

## Kuntoluokan ja elopainon muutoksen sekä maidon rasva-valkuaisuushteen yhteys laskennalliseen energiataseeseen

Mäntysaari Päivi<sup>1)</sup>, Huhtanen Pekka<sup>2)</sup>, Nousiainen Juha<sup>3)</sup> ja Mäntysaari Esa<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

<sup>2)</sup>Cornell University, Department of Animal Science, Ithaca, NY 14853-4801, USA

<sup>3)</sup>Valio Oy, PL10, 00039 Valio

<sup>4)</sup>MTT, Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, 31600 Jokioinen

### Tiivistelmä

Lehmien tuotantokyvyn jalostus on johtanut paitsi tuotosten niin myös lehmien elopainon ja syöntikyvyn lisääntymiseen. Syöntikyvyn lisääntyminen ei kuitenkaan ole riittävä kattamaan suurempien tuotosten ja kookkaampien eläinten ylläpidon vaatimaa energiatarvetta, joten lehmät joutuvat lypsykauden alkussa mobilisoimaan puuttuvan energian kudosvarastoistaan. Tästä johtuen lehmien energiatase (EB) on lypsykauden alussa lähes poikkeuksetta negatiivinen. Runsas kudosvarastojen mobilisointi ei ole suotavaa, sillä se johtaa usein heikentyneeseen hedelmällisyyteen ja lisääntyneeseen sairastavuuteen. Energiataseen laskemista varten tarvitaan paitsi tuotos- ja elopainotiedot niin myös tiedot rehunsyönnistä ja rehujen koostumuksesta (EB= syöty energia – maidon energia – ylläpitoenergia). Rehun syöntikyvyn tai syöntitietojen perusteella lasketun EB huomioiminen jalostusvalinnassa on ongelmallista, koska syödyn rehun määrän luotettava mittaaminen tilatasolla on nykyisin menetelmin hankalaa. Energiataseen huomioiminen jalostusvalinnassa edellyttääkin helpompaa menetelmää taseen arvioimiseen. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuntoluokan ja elopainon muutoksen sekä maidon rasva-valkuaisuushteen (R-V suhde) käyttökelpoisuutta EB indikaattorina.

Tutkimuksen aineisto koostuu MTT:n Rehtijärven ASMO-karjassa vuosina 1998-2001 tehdyissä ruokintakokeissa kerätystä datasta. Kokeissa oli kaikkiaan 146 ensikkoo. Kokeissa lemmiä ruokittiin seosrehulla, joka sisälsi säilörehua ja väkirehua sekä kahdessa kokeessa myös tuoreleikettä 100 g/ kg ka. Koeruokinnat poikkesivat toisistaan dieetin väkirehu- ja valkuaispitoisuuden suhteen. Keskimäärin väkirehua oli koedieeteissä 470 g/kg ka ja se vaihteli koeasetelman mukaan 450 – 570 g/kg ka. Seosten väkirehun valkuaispitoisuus puolestaan vaihteli 170 –210 g/kg ka. Koeaineisto sisälsi ensikoiden viikoittaiset keskimääräiset rehunsyönti- ja tuotostiedot. Maidon pitoisuudet oli määritetty neljän viikon välein. Elopaino perustui rinnan ympärysmittauksiin, rinnan ympäryys mitattiin koekaudella 5-7 kertaa kokeesta riippuen. Kuntoluokka arvioitiin neljän viikon välein. Havaintojen perusteella eläimille laskettiin viikoittaiset EB. EB-laskuissa energiantarve ylläpitoon ja maidontuotantoon laskettiin MTT 2006 Rehutaulukot ja Ruokintasuosituksset- julkaisussa annettujen ylläpito ja maidontuotanto energiantarvekaavojen mukaan. Laskettu keskimääräinen EB oli ensimmäisinä laktaatioviikkoina selvästi negatiivinen ollen alhaisimmillaan -31 MJ ME/pv. Positiiviseksi energiatase muuttui keskimäärin viikolla 11. Keskimääräiset elopainon ja kuntoluokan muutokset tukivat hyvin laskettua EB:tta. Elopaino laski aina viikolle 9 ja kääntyi nousuun viikolla 12. Kuntoluokka oli alhaisimmillaan viikolla 10, jonka jälkeen lähti hitaaseen nousuun. Elopainon muutoksen, kuntoluokan muutoksen sekä maidon R-Vsuhteen korrelaatio laskettuun EB oli kohtalainen. Rasva-valkuaisuushteella korrelaatio oli vierova ja kuntoluokka ja elopainon muutos olivat positiivisessa yhteydessä EB. Elopainon muutoksen ja EB:n välinen korrelaatio oli hieman alhaisempi kuin R-Vsuhteen ja kuntoluokan muutoksen korrelaatio EB:een. Regressio-analyseissä testattiin eläimen elopainon, kuntoluokan, R-V suhteen, näissä tapahtuneen muutoksen sekä em. tekijöiden yhdysvaikutusten kykyä ennustaa ensimmäisen poikimisen jälkeisen koelypsyviikon energiatasetta. Parhain energiatasetta kuvaava regressio-yhtälö pystyi kuvaamaan vain 32.6 % EB:n vaihtelusta. Tärkeimmät selittävät tekijät olivat R-V suhde ja kuntoluokan muutos.

Asiasanat: Lypsylehmä, energiatase

## Johdanto

Lehmien tuotantokyvyn jalostus on johtanut paitsi tuotosten niin myös lehmien elopainon ja syöntikyvyn lisääntymiseen (Coffey, et al. 2004). Syöntikyvyn lisääntyminen ei kuitenkaan ole riittävä kattamaan suurempien tuotosten ja kookkaampien eläinten ylläpidon vaatimaa energiatarvetta (Van Arendonk ym., 1991). Koska lehmien rehunuhyväksikäyttökyky ei jalostusvalinnan seurauksena ole oleellisesti parantunut, joutuvat lehmät lypsykauden alkupuoliskolla mobilisoimaan puuttuvan energian kudosvarastoistaan. Tästä johtuen ovat lehmät lypsykauden alussa lähes poikkeuksetta negatiivisessa enegiataseessa (Coppock 1985, Coffey ym. 2002). Runsas kudosvarastojen mobilisointi lypsykaudenalussa ei ole suotavaa, sillä se johtaa usein heikentyneeseen hedelmällisyyteen (Butler & Smith 1989, Senatore ym. 1996) ja lisääntyneeseen sairastavuuteen (Collard ym. 2000).

Energiataseen (EB) laskemista varten tarvitaan paitsi tuotos- ja elopainotiedot niin myös tiedot rehunsyönnistä ja rehujen koostumuksesta ( $EB = \text{syöty energia} - \text{maidon energia} - \text{ylläpitoenergia}$ ). Rehun syöntikyvyn tai syöntitietojen perusteella lasketun energiataseen huomioiminen jalostusvalinnassa on ongelmallista, koska syödyn rehun määrän luotettava mittaaminen tilatasolla on nykyisin menetelmin hankalaa. Energiataseen huomioiminen jalostusvalinnassa edellyttääkin helpompaa menetelmää taseen arvioimiseen. Negatiivisessa EB:ssa olevat lehmät pudottavat painoaan ja myös niiden kuntoluokka laskee, joten elopainon ja kuntoluokan muutokset kuvastavat eläimen EB:tta (Heuer ym. 2000). Myös maidon pitoisuudet ja niiden väliset suhteet heijastavat lehmän EB:tta (Heuer ym. 2000, Reist ym. 2002). Maidon R-V suhteen käyttö energiataseen indikaattorina perustuu siihen, että lypsykauden alussa kudoksista mobilisoidaan runsaasti rasvahappoja maitorasvan synteisiin, mutta vain rajoitetusti aminohappoja maitovalkuaisen synteisiin, joten rasvapitoisuus suhteessa valkuaispitoisuuteen nousee. Lypsykauden edetessä R-V suhde laskee, kun syönnin lisääntyessä dieetistä peräisin olevien aminohappojen saanti lisääntyy ja kudosvarastojen mobilisointi vastaavasti vähenee ja muuttuu lopulta varastojen täydentämiseksi. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuntoluokan ja elopainon muutoksen sekä maidon R-V suhteen käyttökelpoisuutta EB:een indikaattorina.

## Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen aineisto koostuu MTT:n Rehtijärven ASMO-karjassa vuosina 1998-2001 tehtyissä ruokintakokeissa kerätystä datasta. Koelehtinä oli 146 ensikkoo. Ensikot olivat kokeissa ensimmäisen laktaatiokauden, mutta energiataselaskelmissa käytimme tarkasteluun vain laktaatioviikkojen 1-28 aineistoa (viikkohavaintoja 3942). Koeruokintoja oli kokeissa yhteensä 10. Kaikissa kokeissa lemmiä ruokittiin seosrehulla, joka sisälsi säilörehua ja väkirehua sekä kahdessa kokeessa myös tuoreleikettä 100 g/ kg ka. Koeruokinnat poikkesivat toisistaan dieetin väkirehu- ja valkuaispitoisuuden suhteen. Keskimäärin väkirehua oli koedieeteissä 470 g/kg ka ja se vaihteli koeasetelman mukaan 450 – 570 g/kg ka. Seosten väkirehun valkuaispitoisuus puolestaan vaihteli 170 – 210 g/kg ka.

Kokeissa ensikoille laskettiin viikoittainen keskimääräinen rehunsyönti (päivittäiset mittaukset) ja maitotuotos (mitattiin kolmena päivänä viikosta). Maidon pitoisuudet määritettiin neljän viikon välein. Elopaino perustui rinnan ympärysmittauksiin. Rinnan ympäryys mitattiin kahdessa kokeessa viisi kertaa lypsykauden aikana ja yhdessä kokeessa mittauskertoja oli seitsemän. Kuntoluokka arvioitiin asteikolla 1 – 5 (Lowman ym. 1976) kahden arvioijan toimesta neljän viikon välein. Kuntoluokkana käytettiin arvioitsijoiden antamien kuntoluokkien keskiarvoa. Tarkemmat tiedot koeasetelmista ja kokeiden tuloksista löytyy tutkimusten julkaisuista (Mäntysaari ym. 2003, Mäntysaari ym. 2004, Mäntysaari ym. 2005). Poiketen julkaisusta rinnan ympäryys muunnettiin nyt elopainoksi käyttäen MTT:n karjan mitta-painotietojen pohjalta ensikoille laskettua muuntoyhtälöä (Mäntysaari & Mäntysaari 2007). Kunkin laktaatioviikon paino ja kuntoluokka määritettiin mitattujen painojen ja arvioitujen kuntoluokkien perusteella lasketulla yksilökohtaisella kolmannen asteen regressiolla.

Havaintojen perusteella eläimille laskettiin viikoittaiset EB:t. Energiataseelaskuissa energiantarve ylläpitoon ja maidontuotantoon laskettiin MTT 2006 Rehutaulukot ja Ruokintasuositukset- julkaisussa annettujen ylläpito ja maidontuotanto energiantarvekaavojen mukaan (MTT 2006). Eläin kohtaisia keskiarvoja tarkasteltiin sekä lypsykausikohtaisesti että laktaatioviikoittain. Energiataseen ja tarkasteltavien muuttujien välisiä yhteyksiä tarkasteltiin korrelaation ja regression avulla (SAS GLM-proseduuri). Regressioyhtälön tavoitteena oli kuvata lehmäkohtaista EB:tta lypsykauden alussa. Selittävinä muuttujina käytettiin tilaolosuhteissakin mitattavissa olevia kuntoluokkaa, elopainoa,

maidon R-V suhdetta sekä niiden muutoksia. Koska maidonpitoisuudet oli mitattu vain neljän viikon välein, laskettiin R-V suhteen ja EB:n välinen korrelaatio myös käyttäen vain mittaviikkojen arvoja.

### Tulokset ja tulosten tarkastelu

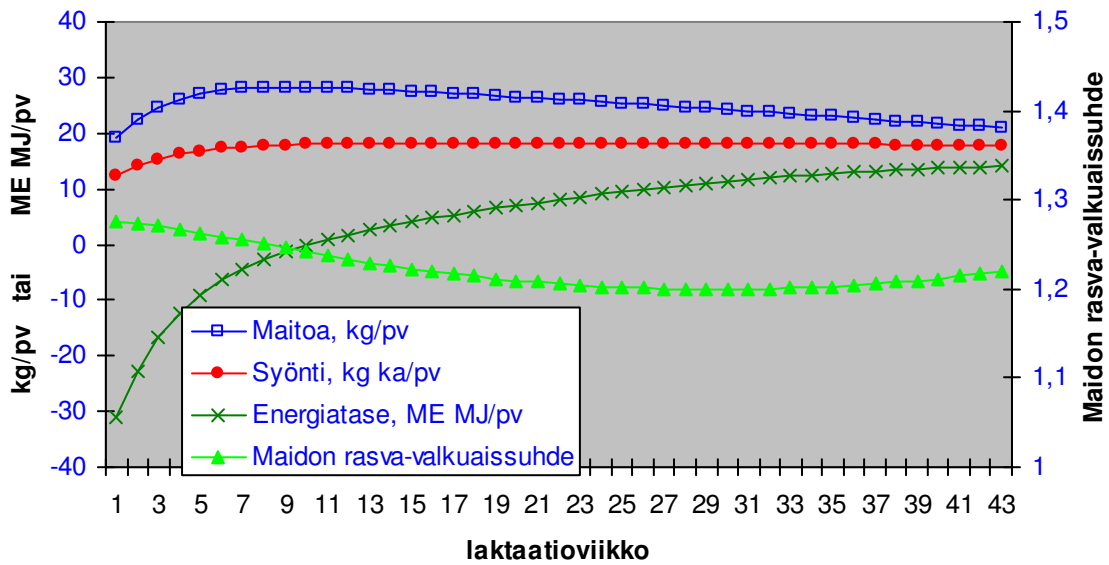
Koeaineiston keskimääräiset lehmäkeskiarvoista lasketut maitotuotos ja –pitoisuus sekä syöntitiedot on annettu taulukossa 1. Aineiston lehmien keskimääräinen maitotuotos päivässä oli 26,4 kg, minimin ollessa 16,5 kg ja maksimin 36,8 kg. Syönneissä vastaavat luvut olivat 17,4 kg kuiva-ainetta/pv (keskiarvo), 10,6 kg ka/pv (min) ja 25,7 kg ka/pv (max). Lypsykauden keskimääräinen elopaino oli suurimmalla lehmällä 684 kg ja pienimmällä 455 kg, keskimääräisen ollessa 572 kg.

Taulukko 1. Koeaineiston (N=146) keskiarvot sekä minimi ja maximi arvot laskettuna lehmäkohtaisista keskiarvoista (lypsyviikot 1-28).

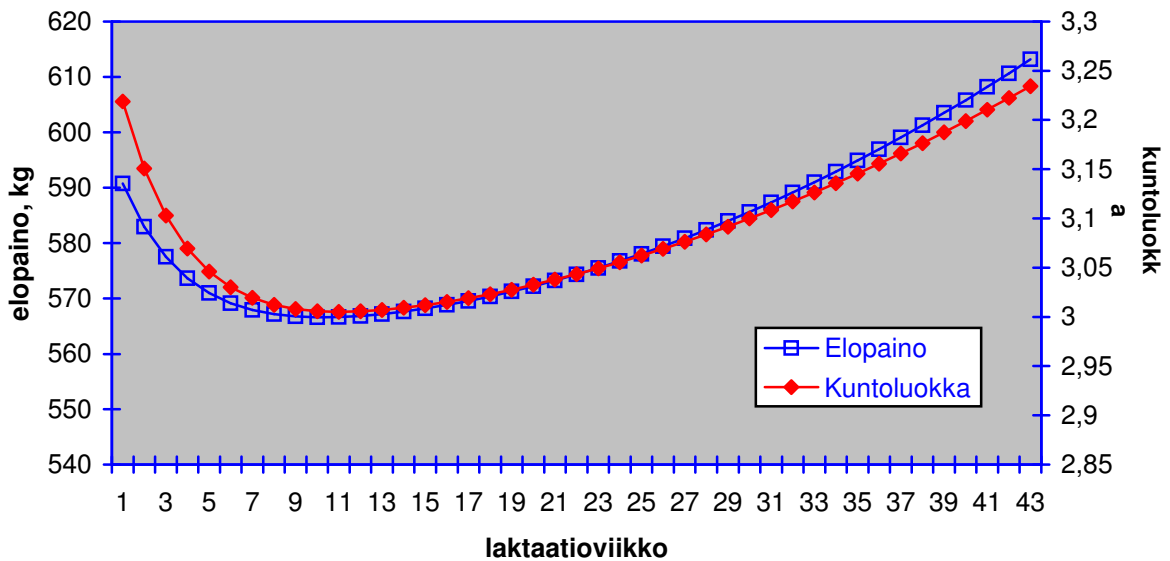
|                          | Keskiarvo | Hajonta | Minimi | Maximi |
|--------------------------|-----------|---------|--------|--------|
| Tuotos, kg/pv            |           |         |        |        |
| Maito                    | 26,4      | 3,54    | 16,5   | 36,8   |
| EKM                      | 27,5      | 3,41    | 17,9   | 35,5   |
| Maidon pitoisuudet, g/kg |           |         |        |        |
| Rasva                    | 41,7      | 3,5     | 32,9   | 52,0   |
| Valkuainen               | 34,0      | 1,8     | 29,3   | 38,5   |
| Laktoosi                 | 50,8      | 1,2     | 46,6   | 53,6   |
| Rasva-valkuaisuusuhde    | 1,23      | 0,09    | 1,06   | 1,45   |
| Syönti, kg ka/pv         | 17,4      | 2,94    | 10,6   | 25,7   |
| Säilörehua               | 9,1       | 1,59    | 5,7    | 14,0   |
| Väkirehua                | 8,3       | 1,56    | 4,9    | 12,5   |
| Energiaa, ME MJ/pv       | 203,3     | 35,0    | 123,0  | 298,0  |
| Valkuaista, kg/pv        | 2,93      | 0,53    | 1,77   | 4,43   |
| OIV, kg/pv               | 1,75      | 0,31    | 1,05   | 2,56   |
| Elopaino, kg             | 572       | 41,7    | 455    | 684    |
| Kuntoluokka              | 3,05      | 0,27    | 2,42   | 4,14   |
| Energiatase, ME MJ/pv    | -1        | 34,6    | -78    | 103    |

Kuvassa 1 on kuvattu maitotuotoksen, syönnin ja energiataseen keskimääräisiä muutoksia lypsykauden aikana. Lypsykäyrä on suhteellisen tasainen, johtuen ensikkoaineistosta. Ensikot eivät heru yhtä korkealle kuin vanhemmat lehmät ja pitävät maitonsa paremmin laktaatiokauden edetessä (Coffey et al. 2004). Maitotuotos saavutti maksiminsa keskimäärin laktaatioviikolla 9 ja kuiva-ainesyönti puolestaan viikolla 18. Laskettu EB oli lypsykauden alussa selvästi negatiivinen ollen alhaisimmillaan ensimmäisellä laktaatioviikolla -31 MJ ME/pv. Positiiviseksi EB muuttui viikolla 11. Yhtenevästi meidän tulosten kanssa Coffeyn ym. (2002) ja Berryn ym. (2006) aineistoissa ensikot saavuttivat positiivisen EB:n laktaatiopäivinä 72 ja 71. Kumulatiivinen EB kääntyi positiiviseksi viikolla 28. Kuvassa 1 on esitetty myös keskimääräinen maidon R-V suhteen muutos. Maidon R-V suhde laski tasaisesti aina viikolle 29 asti, jonka jälkeen kääntyi hitaaseen nousuun. Korkeimmillaan keskimääräinen R-V suhde oli tässä aineistossa 1,28, mikä jää selvästi alle 1,5, jonka ylittävän suhteen on todettu lisäävän riskiä aineenvaihduntaongelmille (Heuer ym. 1999). Yksittäisellä eläimellä mitattiin tässäkin aineistossa viikkohavainnoissa yli 1,5 arvoja. Korkein arvo oli 1,98.

Keskimääräinen kuntoluokan ja elopainon muutos aineistossa on esitetty kuvassa 2. Elopainon ja kuntoluokan muutokset tukevat hyvin laskettua EB:tta. Elopaino laski aina viikolle 9 ja kääntyi nousuun viikolla 12. Kuntoluokka oli alhaisimmillaan viikolla 10, jonka jälkeen lähti hitaaseen nousuun. Ensikoilla kuntoluokan lasku lypsykauden alussa ja vastaavasti kunnan kohoaminen laktaation loppupuolella oli vähäisempää kuin kaksi tai kolme kertaa poikineilla (Coffey ym. 2002). Hitaampi kuntoluokan nousu laktaation edetessä selittyy ensikoilla energian suuntautumisesta kasvuun eikä kudosvarastoihin.



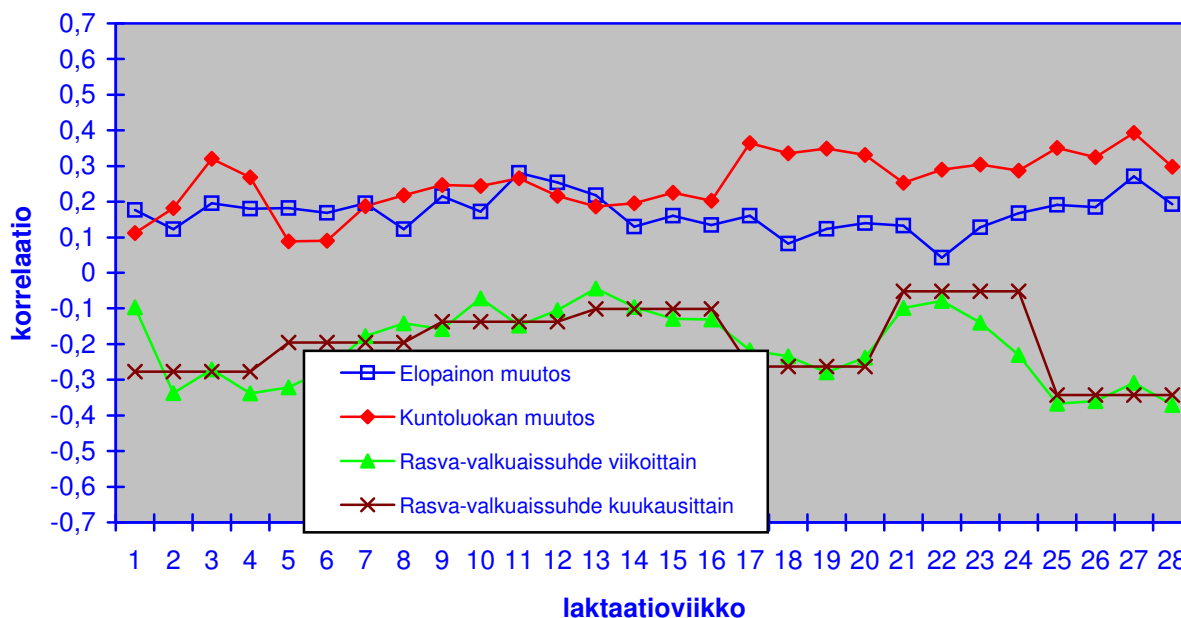
Kuva 1. Maitotuotoksen, syönnin, energiataseen ja maidon rasva-valkuaisuusuhde muutokset lypsykauden aikana.



Kuva 2. Koelehmien elopainon ja kuntoluokan muutokset lypsykauden aikana.

Viikoittainen korrelaatio EB:n ja elopainon muutoksen, kuntoluokan muutoksen sekä maidon R-V suhteen välille on esitetty kuvassa 3. Kaikkien kolmen muuttujan korrelaatio laskettuun energiataseeseen oli kohtalainen. Rasva-valkuaisuusuhdeella korrelaatio oli vierova ja vaihteli viikoittain -0,37 ja -0,07 välillä. Kuntoluokan ja elopainon muutos oli positiivisessa yhteydessä EB:een. Kuntoluokan muutoksen kohdalla viikoittainen korrelaatio vaihteli 0,09 ja 0,39 välillä ja elopainon kohdalla 0,04 ja 0,28 välillä. Suuria muutoksia ei tarkastelujaksolla muuttujien välisissä korrelaatioissa havaittu. Maidon R-V suhde korreloi parhaiten lypsykauden alussa laktaatioviikoilla 2-4 ja laski energiavajeen vähetessä. Kuntoluokan muutoksen korrelaatio oli voimakkaampi

tarkastelujakson loppupuolella, jolloin ensikot olivat positiivisessa EB:ssa. Elopainon muutoksen ja EB:n välinen korrelaatio oli hieman alhaisempi kuin maidon R-V suhteen ja kuntoluokan muutoksen korrelaatio EB:een, mutta suhteellisen korkea ottaen huomioon, että elopaino perustui rinnan ympärysmittoihin.



Kuva 3. Elopainon ja kuntoluokan muutoksen sekä maidon rasva-valkuaissuhteen korrelaatio laskettuun energiataseseen laktaatioviikoittain.

Regressio-analyseissä testattiin eläimen elopainon, kuntoluokan, R-V suhteen, näissä tapahtuneen muutoksen sekä em. tekijöiden yhdysvaikutusten kykyä ennustaa ensimmäisen poikimisen jälkeisen koelypsyviikon EB:tta. Taulukossa 2 on esitetty parhain EB:tta kuvaava regressio-yhtälö. Se pystyi kuvaamaan vain 32,6 % EB:n vaihtelusta. Tärkeimmät selittävät tekijät olivat maidon R-V suhde ja kuntoluokan muutos. Kuntoluokan muutoksen vaikutus oli jonkin verran erilainen eri painoisilla lehmillä. Ennusteyhtälön (taulukko 2) mukaan kuntoluokan putoaminen 0,5-yksikköä elopainoltaan 550 kg ensikolla vaikutti keskimäärin EB:een  $-60,9$  MJ ja elopainoltaan 600 kg eläimellä  $-107,1$  MJ.

Taulukko 2. Lypsykauden ensimmäisen kuukauden koelypsyviikon energiatasetta kuvaavan regressioyhtälön ratkaisut ja niiden selittämä osuus vaihtelusta.

| Regressiotekijä               | Tekijän regressiokerroin | Kumulatiivinen selitysaste -% ( $R^2$ ) |
|-------------------------------|--------------------------|---|
| Ruokintakoe LS-keskiarvo      | 96,254                   | 5,5                                     |
| Koelypsyt rasva-valkuaissuhde | -62,722                  | 13,6                                    |
| Kuntoluokka                   | -16,384                  | 14,3                                    |
| Elopaino                      | 0,045                    | 17,2                                    |
| Kuntoluokan muutos            | -893,453                 | 30,0                                    |
| Elopaino*kuntoluokan muutos   | 1,846                    | 32,6                                    |

## Johtopäätökset

Tulokset vahvistivat selvästi poikimisen jälkeisen energiavajeen, joka syntyy kun korkeatuottoisilla ensikoilla maitotuotos nousee nopeammin kuin syöntikyky. Ensimmäisen kuukauden aikana EB oli keskimäärin  $-21$  ME MJ/pv. Vajeen kattamiseksi keskiarvoeläimen olisi syötävä noin 2 kg kuiva-

ainetta enemmän. Eläimet korvasivat puuttuvan energian kudosvarastoistaan. Ensimmäisen kuukauden aikana ensikot pudottivat painoaan keskimäärin 17 kg ja niiden kuntoluokka laski 0,15-yksikköä.

Energiataseen ja maidon R-V suhteen välinen korrelaatio vahvisti maidon koostumuksen muuttuvan, kun eläimet käyttivät kudosvarastojaan energialähteenä. Vaikka keskiarvojen perusteella elopainon ja kuntoluokan muutos sekä RV-suhde kuvasivat kohtuullisesti energiatasetta, niin yksittäisillä eläimillä ko. tekijöiden vaikutus EB:een vaihteli. Kokonaisuudessaan yksilöllisen EB:een ennustaminen elopainomuutosten, kuntoluokitusten ja maidon R-V suhteen avulla osoittautui ongelmalliseksi. Energiataseen tarkka mittaus edellyttäisi sekä päivittäistä rehunsyönnin mittausta että myös päivittäisiä tuotoksia ja maidon pitoisuuksia. Toisaalta eläinyksilöillä voi samassa elopainossa ja tuotantotasolla olla eroja tarpeissa, jolloin laskennallinen EB ei kerrokkaan yksilöiden todellista energiavajetta.

## Kiitokset

Tutkimus on osa Maa- ja Metsätalousministeriön, Faba Jalostuksen, Kotieläinjalostuskeskus-FABAn ja Suomen Meijeriyhdistyksen rahoittamaa lehmien rehunkäyttökyky -hanketta

## Kirjallisuus

- Berry, D.P., Veerkamp, R.F. & Dillon, P.** 2006. Penotypic profiles for body weight, body condition score, energy intake and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. *Livest. Sci.* 104: 1 – 12.
- Butler, W.R. & Smith, R.D.** 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72:767 – 783.
- Coffey, M.P., Simm, G. & Brotherstone, S.** 2002. Energy balance profiles for the first three lactations of dairy cows estimated using random regression. *J. Dairy Sci.* 85: 2669 – 2678.
- M. P. Coffey, G. Simm, J. D. Oldham, W. G. Hill, and S. Brotherstone.** 2004. Genotype and Diet Effects on Energy Balance in the First Three Lactations of Dairy Cows. *J Dairy Sci*, **87(12): 4318 - 4326.**
- Collard, B.L., Boettcher, P.J., Dekkers, J.C.M., Petitclerc, D. & Schaeffer, L.R.** 2000. Relationship between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. *J. Dairy Sci.* 83: 2683 – 2690.
- Coppock, C.E.** 1985. Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68: 3403 – 3410.
- Heuer, C., Van Straalen, W.M., Schukken, Y.H., Dirkwager, A. & Noordhuizen, J.P.T.M.** 2000. Prediction of energy balance in a high yielding dairy herd in early lactation: model development and precision. *Livest. Prod. Sci.* 65: 91 – 105.
- Lowman, B.G., Scott, N.a. & Somerville, S.H.** 1976. Condition scoring of cattle. *The East of Scotland Coll. Agric. Bull.* No. 6.
- MTT** 2006. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset [verkkojulkaisu]. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Julkaistu 14.2.2006, [viitattu 10.11.2007]. Saatavissa: <http://www.agronet.fi/rehutaulukot/>. URN:NBN:fi-fe20041449.
- Mäntysaari, P. & Mäntysaari E.** 2007. An evaluation of two indirect methods of estimating body weight in Finnish Ayrshire cows. Käsikirjoitus valmisteilla, julkaisematon.
- Mäntysaari, P., Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Virkki, M.** 2005. The effect of protein-feeding strategy during lactation on performance of primiparous dairy cows fed total mixed ration. *Livest. Prod. Sci.* 94: 189-198.
- Mäntysaari, P., Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Virkki, M.** 2004. The effect of concentrate crude protein content and feeding strategy of total mixed ration on performance of primiparous dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 85, 2-3: 223-233.
- Mäntysaari, P., Nousiainen, J. & Huhtanen, P.** 2003. The effect of constant or variable forage to concentrate ratio in total mixed ration on performance of primiparous dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 82, 1: 27-37.
- Reist, M., Erdin, D., von Euw, D., Tschuemperlin, K. Leuenberger, H., Hammon, H.M., Morel, C., Philipona, C., Zbinden, Y., Kuenzi, N. & Blum, J.W.** 2002. Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85: 3314 – 3327
- Van Arendonk, J.A.M., Nieuwhof, G.J., Vos, H. & Korver, S.** 1991. Genetic aspects of feed intake and efficiency in lactating dairy heifers. *Livest. Prod. Sci.* 29: 263 – 275.