



Lypsylehmien resurssitehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä parannetaan eläinjalostuksen avulla

Tiivistelmä

Lehmät, jotka kuluttavat vähemmän rehua kuin samankokoiset ja yhtä paljon maitoa tuottavat lajitoverinsa ovat rehunkäyttökyvyltään parempia eli resurssitehokkaampia. Hankkeen päätavoite oli kehittää työkaluja lypsylehmien resurssitehokkuuden parantamiseen eläinjalostuksen avulla, lisätä tietoa ominaisuuden periytymisestä sekä parantaa tätä kautta maidontuotannon ympäristöystävällisyyttä sekä taloudellista kestävyyttä. Luotettavien genomisten jalostusarvojen kehittäminen pohjoismaiselle lypsykarjapopulaatiolle on erittäin tärkeää, jotta tämä tavoite voidaan saavuttaa.

Hankkeessa kerättiin Luken Jokioisten tutkimusnavetan lypsylehmistä tietoja mm. syöntimääristä, maitotuotoksesta, maidonkoostumuksesta, elopainoista sekä veren NEFA- ja BHB-pitoisuuksista. Kun tiedot yhdistettiin aikaisemmissa tutkimuksissa kerättyihin tietoihin, sisälsi tutkimusaineisto kokonaisuudessaan 148 715 havaintoa 828 ayrshire-lehmästä ensimmäiseltä poikimakaudelta. Ensimmäiset rehunsäästö-indeksit julkaistiin vuonna 2019 ja indeksi lisättiin pohjoismaiseen kokonaisjalostusarvoon vuonna 2020. Tutkimuksen perusteella rehunsäästö-indeksin ylläpitoa kuvaavaa ominaisuutta voidaan parantaa lisäämällä malliin eläinten teuraspainotiedot sekä käyttämällä uusinta genomista single-step laskentamenetelmää ja arvostelumallia, joka parantaa metabolisen elopainon genomisten jalostusarvojen luotettavuutta. Myös rehunsäästöindeksin toisen ominaisuuden, rehunkäyttökyvyn, genomisten jalostusarvojen luotettavuutta voidaan parantaa hankkeessa kehitetyn uuden ominaisuusmäärittelyn ansiosta. Uudet mallit ovat valmiina jalostusorganisaatioiden käyttöön.

Lisäksi lehmien alkulypsykauden hyvinvointi pystytään huomioimaan entistä paremmin maitonäytteestä tehtävän veren NEFA- ja BHB-pitoisuuden ennustamisen kautta. Eläinjalostus arvioitiin hankkeessa maidontuotannon kestävyuden parantamisen kannalta merkittäväksi tekijäksi – resurssitehokkuuden parantaminen 10% pienentää maidontuotannon hiilijalanjälkeä 8% sekä vähentää rehevöittämisvaikutuksia 10%.

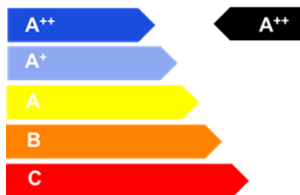
Jos pohjoismainen jalostusorganisaatio (NAV) ottaa hankkeen tulokset käyttöön, saavutetaan merkittävä taloudellinen vaikutus, joka kasvaa vuosittain noin 5 € lehmää ja vuotta kohti. Taloudellinen vaikutus tulee suurimmaksi osaksi säästetyn rehun kautta. Talousvaikutusten saavuttaminen edellyttää vielä rehunkäyttökyvyn genomisten jalostusarvojen luotettavuuden parantamista. Luotettavuus paranee, jos rehunkäyttökykyaineistoa kerätään suuremmasta eläinmäärästä. Tätä varten tarvitaan investointeja uusiin teknologioihin, jotka mahdollistavat tiedonkeruun myös muissa kuin tutkimusnavetoissa.

A++Lehmä
2019-2023

MAKERA-hanke

DNRO 453/03.01.02/2018,

VN/4611/2020



Kirjoittajat:

Terhi Mehtiö, Martin Lidauer, Enyew Negussie, Riitta Kempe, Marja-Liisa Sévon-Aimonen, Sanna Hietala, Päivi Mäntysaari;

Luonnonvarakeskus (Luke)



Johdanto

”Maidontuotannolla on hyvin suuri merkitys ruokaturvan ja omavaraisen ruokajärjestelmän kannalta Suomessa. On kuitenkin hyvin tärkeää, että alaa kehitetään kestävämpään suuntaan sekä ympäristön että taloudelliselta kannalta, jotta edellytykset elinvoimaiselle tuotannolle säilyvät myös tulevaisuudessa.”

Ruokaturvan ja ruoan omavaraisuuden ylläpitäminen vaatii riittävää kotimaista maataloustuotantoa. Ilmasto- ja ympäristöolosuhteet asettavat rajat sille, mitä on mahdollista, kannattavaa ja järkevääkin tuottaa. Suomen boreaalisissa olosuhteissa nurmiviljely ja sitä kautta maidontuotanto on erittäin merkittävässä asemassa ruokajärjestelmässä. Samanaikaisesti ilmastomuutoksen hillitseminen vaatii toimia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi myös maataloudessa. Maidontuotannon osalta tässä ovat pääosassa turvemaiden päästöjen ja nautojen ruoansulatuksesta aiheutuvien päästöjen vähentäminen.

Lehmien rehunkäyttökyvyn parantaminen jalostuksen avulla on tunnistettu yhdeksi tärkeimmistä tekijöistä, kun halutaan parantaa tuotannon tuottavuutta ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Tämän hankkeen päätavoitteena oli kehittää lypsykarjalle rehunkäyttökyvyn genomiset ennusteet, joita hyödyntämällä on mahdollista jalostaa lypsylehmien resurssitehokkuutta. Lisäksi tavoitteena oli selvittää resurssitehokkuuden parantamisen vaikutuksia ympäristöön ja ilmastoon sekä talouteen.

Lehmien resurssitehokkuuden parantaminen ei saa heikentää niiden terveyttä tai hyvinvointia lypsykauden alussa. Poikimisen jälkeen maitotuotos alkaa nopeasti ja hyvin runsaana, jolloin lehmät eivät usein pysty saamaan rehusta riittävää määrää energiaa, vaan ne joutuvat käyttämään kudoksiin varastoitua energiaa ylläpitoon sekä tuotantoon ja laihtuvat. Mikäli tämä ns. negatiivinen energiatila on hyvin syvä tai pitkäkestoinen, sillä voi olla epäsuotuisia vaikutuksia lehmän terveyteen ja hedelmällisyyteen. Siksi hankkeessa oli tarpeen kehittää energiatilalle mittari, joka on helposti hyödynnettävissä tiloilla ja jalostuksen tarkoituksiin.

Tutkimuskysymys 1:

Minkälaisia uusia ominaisuuksia rehunkäyttökyvyn parantamiseksi on mahdollista kehittää?

Tutkimuskysymys 2:

Miten mallinamme näitä uusia rehunkäyttökyky-ominaisuuksia, minkälainen perinnöllinen tausta niillä on ja yhteydet muihin ominaisuuksiin?

Tutkimuskysymys 3:

Miten luotettavia genomisia ennustemalleja pystymme kehittämään näille uusille ominaisuuksille?

Tutkimuskysymys 4:

Minkälaisia vaikutuksia rehunkäyttökyvyn jalostamisella on tuottajien talouteen sekä ympäristöön ja ilmastoon?

Aineisto

Hankkeessa käytettiin useita eri tutkimusaineistoja. Luken Jokioisten tutkimusnavetan lypsylehmistä kerättiin tietoja muun muassa syöntimääristä, maitotuotoksesta, maidonkoostumuksesta ja elopainoista. Kun tiedot yhdistettiin aikaisemmissa tutkimuksissa kerättyihin tietoihin, sisälsi tutkimusaineisto kokonaisuudessaan 148 715 havaintoa 828 ayrshire-lehmästä ensimmäiseltä poikimakaudelta. Lisäksi lehmien hengitysnäytteistä mitattiin niiden metaanipäästöjä niiden käydessä väkirehukioskilla. Hankkeessa suoritettiin myös ruokintakokeet, joissa arvioitiin lehmien yksilöllistä rehunkulutusta CFIT-3D-kameroita käyttäen. Energiatilan ennusteen kehittämistä varten lehmistä kerättiin verinäytteitä, joista analysoitiin veren plasman vapaiden rasvahappojen (NEFA) ja beta-hydroksibutyraatin (BHB) pitoisuudet. Lehmistä otettiin samanaikaisesti myös maitonäytteet, joiden keskialueen infrapunaspektriä hyödynnettiin ennusteyhtälöiden kehittämisessä. Kehitettyä ennusteyhtälöä käyttäen oli mahdollista arvioida lehmien veren NEFA- ja BHB-pitoisuus suoraan tuotosseurantaa varten kerätyistä maitonäytteistä. Laajaa kansallista aineistoa käytettiin, kun arvioitiin energiatilan ja hedelmällisyyden välistä yhteyttä. Tutkimusnavetalta kerättyjen aineistojen lisäksi hyödynnettiin kansallisia ja pohjoismaisia tietoja sekä sukupuu- ja genomiaineistoja muun muassa elopainon ja teuraspainon mallinnuksessa sekä genomisten arvostelumallien kehitystyössä.

Tulokset, niiden vaikuttavuus ja johtopäätökset

Suomalaisilta tutkimustiloilta kerätty ainutlaatuinen rehunkäyttökykyaineisto on mahdollistanut rehunsäästö-indeksin kehittämisen ja käyttöönoton pohjoismaiselle punaiselle lypsykarjarodulle.

Uusien rehunkäyttöominaisuuksien kehittäminen

Resurssitehokkuuden jalostusta voidaan tehostaa entisestään parantamalla genomisten jalostusarvojen luotettavuutta. Tätä varten rehunkäyttökyvyn mittauksia tarvitaan enemmän paitsi tutkimustiloilta myös tuotantonavetoista. CFIT-3D-kamerakuvannus on yksi teknologinen mahdollisuus yksilöllisen rehunsyönnin mittaukseen tuotantonavetoissa. Hankkeen tuloksena CFIT-3D-kamerakuvannuksella arvioidun ja vaa'alla mitatun 4-7 päivän keskimääräisen rehunsyönnin välinen korrelaatio oli 0.71. Tämä on kohtuullinen korrelaatio ja teknologiaa on mahdollista kehittää tarkemmaksi tulevaisuudessa. Eläinten alkulypsykauden hyvinvointia varten kehitettyjen ennustemallien selitysasteet olivat 0,53 NEFA:lla ja 0,63 BHB:llä, mikä osoittaa mallien toimivan hyvällä tasolla sekä eläinjalostusta että karjatason työkalua varten.

Uusien rehunkäyttökykyominaisuuksien mallintaminen

Hankkeessa kehitettiin edelleen rehunkäyttöä kuvaavien ominaisuuksien malleja. Tulokset osoittivat, että aiemmin käytetyn residuaalisen syönnin (residual feed intake, RFI) sijaan uudella ReFI-ominaisuudella (regression on expected feed intake) oli paljon etuja. ReFI ilmaisee geneettisen vaikutuksen prosenttiosuutena säästetystä rehusta. Malli huomioi ylläpitoon, kasvuun ja maitotuotokseen tarvittavan energian paremmin kuin aiemmin käytetty RFI-malli. Lisäksi ReFI:n periytymisaste oli korkeampi ja geneettiset korrelaatiot muiden ominaisuuksien kanssa loogisempia kuin RFI:n. Negatiivinen korrelaatio ominaisuuksien välillä tarkoittaa suotuisaa ja positiivinen korrelaatio epäsuotuisaa geneettistä yhteyttä.

	Metabolinen elopaino	Maitotuotos	Valkuaistuotos	Rasvatuotos	Hedelmällisyys
ReFI	-0.01 ±0.12	-0.14 ±0.17	-0.14 ±0.18	-0.26 ±0.16	0.01 ±0.34
RFI	0.76 ±0.23	0.22 ±0.27	0.37 ±0.27	0.18 ±0.29	0.04 ±0.52

Genomisten jalostusarvojen kehittäminen

Rehunsäästö-indeksi koostuu tällä hetkellä kahdesta ominaisuudesta: ylläpidosta (Maintenance), sekä rehunkäyttökyvystä (Metabolic Efficiency). Ylläpidon genomiset jalostusarvot perustuivat aluksi pääosin lehmien metabolisiin elopainoihin ($\text{kg}^{0.75}$) sekä rakenneominaisuuksiin. Koska elopainon mittaukset ovat vähentyneet, hankkeessa selvitettiin mahdollisuutta lisätä teuraspainotieto arvosteluun. Tulosten mukaan teuraspainolla oli voimakas korrelaatio elopainomittausten kanssa, joten se otettiin mukaan arvosteluun korreloituneena ominaisuutena. Hankkeessa kehitettiin teuraspainon sisältävän metaboliselle elopainolle genomisen jalostusarvostelumalli ja genomisten ennusteiden luotettavuus oli punaisella rodulla keskimäärin 0.75–0.80, Holsteinilla 0.40–0.60 ja Jerseyllä 0.20–0.60. Hankkeessa kehitetty ReFI malli on tällä hetkellä paras vaihtoehto rehunkäyttökyvyn mallintamiseen. Ominaisuuden genomisen jalostusarvostelumallin ennusteiden luotettavuudet ovat melko alhaisella tasolla 0.05–0.10 Luken aineiston perusteella.

Rehunkäyttökyvyn jalostamisen vaikutukset ympäristöön ja ilmastoon sekä talouteen

Hankkeen tulokset osoittivat lypsylehmien resurssitehokkuuden jalostamisen olevan merkittävä tekijä maidontuotannon kestävyuden parantamisessa. Geneettinen korrelaatio resurssitehokkuuden ja ruoansulatuksen metaanipäästöjen välillä oli kohtalaisen korkea eli resurssitehokkuuden parantaminen pienentää myös metaanipäästöjä. Tulosten mukaan resurssitehokkuuden parantaminen 10% pienentäisi maidontuotannon hiilijalanjälkeä 8% sekä vähentäisi rehevöittämisvaikutuksia 10% ja pienentäisi maankäytön tarvetta 5%. ReFI mallin hyödyntäminen vaikuttaisi myös taloudellisesti, noin +5 € lehmää ja vuotta kohti. Vaikutus tulee suurimmaksi osaksi säästettyjen rehukustannusten kautta.

Tulevaisuuden haasteet

Suurin haaste on löytää resursseja tulevaisuuden tutkimus- ja kehitystyöhön, jotta maidontuotannon kestävyys paranemista voidaan jatkaa.

- Uusien mittausteknologioiden kehittämisen jatkaminen ja tarkkuuden parantaminen
- Rehunkäyttökykymittausten keruu tuotantotiloilta niin, että genomisten jalostusarvojen luotettavuus paranisi ja resurssitehokkuuden parantaminen nopeutuisi
- Rehunsäästö-indeksin kehittäminen edelleen niin, että käytössä ovat parhaat mahdolliset mallit. Myös lypsykauden alkuvaiheen energiatila tulee lisätä malliin, jotta varmistetaan eläinten hyvinvointi
- Kasvihuonekaasuinventarioiden kehittäminen niin, että ruoansulatuksen metaanipäästöjen ilmaston lämmityspotentiaali huomioidaan tarkemmin ja kansalliset aineistot ovat paremmin hyödynnettyjä

Toimintasuositukset

Tärkeintä on ottaa hankkeessa kehitetyt mallit käyttöön jalostusarvostelussa, jotta resurssitehokkuuden jalostaminen etenisi oikeaan suuntaan.

- Pohjoismainen jalostusorganisaatio (NAV) ottaa käyttöön rehunsäästö-indeksissä uuden ReFI-mallin
- Uusiin mittausteknologiaihin investoidaan erilaisten rahoitusten kautta – sitä kautta pystymme tehostamaan resurssitehokkuuden jalostamista
- Kasvihuonekaasuinventarioiden laskentoja kehitetään ja otetaan käyttöön mm. tässä hankkeessa kehitetty malli elopainon arviointia varten

Tarkempi lukeminen

- Ahvenjärvi, S., Lehtonen, H., Lång, K., Lidauer, M., Mehtiö, T., Huhtanen, P., Nousiainen, J., Hietala, S., Bloch, V., Suomi, P., Lötjönen, T., Latukka, A., Kaukovirta, A., Tolvanen, A. 2022. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden kustannukset. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-444-9>
- Leino, M., Huuskonen, A., Jansik, C., Järventanta, K., Mehtiö, T., Viitala, S. 2023. Synteesi suomalaisen nautakarjatalouden kestävydestä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 123 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-604-7>
- Mehtiö, T., Lidauer, M.H., Mäntysaari, P., Negussie, E., Kempe, R., Sévon-Aimonen, M.-L., Hietala, S. ym. 2023. Final report: A++Lehmä Lypsylehmän resurssitehokkuuden ja ympäristökestävyys jalostaminen
- Mehtiö, T. 2020. Genetics of novel feed efficiency and related traits in Nordic dairy cattle. *Dissertationes Schola Doctoralis Scientiae Circumiectalis, Alimentariae, Biologicae*. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-5915-1>
- Mehtiö, T., Leino, M., Virkajärvi, P., Luostarinen, S., and Rinne, M. 2022. Nautakarjatalous osana kotimaisen ruokajärjestelmän kestävyys tavoittelua. Julkaisussa: Vehmasto, E., Salo, M. & Soini, K. (toim.). 2022. Kestävyys kehukset – Luonnonvaratutkimus kestävyysmurroksessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 74/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 33-42. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-502-6>
- Strandén, I., Kantanen, J., Lidauer, M.H., Mehtiö, T., and Negussie, E. 2022. Animal board invited review: Genomic-based improvement of cattle in response to climate change. *Animal* 16: (12). <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100673>



Maa- ja metsätalousministeriö

Mtech
DIGITAL SOLUTIONS

VIKINGGENETICS
innovative breeding

Luke
LUONNONVARAKESKUS



faba



Valio