



Korkeatuottoisen lypsykarjan riskit muuttuvassa toimintaympäristössä

Integratiivinen kirjallisuuskatsaus

Essi Koivu

Opinnäytetyö, ylempi AMK

Joulukuu 2024

Biotalouskehittämisen tutkinto-ohjelma

Koivu, Essi

Korkeatuottoisen lypsykarjan riskit muuttuvassa toimintaympäristössä. Integratiivinen kirjallisuuskatsaus

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2024, 43 sivua

Biotalouskehittämisen tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö YAMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Maidontuotannon kestävyys on noussut ajankohtaiseksi aiheeksi ilmastonmuutoksen ja kuluttajien arvo-
muutosten myötä. Globaalin ruokaturvan turvaaminen, resurssien niukkuuden hallinta sekä ekologisesti ja
eettisesti kestävien tuotantokäytäntöjen kehittäminen ovat haasteita, jotka maidontuotantosektorin on
ratkaistava tulevaisuudessa. Lisähaastetta tähän tuo lypsylehmien pitkäaikainen jalostustavoite maito-
tuotoksen maksimoimiseksi, joka on heikentänyt lypsylehmien geneettistä monimuotoisuutta, terveyttä ja
hyvinvointia.

Tutkimus toteutettiin integratiivisena kirjallisuuskatsauksena, jossa selvitettiin millaisia riskejä korkean mai-
totuotoksen jalostus aiheuttaa lypsylehmille ja koko maidontuotannolle kun toimintaympäristö muuttuu.
Aineiston analyysissä tunnistettiin neljä keskeistä riskitekijää, jotka vaikuttavat korkeatuottoisiin lypsy-
lehtiin. Kyseiset riskitekijät olivat sukusiitos, hedelmällisyys, aineenvaihdunta ja immuunipuolustus sekä
lämpöstressi.

Tuloksissa havaittiin, että korkea maitotuotos lisää lypsylehmän riskiä terveysongelmiin, kuten hedelmälli-
syyden heikentymiseen, aineenvaihduntahäiriöihin ja immuunipuolustuksen heikentymiseen. Erityisesti
korkeatuotoksilla lehmillä aineenvaihdunnan suurempi aktiivisuus altistaa ne herkemmin lämpöstressille.
Näiden perusteella voitiin todeta, että maidontuotannon maksimointi ei ole pitkällä aikavälillä kestävin
ratkaisu. Tulevaisuudessa maidontuotannon kestävyyttä tulisi tarkastella kokonaisuutena, jonka paranta-
minen vaatii laajempaa muutosta ajattelutavoissa ja toimintakäytänteissä. Tavoitteena olisi löytää tuotan-
totapoja, jotka edistävät eläinten ja ympäristön hyvinvointia ollen kuitenkin myös taloudellisesti kannatta-
via.

Avainsanat (asiasanat)

lypsykarja, korkea maitotuotos, maidontuotanto, kestävä maatalous, lämpöstressi

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Ei salassa pidettäviä liitteitä

Koivu, Essi

Risks of High-Yielding Dairy Cattle in a Changing Operating Environment: An Integrative Literature Review

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2024, 43 pages

Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The sustainability of milk production has become a current topic due to climate change and shifts in consumer values. Ensuring global food security, managing resource scarcity, and developing ecologically and ethically sustainable production practices are challenges that the dairy sector must address in the future. An additional challenge arises from the long-term breeding goal of maximizing milk production, which has weakened the genetic diversity, health, and well-being of dairy cows.

The research was conducted as an integrative literature review, aiming to explore the risks associated with breeding for high milk production and how these risks affect dairy cows and the dairy sector as the operating environment changes. The data analysis identified four key risk factors that impact high-producing dairy cows. These risk factors were inbreeding, fertility, metabolism and immune defense, and heat stress.

The results revealed that high milk production increases the risk of health issues in dairy cows, such as reduced fertility, metabolic disorders, and weakened immune defense. Specifically, high-producing cows are more susceptible to heat stress due to their higher metabolic activity. Based on these findings, it was concluded that maximizing milk production is not the most sustainable solution in the long term. In the future, the sustainability of milk production should be viewed holistically, requiring broader changes in attitudes and practices. The goal should be to find production methods that promote the well-being of both animals and the environment while remaining economically viable.

Keywords/tags (subjects)

dairy cattle, high milk yield, milk production, sustainable agriculture, heat stress

Miscellaneous (Confidential information)

No confidential information

Sisältö

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Johdanto | 6 |
| 2 | Opinnäytetyön tausta, tutkimuskysymykset ja toteutus | 7 |
| 2.1 | Tutkimuskysymykset | 8 |
| 2.2 | Alkuperäinen tutkimusasetelma | 8 |
| 2.3 | Integratiivinen kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä | 9 |
| 2.3.1 | Aineiston haku | 10 |
| 2.3.2 | Aineiston analyysi | 10 |
| 3 | Lypsylehmän ja maidontuotannon merkitys..... | 12 |
| 3.1 | Historia | 12 |
| 3.2 | Nykytila..... | 12 |
| 3.3 | Tulevaisuus..... | 13 |
| 4 | Kestävä kotieläintuotanto..... | 13 |
| 4.1 | Taloudellinen kestävyys | 14 |
| 4.2 | Ekologinen kestävyys | 15 |
| 4.3 | Yhteiskunnallinen kestävyys | 15 |
| 5 | Korkean maitotuotoksen määrittäminen | 16 |
| 6 | Korkean maitotuotoksen negatiiviset seuraukset lypsylehmälle | 17 |
| 6.1 | Sukusiitos..... | 18 |
| 6.2 | Hedelmällisyys..... | 19 |
| 6.3 | Aineenvaihdunta ja immuunipuolustus | 19 |
| 6.4 | Lämpöstressi | 21 |
| 7 | Muuttuvan toimintaympäristön vaikutukset korkeatuottoiseen lypsylehmään | 24 |
| 8 | Tulokset..... | 27 |
| 8.1 | Geneettinen kestävyys ja sopeutumiskyky | 28 |
| 8.2 | Kestävyyden mittaaminen | 29 |
| 8.3 | Hedelmällisyys kestävyiden osatekijänä | 30 |
| 8.4 | Kestävyys vastaan tehokkuus..... | 30 |
| 8.5 | Yhteenveto | 31 |
| 9 | Johtopäätökset..... | 32 |
| 9.1 | Tutkimuskysymyksiin vastaaminen..... | 34 |
| | Lähteet | 35 |

Kuviot

Kuvio 1 Lypsylehmien keskituotoksen kehittyminen vuosien 1961-2022 välillä Yhdysvalloissa, Suomessa, Saksassa ja koko maailmassa..... 17

Kuvio 2 Lämpöstressin mittaamiseen voidaan käyttää ilman lämpötilan ja kosteuden yhteisvaikutuksen huomioivalla THI-indeksiä (Kinnusen Tähti Rehut 2023)..... 24

Taulukot

Taulukko 1 Keskeisimmät lähdeaineistot työn perustassa 11

Käytetyt termit

| | |
|-------------------------------|--|
| Resilienssi | Kyky palautua, sopeutua tai selviytyä haasteista, häiriöistä tai muutoksista. |
| Genotyyppi | Yksilön perimä eli geenien kokonaisuus. Määrittelee yksilön perinnölliset ominaisuudet ja biologiset piirteet. |
| Fenotyyppi | Yksilön ilmiasu eli ulkoisesti havaittavat ominaisuudet. Syntyy genotyypin ja ympäristön vuorovaikutuksesta. |
| Subkliininen | Sairauden varhainen vaihe, joka ei aiheuta näkyviä tai havaittavia oireita vaikka biologisia muutoksia on jo olemassa. |
| Kliininen | Sairaus tai tila, jossa on selkeitä ja havaittavia oireita tai merkkejä sairaudesta. |
| Oksidatiivinen stressi | Elimistön tila, jossa vapaiden radikaalien happiyhdisteiden määrä kasvaa liikaa vaurioittaen soluja, kudoksia ja elimiä. |

1 Johdanto

Lypsykarjan kasvattaminen ja jalostaminen muuttuvassa toimintaympäristössä on haastavaa. Ilmastomuutos, kuluttajien arvomaailman muutokset ja kotieläintuotannon kestävyysvaatimukset asettavat koko maidontuotantosektorille paineita mukautua uusiin olosuhteisiin. Korkean maitotuotoksen tavoittelulla on ollut merkittäviä seuraamuksia lypsylehmien jalostuksessa: se on lisännyt tuotannon tehokkuutta mutta heikentänyt samalla eläinten geneettistä monimuotoisuutta, terveyttä ja hyvinvointia.

Lypsykarjalla on ollut ja tulee olemaan keskeinen rooli ruoantuotannossa ja maailman ruokaturvan varmistamisessa, sillä maailman ruoantuotantoon soveltuvasta pinta-alasta yli puolet on hyödynnettävissä ainoastaan kotieläintuotannon kautta. Kotieläintuotannon erityispiirre on sen kyky hyödyntää sellaisia luonnonvaroja, joita ei voi suoraan käyttää tai muuttaa ihmisravinnoksi. Märehtijöiden ruokinnassa voidaan hyödyntää kasvituotannon ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja, mikä tekee nautakarjasta tärkeän osan myös kiertotaloutta. Lisäksi nurmiviljely ja laiduntaminen edistävät luonnon monimuotoisuutta ja hiilensidontaa, mitkä parantavat ekosysteemin resilienssiä. (Peltonen 2019, 48.)

Maidontuotannon tulevaisuuden haasteita ovat globaalin ruokaturvan turvaaminen, resurssien niukkuuden hallinta sekä ekologisesti ja eettisesti kestävien tuotantokäytäntöjen kehittäminen. Kuluttajien asettamat korkeat vaatimukset turvallisuuden, ravintoarvojen ja eettisyyden suhteen yhdistettyinä tuottajien taloudellisiin paineisiin, tekevät maidontuotannon tasapainottamisesta monitahoisen ongelman. Lypsykarjapopulaatioiden geneettisen monimuotoisuuden väheneminen ja sen vaikutukset terveyteen, hedelmällisyyteen ja elinvoimaisuuteen luovat lisähaasteita kestäväälle maidontuotannolle.

Tulevaisuudessa globaalien elintarviketuotantojärjestelmien tulee selvitä neljästä niille asetetusta haasteesta (Roche, Berry, Delaby, Dillon, Horan, Macdonald & Neal 2018):

1. Vastata nopeasti muuttuvaan ruoan kysyntään resurssirajoitteisessa ympäristössä.
2. Toteuttaa tuotanto ekologisesti ja eettisesti kestävästi.
3. Tyydyttää kuluttajien turvallisuus- ja ravintoarvovaatimukset.
4. Varmistaa riittävä taloudellinen tuotto tuottajille.

Nämä tavoitteet vaativat tasapainottelua tehokkuuden ja kestävyiden välillä. Lypsykarjapopulaation geneettinen monimuotoisuus on kriittistä maidontuotannon jatkuvuuden kannalta, sillä se mahdollistaa eläinten sopeutumisen muuttuvaan toimintaympäristöön ja uusien jalostustavoitteiden saavuttamisen. Nykyiset jalostuskäytännöt, jotka painottavat maidontuotoksen maksimointia, ovat kaventaneet geneettistä monimuotoisuutta ja johtaneet eläinten hedelmällisyyden, kestävyiden ja terveyden heikkenemiseen.

Tämä opinnäytetyö tarkastelee korkeatuottoisen lypsykarjan riskejä muuttuvassa toimintaympäristössä. Se pyrkii tarjoamaan syvällisen analyysin siitä, miten korkean maitotuotoksen jalostaminen on vaikuttanut lypsylehmien terveyteen, hyvinvointiin ja kestävyteen sekä arvioimaan toimintaympäristön muutosten vaikutuksia maidontuotantoon. Työ korostaa kestävien ratkaisujen merkitystä, jotta maidontuotannon tulevaisuus voidaan turvata ekologisesti, taloudellisesti ja yhteiskunnallisesti kestäväällä tavalla.

2 Opinnäytetyön tausta, tutkimuskysymykset ja toteutus

Tämän opinnäytetyön **tarkoituksena** on tutkia korkeatuottoisen lypsykarjan riskejä muuttuvassa toimintaympäristössä. Työssä tarkastellaan, millaisia haittoja korkean maitotuotoksen jalostaminen on aiheuttanut lypsylehmien terveydelle, hyvinvoinnille ja kestävyydelle sekä miten toimintaympäristön muutokset voivat vaikuttaa korkeatuottoiseen lypsykarjaan ja sitä myöten koko maidontuotantoon. Työ toteutetaan integratiivisena kirjallisuuskatsauksena, jossa hyödynnetään aiempien tutkimuksien tuloksia ja tilastotietoja.

Tavoitteena on paitsi analysoida korkean maitotuotoksen jalostamisen aiheuttamia haittoja, myös herättää keskustelua muutosten aikaansaamiseksi kohti taloudellisesti, ekologisesti, yhteiskunnallisesti ja teknologisesti kestävämpää maidontuotantoa. Työssä pohditaan, miten nämä riskit voivat kehittyä tulevaisuudessa muuttuvissa olosuhteissa ja millaisia ratkaisuja ja hallintakeinoja näiden riskien vähentämiseksi ja kestäväen maidontuotannon turvaamiseksi on olemassa.

Teoreettinen viitekehys rajaa työn käsittelemään korkeatuottoisen lypsykarjan soveltuvuutta muuttuvaan toimintaympäristöön. Rajaus on tehty, koska kestävämmän maidontuotannon kehittämiseksi meidän on ymmärrettävä sen taustatekijät. Maitotuotoksen maksimointi on ollut tähän asti merkittävin jalostusvalinta, jonka vuoksi halusin käsitellä työssäni maidontuotannon tulevai-

suutta erityisesti korkeatuottoisten lehmien kautta. Aihetta tarkastellaan työssä tarkoituksella kriittisesti keskustelun herättämiseksi ja muutosten alkusykäyksen aikaansaamiseksi. Aihe on ajan-kohtainen, sillä koko maatalous on globaalisti murrosvaiheessa kun muutokset toimintaympäristössä haastavat perinteiset tuotantotavat ja vaativat sopeutumista kestävämmän tuotannon saavuttamiseksi.

2.1 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyössä pyritään löytämään vastaukset seuraaville tutkimuskysymyksille:

1. Miten korkea maitotuotos vaikuttaa lypsylehmien terveyteen ja hyvinvointiin?
2. Millainen riski korkea tuotos on muuttuvassa toimintaympäristössä?
3. Onko korkea maitotuotos kestävä ratkaisu myös tulevaisuudessa?

2.2 Alkuperäinen tutkimusasetelma

Opinnäytetyön alkuperäisenä tutkimusasetelmana oli selvittää, eroaako korkeatuottoisten lypsylehmien terveys ja kestävyys matalatuottoisempiin lehmiin verrattuna toimeksiantajan Koivurinteen tilalla. Tutkimuksessa tarkasteltiin korkeatuottoisten lypsylehmien hedelmällisyys-, utaretulehdus- ja sorkkahoitojen määriä, siemennysten määrää poikimista kohden sekä poikimavälin pituutta. Aineisto kerättiin DelPro-tuotannonohjausjärjestelmästä, ProAgrian tuotosraporteista ja lääkekirjanpidosta.

Koivurinteen tilalla on kaksi lypsyrobotia ja osittainen aperuokinta, jota täydennetään väkirehukioskeilta saatavilla kuivalla viljalla ja rypsillä. Lypsylehmiä tilalla on 93 kappaletta ja niiden keskituotos viimeisen 12 kuukauden ajalta on 9 537 kg. Aineiston hankinnassa korkean tuotoksen lehmiksi määriteltiin tilan keskituotoksen ylittäneet, yli 10 000 kg vuodessa lypsävät lehmät. Ajallisesti tarkasteltiin viiden vuoden ajanjaksoa vuosilta 2019–2023 tuotosraporttien saatavuuden takia. Kerätty aineisto ei ollut riittävän laadukas ja luotettava, sillä koko karjasta vain kymmenen lehmää täytti aineiston hankinnassa käytetyt kriteerit. Pienessä aineistossa satunnaisvaihtelun vaikutus on merkittävä, mikä olisi tehnyt tutkimuksen tuloksesta epäluotettavan.

Koivurinteen tilan korkeatuottoisten lehmien vähäiseen määrään voidaan olettaa vaikuttaneen lyhyellä aikavälillä tapahtuneet kehitykset tilan tuotantoteknologioissa. Vuonna 2020 tuotantoa laajennettiin ja toinen lypsyrobotti otettiin käyttöön. Kaikki uudistuseläimet kasvatettiin itse, jonka seurauksena 52 % karjan lehmistä on tällä hetkellä nuoria, yksi tai kaksi kertaa poikineita. Vuonna 2022 toteutettu ruokintateknologian uudistus ei todennäköisesti ole vielä näkynyt kerätyssä aineistossa, joka kattoi ajanjakson 2019–2023.

Alkuperäistä tutkimusasetelmaa ei ollut siis mahdollista toteuttaa odotetulla tavalla, jonka vuoksi tutkimus päätettiin saattaa loppuun integratiivisena kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin aiempia tutkimuksia ja havaintoja korkeatuottoisten lehmien terveydentilasta ja hedelmällisyydestä. Tämä mahdollisti teoreettisen pohjan luomisen ja aiempien tutkimustulosten analysoimisen, vaikka alkuperäistä empiiristä tutkimusta ei voitu toteuttaa.

2.3 Integratiivinen kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä

Tutkimuskirjallisuuteen perustuva kirjallisuuskatsaus on systemaattinen ja täsmällinen tutkimusmenetelmä, jonka avulla voidaan koota ja analysoida aiempien tutkimusten tuloksia. Sen tavoitteina on arvioida ja kehittää olemassa olevaa teoriaa sekä rakentaa uutta teoriaa, jolloin saadaan kattava kuva tutkittavasta ilmiöstä tai ongelmasta. Kirjallisuuskatsauksen tulee olla tiivis ja edetä ymmärrettävästi vaiheesta toiseen selkeän kysymyksenasettelun johdattamana. Siihen kuuluu sisällyttää kriittistä arviointia ja vahvistaa keskeiset olettamukset lukijan vakuuttamiseksi. (Salminen 2023, 3-6.)

Integratiivista kirjallisuuskatsausta käytetään kun tutkittavaa ilmiötä halutaan tarkastella mahdollisimman laaja-alaisesti. Toisin kuin systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa, integratiivinen katsaus ei ole yhtä valikoiva eikä seulo aineistoa yhtä kriittisesti, mikä mahdollistaa laajemman tutkimusaineiston keräämisen. Menetelmässä voidaan yhdistää sekä empiiristä että teoreettista tutkimusta, mikä tarjoaa syvällisen ja kattavan näkökulman tutkittavaan ilmiöön. Hyvä integratiivinen kirjallisuuskatsaus ei ainoastaan kokoa ja arvioi olemassa olevaa tietoa, vaan myös kehittää teoreettista ymmärrystä, tuo esiin uusia näkökulmia ja tukee teorian soveltamista käytännön tasolle. (Salminen 2023, 10; Whittemore & Knafel 2005, 546–547.)

2.3.1 Aineiston haku

Aineiston hankinta toteutettiin integratiivisen kirjallisuuskatsauksen periaatteita noudattaen, mikä mahdollisti joustavan lähestymistavan aineiston valintaan ja tiedonhakuun. Ensisijaisina tiedonhaun välineinä toimivat Google Scholar tietokanta ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Tarvaalan kampuskirjasto. Hakuprosessi aloitettiin kartoittamalla laajasti aihepiiriin liittyviä teemoja vapaille hakusanoilla, kuten *”high-yielding dairy cattle”*, *”high milk production”*, *”sustainability milk production”* ja *”dairy cow breeding”*. Näiden hakutulosten perusteella tiedonhakua jatkettiin tarkentamalla hakusanoja aineistoissa keskeisimpien riskeiksi nousseiden teemojen ympärille käyttämällä esimerkiksi seuraavia vapaita hakusanoja: *”dairy cow inbreeding”*, *”dairy cow fertility”*, *”dairy cow heat stress”* ja *”heat stress dairy cow metabolism”*. Hakuprosessin edetessä sovellettiin niin sanottua lumipallomenetelmää, jossa alkuperäisen aineiston lähdeluetteloista tunnistettiin uusia lisämateriaaleja. Tämä lähestymistapa mahdollisti tutkimuskirjallisuuden laajentamisen ja varmisti, että aineisto kattoi tutkimuskysymysten kannalta tärkeimmät teemat ja näkökulmat.

Aineiston valinnassa noudatettiin etukäteen määriteltyjä kriteereitä, jotka ohjasivat lähteiden luotettavuuden ja relevanssin arviointia. Valintakriteerit olivat seuraavat:

- 1. Ajankohtaisuus:** Ensisijaisesti käytettiin aineistoa, joka on julkaistu viimeisen 10–15 vuoden aikana. Mahdollisimman uuden tiedon hyödyntäminen parantaa työn luotettavuutta. Myös vanhemmat lähteet hyväksyttiin, jos ne käsittelivät vakiintunutta tietoa.
- 2. Tieteellinen laatu:** Painotus oli vertaisarvioituilla julkaisuilla ja akateemisilla raporteilla, mutta myös arvostettujen ja luotettavien organisaatioiden julkaisut otettiin huomioon.
- 3. Relevanssi:** Lähteiden tuli käsitellä suoraan tutkimuskysymyksiä tai tarjota taustatietoa ilmiöiden ymmärtämiseksi.

2.3.2 Aineiston analyysi

Integratiivisessa kirjallisuuskatsauksessa aineiston analyysi ei aina perustu tarkasti määriteltyihin kvantitatiivisiin tai kvalitatiivisiin analyysimenetelmiin, mutta siinä sovelletaan kuitenkin systemaattista lähestymistapaa. Aineiston analyysissä järjestetään, luokitetaan ja tiivistetään eri tutkimuksista saadut tiedot niin, että niistä muodostuu selkeä ja kokonaisvaltainen johtopäätös tutkimusongelmasta. Tavoitteena on vertailla eri lähteitä, tunnistaa niistä nousevia teemoja ja

mahdollisia ristiriitaisuuksia yhdistäen ne niin, että saadaan uutta ja innovatiivista tietoa. (Whittemore & Knafel 2005, 550.)

Tässä työssä aineiston analyysin tarkoituksena oli tunnistaa ja vertailla tutkimuksissa esiin nousseita keskeisiä riskejä ja tekijöitä, joille lypsylehmät altistuvat maitotuotukseen keskittyneen jalostuksen seurauksena. Analyysi aloitettiin tunnistamalla aineiston pohjalta keskeisimmät teemat ja riskitekijät, jotka olivat sukusiitos, hedelmällisyys, aineenvaihdunta ja immuunipuolustus sekä lämpöstressi. Nämä tekijät muodostivat koko tutkimuksen perustan, jonka kautta selvitettiin korkean maitotuotoksen jalostuksen vaikutuksia lypsylehmien terveyteen ja hyvinvointiin. Aineiston analyysi rajoittui lähteisiin, jotka käsittelivät valittuja teemoja korkeatuottoisten lehmien näkökulmasta. Analyysissä käytetyt keskeisimmät lähdeaineistot on esitetty taulukossa 1. Merkittävä osa täydentävistä lähteistä on kerätty kyseisten aineistojen lähdeluetteloista.

Taulukko 1 Keskeisimmät lähdeaineistot työn perustassa

| Lähdeaineisto | Keskeinen sisältö | Viittausten painopiste |
|---|---|--|
| Cassell (1999, 2009) Effect of Inbreeding on Lifetime Performance of Dairy Cows (1999), Inbreeding (2009) | Sukusiitos lypsykarjan jalostuksessa, sen vaikutukset geneettiseen monimuotoisuuteen ja siihen liittyvät pitkän aikavälin riskit. Miten sukusiitos voi lisätä negatiivisten geenien esiintyvyyttä. | Sukusiitoksen vaikutukset tuotanto-ominaisuuksiin ja terveyteen korkeatuottoisilla lehmillä. |
| Leroy & Bols (2009) High milk production in dairy cows: A danger or a challenge for metabolism, fertility and sustainability | Korkeatuottoisten lehmien aineenvaihdunnalliset haasteet erityisesti alkulypsykaudella. Keskittyy negatiiviseen energiatasapainoon. | Hedelmällisyyden heikkeneminen ja sen vaikutus elinikäiseen tuotantoon. |
| Habel & Sundrum (2020) Mismatch of Glucose Allocation between Different Life Functions in the Transition Period of Dairy Cows | Glukoosin merkitys korkeatuottoisten lehmien aineenvaihdunnassa ja immuunijärjestelmän toiminnassa. Analysoi erityisesti energiatasapainon ja metabolisen stressin yhteyksiä lehmän terveyteen ja tuotantoon. | Immuunijärjestelmän toiminnan heikkeneminen ja glukoosin priorisointi maidontuotantoon. |
| Becker, Collier & Stone (2020) Invited review: Physiological and behavioural effects of heat stress in dairy cows | Lämpöstressin vaikutukset korkeatuottoisilla lehmillä. Miten aineenvaihdunta ja käyttäytymismuutokset vaikuttavat lehmän terveyteen ja tuotantoon. | Lämpöstressin vaikutus lehmien käyttäytymiseen, aineenvaihduntaan ja tuotantoon. |

3 Lypsylehmän ja maidontuotannon merkitys

3.1 Historia

Eläinperäiset tuotteet ovat kuuluneet jo vuosituhansien ajan luonnostaan sekasyöjiä olevien ihmisten ruokavalioon. Kotieläinten kesyttäminen mahdollisti ihmisasutuksen leviämisen lähes kaikkialle maapallolle, myös niille alueille joissa ympärivuotinen ravinnonsaanti kasvukunnan tuotteista ei olisi ollut mahdollista vaikeiden luonnonolojen vuoksi. (Vanhatalo, Näsi & Juga 2012.) Tässä varsinkin märehitijöillä on ollut ainutlaatuinen rooli, sillä ne pystyvät muuntamaan ihmisravinnoksi kelpaamatonta kuitupitoista kasvibiomassaa ravitsemuksellisesti arvokkaiksi elintarvikkeiksi: maidoksi ja lihaksi. (Vanhatalo, Halmemies-Beauchet-Filleau, Jaakkola & Juga 2019, 49.)

3.2 Nykytila

Viimeisen viiden vuosikymmenen aikana maidontuotanto on yli kaksinkertaistunut, vaikka samalla lypsylehmien kokonaismäärä on vähentynyt dramaattisesti. Lypsylehmien jalostuksessa on jo usean vuosikymmenen ajan keskitytty maidontuotannon kasvattamiseen, jonka seurauksena lehmien geneettinen monimuotoisuus on vähentynyt merkittävästi. Intensiivinen keskittyminen yhden ominaisuuden parantamiseen lisää riskiä muiden ominaisuuksien heikentymiseen, sillä tiettyjen ominaisuuksien välillä voi vallita perinnöllinen yhteys eli korrelaatio. Maidon määrään painottunut jalostusvalinta onkin johtanut hedelmällisyyden, terveyden ja kestävyys heikentymiseen lypsylehmillä, sillä maitotuotoksen ja terveysominaisuuksien välillä on negatiivinen korrelaatio. Rodun sisäisen geneettisen monimuotoisuuden vähentymisen lisäksi myös eri lypsykarjarotujen välinen geneettinen vaihtelu on kaventunut. Tällä hetkellä noin 95 % korkeatuottoisista lypsylehmistä, joita kasvatetaan tärkeimmillä maidontuotantoalueilla edustavat ainoastaan kolmea eri rotua: holstein, jersey ja brown swiss tai näiden risteytyksiä. Kotieläintuotannon pitkän aikavälin kestävyys edellyttää jalostustavoitteiden painottamista enemmän ominaisuuksiin, jotka parantavat eläimen hyvinvointia, terveyttä, kestävyttä ja ympäristötehokkuutta. Huomiota tulee kiinnittää nykyistä enemmän myös lypsykarjapopulaatioiden geneettisen monimuotoisuuden ylläpitämiseen ja kehittämiseen. (Brito, Bedere, Douhard, Oliveira, Arnal, Peñagaricano, Schinckel, Baes & Miglior 2021)

Suurempien maitotuotoksien tavoittelu on johtanut karjakoona kasvamiseen ja ruokinnan väkirehuvaltaistumiseen. Paikallisella tasolla tehotuotantotilojen keskittymällä voi olla merkittäviä ym-

päristövaikutuksia muun muassa suurten lantamäärien ja niiden sijoittamisen seurauksena. Kestävempien jalostustavoitteiden ja hoitokäytänteiden omaksuminen on välttämätöntä agroekologisesta näkökulmasta katsottuna. (Brito ym. 2021.)

Kuluttajien tietoisuus kotieläintuotannon eettisyydestä ja eläinten hyvinvointiin liittyvistä ongelmista on Grossin ja Bruckmaierin (2019) mukaan lisääntynyt nykypäivänä ja se on jo aikaansaanut muutoksia tuotantotavoissa. Esimerkiksi Suomessa Valio maksaa maidontuottajilleen vastuullisuuslisää maidon litrahintaan lehmien laiduntamisesta ja ulkoilusta, luonnon monimuotoisuutta tukevasta viljelystä ja tilan hiilijalanjäljen pienentämiseen tähtäävästä työstä (Klemetti 2024). Kuluttajien huolenaiheet intensiivisen maidontuotannon seurauksista tulee ottaa vakavasti, sillä koko kotieläintuotanto on riippuvainen kuluttajien ostokäyttäytymisestä.

3.3 Tulevaisuus

Maidontuotannon tulevaisuudessa on odotettavissa merkittäviä muutoksia globaalien haasteiden edessä. Ympäristönäkökulmat, kuten hiilijalanjäljen pienentäminen ja resurssien kestävä käyttö tulevat olemaan yhä keskeisempiä haasteita, joihin maidontuotannon on pystyttävä vastaamaan. Kestävän maidontuotannon toimilla vähennetään perinteisten viljelykäytänteiden negatiivisia ympäristövaikutuksia ja parannetaan eläinten hyvinvointia. Usein maidontuotannon lisäämistä pidetään elintarviketurvan varmistamisen lisäksi keskeisenä ratkaisuna kasvihuonepäästöjen vähentämiseen, sillä lehmän elintoimintojen ylläpitämiseksi tarvittavan energian päästöt jakautuvat suuremmalle maitomäärälle. Pelkästään eläinaineksen kehittäminen ei kuitenkaan johda kasvihuonepäästöjen vähentymiseen, jos tuotantopanosten tarve on kasvanut lisääntyneen maidontuotannon seurauksena. Tulevaisuuden haasteena on vastata kaikkiin maataloudelle ja maidontuotannolle asetettuihin kysymyksiin negatiivisten ilmastovaikutuksien vähentämisestä ja kotieläintuotannon ekologisuudesta. Korkealle maidontuotannolle on haettava vaihtoehtoisia tuotantotapoja, joissa käytetään vähemmän tuotantopanoksia. (Brito ym. 2021.)

4 Kestävä kotieläintuotanto

Gro Harlem Brundtlandin (1987) mukaan kestävä kehitys tarkoittaa kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa. Sen keskiössä on luonnonvarojen taloudellisesti, ekologisesti ja yhteiskunnallisesti kestävä käyttö, joka on

mahdollista toteuttaa rajoittamalla ulkoisen energian käyttöä ja parantamalla olemassa olevien paikallisten tuotantopanoksien tehokasta hyväksikäyttöä. Myös kotieläintuotannon kestävyys tulee toteutua kaikilla näillä kolmella osa-alueella. (Juga & Syväjärvi 1999.)

Kestävä kotieläintuotanto edellyttää maidontuotannolta entistä parempaa sopeutumista muuttuvaan toimintaympäristöön ja sen vaatimuksiin. Eri elinolosuhteet vaativat erityyppisiä lehmiä. Tämän vuoksi on tärkeää keskittyä jalostamaan eläimiä, jotka parhaiten vastaavat kunkin tuotantojärjestelmän vaatimuksiin ja tavoitteisiin, jotta saadaan kestävin vaihtoehto. Genotyypin ja ympäristön vuorovaikutus on keskeinen tekijä, kun pyritään optimoimaan lehmien suorituskyky eri tuotantojärjestelmissä. Tämä vuorovaikutus tarkoittaa sitä, että lehmien geneettiset ominaisuudet voivat vaikuttaa siihen, kuinka hyvin ne pärjäävät tietyissä ympäristöissä. (Roche ym. 2018.)

Tulevaisuudessa jalostustavoitteet keskittyvät yhä enemmän vaikeammin mitattaviin, mutta eläimen elämänlaadun ja ympäristön kestävyys kannalta tärkeisiin piirteisiin. Nämä ominaisuudet voivat vaikuttaa eläinten sopeutumiskykyyn, hyvinvointiin ja tuotannon ympäristöjalanjälkeen. Tällöin voidaan kehittää räätälöityjä jalostusstrategioita, jotka ottavat huomioon sekä geneettiset että ympäristötekijät, edistäen kestävämpää ja tehokkaampaa kotieläintuotantoa. (Roche ym. 2018.)

4.1 Taloudellinen kestävyys

Tuotannon tulee olla taloudellisesti kannattavaa, jotta sillä on toimintaedellytyksiä myös pitkällä aikavälillä. Taloudellisesti kestävä maidontuotanto edellyttää tasapainoa tuottavuuden, kustannustehokkuuden, eläinten hyvinvoinnin ja ympäristönäkökulmien välillä. Eläinainesta parantamalla tuotannon taloudellisuuteen voidaan vaikuttaa kahdella eri tavalla: tuotosominaisuuksien ja laatuun vaikuttavien ominaisuuksien jalostaminen lisäävät tuottoja kun taas rehun hyväksikäyttökyn, hedelmällisyyden ja terveysominaisuuksien jalostaminen vähentävät tuotantokustannuksia (Juga & Syväjärvi 1999).

Maataloudessa tuottaja ei voi itse vaikuttaa maidosta saatavaan hintaan, joten tehokkain tapa vaikuttaa taloudelliseen kestävyteen on tuotantokustannusten hallinta. Ruokinnan optimointi ja lehmien rehuhyötysuhteen kehittäminen ovat kustannuksen hallinnan keskeisempiä tekijöitä, sillä rehukustannukset ovat muuttuvissa kustannuksissa suurin yksittäinen menoerä. Lisäksi kestävä ja

hedelmälliset eläimet vähentävät uudistuskustannuksia, jotka muodostavat toiseksi suurimman kustannuserän heti rehukustannuksien jälkeen.

4.2 Ekologinen kestävyys

Kotieläintuotannosta aiheutuu aina ilmastopäästöjä, mutta ekologisesti kestävä tuotanto ei tuhlaa luonnonvaroja, ei aiheuta kohtuutonta räsitystä ympäristölle eikä hävitä luonnon monimuotoisuutta. Tavoitteena on käyttää olemassa olevia resursseja tehokkaasti siten, että tuotannosta aiheutuva ekologinen kuorma ei estä tuotantoa tulevaisuudessakaan. Ympäristöseurauksia tulee tarkastella tuoteyksikköä eli maito- tai lihakiloa kohden. Tuotannon tehokkuus pienentää ylläpidosta aiheutuvien päästöjen osuutta ja siten myös kokonaispäästöjä. Tuotosten lisäämisestä saava hyöty ei ole kuitenkaan suoraviivainen, sillä korkeammilla tuotostasoilla myös laatuvaatimukset rehuille ja sen mukana rehujen tuotannossa käytetyn ulkopuolisen energian tarve kasvaa. Tuotannon tehokkuutta voidaan siis parantaa ainoastaan käytettävissä olevien paikallisten resurssien sallimissa rajoissa. (Juga & Syväjärvi 1999.)

Tuotannosta aiheutuvien kasvihuonekaasujen määrä on verrannollinen käytetyn rehun määrään, mitä pienemmällä rehumäärällä tuotekilo voidaan tuottaa, sitä ilmastoviisaampaa tuotanto on (Juga, Kokkonen, Mäntysaari, Lidauer & Taurén 2019, 59). Mikään eläin ei voi koskaan hyödyntää täydellisesti kaikkia rehuista saamia ravintoaineita tai niiden hajotustuotteita, kuten typpeä, fosforia tai metaania. Näistä osa poistuu aina kaasujen, lannan tai virtsan mukana eläimestä rasituen ympäristöä. Tasapainoisella ruokinnalla, rehunkäyttökyvyn jalostamisella sekä lannan ja virtsan ravinteiden kierrättämisellä lannoitteeksi tai energiaksi voidaan kuitenkin ympäristökuormitusta hallita ja minimoida. (Jaakkola & Seppänen 2012, 119.)

4.3 Yhteiskunnallinen kestävyys

Tuotannon tulee täyttää myös sille asetetut eettiset laatuvaatimukset. Viime vuosina tuotantoeläinten hyvinvointi on ollut toistuvasti esillä julkisissa keskusteluissa. Kuluttajat ovat kaupungistuneet ja etäänntyneet maataloudesta, jolloin kuva kotieläintuotannosta muodostuu pääosin tiedotusvälineiden ja sosiaalisen median välittämistä, eri lähteistä peräisin olevasta ja osin myös ristiriitaisesta tai virheellisestä tiedosta. (Seppänen 2012, 113.)

Tuotosominaisuuksien parantaminen ei saa johtaa sairauksien lisääntymiseen, eläimen metabolian häiriintymiseen eikä lisääntyviin poikimavaikeuksiin. Jalostaminen ei saa johtaa lopputulokseen, mikä hyvästä hoidosta huolimatta aiheuttaa eläimelle turhaa kärsimystä. Tuotannon eettiseen laatuun voidaan vaikuttaa tehokkaimmin parantamalla eläinten hyvinvointia. Eettisesti korkealaatuisessa tuotannossa vältetään tuotantoa lisäävien hormonien käyttöä ja minimoidaan antibiootin ja muiden lääkeaineiden käyttöä kuitenkin hoitamalla sairaat eläimet. (Juga & Syväjärvi 1999.)

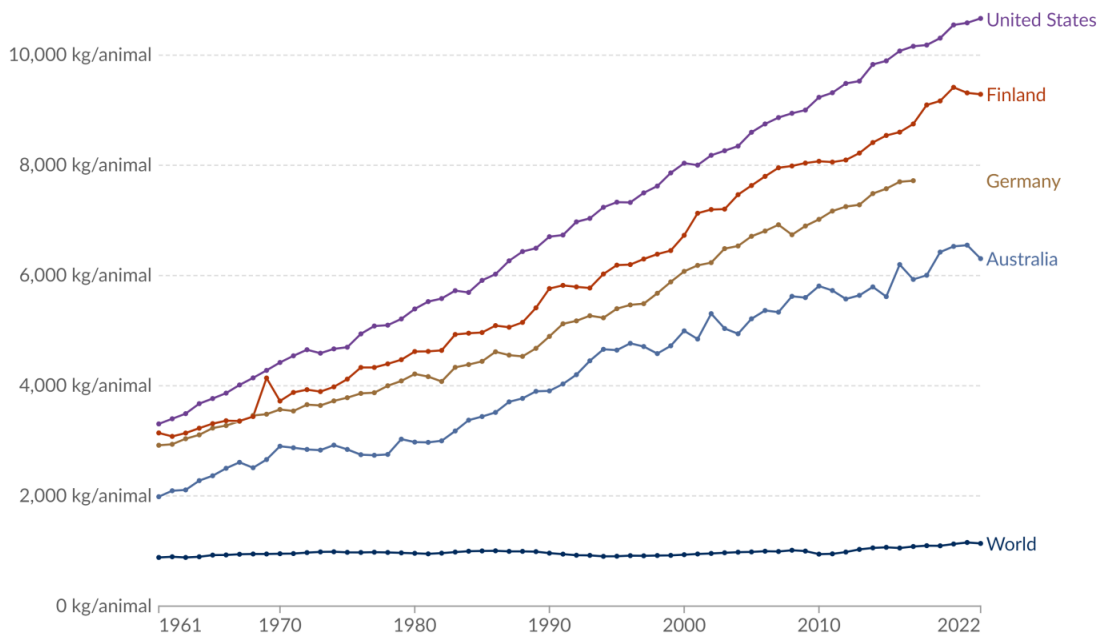
5 Korkean maitotuotoksen määrittäminen

Korkeatuottoinen lehmä määritellään Dodsonin, Smithin, Royalin, Knightin ja Sheldonin (2007) mukaan eläimeksi, joka tuottaa huomattavasti enemmän maitoa verrattuna muihin lypsylehmiin. Korkean tuotoksen käsite on kuitenkin suhteellinen ja riippuvainen kontekstista, sillä maitotuotoksen määrä voi vaihdella rodusta, ruokinnasta ja muista olosuhteista riippuen. Tällöin esimerkiksi karjassa, jossa lehmien keskituotos on 6000 litraa, on 8000 litraa tuottava lehmä korkeatuottoinen kun taas 10 000 litraa keskituotoksen karjassa se olisi keskitason tai sen alle oleva lehmä. Yleisesti ottaen korkeatuotoksisena lehmänä pidetään kuitenkin eläintä joka tuottaa 10 000 litraa tai enemmän maitoa 305 päivän aikana. Korkean tuotoksen saavuttaminen vaatii kuitenkin energiapitoista ruokintaa: pelkällä karkearehulla lehmä voi saavuttaa keskimäärin 6000 litran tuotoksen 305 päivän lypsykauden aikana. (Dodson ym. 2007.)

Eri tuotantoympäristöjen ja –teknologioiden vaikutukset keskituotokseen voidaan olettaa olevan nähtävissä myös globaalissa vertailussa (kuvio 1). Yhdysvalloissa lypsylehmien ruokinta perustuu pääsääntöisesti voimakasperäiseen, energiapitoiseen seosrehuun, joka koostuu maissi- ja nurmisäilörehuista sekä elintarviketuotannon sivuvirroista kuten soijapapujauhasta (McCabe 2022). Australiassa puolestaan lypsylehmienkin ravinnon saanti perustuu suurimmaksi osaksi laiduntamiseen (Dairy Australia 2023).

Milk yield, 1961 to 2022

Yield is measured as the quantity produced per animal.



Data source: UN Food and Agriculture Organization (FAO)

CC BY

Kuvio 1 Lypsylehmien keskituotoksen kehittyminen vuosien 1961-2022 välillä Yhdysvalloissa, Suomessa, Saksassa ja koko maailmassa.

Yhdysvalloissa keskituotos vuonna 2022 oli 10 667 kg, Suomessa 9 288 kg, Australiassa 6 308 kg ja koko maailmassa 1 136 kg. Saksan keskituotoslukema on vuodelta 2017 ollen 7 721 kg. Vaikka Saksa on Euroopan suurin maidontuottajamaa 31,9 miljoonalla tonnilla maitoa, on sen keskituotos Suomeenkin verrattuna alhainen (Statistisches Bundesamt 2023).

Jokaisen itsensä päätettäväksi jää arvioida mikä tuotos on eettisesti ja ekologisesti katsottuna hyväksyttävä. Maailman ennätyslehmä on yhdysvaltalainen holstein lehmä jonka paras vuosituotos on ollut 35 702 kg, mikä tekee 98 kg maitoa päivässä (Pralle & Selz-Pralle 2020).

6 Korkean maitotuotoksen negatiiviset seuraukset lypsylehmälle

Maidontuotannon maksimointiin keskittynyt jalostusprosessi on vähentänyt muiden geneettisten ominaisuuksien, kuten hedelmällisyyden ja terveyden, valintapainetta. Kapeiden jalostustavoitteiden seurauksena lypsykarjan geneettinen monimuotoisuus on heikentynyt ja samalla on noussut esiin epäsuotuisia geneettisiä vasteita useissa korreloiduissa ominaisuuksissa, jotka vaikuttavat kielteisesti tuotanto- ja lisääntymistehokkuuteen, terveyteen, eloonjäämiseen ja yleiseen elinvoii-

maisuuuteen. (Brito ym. 2021.) Lehmien hedelmällisyys on heikentynyt ja aineenvaihdunnallisten häiriöiden sekä tartuntatautien esiintyvyys erityisesti alkulypsykaudella on lisääntynyt (Leroy & Bols 2009).

Maidontuotannon jatkuvuuden takaamiseksi lypsylehmät on saatava lisääntymään säännöllisesti. Heikentynyt hedelmällisyys vähentää maito- ja vasikkatuottoa sekä lisää kustannuksia uusintasiemennyksien, hedelmällisyyshoitojen ja ennenaikaisten poistojen myötä. Poikimavälin pidentyessä päivätuotos pienenee ja ylläpitorehun suhteellinen osuus kasvaa, joka nostaa lehmän ympäristövaikutuksia. (Taponen 2024.)

6.1 Sukusiitos

Cassellin (2009, 2) mukaan korkean maitotuotoksen ja paremman lypsyytyn perusteella tehty intensiivinen jalostusvalinta on kaventanut lypsylehmien geneettistä monimuotoisuutta. Yksittäisten ominaisuuksien tavoittelu lisää yksilöiden välisiä suhteita populaatiossa, sillä halutuimmat genotyypit löytyvät vähemmistö osasta yksilöitä (Cassell 1999, 13). Kun paritettava lehmä ja sonni ovat keskenään enemmän sukua kuin populaation yksilöt keskimäärin, puhutaan sukusiitoksesta. Käytännössä se tarkoittaa paritettavien eläinten olevan läheisempää sukua kuin serkukset. Sukusiitoksella voidaan hakea toivottujen geenien nopeampaa yleistymistä jälkeläispolvissa verrattuna tavanomaiseen paritukseen, mutta samalla myös haitalliset geenit yleistyvät. Seuraamukset tulevat ilmi vasta kun vasikka saa samanlaisen, resessiivisen eli väistävasti periytyvän alleelin molemmilta vanhemmiltaan. (Aro, Hilpelä-Lallukka, Niemi, Toivonen & Vahlsten 2012, 32.) Sukusiitos heikentää muun muassa vastustuskykyä, kasvua ja hedelmällisyyttä, jotka lisäävät vasikkakuolleisuutta ja aiheuttavat ennenaikaisia poistoja sairauksien ja tiinehtymättömyyden seurauksena (Cassell 1999, 14).

Vuonna 2019 Yhdysvalloissa syntyneillä holstein lehmävasikoilla sukusiitosaste oli jo 8 % ja sen vuotuinen kasvu lähellä + 0,4 % (Hazel, Heins & Hansen 2019, 1). Tutkimuksien mukaan niiden maidontuotanto laskee 0,37 % ja hedelmällisyys 0,31 % yhtä sukusiitosprosenttia kohden (Tenhunen 2019). Kokonaisuudessaan tilanne holsteinien sukusiitoksen osalta Yhdysvalloissa on huolestuttava, sillä Aron, Hilpelä-Lallukan, Niemen, Toivosen ja Vahlstenin (2012) mukaan sukusiitoksen suositeltu enimmäisraja on 6,25 %.

6.2 Hedelmällisyys

Korkean maidontuotannon tavoittelu on heikentänyt lypsylehmien terveyttä ja hedelmällisyyttä, sillä useissa tutkimuksissa (Jones, Hansen & Chester-Jones 1994, 3137–3152; Lucy 2001, 1277–1293) on todettu negatiivinen korrelaatio tuotoksen ja terveysominaisuuksien välillä. Jalostuksessa on hyödynnetty nisäkkäiden biologista taipumusta priorisoida jälkeläistensä ravinteiden saanti imetyksen alkuvaiheessa, joka tapahtuu lisääntymistehokkuuden kustannuksella. Hiehoilla hedelmällisyyden tunnusluvut ovat pysyneet lähes muuttumattomina, mikä osoittaa, että nykyaikaisen lypsykarjan lisääntymisprosessit ovat pääasiallisesti normaaleja ilman maidontuotannon vaatimuksia. (Leroy & Bols 2009.)

Hedelmällisyys on laaja käsite, johon vaikuttavat useat eri tekijät kuten eläimen perimä, ravitsemus, hormonitoiminta, terveydentila, hoitokäytännöt ja ympäristön olosuhteet. Lypsykarjalla hedelmällisyyteen liittyvät ominaisuudet periytyvät kuitenkin heikosti, joten voidaan päätellä, että ympäristötekijöillä on suurin vaikutus niiden tiinehtymiseen. (Dash, Chakravarty, Singh, Upadhyay, Singh & Yousuf 2016, 235.) Leroy ja Bols (2009) ovat osoittaneet tutkimuksissaan, että lehmän negatiivinen energiatasapaino voi haitata follikkeleiden kasvua ja toimintaa, heikentää munasolujen ja alkuiden laatua sekä kasvattaa varhaisluomisen riskiä. Erityisesti kohonneiden vapaiden rasvahappojen ja alhaisten glukoosipitoisuuksien on todettu olevan myrkyllisiä granuloosa-soluille ja munasoluille (Leroy & Bols 2009).

6.3 Aineenvaihdunta ja immuunipuolustus

Alkulypsykauden aikana lehmät kohtaavat merkittäviä fysiologisia ja metabolisia haasteita, jotka vaikuttavat niiden terveyteen ja maitotuotokseen. Poikimisen jälkeen lehmän on kyettävä lisäämään rehunsyöntiään tarpeeksi nopeasti, jotta se pystyy kompensoimaan maidontuotannon käynnistymisen seurauksena kasvaneen energian tarpeensa. Jos kuiva-aineen saanti ei täytä maidontuotannon energiatarvetta, lehmän elimistö menee negatiiviseen energiatasapainoon. (Habel & Sundrum 2020.) Energiavajeen korjaamiseksi elimistö alkaa hajottaa omia kudoksiaan, kuten rasvaa ja proteiinia, jonka seurauksena insuliini- ja glukoosipitoisuudet laskevat ja insuliiniherkkyys heikkenee (Leroy & Bols 2009). Liiallinen kudoksien hajottaminen johtaa metaboliseen stressiin, joka voi laukaista subkliinisten ja kliinisten sairauksien kehittymisen (Habel & Sundrum 2020).

Lehmä voi menettää jopa 10 % ruumiinpainostaan ensimmäisten viikkojen aikana poikimisesta. (Leroy & Bols 2009.)

Glukoosi on yksinkertainen sokeri, joka on keskeisessä roolissa elimistön aineenvaihdunnassa. Se on elintärkeä energianlähde sekä immuunisoluille että maitorauhasten epiteelisoluille. Immuunijärjestelmässä glukoosi tukee immuunisolujen toimintaa; se on tärkeä osa solujen lisääntymistä, eloonjäämistä ja erilaistumista sekä välttämättömiä toimintoja, kuten infektioilta puolustautumista. Maidon muodostuksessa glukoosi toimii laktoosin synteessin perusraaka-aineena ja vaikuttaa maidon rasva- ja proteiinikoostumukseen. (Habel & Sundrum 2020.)

Alkulypsykauden aikana glukoosin saanti ei kaikissa tapauksissa riitä kattamaan kaikkia kehon tarpeita, sillä maitotuotoksen ja immuunijärjestelmän vaatimukset kilpailevat toisiaan vastaan. Maitotuotoksen ja immuunijärjestelmän vaatimukset glukoosille kulkevat saman metabolisen reitin kautta, jolloin immuunijärjestelmän glukoosin saanti voi heikentyä jos maitotuotannon glukoosivaatimukset ovat liian suuria lehmän priorisoidessa maidontuotantoon. (Habel & Sundrum 2020.) Korkeatuottoisilla lehmillä glukoosin tarve maidontuotannon ylläpitämiseen ylittää selvästi muiden elintoimintojen, kuten lisääntymisen tai ylläpidon, energiankulutuksen. Runsaimman tuotoksen vaiheessa maitorauhasen epiteelisolut voivat ottaa päivässä jopa 2,7 kg glukoosia veren plasmasta kun maitotuotos on 40 kg päivässä. (Bickerstaffe, Allison & Linzell 1974.) Viimeaikaisten tutkimuksien mukaan lehmän täysin aktivoitunut immuunijärjestelmä tarvitsee 2,5–3,1 kg glukoosia päivässä (Kvidera, Horst, Abuahamieh, Mayorga, Fernandez & Baumgard 2017). Täten immuunijärjestelmän toiminnot voivat vaatia glukoosia yhtä paljon kuin korkea maidontuotanto. Toisin kuin yksimahaiset eläimet, märehitijät kattavat glukoosivaatimuksensa lähes yksinomaan maksassa tapahtuvan glukoneogeneesin kautta, jossa elimistö valmistaa glukoosia eihiilihydraattisista aineista. Glukoosin muodostuminen rajoittuu kuitenkin noin 3 kg glukoosia päivässä maitotuotoksen ollessa 40 kg / päivä. (Aschenbach, Kristensen, Donkin, Hammon & Penner 2010.)

Habelin ja Sundrumin (2020) mukaan negatiivisen energiatasapainon ja sairastumisalttiuden välillä on yhteys. Tutkimuksissa on todettu, että korkean maitotuotoksen lehmillä glukoosin priorisointi maitorauhasen käyttöön voi heikentää immuunijärjestelmän toimintakykyä lisäten eläimen sairastumisriskiä. Tämä korostuu varsinkin alkulypsykaudella, jolloin immuunijärjestelmän toiminta on jo

valmiiksi heikentynyt. Immuunijärjestelmän kyvykyys torjua infektioita vaikuttaa suoraan lehmän terveyteen. (Habel & Sundrum 2020.)

Alkulypsykauden negatiivisen energiatasapainon vakavuus ja kesto korreloivat myös suoraan siihen, kuinka nopeasti lehmä tulee ensimmäisen kerran kiimaan poikimisen jälkeen. Energia- ja ravintoaineiden riittämättömyys voi pidentää lehmän tuloa kiiman, joka vaikuttaa suoraan poikimävälän pituuteen. (Habel & Sundrum 2020.)

6.4 Lämpöstressi

Dikmen ja Hansen (2009) määrittelevät lämpöstressin sisäisten ja ulkoisten tekijöiden summaksi, jotka aiheuttavat eläimen kehon lämpötilan nousun ja fysiologisen reaktion. Lehmä pyrkii luonnollisesti ylläpitämään normaalia kehon lämpötilaansa haihduttamalla aineenvaihdunnan tuottamaa lämpöä ympäristöönsä. Jos ympäristön lämpötila on yhtä korkea tai korkeampi kuin lehmän kehon lämpötila, lämmön haihtuminen heikkenee. Tällöin eläimen kehon lämpötila nousee ja se alkaa kärsiä lämpöstressistä. Ympäristön korkea lämpötila, ilmankosteus ja suora auringon säteily nostavat lehmän kehon lämpötilaa ja altistavat sen lämpöstressille. Lehmät voivat tarvita viikkoja sopeutuakseen lämpöstressiä aiheuttaviin olosuhteisiin. Eläimen aiemmat kokemukset, kuten lämpöstressin kesto ja voimakkuus, sen oma fysiologinen tila sekä ympäristön olosuhteet, vaikuttavat siihen, miten lehmä reagoi stressiin sekä fysiologisesti että käyttäytymisen tasolla. Vaikka lämpöstressi olisi lyhykestoinen, sen negatiiviset vaikutukset maitotuotokseen voivat jatkua jopa viiden päivän ajan stressin päättymisen jälkeen. (Becker, Collier & Stone 2020.)

Korkeatuottoisten lehmien aineenvaihdunta on aktiivisempaa, mikä tuottaa enemmän lämpöä ja tekee niistä alttiimpia ympäristön lämpötilan ja kosteuden nousulle verrattuna matalatuottoisempiin lehtiin (Sammad, Wang, Umer, Lirong, Khan, Khan, Ahmad & Wang 2020; Yonekura & Sharmin 2023). National Academy of Sciencesin (2001, 21) mukaan lämpöstressin on arvioitu nostavan lehmän aineenvaihdunnan ylläpitokustannuksia 7-25 % riippuen lämpöstressin voimakkuudesta. Tämä on johtanut lämpöstressin kynnyksarvon laskuun, mikä tarkoittaa, että lehmät kokevat lämpöstressiä jo matalammissa lämpötiloissa kuin aikaisemmin (Sammad, Umer, Shi, Zhu, Zhao & Wang 2019). Beckerin ja muiden (2020) mukaan Baumgard ja Rhoads (2013) ovat osoittaneet lämpöstressin ensimmäisten vaikutuksien alkavan näkyä lehmässä ilman lämpötilan ollessa 25–26°C astetta, jolloin ne alkavat vähentämään rehun syöntiä. Samassa tieteellisessä artikkelissa (Becker

ym. 2020) todettiin Spiersin, Spainin, Sampsonin ja Rhoadsin (2004) tutkineen, että lämpöstressille altistuminen vähensi lehmän päiväkohtaista kuiva-aineen syöntiä 14,6 kg ja maitotuotosta 11,8 kg verrattuna ympäristöön, jossa ilman lämpötila oli 15–25°C. Syönnin vähentyminen yhdessä kii-vaamman aineenvaihdunnan energiavaatimuksen kanssa altistavat korkeatuottoiset lehmät negatiivisille energiatasapainolle (Becker ym. 2020). Vähentynyt syönti lisää myös pötsin happamoitumisen riskiä jos lehmä valikoi heikon ruokahalunsa seurauksena enemmän tärkkelyspitoisia rehuja kuin korsirehuja (Collier, Dahl & VanBaale 2006).

Rhoadsin, Rhoadsin, Vanbaalen, Collierin, Sandersin, Weberin, Crookerin ja Baumgardin (2009) holsteineilla tehdyssä tutkimuksessa havaittiin kuitenkin että lämpöstressin aikaisesta maitotuotoksen laskusta ainoastaan noin 35 % selittyy kuiva-aineensaannin vähentymisestä. Heidän hypoteesin mukaan lämpöstressi muuttaa lehmän aineenvaihduntaa estäen glukoosia säästävien mekanismien aktivoitumisen, kuten rasvakudoksen mobilisoitumisen, jotka normaalisti estävät maidontuotannon vähenemisen lehmän kärsiessä negatiivisesta energiatasapainosta. Toistaiseksi ei tiedetä, miksi lämpöstressin vaikutuksen alaisena olevat lehmät priorisoivat ravinteiden jakautumisen eri tavalla normaaliin verrattuna. (Rhoads ym. 2009.)

Lypsylehmä viettää tyypillisesti keskimäärin 11–14 tuntia vuorokaudesta makuulla normaaleissa olosuhteissa (Ito, von Keyserlingk, LeBlanc & Weary 2010). Kun ympäristön lämpötila nousee, lehmä vähentää makuaikaansa 30 % lisätäkseen kehon pinta-alaa lämmönhaihtumisen parantamiseksi (Cook, Mentink, Bennett & Burgi 2007). Lisääntynyt seisoma-aika vaikuttaa suoraan monin eri tavoin lehmän hyvinvointiin ja terveyteen. Beckerin ja muiden (2020) mukaan Grandin (2016) on todennut, että lisääntyneestä seisoma-ajasta seurannut unen puute voi muuttaa lehmän hormoni toimintaa, heikentää immuunijärjestelmää ja lisätä energiankulutusta sekä ontumista. Hänen mukaansa seisoma-ajan pidentyminen lisää painetta sorkan kynsikapselin sisällä, joka johtaa rajoittuneeseen verenkiertoon ja hapen saantiin altistaen eläimen ontumiselle. Tutkijat eivät ole kuitenkaan vielä varmoja johtuuko ontumisen lisääntyminen pelkästään seisomisajan pidentymisestä vai vaikuttaako siihen myös ravitsemuksellisia tekijöitä, jotka vaikuttavat aineenvaihduntaan ja sitä kautta sorkkaterveyteen (Becker ym. 2020). Seisominen vaikuttaa myös utareen verenkiertoon rajoittavasti, sillä Nishidan, Hosodan, Matsuyaman ja Ishidan (2004) mukaan useissa tutkimuksissa (Metcalf, Roberts & Sutton 1992; Rulquin & Caudal 1992; Renaudeau, Lebreton, Noblet & Dourman 2002) on todettu verenvirtauksen lisääntyvän utareeseen eläimen maatessa. Maito-

rauhasten ravinteiden otto verestä vähenee kun verenvirtaus utareeseen rajoittuu (Delamaire & Guinard-Flament 2006). Tämän seurauksena myös maitotuotos vähenee.

Lämpöstressi voi heikentää lehmän hedelmällisyyttä, sillä se vaikuttaa kiiman kestoon, kohdun toimintaan, hormonitasoihin, follikkeleiden kasvuun ja kehitykseen sekä keltarauhasen toimintaan. Pitkät lämpöstressijaksot voivat lisäksi vaikuttaa varhaiseen alkionkehitykseen ja eloonjäämiseen, sikiön kasvuun sekä ternimaidon laatuun. (Becker ym. 2020.) Myös umpilehmät kokevat lämpöstressiä. Uudet tutkimukset (Laporta, Ferreira, Ouellet, Dado-Senn, Almeida, De Vries & Dahl 2020; Dado-Senn, Laporta & Dahl 2020) ovat osoittaneet, että tiineyden loppuvaiheessa koettu lämpöstressi heikentää sekä lehmän tyttären että tyttärenäntyttären elinikäistä maitotuotosta.

Lämpöstressi heikentää myös lehmien immuunijärjestelmää lisäten infektioriskejä kuten utare- ja kohtutulehduksia (do Amaral, Connor, Tao, Hayen, Bubolz & Dahl 2010). Sairastumisriskiä nostaa myös patogeenikuorman lisääntyminen lehmien ympäristössä korkean ilman lämpötilan ja kosteuden seurauksena (Godden, Rapnicki, Stewart, Fetrow, Johnson, Bey & Farnsworth 2003).

Lehmien lämpöstressin tasoa voidaan arvioida ilman lämpötilan ja kosteuden huomioivalla THI – indeksillä (*engl. temperature-humidity index*). Eri tutkimuksessa lämpöstressin alaraja vaihtelee 68–74 THI yksikön välillä (Herbut, Angrecka & Walczak 2018). Hahn, Gaughan, Mader ja Eigenberg (2009) ovat luokitelleet lämpöstressin tasot seuraavasti normaalituotoksisille lehmille: < THI 74 normaali, THI 75–78 hälytys, THI 79–83 vaara ja > THI 84 hätätilanne (kuvio 2). Useat muut tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että THI 72 on jo kriittinen kynnyisarvo, jonka jälkeen lehmien tuotanto-ominaisuudet alkavat heikentyä ja maidontuotannon on havaittu laskevan (Herbut ym. 2018). Armstrongin & Jannin (2023) mukaan korkeatuottoiset lehmät voivat puolestaan alkaa kokea lämpöstressiä jo THI 65 arvon ylittyessä.

| Lämpötila °C | Ilman suhteellinen kosteus % | | | | | | | | | | |
|--------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 0 % | 10 % | 20 % | 30 % | 40 % | 50 % | 60 % | 70 % | 80 % | 90 % | 100 % |
| 22 | 56 | 58 | 60 | 61 | 63 | 64 | 66 | 68 | 69 | 71 | 72 |
| 23 | 57 | 59 | 60 | 62 | 64 | 65 | 67 | 69 | 70 | 72 | 74 |
| 24 | 58 | 60 | 61 | 63 | 65 | 67 | 68 | 70 | 72 | 73 | 75 |
| 25 | 59 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 69 | 71 | 73 | 75 | 77 |
| 26 | 59 | 61 | 63 | 65 | 67 | 69 | 71 | 72 | 74 | 76 | 78 |
| 27 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 | 79 |
| 28 | 61 | 63 | 65 | 67 | 69 | 71 | 73 | 75 | 77 | 79 | 81 |
| 29 | 61 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 |
| 30 | 62 | 64 | 67 | 69 | 71 | 73 | 75 | 77 | 79 | 82 | 84 |
| 31 | 63 | 65 | 67 | 70 | 72 | 74 | 76 | 79 | 81 | 83 | 85 |
| 32 | 64 | 66 | 68 | 71 | 73 | 75 | 77 | 80 | 82 | 84 | 87 |
| 33 | 64 | 67 | 69 | 71 | 74 | 76 | 79 | 81 | 83 | 86 | 88 |
| 34 | 65 | 68 | 70 | 72 | 75 | 77 | 80 | 82 | 85 | 87 | 90 |
| 35 | 66 | 68 | 71 | 73 | 76 | 78 | 81 | 83 | 86 | 88 | 91 |
| 36 | 67 | 69 | 72 | 74 | 77 | 79 | 82 | 85 | 87 | 90 | 92 |
| 37 | 67 | 70 | 73 | 75 | 78 | 81 | 83 | 86 | 89 | 91 | 94 |
| 38 | 68 | 71 | 73 | 76 | 79 | 82 | 84 | 87 | 90 | 93 | 95 |
| 39 | 69 | 71 | 74 | 77 | 80 | 83 | 86 | 88 | 91 | 94 | 97 |
| 40 | 69 | 72 | 75 | 78 | 81 | 84 | 87 | 90 | 92 | 95 | 98 |

Kuvio 2 Lämpöstressin mittaamiseen voidaan käyttää ilman lämpötilan ja kosteuden yhteisvaikutuksen huomioivalla THI-indeksiä (Kinnusen Tähti Rehut 2023).

7 Muuttuvan toimintaympäristön vaikutukset korkeatuottoiseen lypsylehmään

Lypsylehmien kestävyys ja sopeutumiskyky tulevat olemaan yhä arvokkaampia ominaisuuksia alati muuttuvassa toimintaympäristössä. Koko maataloussektori käy läpi mullistuksia globaalisti, jotka johtuvat ruokaturvan, ympäristön ja yhteiskunnallisten tarpeiden kilpailevista haasteista. (Friggens, Blanc, Berry & Puillet 2017.) Väestönkasvun myötä on väistämätöntä, että ihmisravinnoksi kelpaavat kasvikunnantuotteet ja niiden kasvattamiseen soveltuvat maat vähentävät kotieläinten laiduntamiseen ja rehujen kasvattamiseen tarjolla olevaa peltopinta-alaa (Schader, Muller, El-Hage Scialabba, Hecht, Isensee, Erb, Smith, Makkar, Klocke, Leiber, Schwegler, Stolze & Niggli 2015).

Toimintaympäristön muutoksien ennakoitaan muuttuvan myös maidontuotannossa vallitsevia tuotantokäytänteitä (Tixier-Boichard, Verrier, Rognon & Zerjal 2015). Nykyiset käytänteet ovat luoneet olosuhteet, joissa lehmän sopeutumiskyvyllä ei ole ollut niin suurta vaikutusta minkä seurauksena sitä ei ole nähty jalostuksen kannalta tärkeänä ominaisuutena (van der Most, de Jong, Parmentier & Verhulst 2011). Tulevaisuudessa nykyisistä perinteisistä tuotantokäytännöistä, joissa pyritään hallita ja kontrolloida ympäristöä mahdollisimman tarkasti häiriöiden estämiseksi, siirry-

tään kohti malleja, joissa ympäristöä ei enää yritetä hallita niin tiukasti. Sen sijaan keskitytään lehmien kestävyteen ja kykyyn sopeutua ympäristön muutoksiin. (Tixier-Boichard ym. 2015.) Jokaisessa tuotantoympäristössä ja -teknologiassa on omat vaatimukset lehmälle, eri olosuhteet edellyttävät erilaisia ominaisuuksia lehmältä. Esimerkiksi korkeatuotoksinen lehmä, joka on optimoitu suurten maitomäärien tuottamiseen, ei ole yhtä tehokas laiduntaja, koska sen rehunkäyttötehokkuus ja aineenvaihdunta eroavat laiduntavien lehmien tarpeista. (Roche ym. 2018.)

Maidontuotanto on herkkä ilmastonmuutokselle ja sen mukanaan tuoman lämpenemisen vaikutuksille (Sammad ym. 2020). Korkeiden ilmanlämpötilojen ja lisääntyneiden hellejaksojen merkittävät vaikutukset lypsylehmien hyvinvointiin ja maitotuotokseen antavat olettaa, että lähivuosikymmeninä ilmasto-olosuhteet heikkenevät entisestään nautakarjan pidolle (Herbut ym. 2018). Useiden tutkimuskeskusten julkaisemat raportit ovat osoittaneet ilmaston systemaattisen lämpenemisen lisääntyvät maapallolla. Maapallon keskilämpötila on noussut 1,0 °C astetta 1800-luvulta vuoteen 2019 mennessä ja sen odotetaan nousevan vielä 1,5 °C astetta lisää vuosien 2030 ja 2052 välillä (Becker ym. 2020).

Aiemmin ympäristön korkeiden ilmanlämpötilojen vaikutuksia lypsylehmiin pidettiin ainoastaan trooppisten alueiden ongelmana, mutta ne ovat levinneet ilmaston lämpenemisen vuoksi myös pohjoisille leveysasteille. Tilastojen perusteella voidaan todeta, että päivien määrä, jolloin lämpötila- ja kosteusindeksi ylittää lypsylehmien mukavuusrajan, on lisääntymässä Yhdysvaltojen pohjoisosissa, Kanadassa ja Euroopassa. (Polsky & von Keyserlingk 2017.) Beckerin ja muiden (2020) mukaan Beede ja Collier (1986) ovat todenneet lämpöstressiä esiintyvän kaikilla ilmastovyöhykkeillä vuodenajasta riippuen. Lauhkealla ilmastovyöhykkeellä elävät lehmät eivät ole fysiologisesti sopeutuneet lämpöstressiä aiheuttaviin olosuhteiseen, mikä vaikeuttaa sopeutumista ympäristön lämpötilan vaihteluille (Ominski, Kennedy & Wittenberg 2002, 730). Tätä teoriaa tukevat useat tutkimukset, joissa on todettu lauhkean ilmaston lehmien maitotuotoksen vähenevän alhaisemmillä lämpötila- ja kosteusindekseillä verrattuna trooppisilla ja subtrooppisilla ilmastovyöhykkeillä elävillä lehmillä (Hammami, Bormann, M'hamdi, Montaldo & Gengler 2013; Schüller, Burfeind & Heuwieser 2014).

Useat tutkimukset ovat osoittaneet lehmien kuolleisuusriskin olevan korkeampi kesäkuukausina ja hellejaksojen aikana (Dechow & Goodling, 2008; Vitali, Segnalini, Bertocchi, Bernabucci, Nardone

& Lacetera 2009; Lees, Sejian, Wallage, Steel, Mader, Lees & Gaughan 2019). Erityisesti kesän aikana ummessaolevilla ja poikivilla lehmillä on lämpöstressin seurauksena suurempi riski subkliinisen tai kliinisen ketoosin muodostumiselle (Gantner, Kuterovac & Potočnik 2016), maksan rasvoitumiselle (Basiricò, Bernabucci, Morera, Lacetera & Nardone 2016) sekä oksidatiiviselle stressille (Bernabucci, Ronchi, Lacetera & Nardone 2002). Kesällä myös rehun laatu voi heikentyä sen lämmenemisen seurauksena. Lämmenneen rehun muuttunut koostumus yhdessä lämpöstressistä seuranneen syljenerityksen vähenemisen kanssa voivat häiritä lehmän pötsin pH-tasapainoa ja lisätä pötsin happamoitumisriskiä. Tämä voi epäsuorasti lisätä haitallisten sivuvaikutusten kuten sorkka-kuumeen puhkeamista ja maidon rasvapitoisuuden laskua. (Sammad ym. 2020.)

Ilmastonmuutoksen ennusteiden mukaan sään ääri-ilmiöiden esiintymiseen tulee lisääntymään tulevaisuudessa (Hansen 2012). Korkeatuottoisten lehmien ruokinnan on oltava optimoitu niiden tarpeisiin, jotta ne voivat ylläpitää tuotostasonsa. Epäsuotuisat sääolosuhteet, kuten poikkeavat sateet ja kuivuus, vaikuttavat negatiivisesti rehusadon laatuun ja määrään. Huonolaatuinen rehu tai riittämätön määrä rehua voivat heikentää maitotuotosta ja altistaa eläimet terveysongelmille. Rehujen laatu vaikuttaa suoraan maidon ja lihan koostumukseen sekä laatuun, joten huonolaatuinen rehu on riski myös ruokaturvalle. (Jaakkola & Seppänen 2012, 114.) Jos eläinperäisiä tuotteita ei voida jatkojalostaa virheellisen laadun vuoksi, se voi vähentää ihmisille saatavilla olevan ravinnon määrää ja heikentää elintarvikkeiden turvallisuutta.

Ilmastonmuutoksen ja väestönkasvun mukanaan tuomien haasteiden perusteella O'Mara (2012) odottaa tulevaisuudessa kotieläintuotannon joutuvan hyväksymään enemmän rehunlaadun vaihtelua ja huonolaatuista rehua, elintarviketeollisuuden sivuvirtojen hyödyntämistä ja marginaalisia laiduntamisalueita. Lisäksi erilaiset globaalit kriisit, kuten konfliktit, pakotteet ja pandemiat, voivat heikentää kaupallisten rehujen saatavuutta raaka-ainepulan ja hintojen nousun seurauksena. Siksi tulevaisuuden lehmien on kyettävä sopeutumaan nykyistä suurempaan vaihteluun rehun laadussa ja määrässä ilman maitotuotoksen merkittävää heikkenemistä. Lämpötilan nousun seurauksena kestävyttä ja sopeutumiskykyä tullaan tarvitsemaan myös uusia taudinaiheuttajia vastaan. (Yattoo, Kumar, Dimri & Shamra 2012.)

8 Tulokset

Korkeatuottoisen lypsylehmän menestyminen tulevaisuudessa on riippuvainen siitä, kuinka hyvin muuttuvan toimintaympäristön riskejä pystytään hallitsemaan ja kuinka sen tarjoamia mahdollisuuksia pystytään hyödyntämään. Keskeisimmäksi kysymykseksi nousee ilmastonmuutokseen ja sen tuomiin muutoksiin sopeutuminen, sillä ne vaikuttavat merkittävästi lehmän hyvinvointiin. Kyky sopeutua muutoksiin sekä kestävä ja innovatiiviset toimintatavat tulevat olemaan keskeisiä tekijöitä, jotka auttavat saavuttamaan niin taloudellisen, ekologisen, teknologisen kuin yhteiskunnallisen kestävyuden muuttuvassa toimintaympäristössä.

Lypsykarjan jokainen eläin kuluttaa taloudellisia ja ekologisia resursseja. Karjan uudistus eli karjasta poistuvien lypsylehmien korvaaminen uusilla hiehoilla on kokonaisuus, joka vaikuttaa maatalousyrittäjien kannattavuuteen, eläinten hyvinvointiin ja ympäristöön. Täten uudistuseläinten määrän optimoinnilla on vaikutukset niin taloudelliseen, ekologiseen kuin eettiseen kestävyteen. Kestävälle tuotannolle asetetut tavoitteet saavutetaan, kun eläinten ruokinta ja olosuhteet ovat kunnossa, sairastuneet huomataan varhain ja hoidetaan hyvin sekä siemennykset toteutetaan oikea-aikaisesti siten, että vasikoiden käyttötarkoitus on suunniteltu. (Sarjokari, Nokka, Perasto, Viitasalo, Huhtamäki & Taurén n.d.)

Pohjoismaissa jalostustavoitteisiin on jo pitkään kuulunut tuotosominaisuuksien lisäksi hedelmällisyys, terveys ja kestävyys. Nykyään myös yhä useammassa maassa pohjoismaiden ulkopuolella on alettu lisäämään muitakin jalostustavoitteita tuotoksen rinnalle. Lehmien kestävyys vaikuttaa positiivisesti myös kuluttajien luottamukseen ja mielipiteeseen maidontuotannosta, sillä pitkäikäiset lehmät kertovat hyvinvoinnista ja pienentävät maidontuotannon ympäristövaikutuksia. (Carlén, Fogh & Paakala 2015.)

Rilanton, Reimussin, Orron, Emanuelsonin, Viltropin ja Mötusin (2020) tekemässä virolaisessa tutkimuksessa todettiin holsteinlehmillä olevan suurempi teurastusriski Viron punaisiin ja alkuperäisrotuisiin lehmiin verrattuna. Holsteinien suurempaa teurastusriskiä voi selittää niiden korkeampi alttius tuotantoon liittyville sairauksille (Mee 2004) ja heikompi lisääntymiskyky risteytyslehmiiin verrattuna (Heins, Hansen & Seykora 2006). EARIB:in (2018) mukaan Virossa holsteineilla on suurin keskituotos, joten voidaan olettaa, että korkean maitotuotoksen seuraukset ovat toteutuneet tässä ja nähtävissä käytännössä. Samassa Rilanton ja muiden (2020) tutkimuksessa havaittiin hol-

steinien teurastusriskin olevan suurempi suurissa karjoissa. Karjakoon ja lehmien hyvinvoinnin välillä on todettu olevan monimutkainen yhteys, johon vaikuttavat useat eri tekijät kuten lehmien käytettävissä oleva tila. Aiemmat tutkimukset ovat myös osoittaneet positiivisen yhteyden aineenvaihduntasairauksien esiintyvyyden ja karjakoon koon välillä (Stengärde, Hultgren, Tråvén, Holtenius & Emanuelson 2012). Suurissa karjoissa taudit myös leviävät helpommin korkeamman eläintiheyden ja bioturvallisuuden hallinnan haasteiden seurauksena, mikä voi osaltaan selittää karjakoon ja teurastusriskin välistä yhteyttä (Nor, Steeneveld & Hogeveen 2013).

8.1 Geneettinen kestävyys ja sopeutumiskyky

Kestävyys on yksi tärkeimmistä lypsylehmien jalostustavoitteista, mutta se muodostuu useista eri tekijöistä. Perinnölliset erot yksilöiden välillä selittävät noin 10 % kestävyuden kokonaisvaihtelusta eri eläinten välillä, joten karjakohtaiset tekijät, kuten ruokinta, hoito ja olosuhteet vaikuttavat perintötekijöitä enemmän lypsylehmän riskiin tulla poistetuksi. Esimerkiksi karjakoon kasvu, jalostuseläinten ja teuraiden hinta sekä uudistushiehojen tarve vaikuttavat yksittäisissä karjoissa siihen kuinka pitkään lehmä pysyy karjassa. (Carlén, Fogh & Paakala 2015.)

Resurssien allokointi on prosessi, jossa rajalliset resurssit jaetaan eri toimintojen tai rakenteiden kesken. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että yhteen toimintaan käytettyä resurssia ei voida samanaikaisesti käyttää toiseen toimintaan. (Friggens ym. 2017.) Sen seurauksena lehmän kaikki biologiset toiminnot eivät voi toimia maksimaalisesti geneettisen potentiaalin rajoissa, sillä käytettävissä olevat resurssit on jaettava eri toimintojen välille (Stearns 1992). Tästä johtuen emme voi odottaa eläinten olevan kestäviä kaikenlaisille ympäristöhäiriöille, varsinkin jos ne joutuvat kohtaamaan useita häiriöitä yhtä aikaa.

Kaikilla eläimillä on biologinen tarve lisääntyä, joten kyky sopeutua muuttuviin ympäristöolosuhteisiin on keskeinen ominaisuus lisääntymisen turvaamiseksi. Tätä varten eläimillä on kyky pysäyttää tai viivyttää riskialttiita prosesseja kun ympäröivät olosuhteet muuttuvat liian koviksi niille. Kaikkien kotieläinlajien naarilla on havaittu olevan piirre lopettaa kiimakierto tai pidentää synnytyksen jälkeen ensimmäiseen kiimaan tuloa jos ravinnonsaanti ei ole riittävä. Olemassa olevat tutkimukset osoittavat, että kehon negatiivinen energiatasapaino ei ole ainoastaan reaktio riittämättömään ravinnon saantiin vaan se toimii samalla naaraille indikaattorina vallitsevan ympäristön ravinnon laadusta. (Friggens ym. 2017.)

Lypsylehmien kyky sopeutua ympäristön muutoksiin perustuu perinnöllisen vaihtelun olemassa-oloon eli siihen, että populaation yksilöillä on erilaisia geenejä ja ominaisuuksia. Tämä vaihtelu on viiden evolutiivisen voiman eli sattuman (*drift*), siirtymisen (*migration*), mutaatioiden, geenien yhdistymisen (*rekombinaatio*) ja valinnan, vaikutuksien alainen. Populaatiot voivat kehittyä ja saavuttaa maksimitason jossain ominaisuudessa sukupolvia kestäneen valinnan seurauksena. Se ei kuitenkaan välttämättä tarkoita, että perinnöllinen vaihtelu olisi kokonaan loppunut. Tutkimukset ovat osoittaneet, ettei perinnöllinen vaihtelu katoa helposti pitkälläkään aikavälillä vaikka jalostuksessa olisi pyritty valitsemaan jotain yksittäistä ominaisuutta. Perinnöllisissä ominaisuuksissa on huomattu tapahtuvan nopeita muutoksia kun käänteinen valinta on otettu käyttöön. Sen seurauksena tutkijoiden mielestä ei ole juurikaan syytä huoleen, ettei nykyaikainen lypsykarja pystyisi sopeutumaan pitkällä aikavälillä ympäristössään tapahtuviin muutoksiin. (Berry 2018.)

8.2 Kestävyyden mittaaminen

Kestävyyden määrittely ja sen mittaaminen eivät ole olleet yksimielistä, sillä se ei ole yksinkertainen tai yksittäinen ominaisuus vaan monimutkainen kokonaisuus eri ominaisuuksia ja toimintamekanismeja jotka ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa. Kestävyyteen vaikuttavat muun muassa lehmän geneettinen perimä, terveys, fysiologia ja kyky sopeutua ympäristön ominaisuuksiin. Se ei siis ole vain yksittäinen piirre, kuten maitotuotoksen määrä, vaan se on kokonaisvaltainen ominaisuus, joka ilmenee eläimen kyvyssä selviytyä ja toimia tehokkaasti eri olosuhteissa. Eläimen tasolla kestävyys voidaankin määritellä kyvyksi jatkaa ympäristön asettamista rajoitteista huolimatta erilaisia asioita, joita sen on tehtävä edistääkseen tulevaa lisääntymiskykyään. Tässä yhteydessä ”tuleva lisääntymiskyky” tarkoittaa todennäköisyyttä selviytyä lisääntyäkseen tai lisääntyä uudelleen eli välttää kuolema - oli se sitten luonnollinen kuolema tai teurastus. (Dodson ym. 2020.)

Kestävyyttä arvioitaessa toistaiseksi kuvaavimmaksi mittariksi on todettu lehmien poistoikä, sillä siinä näkyy eläimen kyky voittaa sen kokemat ympäristöhaasteet. Se ei kuitenkaan sovellu kestävyden vertailuun eri karjojen välillä ellei niillä ole identtiset ympäristöolosuhteet. Erilaisilla ympäristöillä on merkittävä vaikutus lehmien poistoikään, sillä pelkästään jo uudistushiehojen ylitarjonta voi vaikuttaa lehmien teurastamiskynnykseen. Mittarin epäluotettavuutta tilojen välisiin vertailuihin tuo myös se, että kontrolloidussa ympäristössä eläin ei tarvitse varsinaista kestävyttä selviytyäkseen vuodesta toiseen. (Dodson ym. 2020.)

Dodsonin ja muiden (2020) mukaan käytännössä kestävä lypsylehmä on eläin, joka tuottaa odotusten mukaisesti, hyödyntää saatavilla olevan rehun tehokkaasti, soveltuu ympäristönsä vaatimukseen, kykenee lisääntymään helposti ja säännöllisesti, omaa hyvän vastustuskyvyn ja sitä myöten hyvän terveyden sekä täyttää käyttäytymisen vaatimukset.

8.3 Hedelmällisyys kestävyiden osatekijänä

Hedelmällisyys on yksi keskeisimmistä ominaisuuksista lehmän kestävyiden kannalta, sillä se vaikuttaa suoraan poikimavälin pituuteen, poistoikään ja elinikäistuotoksen määrään (Leroy & Bols 2009). Varsinaisten hedelmällisyysominaisuuksien periytyminen on Berryn (2018) mukaan kuitenkin alhaista, joten ympäristötekijöillä on suurempi vaikutus lehmän tiinehtymiseen kuin sen geneettisellä hedelmällisyydellä (Dash ym. 2016; Becker ym. 2020).

Eryteisesti holsteinien hedelmällisyyden heikkeneminen on globaali huolenaihe. Suurien maidontuotosten, kasvaneiden karjakokojen, heikentyneen vastustuskyvyn ja lisääntynyt sisäsiittoisuuden arvellaan vaikuttaneen niiden hedelmällisyyden heikkenemiseen. (Lucy 2001.) Ilmastonmuutoksen myötä ympäristötekijöiden vaikutukset lehmien lisääntymiseen tulevat todennäköisesti kasvamaan entisestään.

8.4 Kestävyys vastaan tehokkuus

Kestävyiden lisäksi tehokkuuden merkitys kasvaa entisestään maidontuotannon kaikilla osaluilla (Berry, Lassen & de Haas 2015). Lehmät jotka pystyvät tuottamaan enemmän vähemmällä resurssien käytöllä ovat taloudellisesti kannattavia. Kysymys kuitenkin kuuluu, onko mahdollista saada lehmää joka on sekä tehokas että kestävä. (Friggens ym. 2017.)

Ominaisuutena tehokkuutta mitataan enemmän kuin kestävyttä. Tehokkuutta tarkastellaan useimmiten rehuhyötysuhteen ja jäännösrehun kautta. (Friggens ym. 2017.) Rehuhyötysuhde kertoo kuinka paljon maitoa lehmä tuottaa yhdellä kilolla rehun kuiva-ainetta. Jäännösrehu (residual feed intake RFI) kuvaa puolestaan ruokinnan tehokkuutta kertomalla eron lehmän todellisen ja sen tuotoksen perusteella odotetun rehukulutuksen välillä. Jos jäännösrehun arvo negatiivinen, lehmä syö odotettua vähemmän kuiva-ainetta tuotukseensa nähden ollen näin tehokkaampi.

Korkeamman maitotuotoksen tavoittelu lisää tehokkuutta lyhyellä aikavälillä vähentämällä ylläpito- ja tuotokustannuksia suhteessa tuotantoon. Lehmä kohdistaa käytettävissä olevia resursseja enemmän tuotokseen, mikä vähentää ei-tuottaviin mutta kestävyttä tukeviin toimintoihin käytettäviä resursseja. Täten tehokkuuden eli tuotannon maksimoinnin ja kestävyuden eli kyvyn sopeutua ja selviytyä pitkällä aikavälillä, välillä voidaan todeta ristiriita. (Puillet, Réale & Friggens 2016; Friggens ym. 2017.) Lyhyen aikavälin tehokkuus maksimaalisella tuotoksella ei ole kuitenkaan ainoa tehokkuuden mittari. Pidemmällä aikavälillä lehmä, joka elää pitkään ja tuottaa tasaisesti maitoa, voi tuottaa enemmän hyödykkeitä ja saavuttaa korkean elinikäisen tehokkuuden. Tämä tarkoittaa, että vaikka eläimen tuottavuus ei ole yhtä intensiivistä lyhyellä aikavälillä, sen pitkäikäisyys ja tasainen tuotto tekevät siitä taloudellisesti kannattavamman ja kestävämmän ratkaisun. Kestävyys voi siis korreloida positiivisesti elinikäisen tehokkuuden kanssa, jos pitkän eliniän ja jatkuvan tuotannon hyödyt ylittävät kestävyteen suunnatut resurssit. (Puillet ym. 2016; Friggens ym. 2017.)

Lehmien jalostuksessa on tärkeää ottaa huomioon sekä lyhyen aikavälin tehokkuus että pitkäaikainen kestävyys. Jos tehokkuus mitataan vain lyhyellä aikavälillä, lehmät voivat olla tehokkaita mutta vähemmän kestäviä. Pitkällä aikavälillä eläinten kestävyys voi olla taloudellisesti tehokkaampaa, koska se mahdollistaa resurssien optimaalisen käytön. Tämä edistää kestävyttä ja tasapainoa tuotannon ja eläinten hyvinvoinnin välillä. Pitkän aikavälin tehokkuus parantaa myös koko maidontuotannon ekologista ja yhteiskunnallista kestävyttä. (Puillet ym. 2016; Friggens ym. 2017.)

8.5 Yhteenveto

Leroy ja Bolsin (2009) mukaan lehmäkohtaisen maitotuotoksen maksimointi on edelleen kannattavaa niin taloudellisesta kuin ekologisesta näkökulmasta tarkasteltuna. Siinä kuitenkin korostuu ammattimaisen ja optimoidun karjanhoidon merkitys, jolla pystytään osittain kompensoimaan lehmiin kohdistuvaa painetta sekä turvaamaan nykyaikaisten lypsylehmien hedelmällisyys, terveys, hyvinvointi ja kestävyys (Leroy & Bols 2009).

Karjan hyvä terveys edistää lehmien kestävyttä ja nostaa niiden elinaikaista maitotuotosta. Lehmä tuottaa kasvihuonepäästöjä aina syntymästään asti, joten pidempään elävällä ja siten suuremman maitotuotoksen saavuttavalla lehmällä kasvihuonepäästöt ovat maitolitraa kohden pienemmät kuin ennenaikaisesti karjasta poistetulla lehmällä. Eläinten hyvinvoinnin edistäminen ja sairauksien ennaltaehkäisy on kannattavaa niin tilan talouden, ympäristötehokkuuden kuin hiilija-

lanjäljenkin kannalta. Terveessä karjassa lääkitystarve on vähäisempi, jonka ansiosta maidon hävikki vähenee, lääkeresistenssin riski pienenee eikä eläimiä tarvitse poistaa ennen aikaisesti. (Sarjokari ym. n.d.)

Karjan uudistuskustannukset ovat toiseksi suurin menoerä maidontuotannon muuttuvista kustannuksista heti rehukustannuksen jälkeen. Uudistuskustannuksiin vaikuttaa eniten se kuinka suuri osa lehmistä jatkaa karjassa aina seuraavalle lypsykaudelle. Mitä parempi terveys, kestävyys ja tiinehtyvyys karjassa on, sitä vähemmän lehmien tilalle tarvitsee kasvattaa uusia hiehoja. Hiehojen kasvatus lypsylehmäksi kestää keskimäärin kaksi vuotta, jonka aikana ne kuluttavat resursseja ja aiheuttavat ilmastopäästöjä kuten ruoansulatuksessa syntyvää metaania ja rehuntuotannon aiheuttamia typpioksiduulia ja hiilidioksidia. Hiehon ensimmäisen tuotoskauden maitotulo menee sen kasvatuskustannusten kattamiseen, joten mitä aikaisemmin se saadaan poikimaan, sitä nopeammin se alkaa tuottaa maitoa ja kattaa kustannuksiaan. Suurimmat euromääräiset menetykset syntyvät jos ensikko joudutaan poistamaan heti lypsykauden alussa karjasta. (Sarjokari ym. n.d.)

9 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää millaisia riskejä korkean maitotuotoksen jalostus aiheuttaa lypsylehmille ja koko maidontuotannolle kun toimintaympäristö muuttuu. Selvityksen mukaan korkean maitotuotoksen jalostaminen voi johtaa useisiin terveysongelmiin, kuten aineenvaihdon ja lisääntymisen häiriöihin. Erityisesti intensiivisen jalostuksen seurauksena geneettisen monimuotoisuuden väheneminen on merkittävä riski, sillä se voi pitkällä aikavälillä vähentää lehmien sopeutumiskykyä ympäristön muutoksille, kuten lämpöstressille tai uusille taudinaiheuttajille. Ilmastonmuutoksen myötä ympäristöolosuhteet muuttuvat lehmien kannalta entistä haastavammiksi, jolloin sopeutumiskyvyn merkitys korostuu entisestään. Korkeatuottoiset lehmät ovat myös aineenvaihdunnallisesti suuremmissa rasituksessa, mikä altistaa ne herkemmin metabolisille häiriöille, infektioille ja lämpöstressille.

Tuloksien perusteella voidaan todeta, että korkean maitotuotoksen jalostaminen voi johtaa ristiriitaa tuotannon tehokkuuden ja kestävyiden välillä eikä se ole yksinään kestävä ratkaisu pitkällä aikavälillä. Tulevaisuudessa maidontuotannon kestävyttä tulisi tarkastella laajempina kokonaisuutena, jossa otetaan huomioon taloudelliset, teknologiset, ekologiset ja yhteiskunnalliset näkökulmat. Tavoitteena olisi löytää tuotantotapoja, jotka edistävät sekä eläinten että ympäristön hy-

vinvointia, ollen samalla kuitenkin taloudellisesti kannattavia. Tämä vaatii uusia lähestymistapoja eläinten jalostukseen, ruokintaan ja hoitoon, jotka eivät perustu pelkästään tuotannon maksimointiin, vaan myös eläinten ja ympäristön hyvinvointiin.

Taloudellisesta näkökulmasta korkeatuottoisen lypsykarjan hallinta vaatii tarkkaa kustannusten hallintaa ja strategisia investointeja. Ruokinnan optimointi, rehuhyötysuhteen parantaminen ja uudistuskustannusten minimointi ovat keskeisiä elementtejä, jotka vaikuttavat suoraan tilojen kannattavuuteen. Uudet teknologiat, kuten automaattiset ruokintajärjestelmät ja digitaaliset seuranta- ja analytiikkatyökalut, tarjoavat mahdollisuuksia parantaa tehokkuutta ja resurssien kohdentamista.

Teknologisesta näkökulmasta bioteknologian ja datan käyttö jalostuksessa mahdollistavat geneettisesti monimuotoisemman ja paremmin sopeutuvan karjan kehittämisen. Tulevaisuudessa jalostuksen tavoitteet tulisi laajentaa tuotantomäärän lisäämisen sijaan ominaisuuksiin, jotka tukevat kestävyttä, stressinsietokykyä, terveyttä ja sopeutumiskykyä. Nämä ominaisuudet voivat parantaa sekä eläinten hyvinvointia että maidontuotannon kestävyttä pitkällä aikavälillä.

Ekologisesta näkökulmasta maidontuotannon on vastattava ilmastonmuutoksen haasteisiin, kuten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen ja luonnon monimuotoisuuden turvaamiseen. Karjan terveyden ja eliniän parantaminen on keskeinen strategia, jolla voidaan vähentää maidon tuotantoon liittyvää hiilijalanjälkeä. Laidunnuksen ja nurmiviljelyn kaltaiset käytännöt eivät ainoastaan paranna eläinten hyvinvointia, vaan myös edistävät hiilensidontaa ja ravinteiden kierrätystä.

Yhteiskunnallisesta näkökulmasta kuluttajien kasvavat vaatimukset eläinten hyvinvoinnille ja tuotannon eettisyydelle ohjaavat maidontuotannon tulevaisuuden linjauksia. Kuluttajien tietoisuuden lisääntyessä myös maidontuotannon on vastattava kysyntää vastuullisista tuotantokäytännöistä. Tämä edellyttää sekä tuottajien, päättäjien että kuluttajien tiivistä yhteistyötä, jotta maidontuotannon muutos kohti kestävyttä voi onnistua. Samalla on tärkeää huomioida maidontuotannon merkitys ruokaturvan varmistajana erityisesti alueilla, joissa muut proteiini lähteet eivät ole helposti saavutettavissa.

Tulevaisuuden maidontuotanto vaatii siis kokonaisvaltaista ajattelua, jossa yhdistyvät taloudellinen kannattavuus, teknologinen innovaatio, ekologinen käsitys ja yhteiskunnallinen vastuullisuus. Tämä tutkimus korostaa, että maidontuotannon kestävyys ei perustu vain yksittäisiin parannuksiin, vaan laajempaan muutokseen ajattelutavoissa ja toimintakäytänteissä. Innovatiiviset ratkaisut, kuten uudet jalostusstrategiat, hiilineutraaliuteen pyrkivät tuotantotavat ja kuluttajien osallistaminen tuotannon kehittämiseen, voivat olla avainasemassa maidontuotannon sopeuttamisessa tulevaisuuden haasteisiin.

9.1 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin vastaamaan kolmeen keskeiseen tutkimuskysymykseen. Näiden kysymysten tarkastelu ja niihin saatujen vastausten analyysi osoittavat, että maidontuotannon tulevaisuuden turvaaminen edellyttää kokonaisvaltaista ja innovatiivista lähestymistapaa.

1. Miten korkea maitotuotos vaikuttaa lypsylehmien terveyteen ja hyvinvointiin?

Työssä kävi ilmi, että korkea maitotuotos lisää riskiä useisiin terveysongelmiin, kuten hedelmällisyyden heikentymiseen, aineenvaihduntahäiriöihin ja lämpöstressiin. Lisäksi negatiivinen energiatasapaino alkulypsykaudella heikentää lehmien immuunipuolustusta, mikä lisää sairastuvuutta.

2. Millainen riski korkea tuotos on muuttuvassa toimintaympäristössä?

Analyysi osoitti, että korkea maitotuotos voi olla haasteellista sopeuttaa ilmastonmuutoksen tuomiin muutoksiin, kuten lisääntyviin lämpöstressijaksoihin ja heikentyneisiin rehuresursseihin. Korkeatuottoiset lehmät ovat erityisen alttiita ympäristön muutoksille, mikä tekee niistä haavoittuvia muuttuvissa olosuhteissa.

3. Onko korkea maitotuotos kestävä ratkaisu myös tulevaisuudessa?

Työn tulokset viittaavat siihen, että korkea maitotuotos ei yksinään ole kestävä ratkaisu ilman tukevia strategioita, jotka huomioivat eläinten hyvinvoinnin, geneettisen monimuotoisuuden ja ympäristön kantokyvyn. Tulevaisuuden kestävä ratkaisu edellyttävät jalostustavoitteiden uudelleenarviointia ja sopeutuvampien karjakäytäntöjen kehittämistä.

Lähteet

Armstrong, J. & Janni, K. 2023. Heat stress in dairy cattle. University of Minnesota Extension. Verkko sivu. Viitattu 26.11.2024. <https://extension.umn.edu/dairy-milking-cows/heat-stress-dairy-cattle>

Aro, J., Hilpelä-Lallukka, R., Niemi, A-M., Toivonen, M. & Vahlsten, T. 2012. Mittaa ja valitse: lypsykarjanjalostuksella tuloksiin. Helsinki: Opetushallitus.

Aschenbach, J.R., Kristensen, N.B., Donkin, S.S., Hammon, H.M. & Penner, G.B. 2010. Gluconeogenesis in dairy cows: The secret of making sweet milk from sour dough. *IUBMB Life* 2010, 62, 869–877. Verkkojulkaisu. Viitattu 14.11.2024. <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/iub.400>

Basiricò, L., Bernabucci, Um., Morera, P., Lacetera, N. & Nardone, A. 2016. Gene expression and protein secretion of apolipoprotein B100 (ApoB100) in transition dairy cows under hot or thermoneutral environments. *Italian Journal of Animal Science*. Volume 8, Issue 2. Viitattu 26.11.2024. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.592>

Baumgard, L. H. & Rhoads, R.P. 2013. Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*. Volume 1, 311-337. Rajattu käyttöoikeus. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>

Becker, C.A., Collier, R.J. & Stone, A.E. 2020. Invited review: Physiological and behavioural effects of heat stress in dairy cows. *Journal Dairy Science*. Volume 103, 6751-6770. Verkkojulkaisu. Viitattu 15.11.2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929>

Bernabucci, U., Ronchi, B., Lacetera, N. & Nardone, A. 2002. Markers of Oxidative Status in Plasma and Erythrocytes of Transition Dairy Cows During Hot Season. *Journal of Dairy Science*. Volume 85, Issue 9, 2173-2179. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.11.2024. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74296-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74296-3)

Berry, D.P. 2018. Symposium review: Breeding a better cow – Will she be adaptable?. *Journal of Dairy Science*. Volume 101, 3665-3685. Verkkojulkaisu. Viitattu 20.11.2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13309>

Berry, D.P., Lassen, J. & de Haas, Y. 2015. Residual feed intake and breeding approaches for enteric methane mitigation. *Teoksessa Livestock production and climate change: CABI climate change series (toim. Malik PK, Bhatta R, Takahashi J, Kohn RA and Prasad CS), pp. 273–291.*

Bickerstaffe, R., Annison, E.F. & Linzell, J.L. 1974. The metabolism of glucose, acetate, lipids and amino acids in lactating dairy cows. *The Journal of Agricultural Science*. Volume 82, 71. Verkkojulkaisu. Viitattu 14.11.2024. Rajoitettu käyttöoikeus. <https://doi.org/10.1017/S0021859600050243>

Brito, L., Bedere, N., Douhard, F., Oliveira H., Arnal, M., Peñagaricano, F., Schinckel, A., Baes, C. & Miglior, F. 2021. Review: Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. Verkkojulkaisu. Viitattu 19.11.2024. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100292>

Brundtland, G.H. 1987. Report of the World Commission On Environment and Development: Our Common Future. Verkkojulkaisu. Viitattu 5.9.2023.

<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Carlén, E., Fogh, A. & Paakala, E. Lypsylehmien kestävyyttä voidaan parantaa. NAV- Nordisk Avlsværdi Vurdering. Verkkojulkaisu. Viitattu 23.11.2024. https://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2015/04/Longevity-trend_FIN.pdf

Cassell, B. 2009. Inbreeding. Virginia Cooperative Extension. Publication 404-080, 2. Virginia Polytechnic Institute and State University. Verkkojulkaisu. Viitattu 31.8.2024.

<https://vtechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/1bec7d1a-9f11-45b5-b040-6b114a35d890/content>

Cassell, B.G. 1999. Effect of Inbreeding on Lifetime Performance of Dairy Cows. Advances In Dairy Technology 1999. Volume 11, 13-14. Virginia Polytechnic Institute and State University. Verkkojulkaisu. Viitattu 31.8.2024.

https://wcds.ualberta.ca/wp-content/uploads/sites/57/wcds_archive/Archive/1999/Manuscripts/Chapt%2002-%20Cassell.pdf

Collier, R.J., Dahl, G.E. & VanBaale, M.J. 2006. Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle. American Dairy Science Association. Journal of Dairy Science. Volume 89, Issue 4, 1244-1253. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024.

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72193-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2)

Cook, N.B., Mentink, R.L., Bennett, T.B. & Burgi, K. 2007. The Effect of Heat Stress and Lameness on Time Budgets of Lactating Dairy Cows. Journal of Dairy Science. Volume 90, Issue 4, 1674-1682. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024.

<https://doi.org/10.3168/jds.2006-634>

Dado-Senn, B., Laporta, J. & Dahl, G.E. 2020. Carry over effects of late-gestational heat stress on dairy cattle progeny. Journal of Dairy Science. Volume 154, 17-23. Verkkojulkaisu. Viitattu 18.11.2024.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.012>

Dairy Australia. 2023. Feeding our animals. Dairy Australia. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2024.

<https://clear.ucdavis.edu/explainers/dairy-cows-original-upcyclers>

Dash, S., Chakravarty, A.K., Singh, A., Upadhyay, A., Singh, M. & Yousuf, S. 2016. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. Veterinary World. Volume 9 (3), 235-244. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024.

<http://www.veterinaryworld.org/Vol.9/March-2016/3.pdf>

Dechow, C.D. & Goodling, R.C. 2008. Mortality, Culling by Sixty Days in Milk, and Production Profiles in High- and Low-survival Pennsylvania Herds. Journal of Dairy Science. Volume 91, Issue 12, 4630-4639. Verkkojulkaisu. Viitattu 25.11.2024.

<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1337>

Delamaire, E. & Guinard-Flament, J. 2006. Increasing Milking Intervals Decreases the Mammary Blood Flow and Mammary Uptake Of Nutrients in Dairy Cows. Journal of Dairy Science. Volume 89, Issue 9, 3439-3446. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024.

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72381-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72381-5)

Dikmen, J. & Hansen, P.J. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?. *Journal of Dairy Science*. Volume 92, 109-116. Viitattu 15.11.2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030209703157>

do Amaral, B.C., Connor, E.E., Tao, S., Hayen, M.J., Bubolz, J.W. & Dahl, G.E. 2011. Heat stress abatement during the dry period influences metabolic gene expression and improves immune status in the transition period of dairy cows. American Dairy Science Association. *Journal of Dairy Science*. Volume 94, Issue 1, 86-96. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-3004>

Dodson, H., Smith, R.F., Royal, M.D., Knight, C.H. & Sheldon, I.M. 2007. The high producing dairy cow and its reproductive performance. *Reprod Domest Anim*. Verkkojulkaisu. Viitattu 23.11.2024. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00906.x>

EARIB. 2018. Estonian Livestock Performance Recording Yearbook. Jõudluskontrolli aastaraamat 2018. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.11.2024. https://www.epj.ee/assets/tekstid/aastaraamatud/aastaraamat_2018.pdf

Friggens, N.C., Blanc, F., Berry, D.P. & Puyflet, L. 2017. Review: Deciphering animal robustness. A synthesis to facilitate its use in livestock breeding and management. *Cambridge University Press. Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. Volume 11, Issue 12, 2237-2251. Verkkojulkaisu. Viitattu 22.11.2024. <https://doi.org/10.1017/S175173111700088X>

Gantner, V., Kuterovac, K. & Potočnik, K. 2016. Effect of Heat Stress on Metabolic disorders Prevalence Risk and Milk Production in Holstein Cows in Croatia. *Annals of Animal Science*. Volume 16, Issue 2, 451-461. Verkkojulkaisu. Viitattu 25.11.2024. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0097>

Godden, S., Rapnicki, P., Stewart, S., Fetrow, J., Johnson, A., Bey, R. & Farnsworth, R. 2003. Effectiveness of an Internal Teat Seal in the Prevention of New Intramammary Infections During the Dry and Early-Lactation Periods in Dairy Cows when used with a Dry Cow Intramammary Antibiotic. American Dairy Science Association. *Journal of Dairy Science*. Volume 86, Issue 12, 3899-3911. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73998-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73998-8)

Gradin, T. 2016. Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. Department of Animal Science. Colorado State University. *Veterinary and Animal Science*. Volumes 1-2, 23-28. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2016.11.001>

Gross, J.J. & Bruckmaier, R.M. 2019. Invited review: Metabolic challenges and adaptation during different functional stages of the mammary gland in dairy cows: Perspectives for sustainable milk production. *Journal of Dairy Science*. Volume 12, Issue 4, 2828-2843. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.11.2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15713>

Habel, J. & Sundrum, A. 2020. Mismatch of Glucose Allocation between Different Life Functions in the Transition Period of Dairy Cows. *Animals* 2020. Volume 10, 1028. Verkkojulkaisu. Viitattu 14.11.2024. <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/6/1028>

Hahn, G.L., Gaughan, J.B., Mader, T.L. & Eigenberg, R.A. 2009. Chapter 5: Thermal Indices and Their Applications for Livestock Environments. *Teoksessa Livestock Energetics and Thermal Envi-*

ronmental Management, 113-130. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.11.2024. <https://doi.org/10.13031/2013.28298>

Hakala, T., Nokka, S. & Sarjokari, K. 2022. Hallittu uudistus osa 1: Kaikki voittavat. Valio Oy: Maito ja me –lehti. Verkkojulkaisu. Viitattu 31.8.2024. <https://www.maitojame.fi/artikkelit/hallittu-uudistus-osa-1-kaikki-voittavat/>

Hammami, H., Bormann, J., M'hamdi, N., Montaldo, H.H. & Gengler, N. 2013. Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. American Dairy Science Association. Journal of Dairy Science. Volume 96, Issue 3, 1844-1855. Verkkojulkaisu. Viitattu 23.11.2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5947>

Hazel, A., Heins, B. & Hansen, L. 2019. ProCROSS crossbreds were more profitable than their Holstein herdmates in a 10-year study with high-performance Minnesota dairy herds. Verkkojulkaisu. Viitattu 23.11.2024. https://www.betterdairycow.com/wp-content/uploads/2020/01/procross_10-year_study_results_kg_new.pdf

Heins, B.J., Hansen, L.B. & Seykora, A.J. 2006. Fertility and Survival of Pure Holsteins Versus Crossbreds of Holstein with Normande, Montbeliarde, and Scandinavian Red. American Dairy Science Association. Volume 89, Issue 12, 4944-4951. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.11.2024. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72545-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72545-0)

Herbut, P., Angrecka, S. & Walczak, J. 2018. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle – a review. International Journal of Biometeorology. Volume 62, 2089-2097. Verkkojulkaisu. Viitattu 22.11.2024. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9>

Ito, K., von Keyserlingk, M.A.G., LeBlanc, S.J. & Weary, D.M. 2010. Lying behaviour as an indicator of lameness in dairy cows. Journal of Dairy Science. Volume 93, Issue 8, 3553-3560. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2951>

Jaakkola, S. & Seppänen, M. 2012. Terve ja hyvinvoiva tuotantoeläin. Tasapainoinen ruokinta. Teoksessa Maailma muuttuu – muuttuuko maatalous? Seppänen, M. (toim). Helsingin Yliopisto: Maataloustieteiden laitos.

Jones, W.P., Hansen, L.B. & Chester-Jones, H. 1994. Response of health care to selection for milk yield of dairy cattle. Saint Paul: University of Minnesota: Department of Animal Science. Journal of Dairy Science. Volume 77, 3137-3152. Viitattu 31.8.2024. Verkkojulkaisu. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(94\)77257-X/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(94)77257-X/pdf)

Juga, J. & Syväjärvi, J. 1999. Jalostusohjelman periaatteet. Julkaisussa Kotieläinjalostus. 1.painos. Juga, J., Maijala, K., Mäki-Tanila, A., Mäntysaari, E., Ojala, M. & Syväjärvi, J. Suomen Kotieläinjalostusosuuskunta. 104-106.

Juga, J., Kokkonen, T., Mäntysaari, E., Lidauer, M. & Taurén, P. 2019. Tuottavalla eläinaineksella kannattava ja ilmastoviisas kotieläintuotanto. Julkaisussa Ilmastoviisas Maatilayritys. Sari Peltonen, Karoliina Aalto, Inkeri Hennola, Suvi Anttila (toim.) ProAgria Keskusten Liitto. 59.

Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N. & Maltz, E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. Volume 77, Issue 1, 59-91. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.11.2024. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)

Kinnusen Tähti Rehut. 2023. Lämpöstressi ja sen hallinta. Verkkosivu. Viitattu 25.11.2024. <https://kinnusentahtirehut.fi/lampostressin-hallinta/>

Klemetti, K. 2024. Valion vastuullisuusohjelma kannustaa lisäämään eläinten laidunnusta ja ulkoilua, luonnon monimuotoisuutta ja hiilensidontaa maitotiloilla. Valion vastuullisuusohjelma. Verkoartikkeli. Viitattu 26.11.2024. <https://www.valio.fi/artikkelit/hyvinvointia-marehtijasta-maaperaan-valion-vastuullisuusohjelma-kannustaa-lisaamaan-elainten-laidunnusta-ja-ulkoilua-luonnon-monimuotoisuutta-ja-hiilensidontaa-maitotiloilla/>

Kvidera, S.K., Horst, E.A., Abuajamieh, M., Mayorga, E.J., Fernandez, M.V.S. & Baumgard, L.H. 2017. Glucose requirements of an activated immune system in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. Volume 100, 2360–2374. Verkkojulkaisu. Viitattu 14.11.2024. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(16\)30921-3/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(16)30921-3/fulltext)

Laporta, J., Ferreira F.C., Ouellet, V., Dado-Senn, B., Almeida, A.K., De Vries, A. & Dahl, G.E. 2020. Late-gestation heat stress impairs daughter and granddaughter lifetime performance. *Journal of Dairy Science*. Volume 103, 7555-7568. Verkkojulkaisu. Viitattu 18.11.2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18154>

Lees, A.M., Sejian, V., Wallage, A.L., Steel, C.C., Mader, T.L., Lees, J.C. & Gaughan, J.B. 2019. The Impact of Heat Load on Cattle. *Animals*. Volume 9, 322. Viitattu 25.11.2024. <https://doi.org/10.3390/ani9060322>

Leroy, J L.M.R. & Bols, P E.J. 2009. High milk production in dairy cows: A danger or a challenge for metabolism, fertility and sustainability. IAEA. Verkkojulkaisu. Viitattu 31.8.2024. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/21298446>

Lucy, M.C. 2001. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End?. Kolumbia: University of Missouri: Department of Animal Science. *Journal of Dairy Science*. Volume 84, 1277-1293. Verkkojulkaisu. Viitattu 31.8.2024. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(01\)70158-0/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(01)70158-0/pdf)

MacCabe, C. 2022. Dairy Cows – The Original Upcyclers. How ruminant digestion turns byproducts into high-quality nutrition. CLEAR: Clarity and Leadership for Environmental Awareness and Research. University of California, Davis. Verkoartikkeli. Viitattu 26.11.2024. <https://clear.ucdavis.edu/explainers/dairy-cows-original-upcyclers>

Mee, J.F. 2004. Managing the dairy cow at calving time. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Volume 20, Issue 3, 521-546. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.11.2024. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.001>

Metcalf, J.A., Roberts, S.J. & Sutton, J.D. 1992. Variations in blood flow to and from the bovine mammary gland measured using transit time ultrasound and dye dilution. *Research in Veterinary*

Science. Volume 53, Issue 1, 59-63. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024.

[https://doi.org/10.1016/0034-5288\(92\)90085-G](https://doi.org/10.1016/0034-5288(92)90085-G)

Mickiewicz, B. & Volkava, K. 2022. Global consumer trends for sustainable milk and dairy production. VUZF Review, 7 (2). Verkkojulkaisu. Viitattu 22.11.2024. <https://doi.org/10.38188/2534-9228.22.2.19>

National Academy of Sciences. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024. <http://www.nap.edu/catalog/9825.html>

Nishida, T., Hosoda, K., Matsuyama, H. & Ishida, M. 2004. Effect of Lying Behaviour on Uterine Blood Flow in Cows During the Third Trimester of Gestation. American Dairy Science Association. Journal of Dairy Science. Volume 87, Issue 8, 2388-2392. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73360-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73360-3)

Nor, N.M., Steeneveld, W. & Hogeveen, H. 2013. The average culling rate of Dutch dairy herds over the years 2007 to 2010 and its association with herd reproduction, performance and health. Journal of Dairy Research. Cambridge University Press. Verkkojulkaisu. Rajoitettu käyttöoikeus. Viitattu 26.11.2024. <https://doi.org/10.1017/S0022029913000460>

O'Mara, F.P. 2012. The role of grasslands in food security and climate change. Annals of Botany. Volume 110, Issue 6, 1263-1270. Verkkojulkaisu. Viitattu 22.11.2024. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs209>

Ominski, K.H., Kennedy, A.D. & Wittenberg, K.M. 2002. Physiological And Production Responses to Feeding Schedule in Lactating Dairy Cows Exposed to Short-Term, Moderate Heat Stress. Journal of Dairy Science. Volume 85, Issue 4, 730-737. Verkkojulkaisu. Viitattu 23.11.2024. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74130-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74130-1)

Peltonen, S. 2019. Ilmastoviisas kotieläintuotanto. Teoksessa Ilmastoviisas maatilayritys. ProAgria Keskusten Liitto.

Pesonen, M. & Huuskonen, A. 2016. Naudanlihantuotannon ympäristövaikutukset. Suomen Maa- ja metsätieteellisen Seuran Tiedote nro 33. Viitattu 9.3.2022. <https://journal.fi/smst/article/view/75219/36687>

Polsky, L. & von Keyserlingk, M A.G. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. Journal of Dairy Science. Volume 100, Issue 11, 8645-8657. Verkkojulkaisu. Viitattu 15.11.2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217308494>

Pralle, S. & Selz-Pralle, P. 2020. The world record milk cow: she's just one of the herd. Hoard's Dairyman Webinars. Webinaaritalenne. Viitattu 23.11.2024. <https://hoards.com/article-27383-the-world-record-milk-cow-shes-just-one-of-the-herd.html>

Renaudeau, D., Lebreton, Y., Noblet, J. & Dourmad, J.Y. 2002. Measurement of blood flow through the mammary gland in lactating sows: methodological aspects. Journal of Animal Science. Volume 80, Issue 1, 196-201. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024. <https://doi.org/10.2527/2002.801196x>

- Rhoads, M.L., Rhoads, R.P., VanBaale, M.J., Collier, R.J., Sanders, S.R., Weber, W.J., Crooker, B.A. & Baumgard, L.H. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *American Dairy Science Association. Elsevier Inc. Journal of Dairy Science*. Volume 92, 1986-1997. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.11.2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641>
- Rilanto, T., Reimus, K., Orro, T., Emanuelson, U., Viltrop, A. & Mötus. 2020. Culling reasons and risk factors in Estonian dairy cows. *BMC Veterinary Research*. Verkkojulkaisu. Viitattu 20.11.2024. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12917-020-02384-6>
- Roche, J.R., Berry, D.P., Delaby, L., Dillon P.G., Horan, B., Macdonald, K.A. & Neal, M. 2018. Review: New considerations to refine breeding objectives of dairy cows for increasing robustness and sustainability of graas-based milk production systems. *Animal*. Volume 12, 350-362. Verkkojulkaisu. Viitattu 19.11.2024. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002471>
- Rulquin, H. & Caudal JP. 1992. Effects of lying or standing on mammary blood flow and heart rate of dairy cows. *Annales de zootechnie. INRA/EDP Sciences*. Verkkojulkaisu. Viitattu 22.11.2024. <https://hal.science/hal-00888810>
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. Verkkojulkaisu. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkista. Viitattu 21.5.2022. <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus>
- Salminen, A. 2023. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja joihinkin hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan Yliopisto. 2. tarkistettu painos. Verkkojulkaisu. Viitattu 19.11.2024. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-395-081-8>
- Sammad, A., Umer, S., Shi, R., Zhu, H., Zhao, X. & Wang, Y. 2019. Dairy cow reproduction under influence of heat stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. Verkkojulkaisu. Rajoitettu käyttöoikeus. Viitattu 15.11.2024. <https://doi.org/10.1111/jpn.13257>
- Sammad, A., Wang, Y.J., Umer, S., Lirong, H., Khan, I., Khan, A., Ahmad, B. & Wang, Y. 2020. Nutritional Physiology and Biochemistry of Dairy Cattle under the Influence Of Heat Stress: Consequences and Opportunities. *Animals* 2020. Volume 10, 793. Verkkojulkaisu. Viitattu 15.11.2024. <https://doi.org/10.3390/ani10050793>
- Sarjokari, K., Nokka, S., Perasto, S., Viitasola, M., Huhtamäki, T. & Taurén, P. N.d. Hallittu uudistus. Vahvat vasikat-hanke. ProAgria Etelä-Pohjanmaa ja Valio Oy. Verkkojulkaisu. Viitattu 31.8.2024. https://www.proagria.fi/uploads/Hallittu_uudistus_opas.pdf
- Schader, C., Muller, A., El-Hage Scialabba, N., Hecht, J., Isensee, A., Erb, K-H., Smith, P., Makkar, H. P.S., Klocke, P., Leiber, F., Schwegler, P., Stolze, M. & Niggli, U. 2015. Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *Journal of The Royal Society Interface*. Volume 12, Issue 113. Verkkojulkaisu. Viitattu 23.11.2024. <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0891>
- Schüller, L.K., Burfeind, O. & Heuwieser, W. 2014. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology*. Volume 81, Issue 8, 1050-1057.

Verkkojulkaisu. Rajoitettu käyttöoikeus. Viitattu 23.11.2024.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.029>

Seppänen, M. 2012. Terve ja hyvinvoiva tuotantoeläin. Teoksessa Maailma muuttuu – muuttuuko maatalous? Seppänen, M (toim). Helsingin Yliopisto: Maataloustieteiden laitos.

Spiers, D.E., Spain, J.N., Sampson, J.D. & Rhoads, R.P. 2004. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. Animal Science Research Center. University of Missouri. Journal of Thermal Biology. Volume 29, Issue 7-8, 759-764. Verkkojulkaisu. Rajoitettu käyttöoikeus. Viitattu 21.11.2024. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2004.08.051>

Statistisches Bundesamt. 2023. Germany largest EU milk producer. Statistisches Bundesamt (Destatis). Verkkosivu. Viitattu 26.11.2024. <https://www.destatis.de/Europa/EN/Topic/Agriculture-forestry-fisheries/Milkproducer.html>

Stearns, S.C. 1992. The Evolution of Life Histories. Oxford University Press.

Stengärde, L., Hultgren, J., Tråvén, M., Holtenius, K. & Emanuelson, U. 2012. Risk factors for displaced abomasum or ketosis in Swedish dairy herds. Preventive Veterinary Medicine. Volume 103, Issue 4, 280-286. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.11.2024.

<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2011.09.005>

Taponen, J.2014. Hedelmällisyys ja talous. Powerpoint esitys. Toholampi, Hedelmällisyys tuottamaan seminaari 7.10.2014

Tenhunen, S. 2019. Neljä kysymystä sukusiitoksesta – asiantuntija vastaa. Nauta-lehti. Hollola: Fabab osk. Verkkolehtiartikkeli. Viitattu 23.11.2024. <https://nauta.fi/jalostus/nelja-kysymysta-sukusiitoksesta-asiantuntija-vastaa/>

Tixier-Boichard, M., Verrier, E., Rognon, X. & Zerjal, T. 2015. Farm animal genetic and genomic resources from an agroecological perspective. Frontiers in Genetics. Volume 6. Verkkojulkaisu. Viitattu 24.11.2024. <https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00153>

Toikko, T. & Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta: Näkökulmia kehittämisssessiin, osallistumiseen ja tiedontuotantoon. Tampereen Yliopisto. 3. korjattu painos. Verkkojulkaisu. Viitattu 31.3.2022.

https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/100802/Toikko_Rantanen_Tutkimuksellinen_kehittamistoiminta.pdf

Toivonen, M. 7.12.2019. Naudanlihantuotannon ekologisuus riippuu siitä miten tuotanto järjestetään. Blogikirjoitus. Viitattu 10.3.2022. <https://www.muutoslehti.fi/naudanlihan-ekologisuus-riippuu-siita-miten-tuotanto-jarjestetaan/>

Valtonen, M., Karjalainen, A.L., Nylund, M., Riihimäki, T. & Vesterinen, O. 2020. Opinnäytetyön erilaiset toteuttamistavat. Osallistavan ja tutkivan kehittämisen opas 2.0. Diakin kirjasto. Viitattu 21.5.2022. <https://libguides.diak.fi/c.php?g=670543&p=4760648#s-lg-box-15268738>

van der Most, P.J., de Jong, B., Parmentier, H.K. & Verhulst, S. 2011. Trade-off between growth and immune function: a meta-analysis of selection experiments. British Ecological Society: Func-

tional Ecology. Special Issue: Ecological immunology. Volume 25, Issue 1, 74-80. Verkkojulkaisu. Viitattu 24.11.2024. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01800.x>

Vanhatalo, A., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Jaakkola, S. & Juga, J. 2019. Ilmastoviisas kotieläintuotanto. Julkaisussa Ilmastoviisas maatilayritys. Sari Peltonen, Karoliina Aalto, Inkeri Hennola, Suvi Anttila (toim.) ProAgria Keskusten Liitto. 48-49.

Vanhatalo, A., Näsi, M. & Juga, J. 2012. Kotieläintuotannon ympäristövaikutusten hallinta. Julkaisussa Maailmaa muuttuu – muuttuuko maatalous?. Mervi Seppänen (toim.). 71-85.

Virkajärvi, P. & Järvenranta, K. 2018. Nautakarjatuotannon ympäristövaikutuksien arviointi ja sen kehittämistarpeet. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote nro 35. Viitattu 9.3.2022. <https://journal.fi/sms/article/view/73231/35093>

Vitali, A., Segnalini, M., Bertocchi, L., Bernabucci, U., Nardone, A. & Lacetera, N. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. Journal of Dairy Science. Volume 92, Issue 8, 3781-3790. Verkkojulkaisu. Viitattu 25.11.2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2127>

Whittemore, R. & Knafl, K. 2005. The integrative review: updated methodology. Blackwell Publishing Ltd. Journal of Advanced Nursing. Volume 52, Issue 5, 546-553. Verkkojulkaisu. Viitattu 11.12.2024. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2472025/mod_resource/content/1/Whittemore%20and%20Knafl.pdf

Yattoo, M.I., Kumar, P., Dimri, U. & Shamra, MC. 2012. Effects of Climate Change on Animal Health and Diseases. Internatiol Journal of Livestock Research. Volume 2, Issue 3, 15-24. Verkkojulkaisu. Rajoitettu käyttöoikeus. Viitattu 23.11.2024. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20120930051739>

Yonekura, S. & Sharmin, M. 2023. Sustainable Milk Production from a Lactation Biology Perspective. Atlantis Press. Verkkojulkaisu. Viitattu 15.11.2024. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-116-6_2