidaskasvuiset eläimet (Robelin & Tulloh 1992). Aikuispainoltaan suuremmilla roduilla on samassa painossa teurastettaessa ollut enemmän lihaskudosta kuin pienemmillä, mikä on tutkimuksissa johtunut osittain paremmasta liha/luu- tai liha/rasva-suhteesta (Jones ym. 1994). Suuremmat rodut ovat nopeakasvuisina olleet

tällöin varhaisemmassa kehitysvaiheessa, jolloin rasvoittuminen ei ole vielä edennyt samassa suhteessa kuin pienemmillä roduilla. Rotujen välillä on kuitenkin vain vähän eroja yksittäisten lihasten tai lihasryhmien suhteellisissa määrissä sekä leikatun lihan määräs-

sä suhteessa rasvattomien kudosten painoon (Jones ym. 1994). Rodulla ei juuri ole merkitystä myyntikelpoisen lihan suhteelliseen määrään, kun eläimet teurastetaan samassa rasvoittumisasteessa

4.5 Teuraspaino

Teuraspaino kuvaa parhaiten ruhon kokoa, ja siinä esiintyy selviä rotujen ja sukupuolten välisiä eroja (Jokela & Rinne 1996). Mitä suurempi on eläimen teuraspaino, sitä enemmän ruhossa on punaista lihaa. Hiehojen suuren teuraspainon tavoittelun estää niiden aikainen rasvoittumistaipumus. Teurasprosentti vaihtelee naudoilla 45–60 prosentin välillä. Teurasprosentti paranee yleensä painon noustessa sekä ruokinnan energiatason kasvaessa. Niin ikään ruhon rasvoittuneisuus kohottaa teurasprosenttia. Teurasprosentteihin aiheuttavat eniten vaihtelua pään ja sisärasvojen määrä sekä suolen sisältö.

Naudan saavutettua sukukypsyyden kasvu muuttuu, eli rasvakudoksen määrä kasvaa li-

haksia nopeammin (Robelin & Tulloh 1992). Sukupuolen ja rodun sisällä painavimmat eläimet ovat yleensä myös rasvaisimpia. Niinpä teuraspaino pitäisi valita siten, että eläin olisi kasvunvaiheessa, jossa rasvaisuus on optimitasolla. Käytännössä tätä pistettä on kuitenkin erittäin vaikeaa määrittää.

Yleensä teuraspainon kasvu lisää myös ruhojen rasvaisuutta. Keanen ja Allenin (1998) kokeessa painavimmat eläimet olivat rasvaisempia kuin alhaisemmassa painossa teurastetut eläimet. Myös Steen ja Kilpatrick (2000) havaitsivat, että teuraspainon nouseminen lisäsi merkittävästi ruhon rasvaisuutta ja vähensi lihan ja luun osuutta ruhossa.

4.6 Kasvunopeus

Kasvunopeudella tarkoitetaan aikayksikössä saavutettua painonlisäystä. Elopainon kasvunopeudesta käytetään myös nimitystä päiväkasvu. Teuraspainon kasvunopeutta puolestaan nimitetään nettokasvuksi. Kasvunopeuden yksiköksi tulee siten g/pv tai kg/pv. Kasvunopeus on yksi tärkeimpiä tekijöitä lihantuotannossa. Lihas- ja rasvakudoksen kasvu perustuu niissä olevien solujen koon suurenemiseen ja/tai lukumäärän lisääntymiseen (Jokela & Rinne 1996). Kudosten kasvuun ja valkuaisaineenvaihduntaan vaikuttavat lukuiset kasvutekijät ja hormonit. Kasvunopeudella on erityisesti vaikutusta lihan laatuun, sillä nopeasti kasvaneet naudat voidaan teurastaa

nuorempina, millä on myönteinen vaikutus lihan syöntilaatuun (Gerhardy 1995). Toisaalta nopeaan kasvuun liittyvä yleensä myös rasvoittuminen: nopeasti kasvaneet eläimet ovat yleensä rasvaisempia kuin hitaasti kasvaneet eläimet (Fishell ym. 1985, Martinsson & Olsson 1993, Boekholt & Schreurs 1995, Jurie ym. 1995, Manni 1998). Geayn ja Micolin (1989) mukaan rasvan kertyminen ruhoon lisääntyy päiväkasvun nopeutuessa ja energian saannin lisääntyessä. Rasvoittuminen parantaa yleensä lihan syöntilaatua, vaikka se heikentääkin ruhon laatua (Jokela & Rinne 1996).

5 Ruokintastrategian vaikutus ruhoon

5.1 Ruokintataso ja väkirehu/karkearehu -suhde

Naudan käyttöön tulevan energian ja/tai ravintoaineiden määrää voidaan säädellä rajoittamalla eläinten kuiva-aineen syöntiä tai antamalla eläimille erilaisia rehuja ruokahalun mukaan. Näiden menetelmien vaikutukset ruhoon ovat erilaisia. Esimerkiksi väki- ja karkearehun välisen suhteen muuttaminen voi rehujen laadusta riippuen vaikuttaa huomattavasti eläinten käytettäväksi tulevan energian ja ravintoaineiden määrään (Keane & Fallon 2001). Ruokintatason noustessa myös ruhon rasvaisuus ja lihakkuus yleensä lisääntyvät. Rasvaisuutta lisäsi Keanen ja Fallonin (2001) tutkimuksessa myös pidentynyt kasvatusaika.

Ruokinnan energiapitoisuuden pienentäminen karkearehun osuutta kasvattamalla vähentää yleensä ruhojen rasvoittumista (Bowling ym. 1978, Harrison ym. 1978, McCartor & Smith 1978, Crouse ym. 1984, Fishell ym. 1985, Patil ym. 1993, Schaake ym. 1993). Useissa tutkimuksissa väkirehümäärän suurentaminen ja sen seurauksena eläinten kokonaisenergian saannin lisääntyminen on lisännyt naudan ruhojen rasvoittumista (Thomas ym. 1988, Aronen ym. 1994, Aronen & Toivonen 1995, Joki-Tokola ym. 1995, Manni 1998, Huuskonen ym. 2007). Mayn ym. (1992) kokeessa havaittiin, että mitä korkeampaa ruokintatasoa käytettiin sen rasvaisempia härkien ruhot olivat. Ky-

seisessä kokeessa käytettiin hereford x angus härkiä. Myös suomalaisessa lihanauta-aineistossa voimakas ruokinta on lisännyt risteytyseläinten ruhojen rasvoittumista (Manninen ym. 1994).

Crousen ym. (1985) tutkimuksessa korkealla energiisella rehustuksella eläimet kasvoivat nopeammin kuin matalaenergisellä rehustuksella. Tässä kokeessa huomattiin kuitenkin, että korkealla energiisella rehustuksella kasvoi lähinnä ruhon rasvan määrä, ei niinkään lihan. Martinsson (1990) havaitsi kokeessaan rasvan määrän lisääntyvän ja luuprosentin pienenevän eläimillä, joiden väkirehutaso oli korkeampi. Mikäli dieetin energiapitoisuus oli suuri, samanpainoisten eläinten ruhot (riippumatta rehuannoksen suuruudesta) olivat yhtä rasvaiset (Oltjen ym. 1985). Dieetin energiapitoisuuden ollessa pieni rajoitetusti ruokitut eläimet olivat samanpainoisina vähärasvaisempia kuin vapaasti rehua saaneet.

Steen ja Kilpatrick (2000) ovat päätyneet johtopäätökseen, että teuraspainojen mataltaminen on kuitenkin selkeästi tehokkaampi keino rajoittaa ruhojen rasvoittumista kuin energian saannin rajoittaminen tai väkirehun osuuden vähentäminen dieetissä. Tulos pätee tekijöiden mukaan nurmisäilörehuun ja väkirehuun perustuvalla ruokinnalla.

5.2 Rehuannoksen valkuaispitoisuus

Rehuannoksen valkuaispitoisuuden vaikutuksia nautojen kasvuun on tutkittu runsaasti. Mitä paremmin perusruokinnasta saatava energia ja ravintoaineet riittävät tyydyttämään nautojen geneettisesti määräytyvästä kasvutapumuksesta johtuvan tarpeen, sitä

pienempi on lisävalkuaisella saatu kasvun lisä (Huuskonen 2009a). Valkuaislisän vaikutukset ruhon koostumukseen ovat yleensä olleet hyvin vähäisiä (McKinnon ym. 1993, Huuskonen ym. 2007, 2008, Huuskonen 2009b). Bergen ym. (1993) tutkimuksessa runsaim-

min valkuaista saaneiden härkien ruhot sisälsivät vähemmän rasvaa ja enemmän punaista lihaa kuin muiden ryhmien. Arosen & Toivosen (1995) kokeessa lisävalkuaista saaneet sonnit puolestaan olivat rasvaisempia kuin ilman lisävalkuaista kasvaneet. Fiemsin ym. (1995) kokeessa valkuaispitoisuudella (10,3; 11,8 ja 14,2 % kuiva-aineesta) ei ollut vaikutusta Belgian blue -rodun sonnien kasvuun eikä ruhon laatuun elopainon

lisääntyessä 375 kg:sta 718 kg:aan. Dieetin valkuaispitoisuuden nostaminen korvaamalla ohraa soijalla loppukasvatettavien lihanautojen säilörehupohjaisessa ruokinnassa on lisännyt ruhojen rasvaisuutta useissa kokeissa (esim. Steen & Robson 1995, Steen 1996). Tutkimusten tulosten perusteella voi päätellä, ettei valkuaislisä ehkäise ruhojen rasvoitumista ainakaan kasvavilla sonneilla.

5.3 Kompensatorinen kasvu

Mikäli nautojen kasvu on suhteellisen hidasta kasvatuskauden alussa riittämättömän energian ja/tai ravintoaineiden saannin takia, mutta myöhemmässä vaiheessa ravinnon saanti lisääntyy, havaitaan usein kompensatorista kasvua (Manni 1998). Tällöin rajoitetusti kasvaneet eläimet kasvavat nopeammin kuin alkukasvatusvaiheessa runsaammin rehua saaneet naudat. Rehun muunto-suhde saattaa kompensatorisesti kasvaneilla eläimillä olla parempi, sillä niiden ylläpito-energian tarve on pienempi kasvatuskauden aikaisen pienemmän elopainon ja runsaasti energiaa kuluttavien sisäelinten pienemmän koon takia. Toisaalta osa loppukasvatusvaiheen suuremmasta elopainon kasvusta saattaa aiheutua ruuansulatuskanavan suuremmasta kasvusta ja sen sisällön määrästä, jolloin ruhotuotoksessa havaittu hyöty jää vähäisemmäksi kuin elopainon perusteella arvioitu.

Kompensatorisen kasvun ilmenemisen voimakkuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kahteen luokkaan. Nämä ovat ravinnon saannin rajoittamisen luonne sekä naudan ikä, koko ja kasvu ravinnon saannin alkamistai loppumisajankohtana. Ravinnon saannin rajoittamisen luonteella tarkoitetaan sen kestoa, ankaruutta ja koostumusta rajoittavan ravintoaineen mukaan (Nissi ja Pietola 1999).

Tutkimustulokset kompensatorisen kasvun vaikutuksista ruhon rasvaisuuteen ero-

avat hieman toisistaan. Mannin (1998) tutkimuksessa kasvun jaksotus vähensi ruhojen rasvaisuutta. Sekä korvaavasti että taantuvasti kasvaneiden sonnien ruhot olivat vähärasvaisempia kuin tasaisesti kasvaneiden. Useissa tutkimuksissa korvaavasti kasvaneet naudat ovatkin olleet vähärasvaisempia verrattuna koko ajan runsaasti ruokittuihin nautoihin (Krishnan ym. 1991, Horton ym. 1992, Henricks ym. 1994). Aikaisemmista tutkimuksista löytyy kuitenkin myös päinvastaisia tuloksia, eli korvaavasti kasvaneet naudat rasvoituivat tasaisesti kasvaneita enemmän (Abdalla ym. 1988, Rinne ym. 1997, Rinne ym. 1998). Vaihtelu eri tutkimusten välillä saattaa johtua kasvatusajan pituudesta ruokinnan rajoituksen jälkeen. Ruhojen rasvoittuminen on yleensä korvaavan kasvun alussa vähäistä, mutta lisääntyy sitä mukaa, kun eläimet saavuttavat lopullista kokoaan.

Kompensatorisen kasvun vaikutukset ruhojen lihakkuuteen eroavat eri tutkimusten välillä. Joissakin tutkimuksissa korvaavasti kasvaneiden nautojen ruhot ovat olleet lihakkaampia verrattuna tasaisesti kasvaneisiin (Smith ym. 1977, Mader ym. 1989, Carstens ym. 1991), kun taas toisissa tutkimuksissa korvaava kasvu on vähentänyt ruhojen lihakkuutta (Drouillard ym. 1991) tai ei ole vaikuttanut siihen millään tavalla (Rompala ym. 1985, Hayden ym. 1993; Yambayamba ym. 1996, Manni 1998).

6 Rehujen laadun vaikutus ruhoon

6.1 Väkirehun laatu

Tärkkelyspitoinen väkirehu (esim. ohra) fermentoituu pötsissä nopeammin kuin runsaasti kuitua sisältävä väkirehu (tuoreleike, melassileike, ohrarehu) (Jokela & Rinne 1996). Kuitupitoisten väkirehujen sulavuus ja siten energia-arvo ovat yleensä vähän heikommät kuin tärkkelyspitoisten rehujen (Huuskonen 2009a). Kuitupitoista väkirehua syötettäessä propionihapon osuus pötsin haihtuvista rasvahapoista kasvaa, ja alkueläinten määrä pötsissä pienenee ohraruokintaan verrattuna. Pötsin käymistyyppin vaikutuksia lihantuotantoon ei tunneta kovin hyvin. Propionihappo on märehtijän aineenvaihdunnassa glukogeeninen kuten eräät aminohapot. Jos aminohapoista on pulaa, voi runsaalla propionihapon tuotannolla olla

nautojen kasvua parantava vaikutus. Erilaisien energiäväkirehujen käytöllä ei yleensä ole tutkimuksissa ollut vaikutusta ruhojen rasvoittumiseen, jos eläinten energian ja valkuaisen saanti ovat olleet samalla tasolla eri ruokintaryhmien välillä (Huuskonen 2009a). Schwarzin ym. (1991) tutkimuksessa maissia väkirehuna saaneet Simmental-sonnit kasvoivat nopeammin kuin vehnäväkirehua saaneet sonnit. Maissia saaneilla sonneilla myös ruhojen rasvoittuminen ja sen myötä lihan marmoroituminen oli voimakkaampaa kuin vehnällä ruokituilla sonneilla. Kuitenkin tässäkin kokeessa energian saanti selittää erot ruokintojen välillä, sillä maissin energia-arvo oli suurempi kuin vehnän.

6.2 Karkearehun laatu

Karkearehun laatu vaihtelee huomattavasti mm. rehulajista (laidun, säilörehu, heinä, olki), kasvilajista ja -lajikkeesta, kasvuolosuhteista (sää, maaperä, lannoitus), kasvien kehitysasteesta, korjuutappioista ja rehun säilönnällisestä laadusta (hygieeninen laatu, säilörehun käymislaatu) johtuen (Jokela & Rinne 1996). Karkearehun sulavuus vaikuttaa siihen, kuinka paljon eläin pystyy syömään rehua, joten sulavuuden vaikutus nautojen kasvuun on suuri (Huuskonen 2009a). Karkearehun laatu todennäköisesti vaikuttaa ruhojen rasvoittumiseen lähinnä energian saannin ja kasvunopeuden kautta. Esimerkiksi Suvitien ja Mannisen (1992) tutkimuksessa säilörehua ja rehuviljaa saaneet hiehot kasvoivat nopeammin ja rasvoituivat enemmän kuin heinää ja rehuviljaa saaneet hiehot. Säilörehua saaneiden hiehojen kokonaiskannattavuus oli tutkimuksessa kuitenkin hieman parempi, koska niiden kasvatusaika oli lyhy-

empi ja rehukustannukset pienemmät kuin heinäryhmällä.

Yleensä naudat kasvavat nopeammin syödessään varhaisella kehitysasteella korjattua säilörehua, koska sen sulavuus on parempi kuin myöhemmällä kehitysasteella tehdyn rehun (Huuskonen 2009a). Yleensä myös parhaiten sulavaa säilörehua syöneet, eniten energiaa saaneet ja siten parhaiten kasvaneet naudat ovat rasvaisimpia (Aronen ym. 1994, Jokela & Rinne 1996). Nauta syö esikuivattua säilörehua yleensä enemmän kuin tuoreena korjattua, mutta kasvutuloksiin esikuivatun rehun käyttö ei kuitenkaan vaikuta (Flynn 1988). Näin ollen rehun muuntosuhde on yleensä huonompi esikuivattua säilörehua sisältävillä ruokinnoilla tuoreeseen säilörehuun verrattuna. Ruhon rasvoittumiseen esikuivatun rehun käyttäminen ei aiheuttane muutoksia (Jokela & Rinne 1996).

7 Residuaalinen syönti ja ruhon rasvoittuminen

Liharotuisten nautojen jalostuksellinen valinta residuaalisen syönnin perusteella voi olla tulevaisuudessa yksi mahdollinen keino tuottaa vähärasvaisempia ruhoja. Residuaalinen syönti on yksi mahdollinen tapa mitata kasvavan eläimen rehunhyväksikäyttöä (Pesonen 2010). Residuaalinen syönti on erotus, joka muodostuu eläimen todellisesta syönnis-

tä ja arvioidusta syönnistä saavutettua tuotantotulosta kohden. Residuaalinen syönti periytyy keskinkertaisesti. Energian muuntosuhteelta tehokkailla eli alhaisen residuaalisen syönnin eläimillä on tutkimuksissa todettu muodostuvan vähemmän rasvaa kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä (Baker ym. 2006, Nkrumah ym. 2007, Lancaster ym. 2009).

8 Yhteenveto ja johtopäätökset

Naudan ruhon rasvoittumista voidaan jonkin verran säädellä ruokinnalla. Tällöin kysymykseen tulee lähinnä ruokinnan energiapiitoisuuden vähentämien loppukasvatuksessa. Teuraspainojen madaltaminen olisi kuitenkin todennäköisesti tehokkaampi keino rajoittaa ruhojen rasvoittumista kuin energian saannin rajoittaminen tai väkirehun osuu-

den vähentäminen dieetissä. Nykytilanteessa, jossa kotimaisen naudanlihan tarjonta ei kata kotimaista kysyntää, teuraspainojen madaltamiselle ei liene perusteita. Liharotuisten nautojen jalostuksellinen valinta residuaalisen syönnin perusteella voi olla tulevaisuudessa yksi mahdollinen keino tuottaa vähärasvaisempia ruhoja.



Kuva: Sari Jaakola

9 Kirjallisuus

- Abdalla, H.O., Fox, D.G. & Thonney, M.L. 1988. Compensatory gain by Holstein calves after underfeeding protein. *Journal of Animal Science* 66: 2687–2695.
- Albright, A.L. & Stern, J.S. 1998. Adipose tissue [verkkodokumentti]. Teoksessa: T.D. Fahey (toim.). *Encyclopedia of Sports Medicine and Science*. Julkaistu 30.5.1998. Internet Society for Sport Science. Saatavissa internetistä: <<http://sportsci.org/encyc/adipose/adipose.html>>.
- Allen, D. & Kilkeny, B. 1984. *Planned beef production*. 2nd ed. Granada, London, UK. 229 s.
- Andersen, B.B. 1991. Effects of genotype and environment on carcass composition and meat quality in beef. Teoksessa: Ender, K. (toim.). *Proceedings of the 42nd annual meeting of EAAP satellite symposium "Beef carcass and meat quality evaluation"*. Rostock, Germany. s. 5–13.
- Aronen, I., Lampila, M. & Hepola, H. 1994. Comparisons of diets based on grass silage, hay or oat straw supplemented with four levels of concentrates in the feeding of growing Ayrshire bulls. *Agricultural Science in Finland* 3: 15–26.
- Aronen, I. & Toivonen, V. 1995. Säilörehun korjuusteen ja väkirehutyönnöksen vaikutukset tuotannon tehokkuuteen naudalla. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, *Tiedote* 12/95: 33–45.
- Baker, S. D., Szasz, J.I., Klein, T.A., Kuber, P.S., Hunt, C.W., Glaze Jr., J.B., Falk, D., Richard, R., Miller, J.C., Battaglia, R.A. & Hill, R.A. 2006. Residual feed intake of purebred Angus steers: Effects on meat quality and palatability. *Journal of Animal Science* 84: 938–945.
- Berg R.T. & Butterfield R.M. 1976. *New Concepts of Cattle Growth*. University of Sydney Press, Sydney, Australia. 240 s.
- Berge, P., Culioli, J., Rennere, M., Touraille, C., Micol, D. & Geay, Y. 1993. Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. *Meat Science* 35: 79–92.
- Boekholt, H.A. & Schreurs, V.V.A.M. 1995. Protein content in the body of growing animals is higher when fed at a lower feeding level: A new explanation. *Proceedings of the VII symposium on protein metabolism and nutrition*, 24–27 May 1995. Portugal. s. 25.
- Bowling, R.A., Riggs, J.K., Smith, G.C., Carpenter, Z.L., Reddish, R.L. & Butler, O.D. 1978. Production, carcass and palatability characteristics of steers produced by different management systems. *Journal of Animal Science* 46: 333–340.
- Carstens, G.E., Johnson, D.E., Ellenberger, M.A. & Tatum, J.D. 1991. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. *Journal of Animal Science* 69: 3251–3264.
- Commission of the European Communities 1982. Commission of the European Communities (Beef Carcass Classification) Regulations. Council Regulations 1358/80, 1208/81, 1202/82. Commission Regulations 2938/81, 563/82, 1557/82, Brussels.
- Crouse, J.D., Smith, S.B. & Prior, R.L. 1984. Bovine muscle glycogen as affected by fasting and refeeding. *Journal of Animal Science* 59: 384–387.
- Crouse, J.D., Ferrell, C.L. & Cundiff, L.V. 1985. Effects of sex condition, genotype and diet on bovine growth and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 60/5 1219–1227.
- Dolezal, H.G., Smith, G.C., Savell, J.W. & Carpenter, Z.L. 1982. Comparison of subcutaneous fat thickness, marbling and quality grade for predicting palatability of beef. *Journal of Food Science* 47: 397–401.
- Drouillard, J.S., Ferrel, T.J., Klopfenstein, T.J. & Britton, R.A. 1991. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. *Journal of Animal Science* 69: 811–818.
- Eichhorn, J.M., Wakayama, E.J., Blomquist, G.J. & Bailey, C.M. 1986. Cholesterol content of muscle and adipose tissue from

- crossbred bulls and steers. *Meat Science* 16: 71–78.
- Fiems, L.O., Bogaerts, D.F., Cottyn, B.G., Decuyper, E. & Boucque, Ch. V. 1995. Effect of protein level on performance, carcass and meat quality, hormone levels and nitrogen balance of finishing Belgian white-blue double-musled bulls. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 73: 213–223.
- Fishell, V.K., Aberle, E.D., Judge, M.D. & Perry, T.W. 1985. Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. *Journal of Animal Science* 61: 151–157.
- Flynn, A.V. 1988. Factors affecting the feeding value of silage. *Teoksessa: Haresign, W. & Cole, D.J.A. (toim.). Recent developments in ruminant nutrition 2. Butterworths, London. s. 265–273.*
- Geay, Y. & Micol, D. 1989. Growing and finishing cattle. *Teoksessa: Jarrige, R. (toim.). Ruminant nutrition. Recommended allowances & feed tables, John Libbey and Co Ltd, England. s. 121–151.*
- Gerhardy, H. 1995. Quality of beef from commercial fattening systems in Northern Germany. *Meat Science* 40: 103–120.
- Harrison, A.R., Smith, M.E., Allen, D.M., Hunt, M.C., Kastner, C.L. & Kropf, D.H. 1978. Nutritional regime effects on quality and yield characteristics of beef. *Journal of Animal Science* 47: 383–388.
- Hayden, J.M., Williams, J.E. & Collier, R.J. 1993. Plasma growth hormone, insulin like growth factor, insulin and thyroid hormone association with body protein and fat accretion in steers undergoing compensatory gain after dietary energy restriction. *Journal of Animal Science* 71: 3327–3338.
- Henricks, D.M., Jenkins, T.C., Ward, J.R., Krishnan, C.S. & Grimes, L. 1994. Endocrine responses and body composition changes during feed restriction and reallimentation in young bulls. *Journal of Animal Science* 72: 2289–2297.
- Hood, R.L. & Allen, E. 1973. Cellularity of bovine adipose tissue. *Journal of Lipid Research* 14: 605–610.
- Horton, G.M.J., Pitman, W.D. & Pate, F.M. 1992. Protein supplements for corn-silage diets and their effect on subsequent growth and characteristics in beef cattle. *Journal of Animal Science* 72: 595–602.
- Huuskonen, A. 2009a. Concentrate feeding strategies for growing and finishing dairy bulls offered grass silage-based diets. *MTT Science* 1: 99 s.
- Huuskonen, A. 2009b. The effect of cereal type (barley versus oats) and rapeseed meal supplementation on the performance of growing and finishing dairy bulls offered grass silage-based diets. *Livestock Science* 122: 53–62.
- Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E. 2007. Effects of three different concentrate proportions and rapeseed meal supplement to grass silage on animal performance of Finnish Ayrshire and Friesian bulls in TMR feeding. *Livestock Science* 110: 154–165.
- Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E. 2008. Need for protein supplementation in the diet of growing dairy bulls fed total mixed ration based on moderate digestible grass silage and barley. *Agricultural and Food Science* 17: 109–120.
- Huuskonen, A., Rantakangas A., Kokkonen, J., Kauppinen, R., Kainulainen, P., Lindberg, H. & Suhonen, P. 2004. Liharotusiemennykset osana lypsylehmien uudistusstrategiaa. *MTT:n selvityksiä* 68: 30 s. Saatavissa internetistä: <<http://www.mtt.fi/mmts/pdf/mmts68.pdf>>. Verkkajulkaisu päivitetty 28.6.2004.
- Jokela, M. & Rinne, M. 1996. Sian ja naudan ruokinnan vaikutus lihan laatuun. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. *Sarja A* 7: 99 s.
- Joki-Tokola, E., Aronen, I. & Vehkaoja, H. 1995. Rehunurmen typpilannoituksen ja säilörehun korjuuajankohdan sekä väkirehutäydennyksen vaikutukset säilörehun hyväksikäyttöön naudalla. *B. Ruukin kenttätutkimus*

- mus. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 12/95: 59–70.
- Jones, S.D.M., Thorlakson, B. & Robertson, W.M. 1994. The effect of breed type on beef carcass characteristics and Canadian carcass grade. *Canadian Journal of Animal Science* 74: 149–151.
- Jurie, C., Robelin, J., Picard, P., Renand, G. & Geay, Y. 1995. Inter-animal variation in the biological characteristics of muscle tissue in male Limousin cattle. *Meat Science* 39: 415–425.
- Kauppinen, R., Nylander, C., Pekkanen, S., Huuskonen, A., Tuomisto, L., Martiskainen, P. & Mononen, J. 2004. Valon vaikutus tuotantoon naudoilla. Teoksessa: Huuskonen, A. (toim.). Ympäristökijöiden vaikutukset lihanautojen kasvuun ja hyvinvointiin. *Maa- ja elintarviketalous* 54. Jokioinen: MTT. s. 54–82.
- Keane, M.G. & Allen, P. 1998. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livestock Production Science* 56: 203–214.
- Keane, M.G. & Fallon, R., J. 2001. Effects of feedings level and duration on finishing performance and slaughter traits of Holstein-Friesian young bulls. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 40: 145–160.
- Krishnan, C.S., Henricks, D.M. & Jenkins, T.C. 1991. The effect of realimentation on carcass composition and plasma hormones in beef steers. *Journal of Animal Science* 69 (Suppl. 1): 328.
- Lancaster, P.A., Carstens, G.E., Ribeiro, F.R.B., Tedeschi, L.O. & Crews Jr, D.H. 2009. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. *Journal of Animal Science* 87: 1528–1539.
- Lawrie, R.A. 1985. *Meat Science*. Pergamon Press, Oxford (4th ed.). 267 s.
- Louveau, I. & Gondret, F. 2004. Regulation of development and metabolism of adipose tissue by growth hormone and the insulin-like growth factor system. *Domestic Animal Endocrinology* 27: 241–255.
- Lowe, D.B., Cuthbertson, A., Homer, D.L.M. & McMenamin, P. 1994. Eating quality of beef from different breeds. Proceedings of the 50th winter meeting of British society of animal production. Scarborough, Great Britain. Paper No. 179.
- Mader, T.L., Turgeon, O.A., Klopfenstein, T.J., Brink, D.R. & Oltjen, R.R. 1989. Effects of previous nutrition, feedlot regimen and protein level on feedlot performance of beef cattle. *Journal of Animal Science* 67: 318–328.
- Manni, K. 1998. Väikirehuannoksen jaksotuksen vaikutus naudanhantuotantoon kahdella väkirehuksella. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto: Kotieläintieteen laitos. 53 s.
- Manninen, M., Huhta, H., Virkajärvi, P., Joki-Tokola, E., Suvitie, M., Puntila, M.-L. & Röpelinen, A. 1994. Risteytyseläinten ruokinta ja kasvatuskokeet sekä ruhon ja lihan laatu. Teoksessa: Korhonen, T. & Toivonen, M. (toim.). Naudanhantuotannon kehittäminen. *Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki*. s. 35–72.
- Martinsson K. 1990. The effect of forage digestibility and concentrate supplementation on performance of finishing bulls. *Swedish Journal of Agriculture* 20: 161–167
- Martinsson, K. & Olsson, I. 1993. The influence of level of feeding and live weight on feed conversion and carcass composition in Friesian bulls. *Livestock Production Science* 37: 53–67.
- May, S.G., Dolezal, H.G., Gill, D.R., Ray, F.K. & Buchanan, D.S. 1992. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *Journal of Animal Science* 70:444–453.
- McKartor, M.M. & Smith, G.C. 1978. Effect of protected lipids on feedlot performance and carcass characteristics of short-fed steers. *Journal of Animal Science* 47: 270–275.

- McKinnon, J.J., Cohen, R.D.H., Jones, S.D.M., Laarveld, B. & Christensen, D.A. 1993. The effects of dietary energy and crude protein concentration on growth and serum insulin-like growth factor-I levels of cattle that differ in mature body size. *Canadian Journal of Animal Science* 73: 303–313.
- Micol, D., Robelin, J. & Geay, Y. 1991. Growth and development of tissues and biological characteristics of muscle: Influence of zootechnical factors. Teoksessa: Ender, K. (toim.). Proceedings of the 42nd annual meeting of EAAP satellite symposium "Beef carcass and meat quality evaluation". Rostock, Germany. s. 54–68.
- Mossberg, I., Lindell, L., Johnsson, S., Törnquist, M. & Engstrand, U. 1992. Two housing systems for intensively reared bulls slaughtered in two weight ranges. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 42: 167–176.
- Mossberg, I., Lindell, L., Johnsson, S. & Törnquist, M. 1993. Insulated and uninsulated housing systems for growing bulls fed grass silage *ad libitum*. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 43: 107–115.
- Murphey, C.E., Johnson, D.D., Smith, G.C., Abraham, H.C. & Cross, H.R. 1984. Carcass fatness evaluations: sex-related differences in the deposition of external fat – steer vs. heifer. *Texas Agricultural Experiment Station 4209/4249*: 63–65.
- Nissi, V. & Pietola, K. 1999. Väkirehutasen ja ruokinnan jaksottamisen taloudellinen merkitys naudanlihantuotannossa. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos (MTTL), tutkimuksia 237/1999: 7–65 s.
- Nkrumah, J. D., Basarab, J.A., Wang, Z., Li, C., Price, M.A., Okine, E.K., Crews, D.H. & Moore, S.S. 2007. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 85:2711–2720.
- Oltjen, J.W., Bywater, A.C. & Baldwin, R.L. 1985. Evaluation of a model of beef cattle growth and composition. *Journal of Animal Science* 62: 98–108.
- Patil, A.R., Goetsch, A.L., Lewis, Jr., P.K. & Heird, C.E. 1993. Effects of supplementing growing steers with high levels of partially hydrogenated tallow on feed intake, digestibility, live weight gain, and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 71: 2284–2292.
- Pesonen, M. 2010. Lihartuotuksen nautojen rehunhyväksikäyttö ja residuaalinen syönti. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 26. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 11.1.2010. Saatavissa internetistä: <<http://www.smts.fi>>. [Viitattu 14.12.2009.]
- Phillips, C.J.P., Johnson, P.N. & Arab, T.M. 1997. The effect of supplementary light during winter on the growth, body composition and behaviour of steers and heifers. *Animal Science* 65: 173–181.
- Rinne, M., Aspila, P. & Huhtanen, P. 1997. Alkukasvatuksen valkualsruokinnan ja väkirehuannoksen tason sekä jaksotuksen vaikutukset ay-sonnien kasvuun ja teuraslaatuun. Teoksessa: Kotieläintieteen Päivät 1997. Maaseutukeskusten liiton julkaisuja nro 914: 161–165.
- Rinne, M., Saastamoinen, K. & Khalili, H. 1998. Lisää vaihtoehtoja teurassonnien kasvatukseen. *Koetoiminta ja käytäntö* 5: 7.
- Robelin, J. & Tulloh, N.M. 1992. Patterns of growth of cattle. Teoksessa: Jarrige, J. & Beranger, C. (toim.). *Beef cattle production*. *World Animal Science*, C5, s. 111–130.
- Rompala, R.E., Jones, S.D.M., Buchanan-Smith, J.G. & Bayley, H.S. 1985. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. *Journal of Animal Science* 61: 637–646.
- Schaake, S.L., Skelley, G.C., Halpin, E., Grimes, L.W., Brown, R.B., Cross, D.L. & Thompson, C.E. 1993. Carcass and meat sensory traits of steers finished on fescue and clover, summer forage, or for different periods in drylot. *Journal of Animal Science* 71: 3199–3205.

- Schwarz, F.J., Kirchgessner, M., Augustini, Ch. & Temisian, V. 1991. Mastleistung, Schlachtkörper- und Fleischqualität von Jungbullen der Rasse Fleckvieh nach unterschiedlicher Weizen- oder Körnermaiszulage in der Endmast. (Summary: Fattening characteristics, carcass and meat quality after feeding different amounts of wheat or maize to finishing Simmental bulls). *Züchtungskunde* 63: 317–327.
- Smith, G.M., Crouse, J.D., Mandigo, R.W. & Neer, K.L. 1977. Influence of feeding regime and biological type on growth, composition and palatability of steers. *Journal of Animal Science* 45: 236–253.
- Steen, R.W.J. 1996. Effects of protein supplementation of grass silage on the performance and carcass quality of beef cattle. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 127: 403–412.
- Steen, R.W.J., & Kilpatrick, D.J. 2000. The effects of the ratio of grass silage to concentrates in the diet and restricted dry matter intake on the performance and carcass composition of beef cattle. *Livestock Production Science*: 62:181–192.
- Steen, R.W.J. & Robson, A.E. 1995. Effects of forage to concentrate ratio in the diet and protein intake on the performance and carcass composition of beef heifers. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 125: 125–135.
- Suvitie, M. & Manninen, M. 1992. Risteytyshehot lihantuottajina. *Koetoiminta ja käytäntö* 49: 19.
- Thomas, C., Gibbs, B.G., Beever, D.E. & Thurnham, B.R. 1988. The effect of date of cut and barley substitution on gain and on the efficiency of utilization of grass silage by growing cattle. *British Journal of Nutrition* 60: 297–306.
- Tuomisto, L., Huuskonen, A., Ahola, L. & Kauppinen, R. 2009. Different housing systems for growing dairy bulls in Northern Finland - effects on performance, behaviour and immune status. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A Animal Science* 59: 1: 35–47.
- Tuomisto, L., Huuskonen, A., Mononen, J., Kauppinen, R., Ahola, L. & Martiskainen, P. 2004. Ryhmäkoon ja eläintilheyden vaikutus kasvavien lihanautojen tuotantoon ja hyvinvointiin. Teoksessa: Huuskonen, A.(toim.). *Ympäristötekijöiden vaikutukset lihanautojen kasvuun ja hyvinvointiin. Maa- ja elintarviketalous* 54. Jokioinen: MTT. s. 25–53.
- Yambayamba, E.S.K., Price, M.A. & Jones, S.D.M. 1996. Compensatory growth of carcass tissues and visceral organs in beef heifers. *Livestock Production Science* 46: 19–32.
- Zinn, S.A., Chapin, L.T., Enright, W.J. & Tucker, H.A. 1989. Failure of photoperiod to alter body growth and carcass composition in beef steers. *Journal of Animal Science* 67: 1249–1257.

Liharotuisten nautojen rehun hyväksikäyttö ja residuaalinen syönti

Maiju Pesonen

MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, maiju.pesonen@mtt.fi

Tiivistelmä

Tässä selvityksessä esitetään tutkimustietoa liharotuisten nautojen rehuhyötysuhteen vaihtelusta, periytyvyydestä ja siihen liittyvistä seikoista. Perinteisesti rehun hyväksikäyttö on määritetty rehun muuntosuhteella. Rehun muuntosuhteessa ei oteta huomioon yksilöiden välisiä eroja ylläpitoon ja kasvuun tarvittavassa energiamäärässä. Residuaalinen syönti on yksi mahdollinen tapa mitata liharotuisten eläinten rehun hyväksikäyttöä. Residuaalinen syönti on erotus, joka muodostuu eläimen todellisesta syönnistä ja arvioidusta syönnistä saavutettua tuotantotulosta kohden. Laskentatavasta johtuen eläimen koko tai tuotanto-ominaisuudet eivät vaikuta residuaaliseen syöntiin. Sen avulla on mahdollista löytää yksilöt, jotka syövät vähemmän rehua ja ovat tuotannollista ominaisuuksiltaan tasavertaisia. Residuaalinen syönti periytyy keskinkertaisesti. Loppukasvatuksessa eläinten kuiva-aineen syönti on ollut matalan residuaalisen syön-

nin eläimillä keskimäärin 12 % matalampi ja rehunmuuntosuhte 9–15 % tehokkaampi kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä. Sonnan määrää sekä typpi-, fosfori- ja kaliumpäästöjä voidaan vähentää 15–17 % valitsemalla eläimiä, joilla on matala residuaalinen syönti. Australialaisissa ja pohjoisamerikkalaisissa tutkimuksissa eläinten metaanintuotanto on ollut matalan residuaalisen syönnin eläimillä 25–30 % vähäisempää kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä. Myös teurasruhot ovat olleet hieman vähärasvaisempia matalan residuaalisen syönnin eläimillä. Matalan residuaalisen syönnin emot ovat poikineet 5–6 päivää myöhemmin kuin korkean residuaalisen syönnin emot.

Avainsanat:

naudanlibantuotanto, rehuhyötysuhde, residuaalinen syönti

1 Johdanto

Rehut muodostavat 3/4 naudanlihantuotannon muuttuvista kustannuksista. Nautojen ylläpitoenergian osuus on korkea. Syödyttä rehusta 70–75 % menee ylläpitotarpeen täyttämiseen. Naudanlihantuotannossa rehun muuntosuhde myytäväksi lihaksi on valitettavan alhainen. Rehujen energiasta vain 6 % käytetään lopputuotteen eli lihasen muodostamiseen (vrt. sianlihantuotannossa 15 % ja siipikarjanlihantuotannossa 20 %) (Lobley 1992, 2003). Tuotantokustannuksia voidaan alentaa tehokkaammalla rehujen hyväksikäytöllä. Rehuhyötysuhteen parantaminen viidellä prosentilla on neljä kertaa kannattavampaa kuin päiväkasvun nostaminen 5 % (Okine ym. 2003). Residuaalinen syönti (RFI) on yksi mahdollinen rehuhyötysuhteen mittaamenetelmä. Sen etuna on, ettei se ole riippuvainen tuotannontasosta. Residuaalinen syönti on keskinertai-

sesti periytyvä ominaisuus, joten jalostuksellisella valinnalla pystytään vaikuttamaan rehuhyötysuhteeseen. Residuaalisen syönnin mittaaminen voidaan suorittaa nuorilla, kasvavilla eläimillä. Testaaminen on kuitenkin hyvin kallista. Geenimarkkeriavusteinen valinta (marker assisted selection) voi tuoda taloudellisia säästöjä rehuhyötysuhteeltaan tehokkaampien eläinten valitsemiseen. Periytyvyyden ansiosta tämän pitäisi vähentää myös emolehmäkarjan rehukustannuksia.

Tässä kirjallisuusselvityksessä esitetään ulkomaisiin tutkimustuloksiin perustuvaa tietoa liharotuisten nautojen rehuhyötysuhteen vaihtelusta, periytyvyydestä ja siihen liittyvistä seikoista. Kirjallisuustutkimuksessa esitetään myös erilaisia käytännön sovelluksia, joiden avulla voidaan parantaa liharotuisten nautojen rehuhyötysuhdetta.



Kuva: Maarit Kärki

2 Rehuhyötysuhde

Rehuhyötysuhde voidaan määrittää usealla eri tavalla. Naudanlihantuotannossa rehuhyötysuhde on yksinkertaisinta mää-

rittää eri tuotantovaiheitten rehupanosten ja niistä muodostuneen tuotoksen perusteella.

2.1 Rehun muuntosuhde

Perinteisesti rehuhyötysuhde on määritetty kokonaistehokkuutena (kasvun suhde syötyyn rehuun) tai rehun muuntosuhdeella (syödyn rehumäärän suhde kasvuun). Lihantuotantoeläimillä kasvu on yleisesti käytetty tuotannontason määre. Rehun muuntosuhde määritetään mittaamalla eläimen päivässä syömä rehumäärä ja jaetaan se päiväkasvulla:

$$\text{rehun muuntosuhde} = \frac{\text{rehu kg ka}}{\text{kasvu kg}}$$

Rehun muuntosuhde voidaan suhteuttaa myös tiettyyn ajanjaksoon, eläimen painoon, aikuispainoon tai kehon rasvamäärään. Rehun muuntosuhde periytyy keskinkertaisesti (Crews 2005).

Rehun muuntosuhde on helposti laskettavissa ja ymmärrettävissä, mutta sillä on kuitenkin rajoituksensa. Rehun muuntosuhde mittaa tuotannon kokonaistasoja. Se ei ota huomioon eläinten tai rotujen eroja ylläpitoenergian ja kasvuun tarvittavan energian määrässä (Mrode ym. 1990, Bishop ym. 1991, Arthur ym. 1996). Niin ikään se ei huomioi eri yksilöiden käyttämää tuotantopanosta eli rehumäärää samaan suuruiseen tuotokseen. Rehun muuntosuhdeella on vahva yhdysvaikutus tuotanto-ominaisuuksien kanssa (Arthur ym. 2001a, Nkrumah ym. 2004, Lancaster ym. 2005). Rehun muuntosuhde ei välttämättä mittaa tuotannon tehokkuutta, koska yhdysvaikutuksella ei ole merkitystä syötyyn rehumäärään. Liharotuisien eläinten rehun muuntosuhde paranee perinnöllisesti, kun eläimiä valitaan paremman päiväkasvun perusteella (Mrode ym. 1990).

Rehun muuntosuhde on käytännöllinen ja hyvä rehuhyötysuhteen mittari loppukasvatäjille sekä jalostajille, jotka ovat keskittyneet kasvattamaan siitossoneja pihvivasikantuotantoon (terminal sires). Taloudellinen tulos muodostuu näissä tuotantomuodoissa hyvistä teuraspainoista ja luokittumisesta. Käytettäessä rehun muuntosuhdetta tuotannon tehokkuuden mittarina eläimen aikuiskoko kasvaa ja syönti pysyy vakiona. Tämä lisää tuotannosta saatavaa tulosta teuraskasvatuksessa (Nkrumah ym. 2004).

Eläinten jalostuksessa pyritään valitsemaan seuraavan sukupolven vanhemmiksi tuotanto-ominaisuuksiltaan yhä parempia yksilöitä. Jalostusohjelmat käyttävät yleisesti eläinten tehokkuuden ja paremmuuden mittaamiseen mm. päiväkasvua eri tuotantovaiheessa. Rehun muuntosuhdeella on vahva yhdysvaikutus eläimen kasvun ja aikuiskoon kanssa (Archer ym. 1999, Arthur ym. 2001b, Schenkel ym. 2004). Jos rehun muuntosuhdetta käytetään jalostuksellisen valinnan perusteena, eläinten aikuiskoko ja kasvuominaisuudet lisääntyvät seuraavissa sukupolvissa (Basarab ym. 2003). Eläimen energiantarve riippuu eläimen koosta. Kookkaimpien eläinten rehukustannukset muodostuvat suuremmiksi, vaikka niiden kasvuominaisuudet olisivat ylivertaisia. Emolehmäkarjan rehun ja peltopinta-alan tarve emoa kohden lisääntyy merkittävästi eläinten aikuiskoon kasvaessa. Tilan kokonaistehokkuus voi kärsiä rehukustannuksen suurenemisesta siitä huolimatta, että tuotantotulokset nousevat (Archer ym. 1999). Toisaalta rehun lisääntynyt syönti heikentää syödyn rehun kokonaissulavuutta.

Suuremmat rehumassat vaativat suuremman ruoansulatuselimistön, jolloin muuntumistappio muodostuu suuremmaksi (Richardson & Herd 2004).

Emolehmätuotannossa eläinten hedelmällisyys on tuotannon avaintekijöitä. Elopainoltaan suurten eläinten lisääntymistehokkuus on hieman alhaisempi kuin elopainoltaan pienten eläinten. Tämä johtuu osittain myö-

hemmin saavutetusta sukukypsyydestä. Elopainoltaan suurten eläinten kiimat alkavat myöhemmin ja ne poikivat ensimmäisen keran vanhempina kuin pienet eläimet. Kookkaiden hiehojen kasvatus tarvitsee keskimäärin enemmän tuotannollisia panoksia kuin aikuiskooltaan pienempien eläinten. Emo-
jen aikuiskoko ja suuremmat rehukustannukset voivat olla merkitsevässä osassa varsinkin pihvivasikantuotannon taloudellisessa onnistumisessa.

2.2 Ylläpitotehokkuus

Ylläpitotehokkuus muodostuu siitä rehumäärästä, jonka eläin tarvitsee muihin elintoihintoihinsa kuin kasvuun tai painon lisäykseen (Ferrell & Jenkins 1985). Ferrell ja Jenkins (1984) arvioivat, että naudanlihan tuotannossa ylläpitoenergian osuus on 70–75 % kokonaisenergiatarpeesta. Emolehmäkarjan energiatarpeen on arvioitu olevan

50–65 % naudanlihan tuotannon kokonaisenergiatarpeesta (Ferrell & Jenkins 1985, Montaño-Bermudez ym. 1990). Ylläpitotarve voidaan määrittää eläimen lämmöntuoton perusteella (Derno ym. 2005). Ylläpitotehokkuuteen vaikuttavat eläimen tuotantotaso ja tuotantopotentiali (Montaño-Bermudez & Nielsen 1990, Laurenz ym. 1991).



Kuva: Susanna Vehkaoja

3 Residuaalinen syöinti, RFI

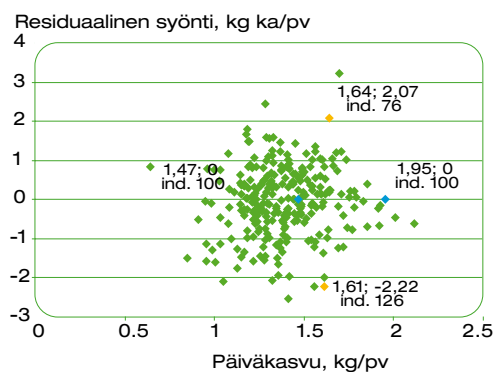
Residuaalisen syönnin käsite nousi tarpeesta määrittää liharotuisten eläinten rehuhyötysuhde tarkemmin. Koch ym. (1963) esittivät määreen residuaalisesta rehuhyötysuhteesta tai residuaalisesta päiväkasvusta, joka ei riipu eläimen yksilöllisistä kasvuominaisuuksista tai syönnistä. Nykyään termiä kutsutaan residuaaliseksi syönniksi (residual feed intake RFI) tai nettosyönniksi (net feed intake NFI).

Residuaalinen syöinti määritetään eläimen syömän rehumäärän ja arvioitun syönnin erotuksena. Syönnin arvio muodostetaan eläimen elopainon ja tuotannon perusteella. Määritelmän mukaan negatiivinen residuaalinen syöinti (- RFI) merkitsee tuotannollisesti tehokkaampaa eläintä, koska sen syöinti on ollut oletettua pienempi suhteessa kokoon ja tuotantoon. Positiivinen residuaalinen syöinti (+ RFI) määrittää tuotannollisesti vähemmän tehokkaan eläimen, koska se on syönyt suhteessa oletettua enemmän rehua sen kokoon ja tuotantoon nähden. Residuaalinen syöinti voidaan esittää myös vastakkaisena määreenä, jolloin tehokkuuden tulos esitetään päinvastoin (Pitchford 2004). Laskentatavasta johtuen eläimen koko tai tuotant ominaisuudet, kuten kasvutapa, eivät vaikuta residuaaliseen syöintiin (Archer ym. 1999). Tästä syystä residuaalisen syönnin määreellä voidaan vertailla tuotannoltaan eritasoisia eläimiä keskenään. Jalostuksellinen valinta residuaalisen syönnin perusteella ei vaikuta eläimen aikuiskokoon tai kasvutapaan, kuten päiväkasvuun (Herd & Bishop 2000). Residuaalisen syönnin määrittäminen mahdollistaa kuitenkin niiden yksilöiden löytämisen, jotka syövät keskimääräistä vähemmän rehua ja ovat tuotannollisilta ominaisuuksiltaan tasavertaisia.

Residuaalisella syönnillä on yhdysvaikutus rehun muuntosuhteen kanssa. Rehun muuntosuhteeltaan hyvien eläinten residuaalinen syöinti on pääosin alhainen (Arthur ym.

2001a, Nkrumah ym. 2004, Lancaster ym. 2005). Residuaalisen syönnin yhdysvaikutus päiväkasvun ja metabolisen elopainon ($BW^{0,75}$) kanssa on kuitenkin hyvin pieni tai sitä ei ole. Tämä on päinvastoin kuin rehun muuntosuhteessa, jolla on vahva yhdysvaikutus näiden ominaisuuksien kanssa. Residuaalista syöintiä pidetään nykytutkimuksen mukaan sopivampana määreenä arvioimaan rehuhyötysuhteen geneettistä muutosta kuin perinteistä rehun muuntosuhdetta. Residuaalinen syöinti on muutamissa tutkimuksissa arvioitu myös tarkimmaksi rehuhyötysuhteen määreistä (Arthur ym. 2001c, Nkrumah ym. 2004).

Kuvassa 1 havaitaan selvää vaihtelua testattavien sonnien päiväkasvuissa. Matalan (tehokkaampi) ja korkean (vähemmän tehokas) residuaalisen syönnin eläimiä on melkein yhtä paljon. Esimerkissä on kaksi sonnia, joilla on vastakkainen residuaalisen syönnin tulos (+ 2,07 vs. - 2,22 kg ka/pv). Sonnien kuiva-aineen syöinti oli arvioitu samanlaiseksi (9,14 vs. 9,62 kg ka/pv), koska niiden päiväkasvu (1,64 vs 1,61 kg/pv) sekä kokeen loppupaino (473 vs. 497 kg) olivat samalla tasolla. Sonnien todellinen syöinti muodostui kui-



Kuva 1. Liharotuisten sonnien residuaalisen syönnin testituloksia amerikkalaisen sonnien testausaseman kokeessa vuonna 2009 (Midland Bull Test 2009). Di-
eetin koostumus on esitetty taulukossa 2.

tenkin erilaiseksi. Residuaaliselta syönniltä tehokkaammalla eläimellä on myös parempi rehun muuntosuhde (6,83 vs. 4,59 kg ka/päiväkasvu-kg). Testatuille eläimille määritetään myös ns. residuaalisen syönnin indeksi. Jos sonnin syönti on ollut sama kuin arvioitu syönti, residuaaliseksi syönniksi tulee 0 ja indeksiksi 100. Vastaavasti esimerkiksi maini-

tut matalan ja korkean residuaalisen syönnin sonnit saivat indekseiksi 76 ja 126. Vertaillua voidaan tehdä myös kasvatusajan rehukustannuksen kautta (taulukko 1.). Sonnin kasvatusajan kokonaissyönnin erotukseksi muodostuu 1 391 kg ka (4 092 vs. 2 701 kg ka). Rehukustannuksissa voidaan säästää noin 219 € / sonni (643,3 vs. 424,6 €).

3.1 Residuaalinen syönti – regressiomalli (RFI_{reg})

Rehunkulutus arvioidaan regressiomallilla, joka ottaa huomioon eläimen metabolisen elopainon (BW^{0,75}) ja tuotannontason (kasvu, kg/pv) samanlaisilla eläimillä (rotu, ikä, sukupuoli) sekä samanlaisella rehulla (Arthur ym. 1996). Kokeessa käytetyn rehun ravintoainesisällön on taattava eläimille vähintään 1,0 kg päiväkasvu.

Kokeen päätyttyä rehun kuiva-aineen syönti määritetään päivittäin tarjotun rehumäärän ja syömättömän rehun erotuksesta. Samalta ajanjaksolta määritetään eläimen päiväkasvu ja kokeen aikainen keskielopaino. Arvioitu kuiva-aineen syönti määritetään lineaarisen regressio-analyysin avulla kokeessa havaittujen kuiva-aineen syöntien perusteella, ja ote-

Taulukko 1. Rehukustannuksen arviointi vastakkaisen residuaalisen syönnin sonneilla 365 päivän kasvatusajalta. Teurasikä 18 kuukautta.

	Matalan residuaalisen syönnin sonni	Korkean residuaalisen syönnin sonni
Sonnin residuaalinen syönti, kg ka/pv	- 2,22	+ 2,07
Sonnin rehun syönti päivässä, kg ka/pv	7,4	11,21
Kokonaissyönti, kg ka	2701	4092
Kokonaissyönnin ero, kg ka	- 1391	
Kasvatuskauden rehukustannus, €	424,6	643,3
Rehukustannuksen ero, €	- 218,7	

Karkea- ja väkirehun suhde 60:40.

Karkearehun D-arvo 69, karkearehussa kuiva-ainetta 27 %, 0,94 RY/kg ka, 16 % raakavalkuaista, hinta 0,216 €/kg ka.

Väkirehussa (ohra, kaura 1:1) 86 % kuiva-ainetta, 1,06 RY/kg ka, hinta 0,069 €/kg ka.

Taulukko 2. Midland Bull Test dieetin koostumus, karkearehuvaltainen testiruokinta.

Raaka-aine:	% annoksessa	Analyysi:	% kuiva-aineessa
Maissi	7	Raakavalkuainen	13
Vehnä (mids) / kaura	8	ADF	23,9
Heinä (silppu)	20	Nettoenergia (MJ/kg)	4,6
Maissisäilörehu	63		
Kivennäiset	2		

taan huomioon kokeen keskimääräinen metabolinen elopaino ($BW^{0.75}$) ja päiväkasvu. Kuiva-aineen syönnin yhtälö:

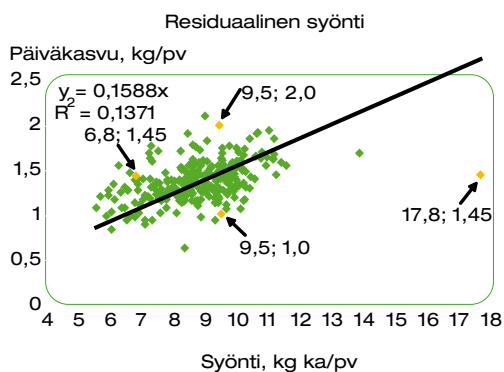
$$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{ADG} + \beta_2 \text{MBW}^{0.75}$$

jossa Y on arvioitu kuiva-aineen syönti, β_0 on yhtälön vakiotermi, β_1 ja β_2 ovat yhtälön regressiokertoimia, $\text{MBW}^{0.75}$ kokeen keskimääräinen metabolinen elopaino ja ADG keskimääräinen päiväkasvu. Kun eläimen mitatusta, todellisesta syönnistä (koejakson aikana, DMI) vähennetään yhtälössä esitetty arvioitu syönti (Y), saadaan tulokseksi residuaalinen syönti (RFI) (Koch ym. 1963).

$$\text{RFI} = \text{DMI} - Y$$

Yleisenä suuntauksena on, että syönnin kasvassa päiväkasvu lisääntyy. Analysoitaessa usean eläimen aineistoa havaitaan syy-yhteisessä vaihtelua. Kuvassa 2 kahdella eläi-

mellä on sama syönti (9,5 ka kg/pv), mutta toisella on 50 % parempi päiväkasvu (2,0 vs. 1,0 kg/pv). Aineistossa on lisäksi kaksi eläintä, joilla on sama päiväkasvu (1,45 kg/pv), mutta syönnissä on selvä ero (6,8 vs. 17,8 ka kg/pv).



Kuva 2. Kuiva-aineen syönnin ja päiväkasvun suhde liharotuisilla sonneilla. Dieetin koostumus taulukossa 2.



Kuva: Katri Strohecker

4 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Residuaalinen syönti (RFI) on eläimen yksilöllisen syönnin tulos, joka määritetään suhteellisen pitkän ruokintakokeen tuloksena. Rehun syönti voidaan määrittää 35 vuorokauden kokeella. Rehun muuntosuhteen määrittämiseen tarvitaan 42 vuorokautta. Residuaalisen syönnin ja keskimääräisen päiväkaskun määrittämiseen koejakson pituus on vähintään 63 vuorokautta. Ruokintakokeen pituus ovat riittävä, kun eläimet punnitaan vähintään viikoittain (Wang ym. 2006). Ruokintakoe on pidennettävä, kun eläimiä punnitaan harvemmin ja syönnin tulosta ei mitata jatkuvasti. Koejaksojen suositellut pituudet eivät ota huomioon eläinten totutteluvaihetta. Ennen ruokintakokeen alkamista eläimet totutetaan pelletöityyn koerahuun sekä ruokintajärjestelmään 2–4 viikkoa. Kokonaisuudessaan residuaalisen syönnin koejakso kestää vähintään 84 vuorokautta.

Residuaalisen syönnin määrittämiseksi on välttämätöntä, että eläinten syöntimäärät ja

päiväkaskut yksilöidään. Eläimen syömä ja hylkäämä rehumäärä sekä päiväkasku mitataan ja tallennetaan päivittäin. Syöntimäärä voidaan arvioida eläimen painon ja päiväkaskun perusteella. Ruokintakokeen aikana eläimet ovat joko yksilö- tai ryhmäkarsinassa. Kustannuksiltaan edullisin tapa on järjestää eläimille yksilökarsina. Eläinten hoito yksilökarsinassa vaatii kuitenkin eniten työvoimaa ja aikaa. Se ei ole nykyaikainen, tavantoinen tuotantotapa kasvattaa liharotuisia nautoja. Tekniikan kehittyminen ja elektroniset tunnistusjärjestelmät ovat mahdollistaneet eläinten yksilötulosten mittaamisen myös ryhmäkarsinassa. Yksilö- tai ryhmäkarsinassa saadut residuaalisen syönnin tulokset eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Ryhmäkarsinassa eläinten välillä on tietty hierarkia, jolla on vaikutusta syöntikäyttäytymiseen (Golden ym. 2008). Residuaalisen syönnin määrittäminen on edelleen kallista. Testauksen kustannus on vähentänyt määrittämisen yleistymistä.



Kuva: Susanna Vehkaoja

5 Rehuhyötysuhteen ja residuaalisen syönnin fysiologia

Residuaalinen syönti on rehuhyötysuhteen määrite, joka ei riipu tuotannon tasosta. Siihen ei vaikuta eläimen koko tai kasvuminaisuudet. Residuaalinen syönti voi olla hyödyllinen selvitetessä rehuhyötysuhteeseen vaikuttavia fysiologisia tekijöitä. Rehuhyötysuhteeseen vaikuttavia tekijöitä säädelään joko koko eläimen tai vain solun tasolla. Eläimen kyky tuottaa lihaskudosta tai rasvaa vaihtelee sen perimän ja fysiologisen tilan mukaan. Ravintoaineiden tarve sikiön kasvuun ja maidontuotantoon vaihtelee myös eläimen perimän ja tuotantovaiheen mukaan. Eläimet, joilla on suurempi ravintoaineiden tarve joko fysiologisesta tilasta tai geneettisestä potentiaalista johtuen, pystyvät käyttämään ravintoaineet tehokkaimmin hyväksi (McDonald ym. 2002).

Residuaalisen syönnin vaihteluun vaikuttaa viisi fysiologista päätekijää (Herd & Arthur 2009). Ne liittyvät rehun syöntiin ja sulatukseen, aineenvaihduntaan, fyysiseen aktiivisuuteen ja lämmönsäätelyyn. Kokeelli-

sesti on arvioitu, että eri tekijöiden osuudet olisivat:

- Valkuaisaineenvaihdunta, kudosome-
tabolia ja stressi 37 %
- Rehun sulatus 10 %
- Muuntumistappio ja fermentaatio 9 %
- Fyysinen aktiiviteetti 9 %
- Kehon koostumus 5 %
- Syöntikäyttäytyminen 2 %

Vielä tuntemattomien tekijöiden osuudeksi arvioidaan 27 %, ja niiden oletetaan jakautuvan tasaisesti yllä esitettyjen tekijöiden kesken. Residuaaliseen syöntiin arvioidaan vaikuttavan yli 100 geeniä (Herd & Arthur 2009). Erilaisten geenimarkkereiden löytäminen vähentäisi rehuhyötysuhteeltaan erinomaisten yksilöiden tunnistamisen kustannuksia.

5.1 Rehun syönti ja syöntikyky

Märehtijöiden rehun syönti vaihtelee niiden tarvitseman ylläpitoenergian tarpeen mukaan (NRC 2000, McDonald ym. 2002). Kun syödyn rehun määrä lisääntyy, sen sulatukseen tarvitaan enemmän energiaa. Tämä johtuu osittain ruoansulatuselimistön tilavuuden kasvusta. Ruoansulatuselimistön suuremmat kudokset kuluttavat enemmän energiaa. Märehtijöillä tähän ns. muuntumistappioon menetetään noin 9 % (MJ ME) syödyistä kuiva-aineen energiasta (CSIRO 1990). Muuntumistappio suurenee, kun ruoansulatuselimistön koko kasvaa ja metabolia lisääntyy (Hersom ym. 2004). Eläi-

met, jotka tarvitsevat vähemmän rehua samaan tuotokseen, ovat energiatehokkaampia. Näillä eläimillä on arvioitu olevan pienempi muuntumistappio. Nautojen syöntimäärissä on havaittu 55–70 % vaihtelu. Kun syönti mukautetaan päiväkasvuun, elopainoon sekä muutamiin muihin ylläpitoenergian tarpeeseen vaikuttaviin tekijöihin, syönnin vaihteluväliksi jää 30–45 % (Crews 2005).

Märehtijöillä rehun syönti ja syöntiajan pituus ovat avaintekijöitä määritettäessä syönnin energiankulutusta (Adam ym. 1984). Syöntikäyttäytymisellä ja residuaalisella syön-

nillä on havaittu yhteys. Korkean residuaalisen syönnin (vähemmän tehokkaat) eläimet syövät alussa tiheämmin, mutta syöntikerrat vähenivät kasvatusvaiheen loppua kohden. Matalan residuaalisen syönnin (rehuhyöty-suhteeltaan tehokkaammat) eläinten syöntikäyttäytyminen oli tasaisempaa (Richardson & Herd 2004, Dobos & Herd 2008). Kor-

kean residuaalisen syönnin eläimet käyttävät enemmän aikaa syömiseen. Ne vierailevat useammin ruokintapaikalla ja syövät nopeammin. Syöntikäyttäytyminen on keskinertaisesti periytyvä ominaisuus (Robinson & Oddy 2004, Lancaster ym. 2009). Oletetaan, että syöntikäyttäytymiseen vaikuttaa samoja geenejä, joilla on vaikutusta myös residuaalisen syönnin muodostumiseen.

5.2 Valkuaisaineenvaihdunta

Lihaksen kasvu perustuu valkuaisaineenvaihduntaan, joka on jatkuva prosessi. Elävässä eläimessä lihaksen proteiineja sekä muodostuu että hajoaa. Eläimen kasvaessa proteiinin muodostuminen on nopeampaa kuin hajoaminen. Tästä johtuu lihasmassan kasvu. Kalpaiini-entsyymit (kalpaiini-1 ja kalpaiini-2) ovat päävastuussa proteiinin hajoamisesta. Kalpastatiini on kalpaiinien vastavaikuttaja, joka estää valkuaisen hajoamista. Näiden entsyymien tasapaino elimistössä on osittain vastuussa siitä, millä teholla eläimen lihaksen tuotanto tapahtuu. Samojen entsyymien päinvastainen tasapaino on yhteydessä lihan mureuteen ja syöntilaatuun (Oddy ym. 1995, 1998, Los & Haagsman 2004). Kalpaiineilla ja kalpastatiinilla on jonkinasteinen yhteys residuaaliseen syöntiin. Korkean residuaalisen syönnin eläimillä kalpaiinitasot ovat korkeammat ja lihaksen myofibrillien hajoaminen on suurempaa kuin matalan residuaalisen syönnin eläimillä. Matalan (tehokkaampi) residuaalisen syönnin eläimillä on puolestaan osoitettu olevan jonkin verran suurempi määrä kalpastatiinia kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä. Tämä voi johtaa lihan syöntilaadun heikkenemiseen eli sitkeämpään lihaan. Kalpastatiinin määrä oli matalan residuaalisen syönnin eläimillä merkittävästi korkeampi jo yhden sukupolven valinnan jälkeen. Toisaalta lihan leikkausvoimassa ei ole havaittu eroja (McDonagh ym. 2001).

Kasvat eläimet tuottavat saman määrän lihaskudosta huomattavasti vähemmällä energialla kuin vastaavan määrän rasvaa. Eläinten kyvyssä tuottaa lihasta eli kudosten valkuaisaineenvaihdunnassa on enemmän perinnöllistä vaihtelua kuin rasva-aineenvaihdunnassa. Toisaalta elimistön tehokkuus muodostaa tuotannollisesti merkittäviä kudoksia riippuu elimistön senhetkisestä tilanteesta. Eläimen perintötekijät vaikuttavat siihen, mikä on tuotannollisesti merkittävien kudostyyppien jakauma. Kasvavilla eläimillä energianmuuntotehokkuus on usein liittynyt elimistön kykyyn tuottaa lihaskudosta (Los & Haagsman 2004, Herd & Arthur 2009).

Valkuaisaineiden muodostaminen vaatii elimistöltä runsaasti energiaa. Märehtijöillä valkuaisaineenvaihduntaan tarvittavan energiankulutuksen on arvioitu oleva 23 % kokonaisenergiankulutuksesta (Lobley 2003). Valkuaisaineenvaihdunnalla ja hyvillä kasvuominaisuuksilla on geneettinen yhteys (Oddy 1999). Perimä vaikuttaa siihen, kuinka eläimen kudokset pystyvät hyödyntämään ravintoaineita. Verrattaessa kasvukyvyltään erilaisia liharotuisia nautoja yhden lihakilogramman tuottamiseen tarvittava energiamäärä vaihtelee noin 20 %. Valkuaisaineenvaihdunnan tehokkuuden erot selittävät merkittävän osuuden tästä vaihtelusta (Oddy ym. 1995, 1998).

5.3 Kehon koostumus ja aineenvaihdunta

Kasvavan eläimen rasvan ja lihaskudoksen jakautuminen on erilainen kuin aikuiskoon jo saavuttaneen eläimen. Valkuaisaineiden muodostuminen (proteiinisynteesi) on nuorella eläimellä tehokkaampaa kuin rasvan muodostuminen. Valkuaisaineenvaihdunta ja kasvu hidastuvat, kun eläin saavuttaa sukukypsyytensä. Aikuisella eläimellä ylläpitotarve valkuaisen suhteen on suurempi kuin rasvan. Tämä suosii rasvan muodostumista elimistöön. Rasvan muodostuminen vaatii paljon energiaa, joten sukukypsyytensä saavuttaneen eläimen rehuhyötysuhde laskee ja residuaalinen syönti nousee verrattuna nuorempaan eläimeen (Tixier-Boichard ym. 2002). Residuaalisen syönnin määritykset on pääasiassa tehty nuorilla, kasvavilla eläimillä. Yhdysvaikutukset residuaalisen syönnin ja kehon koostumuksen kanssa ovat tällöin olleet melko selviä. Energian muuntosuhteeltaan tehokkailla eli alhaisen residuaalisen syönnin eläimillä muodostuu vähemmän rasvaa kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä (Renand ym. 1996, Herd ym. 2003, Schenkel ym. 2003, 2004, Nkrumah ym. 2004, 2006, 2007, Moore ym. 2005a, Baker ym. 2006, Kelly ym. 2009, Lancaster ym. 2009).

Kudosten energian- ja aminohappojen tarve on erilainen. Kudosten hapenkulutus on verrannollinen niissä tapahtuvaan aineenvaihduntaan ja energiantarpeeseen. Ruoansulatuskanavan elimet ovat energiaa vaativia, aktiivisia kudoksia. Ruoansulatuskanavan ja maksan paino on vain 10 % märehitjän elopainosta (Reynolds ym. 1991). Liharotuisilla härillä tehdyssä tutkimuksessa maksan portaali järjestelmän kudokset kuluttivat kuitenkin 25,4 % ja maksa 20,5 % koko elimistön hapenkulutuksesta (Eisemann & Nienaber 1990). Puolet valkuaisaineenvaihdunnasta tapahtuu ruoansulatuskanavan ja maksan alueella (Lobley ym. 1980). Matalan ja korkean residuaalisen syönnin eläinten välillä ei ole havaittu eroja sisäeläinten painoissa (Richardson ym. 2004). Energiankulutuksen erojen on arvioitu johtuvan eläinten välisistä aineenvaihdunnallisista eroista. Ruoansulatuskanavan elinten energiantarve ja siitä johtuva hapenkulutus voi olla rehuhyötysuhteeltaan tehokkaammilla eläimillä pienempi. Kokonaisenergiankulutuksen säästöt vaikuttaisivat eläimen residuaalisen syönnin muodostumiseen (Herd & Arthur 2009).

5.4 Luonne ja lämmönsäätely

Huono luonne on yhteydessä heikkoihin tuotantotuloksiin mm. matalaan päiväkasvuun, suureen sairastuvuuteen ja heikkoihin ruho-ominaisuuksiin. Eläimillä, jotka tulivat käsittelytilanteessa levottomiksi, oli 14 % huonompi päiväkasvu sekä 10 % pienempi ruhopaino kuin vastaavasti rauhallisemmillä eläimillä (Voisinet ym. 1997). Geeniperimältään helposti käsiteltävien, rauhallisten eläinten jälkeläiset ovat keskimääräistä vähemmän stressiherkkiä. Luonne on keskinertaisesti periytyvä ominaisuus (LeNeindre ym. 1995, Beckman ym. 2007).

Perimä vaikuttaa eläinten kykyyn kestää stressiä. Stressin fysiologisiin oireisiin kuuluvat kohonnut aineenvaihdunnan taso ja lisääntynyt energiankulutus. Elimistö kuluttaa rasvakudosta ja lihaksen valkuaisvarastoja hajotetaan (Gupta ym. 2004, Knott ym. 2008). Plasman kortisolipitoisuus sekä muuttamat puna- ja valkosoluindikaattorit ovat yhteydessä eläimen kokemaan stressin määrään (Gupta ym. 2005). Korkean residuaalisen syönnin (matala rehuhyötysuhde) härillä on havaittu kohonneita kortisoli- sekä puna- ja valkosoluindikaattoripitoisuuksia matala-

lan residuaalisen syönnin härkiin verrattuna (Richardson ym. 2004).

Eläimen aktiivisuus on osittain perimän säätelemä ominaisuus. Aktiivisen eläimen lämmöntuotto on rauhallista eläintä suurempaa mm. lihastyön muodossa. Naudoilla perinnöllinen aktiivisuuden vaihtelu on yhdistetty residuaaliseen syöntiin. Märehtijöiden aktiivisuuteen liittyy syönti, märehtiminen ja liikkuminen eri askellajeilla. Suuremmasta aktiivisuudesta johdun korkean residuaalisen syönnin sonnit ja hiehot söivät rehun kuiva-ainetta 5 % enemmän kuin matalan residuaalisen syönnin eläimet (Herd ym. 2004). Liikkumiseen perustuva aktiivisuuden ero selitti 10 % residuaalisen rehun syönnin vaihteluista liharotuisilla sonneilla (Richardson ym. 1999).

Suurimmat yksilöiden väliset erot on havaittu lämmöntuotossa sekä -hukassa (Herd ym. 2004). Rehun syönti selitti liharotuisilla eläimillä vain 5 % energian muuntosuhteen eroista, 95 % johtui yksilöiden erilaisesta lämmöntuotosta (Richardson ym. 2001). Märehtijä menettää energiaa lämmönhukkana. Suurin osa lämmönhukasta tapahtuu hengitysilman kautta haihtumisena. Lihasvärinä tai hikoi-

lu sekä johtamalla tapahtuva lämmönhukka muodostuvat merkitseviksi vasta äärimmäisissä olosuhteissa (Blaxter 1962). Lämpötilaerot sisään- ja uloshengitysilman välillä tasoittuvat ylähengitysteissä ja keuhkoissa. Hengitysilman lämmönhukkaa ja karvapeitteen vaikutusta rehuhyötösuhteeseen ei ole naudoilla tutkittu (Herd & Arthur 2009). Silmästä, postesta ja jaloista mitattu pintalämpötila on yhdistetty eläimen rehuhyötösuhteeseen. Liharotuisilla sonneilla matalampi lämpötila on merkinnyt matalampaa residuaalista syönti eli tehokkaampaa rehun hyväksikäyttöä (Montanholi ym. 2009).

Aineenvaihdunnan erot voivat vaikuttaa eläinten lämmöntuottoon ja energian hyväksikäyttöön. Ylläpidon energiantarve voi vaihdella 10–30 % (Johnson ym. 2003, Susenbeth ym. 2004, Derno ym. 2005). Nuorilla herefordsonneilla havaittiin, että geneettinen vaihtelu ylläpitoenergian tarpeen ja residuaalisen syönnin välillä oli samansuuntainen (Herd & Bishop 2000). Ylläpitoenergian tarpeen ja eläimen tuottaman lämmön välillä on havaittu yhteys. Eläin, joka tuottaa toista eläintä enemmän lämpöä samanlaisella dieetillä, tarvitsee enemmän energiaa ylläpitoon (Derno ym. 2005).

5.5 Residuaalisen syönnin tuotantovaikutukset

Residuaaliseen syöntiin vaikuttavat useat eri biologiset toiminnot. Jalostuksellisen valinnan kohdistuessa residuaaliseen syöntiin saadaan lukuisia geneettisiä yhdysvaikutuksia. Niillä on vaikutusta eläinten tuotannollisiin ominaisuuksiin.

Jalostuksellisella valinnalla voidaan vaikuttaa eläinten residuaalisen syönnin. Matalaan ja korkeaan jalostuslinjaan jaetuilla liharotuisilla naudoilla on selvät määrälliset erot rehun kulutuksessa. Yhden sukupolven valinnan jälkeen rehun kuiva-aineen syönnin ero oli 6 % (Richardson ym. 2001) ja viiden vuoden suunnitelmallisen jalostuksen jälkeen 11 % matalan ja korkean residua-

alisen syönnin eläinten välillä (Arthur ym. 2001a). Matalan residuaalisen syönnin eläimet söivät keskimäärin 1,2 kg ka/pv vähemmän kuin korkean residuaalisen syönnin eläimet. Päiväkasvu eläimillä oli yhtä suuri, noin 1,4 kg/pv. Kasvatuskokeessa eläinten loppupaino oli myös yhtenevä, keskimäärin 382,5 kg (Arthur ym. 2001a).

Loppukasvatusvaiheessa olevien liharotuisien eläinten residuaalisen syönnin eroja on tutkittu suhteellisen paljon. Korkeaväkirehudiesetillä erot matalan- ja korkean residuaalisen syönnin eläinten välillä ovat olleet selviä. Rehun kuiva-aineen syöntimäärät ovat olleet 12–17 % pienempiä matalan residu-

aalisen syönnin eläimillä verrattuna korkean residuaalisen syönnin eläimiin. Matalan residuaalisen syönnin eläimillä kuiva-aineen syöntimäärä on ollut keskimäärin 2,5–3,0 kg ka/pv pienempi (Archer ym. 1998, Basarab ym. 2003, Nkrumah ym. 2004, 2007, Kolath ym. 2006, Castro Bulle ym. 2007). Vastaavia tuloksia on saatu Euroopassa maisinsäilörehulla, karkea- ja väkirehun suhteen ollessa 30:70. Matalan residuaalisen syönnin eläimet ovat syöneet 5–15 % vähemmän rehun kuiva-ainetta kuin korkean residuaalisen syönnin eläimet. Pienempi rehun syöntimäärä on vaihdellut välillä 1,5–3,14 kg ka päivässä (Vinet ym. 2008, Kelly ym. 2009). Residuaalisen syönnin arvolla ei ole vaikutusta eläinten päiväkasvuun. Liharotuisten härkien ja hiehojen päiväkasvut ovat olleet samansuuruisia sekä matalan että korkean residuaalisen syönnin eläimillä. Eläinten residuaalinen syönti on voitu määrittää joko vieroituksen yhteydessä (Basarab ym. 2003, Kolath ym. 2006, Castro Bulle ym. 2007, Kelly ym. 2009, Lawrence ym. 2009) tai linjalostuksella (Arthur ym. 2001a).

Kasvatusmuoto ei ole vaikuttanut perinnöllisesti matalan ja korkean residuaalisen syönnin linjojen tuloksiin. Erot pysyvät samoina laitumella kasvatettaessa ja loppukasvatuksessa (Herd ym. 2002, 2003). Härkien laidunkasvatuksessa matalan residuaalisen syönnin eläimet ovat syöneet 10 % vähemmän ja niillä on ollut 25 % parempi rehun muuntosuhde kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä (Herd ym. 2002). Laitumen syönnin arviointi perustui tässä tutkimuksessa sonnasta mitattavien alkaaniin määrään. Mittaustekniikka on voinut aiheuttaa epätarkkuutta (Arthur & Herd 2005).

Erilaisilla rehuilla sekä dieetin väki- ja karkearehun suhteella on todennäköisesti vaikutus eri yksilöiden rehujen hyväksikäyttöön (Crews ym. 2003, Durunna ym. 2008). Residuaalisen syönnin tulos on muuttunut 59,1 %:lla eläimistä, kun dieetin koostumusta on muutettu karkearehualtaisesta korkeaväkirehudiettiin (Durunna ym. 2008). Korkeavä-

kirehudiitillä olleiden eläinten kuiva-aineen syönti on pienempi. Eläinten residuaalisen syönnin vaihteluväli on kuitenkin ollut samanlainen (Crews ym. 2003, Durunna ym. 2008). Durunna ym. (2008) arvioivat, että residuaalisen syönnin muuttuneet arvot kertovat eläinten vaihtelevasta geneettisestä kyvystä käyttää erilaisia dieettejä kasvuun ja ylläpitoon. On hyvin todennäköistä, että eläinten yksilölliset ominaisuudet vaikuttavat residuaalisen syönnin muodostumiseen erilaisilla dieeteillä. Korkeaväkirehudiitillä määritetty residuaalisen syönnin tulos loppukasvatusta varten ei välttämättä ole sama kuin karkearehudiitillä. Residuaalisen syönnin muodostuminen karkearehualtaisella dieetillä ja tulosten soveltaminen uudistuseläinten kasvatukseen vaatiikin lisää tutkimusta (Arthur ym. 2004). Tulokset nurmisäilörehudiitillä ovat olleet yhteneviä muilla dieeteillä saatuihin tuloksiin Pohjois-Amerikassa ja Australiassa. Matalan residuaalisen syönnin liharotuiset risteytyshiehot söivät nurmisäilörehun kuiva-ainetta 1,5 kg vähemmän päivässä (7,1 vs. 8,6 kg ka/d) ja olivat hieman lihaksikkaampia kuin korkean residuaalisen syönnin hiehot (Lawrence ym. 2009). Täysikasvuissa eläimillä on tehty huomattavasti vähemmän rehuhyötysuhdetta mittaavia kokeita. Pääasiassa tämä johtuu vaikeasti järjestettävistä koeolosuhteista laidun- ja ylläpitoruokinnan suhteen. Mittausjärjestelmät ja mittalaitteet on suunniteltu pääasiassa pelletöidylle ja/tai korkeaväkirehudiiteille (Meyer ym. 2008).

Jalostuksellinen valinta matalan residuaalisen syönnin perusteella vähentää eläimien ylläpitoon ja kasvuun tarvittavaa rehumäärää. Sillä ei ole vaikutusta kasvuominaisuuksiin. Eläinten päiväkasvu on joko yhtä hyvää tai parempaa kuin vertaisryhmissä. Kasvuominaisuuksia on mitattu liharotuisilla sonneilla, härillä ja hiehoilla vieroituksen jälkeen ja loppukasvatusvaiheessa sekä aikuisilla emolehmillä eri tuotantovaiheissa. Kasvatuskokeissa rehujen energiasisältö (väkirehuprosentti) on vaihdellut korkeasta (60–80 %) keskinkertaiseen (< 30 %). Tutkimusten valossa resi-

duaalinen syönti tuo merkittävää etua naudanlihantuotannon kustannuskamppailuun

(Herd ym. 2003, Vinet ym. 2008, Kelly ym. 2009, Lawrence ym. 2009).

5.6 Ruho ja teurasominaisuudet

Liharotuisten nautojen kehon rasvan määrän ja residuaalisen syönnin välillä on geneettinen yhteys. Kehon rasvan suuri määrä heikentää residuaalisen syönnin tulosta. Matalan residuaalisen syönnin eläimet ovat vähärasvaisempia, niiden selkälihakseen pinta-ala on suurempi sekä rehun muuntosuhde on parempi kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä (Herd ym. 2003, Baker ym. 2006, Nkrumah ym. 2007, Lancaster ym. 2009). Ultraäänimittaukset ennen teurastusta ovat osoittaneet, että matalan residuaalisen syönnin härillä on vähemmän rasvaa kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä. Teurassaanto on ollut matalan residuaalisen syönnin eläimillä hieman matalampi kuin korkean residuaalisen syönnin eläimillä (52,1 % vs. 52,9 %), samoin rasvan paksuus ruhosta mitattuna (14,9 mm vs. 16,5 mm) Jalostuslinjojen välillä oli merkittäviä eroja teurasruhojen kokonaisrasvanmäärässä (9,9 % vs.

11,3 %) (Richardson ym. 2001). Teurasruhojen rasvan määrä voi vähentyä (5 ± 2 %), jos jalostuksellisena valinta perusteena käytetään residuaalista syöntiä. Teurassaannon ja lihaksen osuuden on arvioitu lisääntyvän noin 1 %, jos eläinaineksen valintaan käytetään residuaalista syöntiä (Nkrumah ym. 2007). Residuaalisella syönnillä ei ole havaittu merkitseviä vaikutuksia lihan syöntiläytuun (leikkausvoima ja paine) liharotuisilla härillä. Kalpastatiinin pitoisuudet ovat olleet korkeampia ja myofibrillien hajoaminen on ollut vähäisempää matalan perinnöllisesti residuaalisen syönnin eläimillä (McDonagh ym. 2001). Valinta matalan residuaalisen syönnin mukaan voi johtaa lihan syöntiläytuun heikkenemiseen (mureus). Pienet erot myofibrillien hajoamisessa viittaavat valkuaisaineenvaihdunnan tehokkuuden eroihin. Teurastuksen jälkeen myofibrillien heikompi hajoaminen on yhteydessä sitkeämpään lihaan (Richardson & Herd 2004).



Kuva: Sari Jaakola

6 Residuaalinen syönti ja emolehmän tuotannollinen tehokkuus

Emolehmäkarjan rehuista 70–75 % menee emojen ylläpitotarpeen täyttämiseen, tiineys vaatii 5–10 %, maidontuotanto 10–15 % ja emojen sekä vasikoiden kasvuun tarvitaan 10–15 %. Ylläpitoenergian tarve riippuu emolehmän koosta, kehon rasvan määrästä ja maidontuotantokapasiteetista. Emolehmät, jotka ovat elopainoltaan keskimääräistä suurempia ja joilla on korkea maidontuotantopotentiaali, tarvitsevat muita enemmän energiaa ylläpitoon. Toisaalta ylläpitoenergiantarpeen on osoitettu olevan korkea myös emolehmillä, joilla on enemmän lihasmassaa kuin rasvaisilla emoilla (DiCostanzo ym. 1990). Täysikasvuisilla emolehmillä on havaittu ylläpitoenergian tarpeessa 23–29 % vaihtelu, joka on riippumaton eläimen elopainosta (DiCostanzo ym. 1990, Bailey ym. 2008, Prado-Cooper ym. 2009). Hoto-vy ym. (1991) havaitsivat emolehmän ylläpitoenergiantarpeen olevan keskinkertaisesti periytyvä. Useissa maissa emolehmätuotanto perustuu laidunnukseen. Emolehmän laidunnusominaisuudet korostuvat sitä enemmän, mitä pidempi on laidunkausi ja mitä suurempi on laitumen osuus emojen ruokinnasta. Emolehmien paino ja kehon rasvan määrä riippuvat osittain tuotantovaiheesta. Laidunkaudella emolehmä kerää rasvavarastoja ylläpitokautta varten. Energiansaannin ollessa alhainen rasvavarastoja hajotetaan tarvittaessa. Tarpeeseen nähden liian alhainen energiensaanti voi johtua heikkolaatuisista rehuista tai maidontuotannosta. Emolehmi- en perinnöllisellä ylläpitoenergian vaihtelulla ja kehon rasvan määrällä (kuntoluokka) voidaan saada taloudellisia säästöjä (Jenkins & Ferrell 2007, Bailey ym. 2008, Prado-Cooper ym. 2009). Emolehmän kehon rasvan määrällä on selvä yhteys tuotannolliseen tehokkuuteen ja hedelmällisyyteen. Kehon rasvan määrän laskiessa alle 15 prosenttiin alle

puolella emoista esiintyy säännöllinen kiima (Vizcarra ym. 1995, NRC 2000, Jenkins & Ferrell 2002, 2007).

Emolehmän elopainon suhdetta residuaaliseen syöntiin on tutkittu muutamassa kokeessa. Emolehmien painossa tai kuntoluokassa ei ole ollut eroja suhteessa residuaaliseen syöntiin (Basarab ym. 2007, Meyer ym. 2008, Lawrence ym. 2009). Herd ym. (1998) tekemässä laidunkokeessa matalan residuaalisen syönnin emot painoivat 7 % enemmän kuin korkean residuaalisen syönnin emot. Eläinten nahanalaisen rasvakudoksen määrä oli kuitenkin sama. Arthur ym. (1999) määrittivät lehmävasikoiden residuaalisen syönnin vieroituksen yhteydessä. Samojen eläinten residuaalinen syönti määritettiin uudelleen neljän vuoden iässä. Näiden eläinten painoissa ei havaittu eroja. Arthurin ym. (2005) tekemässä neljän vuoden seurantakokeessa matalan residuaalisen syönnin emot olivat kaikissa tuotantovaiheissa painavampia kuin korkean residuaalisen syönnin emot. Emolehmät menettivät nahanalaista rasvakudosta maidontuotantokauden alettua. Ne pysyivät kuitenkin lisäämään painoaan nopeasti laidunkaudella. Korkean residuaalisen syönnin emoilla oli huomattavasti paksumpi nahanalainen rasvakerros vasikoiden vieroituksen yhteydessä. Basarab ym. (2007) saivat laajaan aineistoon perustuvassa 10 tuotantojakson tutkimuksessa päinvastaisen tuloksen. Heidän aineistossaan matalan residuaalisen syönnin jälkeläisiä tuottavien emojen selkärasvan paksuus oli jokaisessa tuotantovaiheessa 2–3 mm enemmän kuin korkean residuaalisen syönnin jälkeläisiä tuottavilla emoilla. Myös matalan residuaalisen syönnin emojen jälkeläisillä oli enemmän rasvakudosta kuin korkean residuaalisen syönnin emojen jälkeläisillä.

Täysikasvuisten emolehmien tuotannon taso on ollut samanlainen riippumatta residuaalisen syönnin tuloksesta. Linjalajostetuilla emoilla oli yhtenevät elopainon muutokset ja päiväkasvut kuin emoilla, joilla residuaalinen syönti oli määritetty vasikkana (Arthur ym. 1999, 2005). Tiinehtymisten ja vieroitettujen vasikoiden lukumäärässä sekä maidontuotannossa ei ole havaittu eroja korkean ja matalan residuaalisen syönnin eläinten välillä (Arthur ym. 2005, Basarab ym. 2007). Basarab ym. (2007) havaitsivat kuitenkin, että korkean residuaalisen syönnin emot tuottivat enemmän kaksosvasikoita kuin matalan residuaalisen syönnin emot (3,77 vs. 0,00 %). Vasikka-kuolleisuus oli korkean residuaalisen syönnin emoilla suurempi (8,06 vs. 4,02 %). Vasikoiden syntymäpainot ja vieroituspainot ovat olleet samanlaisia emon residuaalisesta syönnistä riippumatta (Arthur ym. 2005, Basarab ym. 2007, Meyer ym. 2008). Toisaalta laskettaessa emon tehokkuutta syödyn rehun määrän ja vieroitetun vasikan painon suhteella (vasikan vieroituspaino, kg / emon rehun syönti, kg ka/pv) matalan residuaalisen syönnin emot olivat 15 % tehokkaampia kuin korkean residuaalisen syönnin emot (Herd ym. 1998).

Matalan residuaalisen syönnin emot poikivat 5–6 päivää myöhemmin kuin korkean residuaalisen syönnin emot (Arthur ym. 2005, Basarab ym. 2007). Poikima-ajan siirtyminen myöhemmäksi osoittaa, että matalan residuaalisen syönnin emot tiinehtyvät myöhemmin kuin korkean residuaalisen syönnin emot. Tuotannollisesti tehokkaan emolehman pitäisi poikia vuosittain samaan aikaan. Varsinkin tavoiteltaessa lyhyttä (60–80 päivän) poikima-aikaa sen siirtyminen myöhemmäksi on epäedullinen ominaisuus. Matalan residuaalisen syönnin eläinten jalostuskäytössä pitäisi kiinnittää erityishuomiota uudistushiehojen ja sonnien hedelmällisyysominaisuuksiin (Nkrumah ym. 2004, Arthur ym. 2005, Basarab ym. 2007).

Residuaalisella syönnillä on merkitystä emojen ylläpitokauden rehun kulutukseen. Mai-

dontuotantokaudella erot eivät ole kokeissa olleet yhtä merkitseviä. Matalan residuaalisen syönnin emolehmät söivät 4,5 % vähemmän kuin korkean residuaalisen syönnin emot (Arthur ym. 1999). Perinnöllisesti matalaan residuaaliseen syöntiin jalostetut täysikasvuiset emolehmät söivät pelletöidyllä sinimailaskoedieetillä 0,7 kg ka/pv vähemmän kuin korkeaan residuaaliseen syöntiin jalostetut emolehmät (RFI -0,41 vs. 0,26 kg ka/pv, syönti 15,6 vs. 16,3 kg ka/pv) (Arthur ym. 2005). Herd ym. (1998) havaitsivat vain pienen eron maidontuotantokauden rehun kulutuksessa matalan ja korkean residuaalisen syönnin emojen välillä.

Meyer ym. (2008) määrittivät hiehoilla karkearehuruokintaan perustuvan residuaalisen syönnin. Hiehot jaettiin tulosten perusteella matalan ja korkean residuaalisen syönnin ryhmään. Samojen hiehojen kasvettua emolehmiksi niillä tehtiin kaksi laidunkoetta. Laidunnus tapahtui ns. kesä- ja talvilaidunnuksena. Emolehmien elopaino ja kuntoiluokka eivät merkittävästi eronneet koeryhmien välillä. Matalan residuaalisen syönnin emolehmien kuiva-aineen syönti oli 21 % pienempi ja ne tarvitsivat keskimäärin 0,11 ha vähemmän laidunpinta-alaa kuin korkean residuaalisen syönnin emot. Laitumen tuotokkyky oli myös heikompi matalan residuaalisen syönnin emojen ryhmässä (-161 kg ka/ha). Ryhmien välillä ei havaittu eroja emojen painoissa tai kuntoluokissa. Tuotantotulokset vasikoiden osalta olivat myös yhtenevät. Maidontuotantokaudella matalan residuaalisen syönnin emojen rehujen syönti oli 1,6 kg ka/pv vähemmän kuin korkean residuaalisen syönnin emojen. Lawrence ym. (2009) määrittivät tiineiden liharotuisten risteytys-hiehojen residuaalista syöntiä pelkällä nurmisäilörehulla. Matalan residuaalisen syönnin hiehot söivät 1,5 kg ka/pv vähemmän kuin korkean residuaalisen syönnin hiehot (RFI -0,7 vs. 0,8 kg ka/pv).

Tiineyden loppuvaiheessa ja maidontuotantokaudella matalan ja korkean residuaalisen syönnin emolehmien rehun syön-

timäärissä ei ole havaittu merkitseviä eroja (Herd ym. 1998, Meyer ym. 2008). Basarabin ym. (2007) analysoimassa aineistossa rehun syönti oli tiineyden toisella kolmanneksella alhaisin matalan residuaalisen syönnin emolehmillä. Matalan residuaalisen syönnin jälkeläisiä tuottavat emot söivät keskimäärin 1,3 kg ka/pv vähemmän rehua kuin korkeamman residuaalisen syönnin jälkeläisiä tuottavat emot (10,9 vs. 12,2 kg ka/pv). Matalan residuaalisen syönnin emovasikkaparit söivät vähemmän rehua ja viettivät vähemmän aikaa ruokintapaikalla kuin korkean residuaalisen syönnin emovasikkaparit. Niillä oli myös parempi rehunmuuntosuhde ja residuaalinen syönti (RFI -0,05 vs. 1,88 kg/pv) (Basarab ym. 2007). On todennäköistä, että eläimen tiineys ja maidontuotanto vaikuttavat residuaaliseen syöntiin eri tavalla kuin kasvu. Oletuksena on, että korkean residuaalisen syönnin eläimet pystyvät keräämään eri tavalla kudos(rasva)varastoja tuotannon muutoksia varten. Residuaalisella syönnillä mitattuna tämä on tuhlausta. Matalan residuaalisen syönnin eläimillä näitä varastoja ei ole ja näin ollen ne joutuvat lisäämään syöntiään (Hughes & Pitchford 2004, Meyer ym. 2008). Residuaalisen syönnin muutokset voivat liittyä lisääntyneeseen lämmöntuottoon tiineyden ja maidontuotannon aikai-

na. Eläinten lämmöntuotto lisääntyy eniten tiineyden viimeisellä kolmanneksella (Freetly ym. 2008).

Vieroituksen jälkeen määritetyllä residuaalisella syönnillä on lukuisia geneettisiä yhdysvaikutuksia täysikasvuisen emolehman tuotanto-ominaisuuksiin. Residuaaliselta syönniltään erilaisten emolehmien tuotannollista tehokkuutta on verrattu, kun on tehty jalostuksellista valintaa 1–2,5 sukupolvi-ajan ajan (taulukko 3). Residuaalisen syönnin odotusarvot (EBV) ovat vaihdelleet näillä eläimillä $\pm 0,8$ kg ka/pv. Valinta rehuhyötysuhteen mukaan vaikuttaa emolehmien syöntiin ja rehun muuntosuhteeseen, mutta ei merkitsevästi lehmien aikuispainoon tai muihin tuotannollisesti tärkeisiin ominaisuuksiin. Matalan residuaalisen syönnin emolehmat ovat osoittaneet ominaisuuden säilyvän laitumen hyväksikäytössä. Erityishuomio pitää kuitenkin kiinnittää aikuispainon pitkän aikavälin kehittymiseen ja hedelmällisyysominaisuuksiin (Arthur ym. 2005, Basarab ym. 2007). Merkittävin vaikutus tuotannon talouteen saadaan vaikuttamalla emolehmi- en ylläpitoenergian tarpeeseen (Johnson ym. 2003, Bailey ym. 2008, Prado-Cooper ym. 2009). Matalan ylläpitotarpeen emolehmat voidaan tunnistaa biomarkkereiden avulla (Prado-Cooper ym. 2009).

7 Residuaalinen syönti ja ympäristövaikutukset

Residuaalisen syönnin ja paremman rehunhyötysuhteen etuja perustellaan usein taloudellisesta näkökulmasta. Joissakin tutkimuksissa on esitetty, että eläinten valinnasta residuaalisen syönnin perusteella olisi etua myös ympäristölle.

Maatalous on kasvihuonekaasujen tuottaja. Negatiivisten ympäristövaikutusten osuus vaihtelee tuotantomuodoittain ja maittain. Kotieläintuotannon metaanipäästöt on arvioitu maittain seuraavasti: Japani 2 %, Etelä-Afrikka 9 %, EU 9 % (josta Alankomaat 8 %, Iso-Britannia 7 %), Kanada 7 %, USA 6 %, Kiina 15 %, Australia 18 %, Indonesia 26 %, Argentiina 41 % ja Uusi-Seelanti 50 % (UNFCCC 2006). Maailmanlaajuisesti arvioidaan, että kotieläintuotannon osuus kasvihuonekaasuista on 18 % (Steinfeld ym. 2006). Metaanin (CH₄) ilmastomuutosvaikutus on 21 kertaa suurempi kuin hiilidioksidin (CO₂) ja vastaavasti dityppioksidilla (N₂O) on 310-kertainen vaikutus. Metaania muodostuu märehtijöiden ruoansulatustoimintojen vaikutuksesta vaihteleva määrä. Se vapautuu pääasiassa märehtimisen ja hengityksen kautta. Metaanin tuotantoon vaikuttaa rehujen hiilihydraattikoostumus, rehujen syönnin määrä, tuotantotasoa, rehun viipymäaika ruoansulatuskanavassa, rehunlisäaineet (mm. monensin), rehun rasvojen tyydyttyneisyysaste sekä ympäristön lämpötila (McAllister ym. 1996). Yksittäisten eläinten metaanintuotannossa on havaittu selviä eroja. Vaihteluväli on ollut samanlaisella ruokinnalla 250–450 grammaa metaania vuorokaudessa. Rehujen laatu (NDF-pitoisuus) ja ruokinnan väkirehutaso vaikuttavat tuotetun metaanin määrään. Korkea väkirehutaso vähentää metaanipäästöjä (Lovett ym. 2003, Boadi ym. 2004). Hyvälaatuisella laitumella sekä tuotantotasoa vastaavalla rehustuksella metaanipäästöt ovat olleet pienemmät (270–350 g/pv) kuin heikkolaatuisella laitumella tai rehuilla (370–450 g/pv) (Eckard

& Grainger 2007). Emolehmillä laidunnus hyvälaatuisella nurmella voi vähentää metaanipäästöjä 22 % huonolaatuiseseen laitumeen verrattuna (DeRamus ym. 2003). Hart ym. (2009) eivät havainneet eroa metaanintuotannossa hyvin ja heikosti sulavan nurmen välillä. Laidunnusta hyvin sulavalla nurmella voidaan kuitenkin suositella, koska korkeampi tuotantotasoa vähentää metaanin määrää suhteessa muodostunutta eläintuoteyksikköä kohden. Metaani sisältää paljon energiaa. Erilaisella metaanintuotannon tasolla on merkitystä eläimen energiatehokkuuteen (Nkrumah ym. 2006). Lannasta vapautuu dityppioksidia ja metaania. Lannan varastointi ja käsittely vaikuttaa vapautuvien kasvihuonekaasujen määrään.

Australialaisissa ja pohjoisamerikkalaisissa tutkimuksissa matalan residuaalisen syönnin eläimet (tehokkaampi rehuhyötysuhde) ovat tuottaneet 15–30 % vähemmän metaania ja 15–20 % vähemmän lantaa verrattuna korkean residuaalisen syönnin eläimiin. Lisäksi matalan residuaalisen syönnin eläimillä sonnan sisältämät tyypin, fosforin ja kaliumin määrä ovat olleet 15–17 % pienempiä (Nkrumah ym. 2006, Hegarty ym. 2007). McDonnell ym. (2009) eivät saaneet maissisäilörehulla ja ohrapohjaisella väkirehulla (30:70) vastaavia eroja eläinten metaanintuotannossa. Mekanismeja, jotka ovat syöntimäärästä riippumattoman alhaisemman metaanintuotannon takana, ei tunneta. Alhaisempi metaanintuotanto voi johtua eläinten erilaisesta kyvystä metabolisoida rehun energiaa; toisaalta se voi johtua eläinten metaanintuotannon yksilöllisestä vaihtelusta (Nkrumah ym. 2006). Ihmisillä metaanintuotannon on osoitettu olevan perinnöllinen ominaisuus (Flatz ym. 1985). Alhaisemman metaanintuotannon on arveltu myös johtuvan pötsin erilaisesta mikrobipopulaatiosta, mikä voi myös olla perinnöllinen ominaisuus. Krueger ym. (2009) eivät kuitenkaan

pystyneet osoittamaan eroja metaania tuottavien mikrobin lukumäärässä matalan ja korkean residuaalisen syönnin eläinten välillä. Pienempi rehun syöntimäärä on päätekiä pienempään lannan tuotantoon (Pinares-Patiño ym. 2004, Nkrumah ym. 2006, Hegarty ym. 2007). Jalostuksellinen valinta paremman rehuhyötysuhteen saavuttamiseksi voi laskea naudanlihantuotannon ympäristöpäästöjä. Alford ym. (2005) arvioivat matalan ja korkean residuaalisen syönnin jalostuslinjojen tulosten perusteella vuosittaisen metaanintuotannon laskeneen 25 vuodessa 15,9

%. Suurin vaikutus saadaan aikaan emolehmien jalostuksellisen valinnan kautta.

Käytettäessä residuaalista syöntiä jalostuksellisen valinnan yhtenä perusteena saavutetaan sama tuotannon taso pienemmällä kasvibiomassalla. Tällöin peltopinta-alan tarve eläinyksikköä kohden pienenee, ja tuotannon ohjaamisesta tulee joustavampaa. Samalla rehumäärällä voidaan kasvattaa enemmän eläimiä alueilla, joilla on mahdollista lisätä tuotantoa. Toisaalta intensiivisen naudanlihantuotannon maissa pystytään säästämään ympäristöä (Herd ym. 2003, Herd & Arthur 2009).



Kuva: Sari Jaakola

8 Rodun vaikutus residuaaliseen syöntiin sekä energiatehokkuuteen

Kehon koostumus on avainasemassa määrittäessä eläinten tehokkuutta muuttua rehun energiaa myytäväksi tuotteeksi. Rodut vaihtelevat aikuiskoon, kasvupotentiaalin, syöntikyvyn, hedelmällisyyden, teurasominaisuuksien ja kehon rasvamäärän suhteen. Eläimen ikä vaikuttaa siihen, mikä on lihaksen ja rasvan osuus kehosta. Eläimen aineenvaihdunta joko kerää varastoja (anabolio) tai käyttää kertyneitä varastoja (katabolia) tuotantovaiheesta riippuen. Naudalla voimakkaasti kasvuvaihe on ennen yhden vuoden ikää. Eläimen lihasmassa kasvaa voimakkaasti, jos se saa riittävästi ravintoaineita. Lihasten valkuaisainesynteesi lisääntyy ravintoaineiden saannin lisääntyessä (Lobley ym. 2000).

Tiineys on myös elimistön anabolinen tila. Maidontuotantovaiheen alussa eläimen elimistö on usein katabolisessa tilassa. Tuotantovaihe vaikuttaa aineenvaihdunnan hormonaaliseen säätelyyn, joka ohjaa rasva- ja valkuaisainemetaboliaa. Valkuais- ja rasva-aineenvaihdunnan sekä näiden varastojen ylläpito vaatii energiaa. Tämän energiankulutuksen jakautumisella on merkittävä osuus eläinten ja rotujen välisessä energiatehokkuudessa (Owens ym. 1995, NRC 2000, Jenkins & Ferrell 2002, 2007). Rasvavarastojen kerääminen vaatii 25 % enemmän rehun energiaa kuin lihaksen muodostaminen. Rasvavarastoja hajottamalla saadaan tarvittaessa viisi kertaa enemmän energiaa kuin vastaavasta määrästä lihaskudosta. Toisaalta lihaskudoksen ylläpito vaatii enemmän energiaa kuin rasvakudoksen. Aikuisen eläimen valkuaisainenvaihdunta on energettisesti vaativampi kuin rasva-aineenvaihdunta. Lihaskudos on aktiivisempi kudostyyppi kuin rasvakudos (DiCostanzo ym. 1990, NRC 2000).

Kasvatuskokeiden yhteydessä tehdyissä ultraäänimittauksissa on havaittu merkittäviä eroja puhdasrotuisten sonnien kehon lihaksen ja rasva jakautumisessa. Charolais-, limousin-

ja simmental-sonneilla on vähemmän rasvaa kuin keskikokoisilla brittiläisillä roduilla (angus ja hereford) (NRC 2000, Schenkel ym. 2003). Keskimäärin angus-sonnit ovat rasvaisempia kuin hereford-sonnit. Selkälihaksen pinta-ala on suurempi isoilla roduilla. Anguksen selkälihaksen pinta-ala on keskimäärin suurempi kuin herefordin (Wheeler ym. 1996, Bergen ym. 1997, Schenkel ym. 2004). Isojen rotujen eläimet (charolais, limousin ja simmental) ovat rakenteeltaan suurempia (frame score) ja niiden elopaino on keskimäärin suurempi kuin keskikokoisilla roduilla. Angus-härkien lihaksen osittaisen valkuaisainesynteesin on havaittu olevan korkeampi kuin charolais-härkien (Lobley ym. 2000). Valkuaisainesynteesin korkeampi osuus voi olla yhteydessä suhteellisesti korkeampaan energiankulutukseen.

Rotujen väliset residuaalisen syönnin erot on liitetty kiinteästi eläinten perinnöllisesti erilaiseen rasvoittumistaipumukseen. Korkeaväkirehudeetillä vähiten rasvoittuvat rodut, kuten blonde d'aquitane ja limousin, saavuttavat matalimmat residuaalisen syönnin arvot. Angus ja hereford eivät puolestaan pääse yhtä hyvin tuloksiin. Mitä suurempi on rodun rasvoittumistaipumus, sitä suurempi on residuaalisen syönnin vertailuarvo suhteessa vähemmän rasvoittuviin rotuihin (Schenkel ym. 2003). Residuaalinen syönti voidaan suhteuttaa selkärasvan paksuuteen, päiväkasvuun ja metaboliseen painoon. Herefordin residuaalisen syönnin tulos muuttuu tällä lastentaperusteella tavoitellumpaan suuntaan (Fan ym. 1995, Schenkel ym. 2003, 2004). Risteytyseläimillä on saatu samansuuntaisia tuloksia kuin puhtaalla eläinaineksella. Isärodun mukaan määritettynä charolais- ja limousin-härät (-0,57 vs. -0,50 kg ka/pv) saavuttavat matalammat residuaalisen syönnin arvot kuin hereford- ja angus-härät (-0,30 vs. 0,30 kg ka /pv) (Moore ym. 2005a). Kasvavilla eläimillä residuaalisen syönnin tavoitelta-

va arvo saadaan tehokkaalla rehun hyväksikäytöllä. Rehun energia käytetään ennen kaikkea lihassmassan kasvuun.

Rasvoittuminen on kaksiteräinen miekka residuaalisen syönnin suhteen. Aikuisilla eläimillä, tässä tapauksessa emolehmillä, rotujen energettinen tehokkuus on päinvastainen kuin kasvavilla eläimillä. Emolehämä, joka pystyy keräämään rasvavarastoja tehokkaasti ja säilyttämään hedelmällisyytensä rajallisella rehumäärällä, on tehokas (Ferrell & Jenkins 1985, Jenkins & Ferrell 2002, 2007, Johnson ym. 2003). Ylläpitokaudella emolehvät tarvitsevat enemmän rehun energiaa valkuais- kuin rasva-aineenvaihdunnan ylläpitoon. Emolehämä, jolla on suhteessa enemmän lihassmassaa ja vähemmän rasvaa, tarvitsee enemmän rehunenergiaa elopainon säilyttämiseen. Energiatarve (ME, MJ) yhden lihaksen valkuaismassakilogramman ylläpitoon on 9,3 kertaa suurempi kuin rasvakilogramman (Thompson ym. 1983, DiCostanzo ym. 1990, NRC 2000). Emot, joilla on suurempi geneettinen tuotantopotentiaali, voivat olla energiatehokkuudeltaan heikompia rajoitetulla rehustuksella. Korkeampi tuotantopotentiaali voi tässä tapauksessa olla joko maidontuotantoa tai lihaksikkuutta (NRC 2000, Jenkins & Ferrell 2002). Keskikokoisten rotujen emot ovat keskimäärin rasvaisempia kuin isojen rotujen. Rasvan määrällä on hedelmällisyyttä ylläpitävä vaikutus (NRC 2000, Jenkins & Ferrell 2002, 2007). Emolehmien residuaalisen syönnin taloudellinen merkitys on suurin ylläpitokaudella. Tiineys vaikuttaa eläimen syöntiin ja fysiologiaan eri tavalla kuin kasvu. Tiineyden aikana rehuhyötysuhdetta ei voida mitata suoraan residuaalisella syönnillä. Rotu vaikuttaa emolehmän aikuiskokoon. Emolehmän koolla ei ole suoraa yhteyttä sen tuotantopotentiaaliseen tehokkuuteen. Koolla on kuitenkin välillisiä vaikutuksia useaan tuotanto-ominaisuuteen. Uudistuseläinten valitseminen paremman kasvun ja lihaksikkuuden perusteella voi lisätä emolehmäkarjan ylläpitorehun tarvetta. Emolehmän koko, elopaino ja tuotannon taso ovat yhteydessä sen tarvitsemaan ylläpitoenergian määrään.

Rehun syöntiin vaikuttaa eläimen rotu ja fysiologinen tila. Angus-rotuisten eläinten (puhdas ja risteytys) kuiva-aineen syönti suhteessa elopainoon (% elopainosta) on suurempi kuin muilla roduilla (Fan ym. 1995, Schenkel ym. 2004, Moore ym. 2005b). Suurempi syöntikyky merkitsee ravintoaineiden lisääntynyttä saantia ja mahdollisuutta pidättää enemmän ravintoaineita tuotantoon. Toisaalta syöntimäärän kasvaessa rehun sulatus heikkenee (Murphy ym. 1994). Suurempi syönti ei ole ollut yhteydessä parempaan rehujen hyväksikäyttöön kasvavilla eläimillä. Syöntimäärällä on vahva geneettinen yhdysvaikutus residuaalisen syönnin kanssa (Miller 2003). Suurempi syönti merkitsee korkeampaa residuaalista syöntiä eli eläimet ovat vähemmän tehokkaita (Schenkel ym. 2004, Moore ym. 2005b, Nkrumah ym. 2006). Limousin- ja blonde d'aquitane -rotuisten eläinten kuiva-aineensyöntikyky voi olla 10 % matalampi suhteessa muihin rotuihin. Näiden rotujen rehun hyväksikäyttö on kuitenkin erinomainen ja ne hyötyvät väkevämmästä dieetistä (Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) 1989, Schenkel ym. 2004, Moore ym. 2005b). Toisaalta voi olla, että isompien rotujen tehokkuus rehun ja ravintoaineiden hyväksikäytön suhteen johtuu rotujen erilaisesta kypsyyssasteesta suhteessa aikuiskokoon. Samanpainoisina fysiologisesti nuorempi eläin kasvattaa enemmän lihassmassaa verrattuna rasvakudokseen kuin vanhempi eläin (Mader ym. 2009).

Roduilla on erilaisia ominaisuuksia, jotka pitää ottaa huomioon tuotantoa suunniteltaessa. Tuotannon taloudellisen tuloksen kannalta on tärkeää valita tilan olosuhteisiin sopiva tuotantomuoto ja rotutyyppe. Emojen rotu vaikuttaa ylläpitokustannuksen muodostumiseen. Rajoitetulla ruokinnalla emolehmän kyky säilyttää kuntosuunnitelma on taloudellisesti merkittävä ominaisuus. Rotuja risteyttämällä saadaan taloudellista hyötyä koko naudanhantotuotantoketjulle (Jenkins & Ferrell 2002, Herd ym. 2003).

9 Jalostukselliset mahdollisuudet ja kompastuskivet

Residuaalisen syönnin (RFI) käyttö jalostuksellisen valinnan yhtenä perusteena on nouseva trendi maailmalla. Residuaalisen syönnin periytymistä ja geneettisiä yhdysvaikutuksia on tutkittu puhdasrotuisilla ja liharotuisilla risteytyseläimillä useissa eri koikeissa (taulukko 4). Keinosiemennyssonniin residuaalisen syönnin odotusarvoja on määritetty jonkin verran. Australiassa ja Pohjois-Amerikassa yhä useampi siitossonnien myyjä testauttaa myytävät eläimet residuaalisen syönnin suhteen, mikä lisää sonnien odotusarvojen tarkkuutta. Vieroitettujen lehmävasikoiden residuaalisen syönnin testauksella haetaan lisätietoa eläimen jalostuksellisesta arvosta. Herd ym. (2003) osoittivat, että valitsemalla matalan residuaalisen syönnin lehmävasikoita seuraavan polven emiksi pystytään vähentämään emolehmäkarjan rehuntarvetta. Yhdysvaikutus lehmävasikan ja emolehmän residuaalisen syönnin kanssa on korkea, 0,98. Emolehmäkarjan tarvitsemää rehumäärää on mahdollista pienentää vähintään 10 %, kun uudistuseläinten valintaperusteena käytetään residuaalista syöntiä. Kummankin sukupuolen residuaalisen syönnin testauksella voidaan löytää emälinjat, jotka tuottavat rehuhyötysuhteeltaan tehokkaita jälkeläisiä. Tällaisten emälinjojen löytämisellä on huomattava jalostuksellinen ja taloudellinen merkitys emolehmätuottajalle ja loppukasvattajalle (taulukko 3). Emolehmien rehuhyötysuhteen parantaminen on paras tapa lisätä koko karjan rehunkäytön taloudellista kannattavuutta. Emojen ruokinta perustuu yleensä tilan kotoisiin rehuihin. Kotoisten rehujen ja laitumen rahallisen arvon tarkka määrittäminen on usein vaikeaa. Emolehmän vuosittainen ruokintakustannus jää helpos-

ti huomioimatta. Emon tuotantoikä on kaikista eläinryhmistä pisin, ja ylläpitoenergian määrä suhteessa suurin: pienemmällä rehunkulutusmäärällä on pitkäkestoinen vaikutus tilan muuttuviin kuluihin.

Stressinsietokyky on liharotuisten nautojen energiatehokkuuden avaintekijä. Korkean residuaalisen syönnin (heikompi rehuhyötysuhde) liharotuiset härät olivat useilla eri tekijöillä tarkasteltuna alttiimpia stressille ja reagoivat herkemmin erilaisiin muutoksiin kuin matalan residuaalisen syönnin eläimet. Herkkyys ympäristön muutoksille aiheutti suuremman energiantarpeen, joka heikensi tuotantoon käytettävää energiatehokkuutta (Richardson & Herd 2004). Jalostajien pitäisikin keskittyä entistä enemmän eläinten luonteen ja temperamentin arviointiin tuotanto-ominaisuuksien lisäksi.

Jalostuksessa voidaan käyttää ominaisuuksia, jotka vaihtelevat geneettisesti ja periytyvät. Residuaalisen syönnin periytyvyysaste on keskimäärin 0,39 (Herd & Bishop 2000, Arthur ym. 2001a, c, Schenkel ym. 2003, Vinet ym. 2008). Käytännössä tämä merkitsee, että residuaalinen syönti periytyy yhtä hyvin kuin vasikan kasvu ennen vieroitusta. Puhdasrotujalostuksen keinot ovat rajallisia ja hitaita. Tuotantomuodon energiatehokkuutta voidaan parantaa tarkoituksenmukaisella rotujen risteytyksellä. Keskikokoiset, helposti kuntosaa säilyttävät risteytysmot voidaan astuttaa pääterotujen sonneilla. Emolehmäkarjan ylläpitokustannus ei nouse ja syntyvät vasikat tuottavat vähärasvaisempia, hyviä teurasruhoja (Bennett & Williams 1994, Jenkins & Ferrell 2002).

Taulukko 3. Jalostuksellisen valinnan vaikutus eläinten tuotantotuloksiin.

	Sukupolvien määrä	Jalostuslinja		Merkitsevyys
		Matala RFI	Korkea RFI	
Kasvu ja rehuhyötysuhde	2,0			
Vieroituspaino, kg		232,5 ± 3,1	228,3 ± 2,9	n.s.
Vuoden paino, kg		384,3 ± 6,9	380,7 ± 6,7	n.s.
Päiväkasvu, kg/pv		1,44 ± 0,03	1,40 ± 0,03	n.s.
12 / 13 kylkiluun rasva, mm		5,3 ± 0,2	7,2 ± 0,2	*
Selkälihakseen pinta-ala, cm ²		72,1 ± 0,8	74,2 ± 0,7	n.s.
Syönti, kg ka/pv		9,4 ± 0,3	10,6 ± 0,3	*
Rehun muuntosuhde		6,6 ± 0,2	7,8 ± 0,2	*
RFI (kg ka/pv)		- 0,54 ± 0,12	0,71 ± 0,17	*
Kehon koostumus ^{A,B}	1,0			
Sisäelimet, %		3,2 ± 0,07	3,1 ± 0,04	n.s.
Nahka, sorkat, yms., %		13,3 ± 0,15	12,8 ± 0,15	*
Sisäelinrasva, %		7,8 ± 0,35	8,4 ± 0,31	n.s.
Ruhorasva, %		9,9 ± 0,39	11,3 ± 0,39	*
Luu, %		10,7 ± 0,15	10,3 ± 0,12	*
Myyttävä liha, %		35,4 ± 0,36	35,2 ± 0,49	n.s.
Ruho-ominaisuudet ^C	1,0			
12/13 kylkiluun rasva, mm		9,2 ± 0,3	10,1 ± 0,2	*
Leikkuuvoima, kg				
Liha raakakypsytetty 1 pv		4,6 ± 0,2	4,6 ± 0,2	n.s.
Liha raakakypsytetty 14 pv		3,8 ± 0,2	3,5 ± 0,2	n.s.
m (1) - Kalpaiini, g / kudos		1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1	n.s.
μ (2) - Kalpaiini, g / kudos		2,3 ± 0,1	2,1 ± 0,1	n.s.
Kalpastatiini, g / kudos		5,2 ± 0,3	4,6 ± 0,3	*
Emon tuottavuus ^{D, E}	1,5			
Poikimis %		89,2	88,2	n.s.
Vieroitus %		81,5	80,2	n.s.
Maitotuotos, kg/pv		7,5 ± 0,3	7,8 ± 0,3	n.s.
Vieroitettut vasikka kg		191,3 ± 8,4	198,4 ± 7,7	n.s.

^A Lähde: Richardson ym. (2001).

^B % - osuus elopainosta.

^C Lähde: McDonaugh ym. (2001).

^D Lähde: Arthur ym. (2005).

^E Laskettu emojen lkm / siitossanni.

* P < 0,05; n.s. P > 0,05, ns = ei ole merkitsevä ominaisuus.

9.1 Rehuhyötysuhteen jalostusarvot ja niiden määrittäminen eri nautaroduilla

Jalostusarvojen (EPD) kehittämistä määrittämään residuaalista syöntiä pidetään järkevänä (Crews ym. 2006, Basarab ym. 2007). Eläimen residuaalisen syönnin tulos voidaan suhteuttaa useisiin eri ruho-ominaisuuksiin. Kokonaisenergiantarpeeseen pystytään vaikuttamaan tehokkaimmin emolehmäkarjan kautta. Nuorten eläinten residuaalisen syön-

nin määritystä on tarkennettava selkäräsran paksuuden mittaustuloksilla, kun valitaan uudistuseläimiä. Rehuhyötysuhteeltaan tehokkaalla eläimellä selkäräsran paksuus on ohut. Kehon pienellä rasvaosuudella voi olla ei-toivottu vaikutus eläinten hedelmällisyyteen (Basarab ym. 2007).

Taulukko 4. Residuaalisen syönnin periytymisasteita ja geneettisiä korrelaatioita tuotanto-ominaisuuksiin eri kokeissa.

	Hereford lähde 1 540	Angus lähde 2 1180	Limousin ja Charolais lähde 3 1629	Charolais lähde 4 792	Risteytys lähde 5 1481	Risteytys lähde 6 2284	Risteytys lähde 7 484
Eläinten lukumäärä	M	M ja F	M	M	M ja F	M	M
Sukupuoli (M = sonni F =lehmä)	M	M ja F	M	M	M ja F	M	M
Periytyvyysaste							
RFI	0,16 ± 0,08	0,39 ± 0,03		0,39 ± 0,04	0,18 ± 0,06	0,38 ± 0,07	0,21 ± 0,12
Rehun muuntosuhde	0,17 ± 0,09	0,29 ± 0,04	0,21 - 0,39	0,46 ± 0,04	0,06 ± 0,04	0,37 ± 0,06	0,41 ± 0,15
Geneettinen korrelaatio ja RFI							
Syönti, kg ka/pv	0,64 ± 0,16	0,66 ± 0,05		0,79 ± 0,04	0,43 ± 0,15	0,81	0,73 ± 0,18
Päiväkasvu, kg/pv	0,09 ± 0,29	- 0,04 ± 0,08		- 0,10 ± 0,13	0,09 ± 0,20	0,01	0,46 ± 0,45
Metabolinen paino, W ^{0,75}	0,22 ± 0,29	- 0,06 ± 0,08			- 0,20 ± 0,16	- 0,17	0,27 ± 0,33
Rehun muuntosuhde	0,70 ± 0,22	0,66 ± 0,05		0,85 ± 0,05	0,41 ± 0,32	0,69	0,62 ± 0,09
Vieroituspaino, kg	0,34 ± 0,34	- 0,45 (0,22) ^a					
Vuoden paino, kg	0,15 ± 0,28	- 0,26 (0,14) ^a		0,32 ± 0,10			
Kivesten ympärysmitta, mm		- 0,03 ± 0,11				0,15	
Kylkirasva vuoden iässä, mm		0,17 ± 0,05				0,16	0,35 ± 0,30
Selkälihaksen pinta-ala vuoden iässä, mm ²		0,09 ± 0,09				- 0,17	- 0,52 ± 0,32
Marmoroituminen vuoden iässä			0,70 ^b			- 0,02	0,33 ± 0,29
Ruhon kylkirasva					0,48 ± 0,12		0,33 ± 0,29
Ruhon selkäfileen pinta-ala					- 0,24 ± 0,26		- 0,64 ± 0,26
Lihaksen sisäinen rasva					0,22 ± 0,17		
Ruhon marmoroituminen							0,28 ± 0,38

Lähteet: 1. Herd & Bishop (2000). 2. Arthur ym. (2001a). 3. Renand ym. (1998). 4. Arthur ym. (2001b). 5. Robinson & Oddy (2004). 6. Schenkel ym. (2004). 7. Nkrumah ym. (2007).

^a Korrelaatio emo-ominaisuudelle.^b Koko ruhon rasva.

9.1.1 Australia

Eläimen jalostusarvo määritetään sen perinnöllisten ominaisuuksien perusteella. Käytännössä jalostusarvoa voidaan vain arvioida. Tarkkaa tietoa geenien vaikutuksista seuraavassa sukupolvessa, ei voida antaa. Mitä enemmän eläimellä on jälkeläisiä, sitä tarkemmaksi sen jalostusarvo muodostuu. Australiassa jalostuseläimille muodostetaan odotusarvot EBV (Estimated Breeding Values). Odotusarvo esitetään eläimen ominaisuuksien ja saman populaation ominaisuuksien erona. Keskimäärin puolet ominaisuudesta

periytyy seuraavalle sukupolvelle. BREEDPLAN (2009) tuottaa jalostajille valikoiman taloudellisesti merkittävistä odotusarvoista. Residuaalisen syönnin odotusarvo määritetään Australiassa yhdessä jalostusorganisaatioiden kanssa ja muodostetaan testitulosten perusteella. Lukuna negatiivinen arvo on tavoiteltavampi. Jos eläimillä on sukulaissuhteita, tulokset ovat vertailukelpoisia, kun eläimet ovat samanpainoisia ja päiväkasvu on yhtenevä (taulukko 5).

Taulukko 5. BREEDPLAN odotusarvot (EBV).

Paino, kg	Hedelmällisyys	Ruho-ominaisuudet	Muut
Syntymäpaino	Kivesten ympäröisyysmitta	Selkälihaksen pinta-ala	Rauhaisuus, käsiteltävyys
Maito	Poikimaväli	Rasvan paksuus	NFI / RFI residuaalinen syönti
200 vrk:n paino	Tiineyden kesto	Myytävän lihan saanto	
400 vrk:n paino	Poikimahelppous	Lihaksen sisäisen rasvanosuus	
600 vrk:n paino		Ruhoaino	
Emolehmän aikuispaino			

9.1.2 Pohjois-Amerikka

Osa rotuyhdistyksistä on ottanut residuaalisen syönnin jalostus- sekä odotusarvoja käyttöön. Kriittistä keskustelua käydään kuitenkin ns. informaatiotulvan takia. Määritettäviä ominaisuuksia on vähitellen muodostunut liikaa, eikä kaikkia voida käyttää eläinten jalostuksessa järkevästi hyväksi. Seuraava askel Pohjois-Amerikan jalostusarvoissa (EPD) on kehittää yhdistelmäarvoja, joihin residuaalisen syönnin (RFI) arvot liitetään. Eri ominaisuuksien yhdistelmäarvoja pidetään mielekkäimpänä vaihtoehtona. Crews ym. (2006) esittivät kolmen ominaisuuden yhdistelmäindeksiä, joka hyödyttäisi loppukasvattajaa. Nettotulojen erot pystytään seltittämään kolmen tekijän kautta; residuaalinen syönti (RFI), keskimääräinen päiväkasvu ja vuodenaino. Testausasemilla testattujen

sonnien tuloksista voidaan muodostaa indeksi seuraavasti:

$$\text{IND} = - 10,12 (\text{RFI}) + 24,79 (\text{päiväkasvu, kg/pv}) + - 0,09 (\text{vuoden paino, kg})$$

Indeksi antaa residuaaliselle syönnille negatiivisen arvon ja päiväkasvulle positiivisen. Vuoden painon pieni kerroin kuvastaa, ettei residuaalinen syönti riipu elopainosta. Fenotyyppiset korrelaatioarvot olivat syönnille -0,22, päiväkasvulle 0,53 ja residuaaliselle syönnille -0,74. Suuren indeksin saaneet sonnit söivät vähemmän ruhua, niillä oli korkeampi päiväkasvu ja ne menestyivät paremmin testiasemalla kuin matalan indeksin saaneet. Indeksien arvolla oli matala ja positiivinen fenotyyppinen yhdysvaikutus kivesten ympäröisyysmittaan kanssa ($r_p = 0.16$).

9.1.3 Ranska

Ranskassa on noin 4,1 miljoonaa emolehmää, joista suurin osa on puhdasrotuisia eläimiä. Liharotuisista naudoista on 50 % charolais-, 25 % limousin- ja 15 % blonde d'aquitaine -rotua. Ranskalla on mittava historia liharotuisten eläinten jalostusohjelmien kehittämisessä. Liharotuisten eläinten jalostusohjelmalla on kolme pää tavoitetta: 1) poikimahelpous, 2) eläinten lihakuusominaisuudet ja 3) emo-ominaisuudet. Kasvatusasemilla testataan vuosittain noin 2000 sonnia, joista noin 110 eläintä valitaan jatkotestaukseen. Jatkotestaus suoritetaan keinosiemennyssonniin valintaa varten. Valittujen sonnien perinnölliset lihakuusominaisuudet arvioidaan jälkeläisten teurastulosten avulla. Noin 45 parasta sonnia pääsee seuraavaan vaiheeseen, johon kuuluu tyttären emo-ominaisuuksien testaus. Keinosiemennyskäyttöön valitaan vuosittain vain 10 puhdasrotuista sonnia (France Génétique Elevage 2009).

Rehuhyötysuhteen mittauksen ajatus on käänteinen verrattuna Pohjois-Amerikassa suoritettuun residuaalisen syönnin testaukseen. Eläinten rehuhyötysuhteen testaus suoritetaan pääasiassa puhdasrotuisille sonneille. Rehuhyötysuhteen mittauksen yhteydessä arvioidaan eläimen yksilöllistä lihaksikkuutta. Testaus on kolmivaiheinen. Sonnivasiikat vastaanotetaan testausasemille vieroituksen jälkeen, minkä jälkeen alkaa eläinten totutteluvaihe. Se kestää vähintään kahdeksan viikkoa, missä ajassa on kaksi erilaista

ruokinnallista jaksoa. Eläinten rotukohtaiset kasvutavoitteet ovat charolaiselle 1 200 g/pv, blonde d'aquitainelle 1 100 g/pv ja limousinille 1 000 g/pv. Testauksen toinen vaihe alkaa neljän viikon vapaalla ruokinnalla. Sonnien rehun syöntiä mitataan päivittäin. Eläinten rehun määrää joko lisätään tai vähennetään syönnin mukaan. Tavoitteena on saada tasainen/kiinteä päiväkasvu. Kiinteän kasvun ja ruokinnan testausaika on 14 viikkoa. Rotukohtaiset kasvutavoitteet tähän vaiheeseen ovat: charolais 1 500 g/pv, blonde d'aquitaine 1 400 g/pv ja limousin 1 300 g/pv. Testauksen tavoitteena on saada mahdollisimman hyvä lihakuus kiinteällä ruokinnalla ja päiväkasvulla. Kasvutulokset ovat osana lihakuusindeksiä. Kolmannessa vaiheessa arvioidaan eläinten hedelmällisyysominaisuuksia (Institut de l'élevage 2009).

Lihakuusindeksin laskennan perusteena käytetään kolmea perusominaisuutta (taulukko 6). Indeksien arvo 100 on populaation keskiarvo. Testeissä vaihtelua esiintyy usein välillä 76–124. Lihakuusindeksi lasketaan kaavalla:

$$IND = 0,34 (ICR) + 0,47 (IEA) + 0,484 (IDM) - 29,4$$

Kaavassa käytetyt lyhenteet on selitetty taulukossa 6. Lihakuusindeksiä suositellaan hyödynnettäväksi erityisesti loppukasvatukseen sijoitettavien eläinten tuottamisessa (Apititudes Bouchères) (Institut de l'élevage 2009).

Taulukko 6. Ranskalaisen lihakuusindeksin määrittämiseen käytettävät ominaisuudet.

Ominaisuus	Arviointi	Perityvyys
Kasvu (ICR)	Rodulle tyypillinen paino tietyssä iässä, kg	0,40
Kasvu, elopainon koostumus (lihas: rasva) (IEA)	Rehun hyötysuhde	0,35
Teurasominaisuudet, luokittuminen (IDM)	Lihaksikkuus, lihaksien kehittyminen	0,40

9.2 Geenimarkkeriavusteinen valinta (Marker assisted selection, MAS)

Käytännössä eläinten jalostus on edelleen valintaan perustuvaa tuotannollisten ominaisuuksien parantamista. Perimä (geenit/genotyyppi) määrää eläimen ulkonäön ja tuotanto-ominaisuudet (fenotyyppi). Jalostuksen onnistuessa tuotannollisesti merkittävien geneettisten ominaisuuksien määrä populaatiossa kasvaa. Eläinten perinnöllisten ominaisuuksien helpompaan ja tarkempaan havaitsemiseen kehitetään paljon työvälineitä. Nautojen geenikartoitus voi tuoda merkittävää etua jalostajille. Geenikartoituksen tavoitteena on paikantaa eri ominaisuuksiin vaikuttavia yksittäisiä geenejä. Genomisella valinnalla mennään askel eteenpäin. Genomisen valinnan perusteena on eri geenien yhdistelmä, joka vaikuttaa mm. tuotannollisiin ominaisuuksiin. SNP -merkkejä (Single Nucleotide Polymorphisms) käytetään apuna sekä geenikartoituksessa että genomisessa valinnassa. Yhden SNP-merkin avulla voidaan tunnistaa eläimen perimästä tietyssä emäksessä esiintyvä pistemutaatio. Mikäli SNP-merkin pistemutaation paikka tiedetään, sitä voidaan käyttää hyväksi geenikartoituksessa.

Geeniteknologiaan perustuvien merkkien (markkereiden) etuna on, että eläimet pystytään testaamaan tietyn ominaisuuden suhteen riippumatta eläimen iästä. Ominaisuus on eläimen perimässä, joten ympäristö tai tuotanto-olosuhteet eivät vaikuta siihen. Tällöin ei tarvitse järjestää kalliita ja aikaa vieviä eläinkokeita. Markkeriavusteisella valinnalla ja geenitesteillä havaitaan parhaiten sellaisia ominaisuuksia, joilla on matala periytyvyys ja joita on vaikea tai kallias mitata. Toisaalta niitä voidaan hyödyntää sellaisten ominaisuuksien esiintuomisessa, joita ei yleensä saada esille ennen eläimen teurastuloksia (ruho-ominaisuudet, teurastulokset) (Moore ym. 2009). Geenitestit ovat houkutteleva vaihtoehto, mutta niillä on rajoituksensa. Yksittäiset geenit selittävät harvoin enemmän kuin 10 % eri ominaisuuksien geneettisestä vaihtelusta. Jalostuksellinen valinta tietyn tuotan-

to-ominaisuuden (esim. kasvu) suhteen on osoittanut, että yksittäinen geeni tai ominaisuus ei aiheuta merkittävää muutosta eläimen ilmiäsuun (fenotyyppi) (Oddy 1999). Yksittäisen geneettisten mutaatioiden vaikutuksista eläimen ilmiäsuun on vain vähän todistetta tuotantoeläimillä. Naudoilla perinnöllinen muutos myostatiini-geenissä aiheuttaa kaksoislihaksisuutta (Grobert ym. 1997).

Jalostusarvo, jolla on suuri tarkkuus (high acc EPD), on tällä hetkellä tarkempi kuin yksittäinen geenitesti eläimen ominaisuuksien mittaamisessa. Paras hyöty geenitesteistä saadaan, kun niitä käytetään tarkentamaan jalostusarvoja. Tällä hetkellä markkinoilla olevien geenitestiä tarkkuudet vaihtelevat välillä 1,6–35,1 % (IGENITY, Pfizer Animal Genetics). Geenitestit kuitenkin tarkentuvat jatkuvasti. Tietoa geneettisestä vaihtelusta kerääntyy sekä käytön että uusien tutkimustulosten kautta. Mitä enemmän yhden ominaisuuden markkeripaneliin pystytään keräämään tietoa geneettisistä yhdysvaikutuksista, sitä tarkemmaksi se muodostuu. On hyvin mahdollista, että tulevaisuudessa niiden avulla päästään hyvin tarkkoihin tuloksiin. Käytännössä geenitestit tehdään veri-, karva- tai siemennestenyhteestä.

Naudan genotyyppitykseen perustuvia kaupallisia testejä suorittavat useat kansanvälisesti toimivat organisaatiot. Näistä IGENITY ja Pfizer Animal Genetics tarjoavat residuaalisen syönnin geenitestin, joka on ollut markkinoilla vuodesta 2006 lähtien. Geenitestit perustuvat paikannettuun markkeriin sekä otospopulaatioista kerättyyn geneettisiin ja fenotyyppisiin tietoihin, joiden tilastollinen merkitsevyys on testattu kansallisesti (Australia ja Pohjois-Amerikka). Populaatioissa on sekä puhdasrotuisia että risteytyseläimiä. Kaikki pääliharodut ovat edustettuina eläinaineksessa. Geenitestiä perusteet ja tarpeellisuus on vahvistettu yhteistyössä kolmannen osapuolen NBCEC:n (National Beef Catt-

le Evaluation Consortium) tai BeefCRC:n (Beef Cooperative Research Center) kanssa (IGENITY 2009, NBCEC 2009, Pfizer Animal Genetics 2009).

GeneSTAR:in molekyylytason odotusarvot (MPV molecular predictions value) perustuvat 56 markkerin paneliin. Muodostetussa geenimarkkeripanelissa on 11 aikaisemmin käytettyä ja 45 uusimmissa tutkimuksissa löydettyä geenimerkkiä. MPV-tulokset ovat numeroarvoja, joita voidaan tulkita samalla periaatteella kuin jalostusarvoja (EPD). Residuaalisen syönnin MPV-vaihteluväli on 2,52 kg ka (-1,44 – 1,08 kg ka/d). Muodostetun molekyylytason odotusarvon (MPV) tarkkuudeksi luvataan tällä hetkellä 30 %. Tarkkuus muodostuu MPV:n ja eläimen jalostusarvon yhdysvaikutuksesta, jos eläimelle

on muodostettu jalostusarvo. Molekyylytason odotusarvoja verrataan rodun sisällä.

Molekyylytason jalostusarvo (MBV molecular breeding value) on IGENITY:n vastaava tapa antaa geenitestin tulos. Tilastolliset merkitsevyydet testin tuloksista eivät ole olleet yhtä johdonmukaisia. Kuudesta tuloksen vahvistukseen käytetystä nautapopulaatiosta kahdessa saatiin negatiivinen ja kahdessa heikko positiivinen yhdysvaikutus. Tilastollisesti merkitsevä positiivinen yhdysvaikutus saatiin kahdessa eläinpopulaatiossa. Geenitestin tarkkuudeksi näiden populaatioiden osalta arvioidaan 30,9–35,1 %. IGENITY ilmoittaa testin tuloksen asteikolla 1–10. Matalan residuaalisen syönnin eläimet saavat arvot 1–4.



Kuva: Arto Huuskonen

10 Ruokinnalliset mahdollisuudet vaikuttaa rehuhyötysuhteeseen

Eläinten ravintoaineiden käyttöä pyritään parantamaan suunnittelemalla ruokinta niin, että se täyttää mahdollisimman hyvin eläimen ravintoaineiden tarpeen. Dieetin väkirehuosuutta nostamalla saadaan rehuhyötysuhdetta parannettua (Reynolds ym. 1991, Reed ym. 1997). On kuitenkin muistettava, että nauta on märehtijä, joka on erikoistunut karkearehujen hyväksikäyttöön. Ruokinnan suunnittelun onnistumisen avaintekijöitä ovat eläinten ravintoaineiden tarpeen ja

käytettyjen rehujen mahdollisimman tarkka tunteminen. Ruokinnan suunnittelussa joudutaan usein tekemään kompromisseja ruokinnan käytännön toteuttamisen, eläinten tarpeiden, tilalla olevien rehujen ja taloudellisen kannattavuuden välillä. Ruokinnan suunnittelun lisäksi voidaan eläinten ravintoaineiden hyväksikäyttöön vaikuttaa muuttamalla käytännön järjestelyin.

10.1 Rajoitettu ja tuotantovaiheen mukainen ruokinta

Ferrell ja Jenkins (1998a,b) osoittivat, ettei syödyllä energiamäärällä ja elimistön kyvyllä pidättää ravintoaineita ole lineaarista yhdysvaikutusta. Ravintoaineiden pidätyskyky heikkenee korkeaenergisellä ruokinnalla ja eläimen ikääntyessä. Elimistöllä on endogeeninen (sisäsyntyinen) pyrkimys säilyttää elopaino tietyssä tasapainotilassa. Jos ruokinnan energiataso pidetään kiinteänä koko

tuotantokauden ajan, emolehmän elimistöllä on taipumus siirtyä uuteen korkeampaan elopainon tasapainotilaan (Jenkins & Ferrell 1997). Ravintoaineiden hyväksikäyttöä saadaan parannettua, kun emolehmien annetaan tuotantovaiheen mukaan menettää ja lisätä painoaan. Elimistön energiavarojen käyttö pitää kuitenkin olla suunnitelmallista (Freetly & Nienaber 1998). Rajoi-



Kuva: Sari Jaakolan

tettu ruokinta voi heikentää päiväkasvua ja teurastuloksia loppukasvatusvaiheessa. Loppukasvatusvaiheessa tuotantovaiheen mukainen ruokinta parantaa teurastuloksia (Keane 2002). Tuotantovaiheen mukaisella ruokinnalla voidaan myös vähentää ympäristön ja

elimistön kuormitusta, jolloin sonnan eritettyt typpi- ja fosforimäärät ovat pienempiä (Galyean 2000).

10.2 Ruokinnan ajoittaminen

Ruokinnan ajoituksella voidaan vaikuttaa ravintoaineiden hyväksikäyttöön. Rehujen syönnistä, sulatuksesta ja märehimisestä muodostuu aina lämpöä. Small ym. (2004) ruokkivat vasikat kylmissä olosuhteissa aamulla ja illalla. He havaitsivat, että illalla ruokitut vasikat kasvoivat hieman paremmin. Emolehmärakennukset ovat pääasiassa kylmiä rakennuksia. Illalla tapahtuvaa ruokintaa voidaan soveltaa myös emolehmiin, jolloin suurin lämmöntuotto olisi yöllä. Oletuksena on, että tällöin suurempi osa ravintoaineista jäisi tuotantoon. Emolehmien ruokinta illalla voi vaikuttaa vasikoiden syntymäaikaan. Pötsin täyteisyys ja hormonaaliset tekijät voivat siirtää poikima-ajankohtaa.

Jos ruokinta-ajankohta siirretään alkuiltaan (18:00–20:00) noin 80 % emoista voi poikia klo 6:00–18:00 välisenä aikana (Lowman ym. 1981, Jaeger ym. 2008). Käytännön syistä illalla tapahtuva ruokinta ei kuitenkaan ole usein järkevää.

Emolehmille voidaan tarjota dieettiä täydentäviä rehuja erilaisissa jaksoissa. Heikkolaa-tuisen karkearehun valkuaistäydennys voidaan antaa 3–6 päivän välein. Emolehmien terveyteen tai tuotantoon tällä ei ole vaikutusta. Valkuaistäydennys parantaa heikkolaa-tuisen karkearehun sulavuutta ja typen hyväksikäyttöä (Bohnert ym. 2002).



Kuva: Perttu Virkajärvi

11 Yhteenveto ja johtopäätökset

Liharotuisten nautojen rehun syönnissä ja siitä muodostuneessa tuotantotuloksessa on havaittavissa selvää perinnöllistä vaihtelua. Eläinten rehuhyötysuhteen parantamisella voidaan vaikuttaa tilan taloudelliseen tulokseen ja ympäristökuormitukseen. Perinnöllisesti rehuhyötysuhteeltaan tehokkaat eläimet saavuttavat samat tuotannolliset tulokset pienemmällä rehumäärällä, jolloin ympäristöä kuormittavien päästöjen osuus jää vähäisemmäksi. Kaikkia rehuhyötysuhteeseen vaikuttavia fysiologisia tekijöitä ei tunneta. Tällä hetkellä arvioidaan, että yksi merkittävimmistä tekijöistä olisi eläinten stressinsietokyky. Rauhalliset eläimet kasvavat ja tuottavat paremmin kuin vaikeasti käsiteltävät eläimet.

Residuaalisen syönnin jalostuksellisella käytöllä voi olla positiivinen vaikutus eläinten lihantuotanto-ominaisuuksiin. Matalan residuaalisen syönnin eläimet ovat hieman lihaksikkaampia ja vähärasvaisempia kuin korkean residuaalisen syönnin eläimet. Teurasruhojen rasvaisuuden arvioidaan vähenevän noin 5 % ja vastaavasti teurassaannon lisääntyvän noin 1 %, jos residuaalista syöntiä käytetään jalostuksellisessa valinnassa. Uudistuseläinten hedelmällisyysominaisuuksien kehittymiseen on kuitenkin kiinnitettävä erityishuomiota. Rehuhyötysuhde ja residuaalinen syönti ovat eläimen yksilöllisiä ominaisuuksia. Rehuhyötysuhde on erilainen eri tuotantovaiheissa. Nuorten eläinten suuri tuotantopotentiali parantaa rehuhyötysuh-

detta. Emolehmillä kehon kyky kerätä rasvavarastoja parantaa tuotannon kokonais-
tehokkuutta. Roduilla on hyvin erilaisia ominaisuuksia. Yhdestä rodusta on vaikea löytää kaikkia optimaalisia ominaisuuksia koko tuotantoketjuun. Paras tuotannollinen tehokkuus saadaan, kun rotuominaisuudet sopivat tilan olosuhteisiin parhaalla mahdollisella tavalla. Rotujen suunnitelmallinen risteytys on tehokkain tapa yhdistää rotujen parhaita ominaisuuksia. Rehuhyötysuhde ja residuaalinen syönti periytyvät keskinkertaisesti.

Residuaalisen syönnin testaus on kallista ja aikaa vievää. Geenitesti sen suhteen voidaan suorittaa 30 % tarkkuudella. Geenitesti tulee olemaan varteenotettava vaihtoehto rehuhyötysuhteeltaan aiempaa tehokkaampien eläinten tunnistamisessa myös Suomessa. Residuaalisella syönnillä on jalostus- tai odotusarvo muutamissa maissa. Jalostajilla on merkittävä osuus geneettisesti rehuhyötysuhteeltaan aiempaa paremman eläinaineksen levittämisessä. Euroopassa (Irlanti) ensimmäinen residuaalisen syönnin mittava kartoitus liharotuisilla naudoilla on alkanut vuodenvaihteessa 2009. Projekti kestää viisi vuotta. (<http://www.agresearch.teagasc.ie/animalbioscience/research.asp>). Ranskassa rehuhyötysuhde ilmoitetaan lihakkuusindeksin yhteydessä. Rehuhyötysuhdetta voidaan parantaa myös tarkentamalla ruokinnan suunnittelua ja mahdollisesti ajoittamalla ruokinta tavanomaisesta poikkeavaan ajankohtaan.

12 Kirjallisuus

- Adam, I., Young, B.A., Nicol, A.M. & Degan, A.A. 1984. Energy cost of eating in cattle given diets of different form. *Animal Production* 38: 53–56.
- Alford, A.R., Hegarty, R.S. & Parnell, P.F. 2005. The impact of breeding to reduce residual feed intake on enteric methane emissions from the Australian beef industry. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45: 985–993.
- Archer, J.A., Arthur, P.F., Herd, R.M. & Richardson, E.C. 1998. Genetic variation in feed efficiency and its component traits. *Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Armidale, NSW, Australia 25: 81–84.
- Archer, J. A., Richardson, E.C., Herd, R.M. & Arthur, P.F. 1999. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: A review. *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 147–161.
- Arthur, P.F., Archer, J.A. & Herd, R.M. 2004. Feed intake and efficiency in beef cattle: Overview of recent Australian research and challenges for the future. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 361–369.
- Arthur, P. F., Archer, J.A., Herd, R.M., Richardson, E.C., Exton, S.C., Oswin, C., Dibley, C.P. & Burton, D.A. 1999. Relationship between postweaning growth, net feed intake and cow performance. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* 13: 484–487.
- Arthur, P. F., Archer, J.A., Johnston, D.J., Herd, R.M., Richardson, E.C. & Parnell, P.F. 2001a. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. *Journal of Animal Science* 79: 2805–2811.
- Arthur, P.F., Archer, J.A., Herd, R.M. & Melville, G.J. 2001b. Response to selection for net feed intake in beef cattle. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* 14: 135–138.
- Arthur, P. F., Renand, G. & Krauss, D. 2001c. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. *Livestock Production Science* 68: 131–139.
- Arthur, P.F. & Herd, R.M. 2005. Efficiency of feed utilization by livestock – implications and benefits of genetic improvement. *Canadian Journal of Animal Science* 85: 281–290.
- Arthur, P.F., Herd, R.M., Wilkins, J.F. & Archer, J.A. 2005. Maternal productivity of Angus cows divergently selected for post-weaning residual feed intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45: 985–993.
- Arthur, P. F., Herd, R.M., Wright, J., Xu, G., Dibley, K. & Richardson, E.C. 1996. Net feed conversion efficiency and its relationship with other traits in beef cattle. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 21: 107–110.
- Bailey, C.L., Prado-Cooper, M.J., Wright, E.C., Anderson, M., Jones, R., Horn, G.W., Krehbiel, C.R. & Wettemann, R.P. 2008. Effects of maintenance energy requirements of beef cows on cow and calf performance [Verkkodokumentti.] 2008 Animal Science Research Reports. Saatavissa internetistä: <<http://www.ansi.okstate.edu/>> [Viitattu: 15.12.2009.]
- Baker, S. D., Szasz, J.I., Klein, T.A., Kuber, P.S., Hunt, C.W., Glaze Jr., J.B., Falk, D., Richard, R., Miller, J.C., Battaglia, R.A. & Hill, R.A. 2006. Residual feed intake of purebred Angus steers: Effects on meat quality and palatability. *Journal of Animal Science* 84: 938–945.
- Basarab, J.A., McCartney, D., Okine, E.K. & Baron, V.S. 2007. Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. *Canadian Journal of Animal Science* 87: 489–502
- Basarab, J.A., Price, M.A., Aalhus, J.L., Okina, E.K., Snelling, W.M. & Lyle, K.L. 2003. Re-

- sidual feed intake and body composition in young growing cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 83: 189–204.
- Beckman, D.W., Enns, R.M., Speidel, S.E., Brigham, B.W. & Garrick, D.J. 2007. Maternal effects on docility in Limousin cattle. *Journal of Animal Science* 85: 650–657.
- Bennett, G. L. & Williams, B.C. 1994. Implications of genetic changes in body composition on beef production systems. *Journal of Animal Science* 72: 2756–2763.
- Bergen, R.D., McKinnon, J.J., Christensen, D.A., Kohle, N. & Belanger, A. 1997. Use of real-time ultrasound to evaluate live animal carcass traits in young performance-tested beef bulls. *Journal of Animal Science* 75: 2300–2307.
- Blaxter, K.L. 1962. The energy metabolism of ruminants. London: Hutchinson. 329 s.
- Bishop, M. D., Davis, M.E., Harvey, W.R., Wilson, G.R. & VanStavern, B.D. 1991. Divergent selection for post-weaning feed conversion in Angus beef cattle: II. Genetic and phenotypic correlations and realized heritability estimate. *Journal of Animal Science* 69: 4360–4367.
- Boadi, D. A., Wittenberg, K. M., Scott, S. L., Burton, D., Buckley, K., Small, J. A. & Ominski, K. H. 2004. Effect of low and high forage diet on enteric and manure pack greenhouse gas emissions from a feedlot. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 445–453.
- Bohnert, D.W. Schauer, C.S. & DeCurto, T. 2002. Influence of rumen protein degradability and supplementation frequency on performance and nitrogen use in ruminants consuming low-quality forage: cow performance and efficiency of nitrogen use in wethers. *Journal of Animal Science* 80: 1629–1637.
- BREEDPLAN 2009. Yrityksen kotisivut. Saatavissa internetistä: <<http://breedplan.une.edu.au>>. [Viitattu 15.12.2009.]
- Castro Bulle, F.C.P., Paulino, P.V., Sanches, A.C. & Sainz, R.D. 2007. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. *Journal of Animal Science* 85: 928–936.
- CSIRO 1990. Feeding standards for Australian livestock. Ruminants. Standing Committee on Agriculture. CSIRO Publications. East Melbourne, CSIRO Australia. 288 s.
- Crews, D.H., Jr. 2005. Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: A review. *Genetic Molecular Research* 4: 152–165.
- Crews, D.H., Jr., Carstens, G.E. & Lancaster, P.A. 2006. Case Study. A multiple trait selection index including feed efficiency. *Professional Animal Science* 22: 65–70.
- Crews, D.H., Jr., Shannon, N.H., Genswein, B.M.A., Crews, R.E., Johnson, C.M. & Kendrick, B.A. 2003. Genetic parameters for net feed efficiency of beef cattle measured during postweaning growing versus finishing periods. *Proceedings of Western Section of the American Society of Animal Science* 54: 125–128.
- DeRamus, H. A., Clement, T. C., Giampola, D. D. & Dickison, P. C. 2003. Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems. *Journal of Environment Quality* 32: 269–277.
- Derno, M., Jentsch, W., Schweigel, M., Kuhla, S., Metges, C.C. & Matthes, H.-D. 2005. Measurements of heat production for estimation of maintenance energy requirements of Hereford steers. *Journal of Animal Science* 83: 2590–2597.
- DiCostanzo, A., Meiske, J.C., Plegge, S.D., Peters, T.M. & Goodrich, R.D. 1990. Within herd variation in energy utilization for maintenance and gain in beef cows. *Journal of Animal Science* 58: 2156–2165.
- Dobos, R. & Herd, R.M. 2008. Spectral analysis of feeding patterns of steers divergent in residual feed intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48: 843–846.
- Durunna, O.N., Mujibi, F.D.N., Wang, Z. & Moore, S.S. 2008. Evaluation of feed efficiency in beef cattle under low and high energy feedlot diets. *International Society*

- of Animal Genetics. ISAG 2008, Amsterdam. Saatavissa internetistä: <<http://www.turkхайgen.gov.tr/doc/ISAG-POSTER.pdf>> [Viitattu 15.12.2009.]
- Eckard, R.J. & Grainger, C. 2007. Methane Research Project. [Verkkodokumentti.] Saatavissa internetistä: <<http://greenhouse.unimelb.edu.au/>>. [Viitattu 15.12.2009.]
- Eisemann, J. H. & Nienaber, J.A. 1990. Tissue and whole-body oxygen uptake in fed and fasted steers. *British Journal of Nutrition* 64: 399–411.
- Fan, L. Q., Bailey, D.R.C. & Shannon, N.H. 1995. Genetic parameter estimation of postweaning gain, feed intake, and feed efficiency for Hereford and Angus bulls fed two different diets. *Journal Animal Science* 73: 365–372.
- Ferrell, C.L. & Jenkins, T.G. 1985. Cow type and the nutritional environment - nutritional aspects. *Journal of Animal Science* 61: 725–741.
- Ferrell, C.L. & Jenkins, T.G. 1984. Energy-utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. *Journal of Animal Science* 58: 234–243.
- Ferrell, C.L. & Jenkins, T.G. 1998a. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford and Pimontoise sires. *Journal of Animal Science* 76: 637–646.
- Ferrell, C.L. & Jenkins, T.G. 1998b. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford and Tuli sires. *Journal of Animal Science* 76: 647–657.
- Flatz, G., A. Czeizel, A., Metneki, J., Kuhnau, W. & Jahn, D. 1985. Pulmonary hydrogen and methane excretion following ingestion of an unabsorbable carbohydrate: A study of twins. *Journal of Pediatric Gastroenteric Nutrition* 4: 936–941.
- France Génétique Elevage 2009. Yrityksen kotisivut. [Verkkodokumentti.] Saatavissa internetistä: <<http://www.france-genetique-elevage.fr/>>. [Viitattu 15.12.2009.]
- Freetly, H.C. & Nienaber, J.A. 1998. Efficiency of energy and nitrogen loss and gain in mature cows. *Journal of Animal Science* 76: 896–905.
- Freetly, H.C., Nienaber, J.A. & Brown-Brandl, T. 2008. Partitioning of energy in pregnant beef cows during nutritionally induced body weight fluctuation. *Journal of Animal Science* 86: 370–377.
- Galyean, M.L. 2000. Environmental stewardship in the future: Nutrient management issues and options for beef cattle feeding operations. *Journal of Animal Science* 79: 1–9.
- Golden, J. W., Kerley, M.S. & Kolath, W.H. 2008. The relationship of feeding behaviour to residual feed intake in crossbred Angus steers fed traditional and no-roughage diets. *Journal of Animal Science* 86: 180–186.
- Grobert, J.F., Royo Martin, L.J., Poncelet, D., Pirottin, D., Brouwers, B., Riquet, J., Schoeberlin, A., Donner, S., Ménissier, F., Massabanda, J., Fries, R., Hanset, R. & Georges, M. 1997. A deletion in the bovine myostatin gene causes the double-muscléd phenotype in cattle. *Nature Genetics* 17: 71–74.
- Gupta, S., Early, B., Ting, S. T. L., Leonard, N. & Crowe, M. A. 2004. Technical note: Effect of corticotrophin-releasing hormone on adrenocorticotrophic hormone and cortisol in steers. *Journal of Animal Science*. 82: 1952–1956.
- Gupta, S., Early, B., Ting, S. T. L. & Crowe, M. A. 2005. Effect of repeated regrouping and relocation on physiological immunological and haematological variables and performance of steers. *Journal of Animal Science* 83: 1948–1958.
- Hart, K.J., Martin, P.G., Foley, P.A., Kenny, D.A. & Boland, T.M. 2009. Effect of sward dry matter digestibility on methane production, ruminal fermentation, and microbial populations of zero-grazed beef catt-

- le. *Journal of Animal Science* 87: 3342–3350.
- Hegarty, R.S., Goopy, J.P., Herd, R.M. & McCorkell, B. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science* 85: 1479–1486.
- Herd, R. M., Archer, J.A. & Arthur, P.F. 2003. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. *Journal of Animal Science* 81 (E. Supplement): E9–E17.
- Herd, R. M. & Arthur, P.F., 2009. Physiological basis for residual feed intake. *Journal of Animal Science* 87 (E. Supplement): E64–E71.
- Herd, R.M. & Bishop, S.C. 2000. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford Cattle. *Livestock Production Science* 63: 111–119.
- Herd, R. M., Hegarty, R.S., Dicker, R.W., Archer, J.A. & Arthur, P.F. 2002. Selection for residual feed intake improves feed conversion in steers on pasture. *Animal Production in Australia* 24: 85–88.
- Herd, R. M., Oddy, V.H. & Richardson, E.C. 2004. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 423–430.
- Herd, R. M., Richardson, E.C., Hegarty, R.S., Woodgate, R., Archer, J.A. & Arthur, P.F. 1998. Pasture intake by high versus low net feed efficient Angus cows. *Animal Production in Australia* 22: 137–140.
- Hersom, J.M., Krehbiel, C.R. & Horn, G.W. 2004. Effect of live weight gain of steers during winter grazing: 11. Visceral organ mass, cellularity and oxygen consumption. *Journal of Animal Science* 82: 184–197.
- Hotovy, S.K., Johnson, K.A., Johnson, D.E., Carstens, G.E., Bourdon, R.M. & Seidel Jr, G.E. 1991. Variation among twin beef cattle in maintenance energy requirements. *Journal of Animal Science* 69: 940–946.
- Hughes, T. E. & Pitchford, W.S. 2004. How does pregnancy and lactation affect efficiency of female mice divergently selected for post-weaning net feed intake? *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 501–506.
- IGENITY 2009. Yrityksen kotisivut. Saatavissa internetistä: <<http://us.igenity.com>>. [Viitattu 15.12.2009.]
- Institut de l'élevage 2009. INRA CR N°2316 : répertoire français des méthodes et procédures. [Verkkodokumentti.] Saatavissa internetistä: <<http://www.inst-elevage.asso.fr/>>. [Viitattu 15.12.2009.]
- Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) 1989. Ruminant Nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables. Toim. Jarrige, R. London: John Libbey. 389 s.
- Jaeger, J.R., Olson, K.C., DelCurto, T. & Qu, A. 2008. Case Study: Pattern of parturition as Affected by time of feeding and prediction of the time of day that parturition will occur in spring-calving beef cows. *The Professional Animal Scientist* 24: 247–253.
- Jenkins, T.G. & Ferrell, C.L. 1997. Changes in proportions of empty body depots and constituents for nine breeds of cattle under various feed availabilities. *Journal of Animal Science* 75: 95–104.
- Jenkins, T.G. & Ferrell, C.L. 2002. Beef cow efficiency – revisited. Teoksessa: Beef Improvement federation annual meeting, 34, Omaha, Nebraska. s. 32–43.
- Jenkins, T.G. & Ferrell, C.L. 2007. Daily dry matter intake to sustain body weight of mature, nonlactating, nonpregnant cows. *Journal of Animal Science* 85: 1787–1792.
- Johnson, D.E., Ferrell, C.L. & Jenkins, T.G. 2003. The history of energetic efficiency research: Where have we been and where are we going? *Journal of Animal Science* 81 (E. Supplement 1): E27–E38.
- Keane, M.G. 2002. Concentrate supplements for weanling and finishing steers. Grange Research Centre. Beef Production Series No. 42. 31 s.

- Kelly, A.K., McGee, M., Crews Jr D.H., Boland, T.M. & Kenny, D.A. 2009. Effect of net feed efficiency on body composition traits in growing beef heifers. Teoksessa: Agricultural Research Forum 2009. The Tullamore Court Hotel, Tullamore, Co. 12th & 13th March 2009. s. 59. Saatavissa internetistä: <<http://www.agresearchforum.com/publicationsarf/2009/proceedings2009.pdf>>.
- Knott, S.A., Cummins, L.J., Leury, B.J., & Dunshea, F.R. 2008. Less efficient rams are more responsive to adrenocorticotrophic hormone (ACTH) induced stress challenge. *Domestic Animal Endocrinology* 34: 261–268.
- Koch, R. M., Swiger, L.A., Chambers, D. & Gregory, K.E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science* 22: 486–494.
- Kolath, W.H., Kerley, M.S., Golden, J.W. & Keisler, D.H. 2006. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. *Journal of Animal Science* 84: 861–865.
- Krueger, W.K., Carstens, G.E., Paddock, Z.D., Calloway, T.R., Anderson, R.C., Krueger, N.A., Gontcharova, V., Dowd, S.E., Gomez, R.R. & Pinchard, W.E. 2009. Associations between feed efficiency and gut microbial ecology and fermentation parameters in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* (E. Supplement 2) 87: 295.
- Lancaster, P.A., Carstens, G.E., Ribeiro, F.R.B., Tedeschi, L.O. & Crews Jr, D.H. 2009. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. *Journal of Animal Science* 87: 1528–1539.
- Lancaster, P. A., Carstens, G.E. & Woods, S.A. 2005. Evaluation of feed efficiency traits in growing bulls and relationships with feeding behaviour and ultrasound carcass estimates. *Journal of Animal Science* 83 (Supplement 2): 121. (Abstrakti).
- Laurenz, J.C., Byers, F.M., Schelling, G.T. & Greene, L.W. 1991. Effects of season on the maintenance requirements of mature beef cows. *Journal of Animal Science* 69: 2168–2176.
- Lawrence, P., McGee, M., Kenny, D. A., Crews Jr, D.H. & Earley, B. 2009. Grass silage intake, rumen and blood variable, ultrasound and body measurements and behaviour in pregnant beef heifers differing in phenotypic residual feed intake. Teoksessa: Agricultural Research Forum 2009. The Tullamore Court Hotel, Tullamore, Co. 12th & 13th March 2009. s. 50. Saatavissa internetistä: <<http://www.agresearchforum.com/publicationsarf/2009/proceedings2009.pdf>>.
- Le Neindre, P., Trillat, G., Sapa, J., Menissier, F., Bonnet, J.N. & Chupin, J.M. 1995. Individual differences in docility in Limousin cattle. *Journal of Animal Science* 73: 2249–2253.
- Lobley, G.E. 1992. Control of metabolic fate of amino acids in ruminants: a review. *Journal of Animal Science* 70: 3264–3275.
- Lobley, G.E. 2003. Protein turnover-what does it mean for animal production? *Canadian Journal of Animal Science* 83: 327–340.
- Lobley, G.E., Milne, V., Lovie, J.M., Reeds, P.J. & Pennie, K. 1980. Whole-body and tissue protein synthesis in cattle. *British Journal of Nutrition* 43: 491–502.
- Lobley, G.E., Sinclair, K.D., Grant, C.M., Miller, L., Mantle, D., Calder, A.G., Warkup, C.C. & Maltin, C.A. 2000. The effects of breed and level of nutrition on whole-body and muscle protein metabolism in pure-bred Aberdeen Angus and Charolais-steers. *British Journal of Nutrition* 84: 275–284.
- Los, V.T. & Haagsman, H.P. 2004. Proteolytic systems and regulation of muscle remodelling and breakdown. Teoksessa: te Pas, M.F.W., Everts, M.E. & Haagsman, H.P. (toim.) *Muscle development of livestock animals*. Wallingford: CABI Publishing. s. 173-199.
- Lovett, D., Lovell, S., Stack, L., Callan, J. Finlay, M. Conolly, J. & O'Mara, F. P. 2003. Effect of forage/concentrate ratio and dietary coconut oil level on methane output and

- performance of finishing beef heifers. *Livestock Production Science* 84: 135–146.
- Lowman, B.G. Hankey, M.S. Scott, N.A., Deas, D.W. & Hunter, E.A. 1981. Influence of time of feeding on time of parturition in beef cows. *Veterinary Record* 109: 557. (Abstrakti).
- Mader, C.J. Montanholi, Y.R., Wang, Y.J., Miller, S.P., Mandell, I.B., McBride, B.W. & Swanson, K.C. 2009. Relationship among measures of growth performance and efficiency with carcass traits, visceral organ mass and pancreatic digestive enzymes in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 87: 1548–1557.
- McAllister, T. A., Okine, E. K., Mathison, G. W. & Cheng, K. J. 1996. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science* 76: 231–243.
- McDonagh, M. D., Herd, R.M., Richardson, E.C., Oddy, V.H., Archer, J.A. & Arthur, P.F. 2001. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 1013–1021.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. & Morgan, C.A. 2002. *Animal Nutrition*. 6th edition. Essex: Pearson Education Limited. 607 s.
- McDonnell, R., Hart, K.J., Boland, T.M., Kelly, A.K., McGee, M. & Kenny, D.A. 2009. Effect of ranking on phenotypic residual feed intake and diet on ruminal methane emissions from beef heifers. *Teoksessa: Agricultural Research Forum 2009*. The Tullamore Court Hotel, Tullamore, Co. 12th & 13th March 2009. s. 31. Saatavissa internetistä: <<http://www.agresearchforum.com/publicationsarf/2009/proceedings2009.pdf>>.
- Meyer A. M., Kerley, M.S. & Kallenbach, R.L. 2008. The effect of residual feed intake classification on forage intake by grazing beef cows. *Journal of Animal Science* 86: 2670–2679.
- Midland Bull Test 2009. Yrityksen kotisivut. Saatavissa internetistä: <www.midland-bulltest.com>. [Viitattu 7/2009.]
- Miller, S.P. 2003. Genetic improvement programs for feed efficiency in beef cattle. *Proceedings of Canadian Society of Animal Science*. CD-ROM communication. Saatavilla internetistä: <<http://pubservices.nrc-cnrc.ca>>.
- Montanholi, Y.R., Swanson, K.C., Schenkel, F.S., McBride, B.W., Caldwell, T.H. & Miller, S.P. 2009. In the determination of residual feed intake and association of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. *Livestock Science* 125: 22–30.
- Montaño-Bermudez, M. & Nielsen, M.K. 1990. Biological efficiency to weaning and to slaughter of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. *Journal of Animal Science* 68: 2297–2309.
- Moore, K.L., Johnston, D.L. & Burrow, H.M. 2005a. Sire breed differences for net feed intake in feedlot finished beef cattle. *Proceedings of the association for the advancement of animal breeding and genetics* 16: 76–79.
- Moore, K.L., Johnston, D.L., Graser, H.U. & Herd, R.M. 2005b. Genetic and phenotypic relationships between insulin like growth factor-I (IGF-I) and net feed intake, fat and growth traits in Angus beef cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 211–218.
- Moore, S.S., Mujibi, F.D. & Sherman, E.L. 2009. Molecular basis for residual feed intake in beef cattle. *Journal of Animal Science* 87: E41–E47.
- Mrode, R. A., Smith, C. & Thompson, R. 1990. Selection for rate and efficiency of lean gain in Hereford cattle. II. Evaluation of correlated responses. *Animal Production* 51: 35–46.
- Murphy, T.A., Fluharty, F.L. & Loerch, S.C. 1994. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concent-

- rate diets. *Journal of Animal Science* 72: 1608–1615.
- NBCEC 2009. (National Beef Cattle Evaluation Consortium) Yhdistyksen kotisivut. [Päivitetty: 10.9.2009.] Saatavissa internetistä: <<http://www.nbcec.org>>. [Viitattu 15.12.2009.]
- Nkrumah, J.D., Basarab, J.A., Price, M.A., Okine, E.K., Ammoura, A., Guercio, S., Hansen, C., Li, C., Benkel, B., Murdoch, B. & Moore, S.S. 2004. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. *Journal of Animal Science* 82: 2451–2459.
- Nkrumah, J. D., Basarab, J.A., Wang, Z., Li, C., Price, M.A., Okine, E.K., Crews, D.H. & Moore, S.S. 2007. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of in beef cattle. *Journal of Animal Science* 85: 2711–2720.
- Nkrumah, J. D., Okine, E. K., Mathison, G. W., Schmid, K., Li, C., Basarab, J. A., Price, M. A., Wang, Z. & Moore, S. S. 2006. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of Animal Science* 84: 145–153.
- NRC 2000. (National Research Council) Nutrient requirements of beef cattle. 7. painos. Washington, DC: National academy press. 232 s.
- Oddy, V. H. 1999. Genetic variation in protein metabolism and implications for variation in efficiency of growth. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia* 12: 23–29.
- Oddy, V. H., Herd, R.M., McDonagh, M.B., Woodgate, R., Quinn, C.A. & Zirkler, K. 1998. Effect of divergent selection for yearling growth rate on protein metabolism in hind-limb muscle and whole body of Angus cattle. *Livestock Production Science* 56: 225–231.
- Oddy, V. H., Speck, P.A., Warren, H.M. & Wynn, P.C. 1995. Protein metabolism in lambs from lines divergently selected for weaning weight. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 124: 129–137.
- Okine, E.K., Basarab, J.A., Goonewardene, L.A., Mir, P., Mir, Z., Price, M.A., Arthur, P.F. & Moore, S.S. 2003. Residual feed intake: what is it and how does it differ from traditional concepts of feed efficiency? *Proceedings of the Canadian Society of Animal Science*. CD-ROM communication. Saatavilla internetistä: <<http://pubservices.nrc-cnrc.ca>>.
- Owens, F.N., Gill, D.R., Secrist, D.S. & Coleman, S.W. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 73: 3152–3172.
- Pfizer Animal Genetics 2009. Yrityksen kotisivut. Saatavissa internetistä: <<http://www.pfizeranimalgenetics.com>>. [Viitattu 15.12.2009.]
- Pitchford, W. S. 2004. Genetic improvement of feed efficiency of beef cattle: what lessons can be learnt from other species? *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 371–382.
- Pinares-Patiño, C. S., Baumont, R. & Martin, D. R. 2004. Methane emissions by Charolais cows grazing a monospecific pasture of timothy at four stages of maturity. *Canadian Journal of Animal Science* 78: 769–777.
- Prado-Cooper, M.J., Madden, R.D., Dillwith, J.W., Bailey, C.L., Wright, E.C., Krehbiel, C.R. Step, D.L. & Wettenmann, R.P. 2009. Proteomic analyses in beef cows with low and high maintenance energy requirements. *Journal of Animal Science* (E. Supplement 2) 87: 296. (Abstrakti).
- Reed, B.K., Hunt, C.W., Sasser, R.G., Momont, P.A., Rode, L.M. & Kastelic, J.P. 1997. Effect of forage:concentrate ratio on digestion and reproduction in primiparous beef heifers. *Journal of Animal Science* 75: 1708–1714.
- Renand, G., Geay, Y., Ménissier, F., Barboiron, C. & Gillard, P. 1996. Performances de croissance et composition corporelle de

- taureaux Charolais en stations de contrôle individuel (Growth performances and body composition of Charolais bulls in central test stations). *Annales de Zootechnie* 45: 3–16.
- Reynolds, C.K., Tyrrell, H.F. & Reynolds, P.J. 1991. Effects of diet forage-to-concentrate ratio and intake on energy metabolism in growing beef heifers: whole body energy and nitrogen balance and visceral heat production. *Journal of Nutrition* 122: 994–1003.
- Richardson, E.C. & Herd, R.M. 2004. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 431–440.
- Richardson, E.C., Herd, R.M., Archer, J.A. & Arthur, P.F. 2004. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 441–452.
- Richardson, E.C., Kilgour, R.J., Archer, J.A. & Herd, R.M. 1999. Pedometers measure differences in activity in bulls selected for high or low net feed efficiency. *Australian Society for Study of Animal Behaviour* 26: 16.
- Richardson, E.C., Herd, R.M., Oddy, V.H., Thompson, J.M., Archer, J.A. & Arthur, P.F. 2001. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 1065–1072.
- Robinson, D. L. & Oddy, V.H. 2004. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. *Livestock Production Science* 90: 255–270.
- Schenkel, F.S., Miller, S.P. & Wilton, J.W. 2003. Genetic parameters of feed efficiency, growth and carcass traits of beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science* 83: 617–618.
- Schenkel, F. S., Miller, S.P. & Wilton, J.W. 2004. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth and body composition traits of young beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 177–185.
- Small, J.A., Kennedy, A.D., Veira, D.M., McCaughey, W.R. & Ward, D.R. 2004. Time of feeding and growth promotant effects on the winter growth performance and carcass traits of steers. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 133–144.
- Steinfeld, H., Gerber, P. & Wassenaar, T. 2006. Livestock's long shadow – Environmental issues and options. [Verkkodokumentti.] Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Rome. Saatavilla internetistä: <<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>>. [Viitattu: 15.12.2009.]
- Susenbeth, A., Dickel, T., Südekum, K-H., Drochner, W. & Steingäß, H. 2004. Energy requirements of cattle for standing and for ingestion, estimated by a ruminal emptying technique. *Journal of Animal Science* 82: 129–136.
- Thompson, W. R., Meiske, J. C., Goodrich, R. D., Rust, J. R. & Byers, F. M. 1983. Influence of body composition on energy requirements of beef cows during winter. *Journal of Animal Science* 56: 1241–1252.
- Tixier-Boichard, M.A., Borda, A. Renand, G. & Bidanel, J.P. 2002. Residual food consumption as a tool to unravel genetic components of food intake. *Proceedings of 7th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, France* 31: 213–220.
- UNFCCC 2006. (United Nations Framework Convention on Climate Change). Greenhouse inventory data. [Verkkodokumentti.] Bonn, Germany. Saatavilla internetistä: <<http://unfccc.int.2860.php>>.
- Vinet, A., Krauss, D. Andre, C. & Renand, G. 2008. Relations génétiques entre les capacités d'ingestion de taurillons, bœufs, génisses et vaches. 3R. 15e Journées 3R. Saatavilla internetistä: <<http://www.instelevage.asso.fr>>. [Viitattu: 15.12.2009.]
- Voisinet, B. D., Grandin, T., Tatum, J.D., O'Connor, S.F. & Struthers, J.J. 1997. Fee-

dlot cattle with calm temperaments have higher average daily gains than cattle with excitable temperaments. *Journal of Animal Science* 75: 892–896.

Vizcarra, J.A., Wettemann, R.P., Lusby, K.S., Selk, G.E. & Yelich, J.V. 1995. Body condition score is a precise tool to evaluate beef cows. Oklahoma State University, Animal Science Research Report 943: 201–205.

Wang Z., Nkrumah, J.D., Li, C., Basarab, J.A., Goonewardene, L.A., Okine, E.K., Crews,

Jr, D.H. & Moore, S.S. 2006. Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe System. *Journal of Animal Science* 84: 2289–2298.

Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Koch, R.M. & Crouse, J.D. 1996. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and Longissimus palatability. *Journal of Animal Science* 74: 1023–1035.



Kehitystä naudanlihantuotantoon I

Suomalainen naudanlihantuotanto kärsii heikosta kannattavuudesta: koko 2000-luvun alun naudanlihan tuottajahinta on ollut alhainen, ja tilojen tuotantokustannukset suuremmat kuin vuosittaiset kokonaistuotot.

MTT:n InnoNauta -hankekokonaisuuden tavoitteena on naudanlihan tuotantokustannusten alentaminen 20 prosentilla. Osa hanketta on tämä julkaisu, johon on koottu tuorein tutkimustieto naudanlihantuotannon tehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä neljän laajan kirjallisuusselvityksen perusteella.

Ensimmäisessä artikkelissa kuvataan kotimaisen naudanlihantuotannon rakennekehitystä, muutoksia naudanlihan tarjonnassa ja naudanlihaa tuottavien tilojen taloudellista kehitystä viime vuosina. Toisessa artikkelissa tarkastellaan pikkuvasikoiden lämmönsäätelyn fysiologiaa sekä kylmässä kasvattamisen vaikutuksia niiden terveyteen, tuotantoon ja hyvinvointiin.

Julkaisun kolmannessa artikkelissa kartoitetaan erilaisia mahdollisuuksia vaikuttaa naudan ruhon rasvoittumiseen. Neljännessä artikkelissa kerrotaan liharotuisten nautojen rehuhyötysuhteen vaihtelusta ja periytyvyydestä sekä siihen liittyvistä seikoista.

MTT julkaisee tutkimustuloksiaan kahdessa raporttisarjassa:
MTT Kasvu ja MTT Tiede.

MTT KASVU
www.mtt.fi/julkaisut

MTT Kasvu -sarjassa julkaistaan oppaita ja raportteja maatalous- ja elintarvike tutkimuksesta sekä maatalouden ympäristötutkimuksesta. Tuloksista kerrotaan käytännönläheisesti ja ymmärrettävästi. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen, puh. (03) 41881, sähköposti julkaisut@mtt.fi