HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu

PROGUT-REHUINNOVAATION VAIKUTUKSET LUOMULEHMIEN MAIDONTUOTANTOON

Tutkimus Mustialan opetusmaatilan karjasta

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Maaseutuelinkeinojen koulutus
Syksy 2024
Emilia Pirinen

HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu

Maaseutuelinkeinojen koulutus Tiivistelmä
Tekijä Emilia Pirinen Vuosi 2024
Työn nimi Progut-rehuinnovaation vaikutukset luomulehmien maidontuotantoon
Ohjaaja Jari Heikkonen, HAMK & Anna Lehtinen, Hankkija Oy

Lypsylehmä on märehtijä, jolla on ainutlaatuinen kyky muuntaa ihmiselle syötäväksi kelpaamaton nurmirehu meille hyödynnettävään muotoon maidoksi tai lihaksi. Märehtijän monimutkainen ruoansulatusjärjestelmä pystyy myös muodostamaan itse ravintoaineita, kuten haihtuvia rasvahappoja, joita lehmä käyttää pääsääntöisenä energianlähteenään. Pötsissä elävä mikrobisto muodostaa ainutlaatuisen ekojärjestelmän, joka pystyy pilkkomaan rehua. Muun muassa näitä märehtijöiden erityisominaisuuksia on pyritty parantamaan rehuaineina käytetyillä hiivapohjaisilla valmisteilla, jotka muuntavat pötsin olosuhteita mikrobistolle suotuisammiksi ja edistävät haihtuvien rasvahappojen tuotantoa.

Hankkija on tuonut markkinoille oman innovaationsa Progutin eli hydrolysoidun panimohiivan. Hydrolysaatio pilkkoo hiivan eri kerroksissa sijaitsevat ainesosat pienempään, eläimelle paremmin hyödynnettävään muotoon. Progutin on todettu lisäävän pötsimikrobien määrää ja aktiivisuutta, edistävän haihtuvien rasvahappojen (erityisesti propionihapon) muodostumista, edistänyt rehun hyödyntämistä ja parantanut lehmien tuotosta. Progut sitoo itseensä taudinaiheuttajia eläimen suolistossa, suosii hyödyllisiä suolistomikrobeja ja siten parantaa eläinten vastustuskykyä. Lypsylehmillä tämä on tutkimuksissa näkynyt laskeneena maidon solupitoisuutena.

Mustialan opetus- ja tutkimusmaatila on luomumaidontuotantoon erikoistunut tila, joka otti Progutin kokeiltavaksi lehmien ruokintaan alkusyksystä 2023. Progut jaettiin lypsyrobotilla houkutusrehussa. Positiivisten tulosten myötä Hankkijan ja Mustialan välisestä yhteistyöstä heräsi idea opinnäytetyöaiheesta, joka toteutettiin nyt vuonna 2024. Hankkija toimi työn yhteistyökumppanina.

Työssä vertailtiin lehmien tuotokseen ja syöntiin liittyvää dataa kahden eri ajanjakson (ennen ja jälkeen Progutin käytön aloituksen) välillä. Vertailua tehtiin sekä karjatasolla että myös maitotuotostietojen osalta yksilötasolla, jossa lehmät oli vielä jaettu tuotosvaiheen mukaisiin ryhmiin. Tuloksissa nähtiin kuiva-aineen syönnin lisääntyminen, päivämaitotuotoksen kasvu, rehuhyötysuhteen paraneminen ja maidon solumäärän pieneneminen Progut-jaksolla. Tulokset viittaavat siihen, että Progut on edistänyt lehmien pötsimikrobien määrää ja aktiivisuutta, lisännyt haihtuvien rasvahappojen tuotannon kautta energian saantia ja parantanut lehmien vastustuskykyä.

Avainsanat maidontuotanto, lypsylehmien ruokinta, Progut
Sivut 48 sivua

HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries — Abstract
Author Emilia Pirinen — Year 2024
Subject The effects of the Progut feed innovation on the milk production of organic cows
Supervisors Jari Heikkonen, HAMK & Anna Lehtinen, Hankkija Oy

---

A dairy cow is a ruminant with a unique ability to convert grass-based feed, which is inedible for humans, into milk or meat that we can utilize. The complex digestive system of a ruminant can also produce essential nutrients, such as volatile fatty acids, which serve as the cow's primary energy source. The microbial population in the rumen forms a unique ecosystem capable of feed degradation. Efforts have been made to enhance these special characteristics of ruminants through yeast-based feed additives, which optimize rumen conditions for microbial activity and promote the production of volatile fatty acids.

However, Hankkija has introduced its own innovation, Progut, a hydrolyzed brewer's yeast. Hydrolysis breaks down the yeast components located in different cell layers into smaller, more digestible forms for the animal. Progut has been shown to increase the quantity and activity of rumen microbes, enhance the production of volatile fatty acids (particularly propionic acid), improve feed efficiency, and thereby boost milk yield in cows. Additionally, Progut binds pathogens in the animal's gut, supports beneficial gut microbes, and strengthens the animal's immune system. In dairy cows, this has been observed in studies as a reduction in somatic cell counts in milk.

The Mustiala Teaching and Research Farm, a facility specializing in organic milk production, began testing Progut as part of their cows' diet in early autumn 2023. Progut was dispensed through a milking robot as a part of incentive feed. Encouraged by positive results, a thesis topic was proposed as part of the collaboration between Hankkija and Mustiala, and the study was conducted in 2024, with Hankkija serving as a partner.

The study compared production and feed intake data from two periods: before and after the introduction of Progut. The comparison was carried out at both herd and individual cow levels, with the cows further divided into groups based on their stage of lactation. The results showed increased dry matter intake, higher daily milk yield, improved feed conversion efficiency, and a reduction in somatic cell count during the Progut period. These findings suggest that Progut enhanced the quantity and activity of rumen microbes, increased energy availability through the production of volatile fatty acids and improved the cows' immune response.

Keywords milk production, dairy cow nutrition, Progut
Pages 48 pages

Sisällys

1 Johdanto 1
2 Tutkimuksen ympäristö ja taustatiedot 2
2.1 Yhteistyökumppanina Hankkija 3
2.2 Mustialan opetus- ja tutkimusmaatila 4
2.3 Luonnonmukainen tuotanto 7
3 Ruoansulatuksen merkitys lypsylehmien tuotannossa 8
3.1 Ruoansulatuselimistön rakenne ja tehtävät 9
3.2 Rehusta maitotuotokseksi 13
4 Progut-rehuinnovaatio 16
4.1 Hiivavalmisteet yleisesti 16
4.2 Progutin toimintamekanismit 17
5 Tutkimus Progutin käytöstä Mustialan opetusmaatilalla 20
5.1 Aineiston keruu ja analysointi 21
5.2 Vertailuajankohtien ruokinta 22
5.3 Menetelmälliset lähtökohdat 25
6 Tutkimustulokset 28
6.1 Karjatasolla 29
6.2 Yksilötasolla 40
7 Yhteenveto ja johtopäätökset 45
8 Pohdintaa 47
Lähteet 49

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1 Tutkimuksellisen opinnäytetyön taustalla olevat hypoteesit 2

Kuva 2 Naudan ruoansulatuselimistö. 1. pötsi, 2. verkkomaha, 3. satakerta, 4. juoksutusmaha, 5. ohutsuoli, 6. maksa ja 7. munuaiset. (Alasuutari ym., 2013, s.44) ..10

Kuva 3 Hydrolyysi pilkkoo hiivan solunseinämän ainesosat (Hankkija, n.d.-d) 19

Kuva 4 Kuiva-aineen syönti kasvoi hieman vertailuajankohtien välillä. Päiväkohtaisessa muutoksessa kuvattu vertailu- ja Progut-jakson välinen erotus. 31

Kuva 5 EKM-muutos oli Progut-jaksolla (vaaleampi palkki) jokaisena mittauspäivänä positiivista. 32

Kuva 6 Päivittäisen energiakorjaamattoman maitomäärän(kg/lehmä/päivä) muutos oli myös jokaisella mittauspäivällä Progut-jaksolla positiivista.....33

Kuva 7 Mustialan karjan tankkimaidon määrä vuonna 2022. Kuviosta nähdään, että loppuvuodesta maitomäärä käy matalimmillaan. 34

Kuva 8 Vertailujaksojen rasvatuotokset kilogrammoina esitelty kaaviossa. Alla vertailupäiväkohtainen muutos värikoodattuna.....35

Kuva 9 Valkuaistuotos(kg) on ollut Progut-jaksolla muutamaa päivää lukuun ottamatta korkeampi, kuin kevään vertailujaksolla.....36

Kuva 10 Progut-ajanjaksolla soluluku on ollut pienempi kuin vertailujaksolla. 38

Kuva 11 Maidon solulukujen vaihtelu vuoden aikana.....39

Kuva 12 Rehuhyötysuhteen muutos vertailujaksojen välillä kuvattuna visuaalisesti. Alla nähtävissä vertailtavien päivien välinen erotus, positiivinen luku vihreällä ja negatiivinen punaisella.....40

Taulukko 1 Mustialan karjan tuotostietoja viime vuosilta..6Taulukko 4 Syötössä olleiden säilörehujen rehuanalyysien tuloksia. Violetti rivi kuvaa kevään ruokintaa ennen Progutin aloitusta ja sininen rivi jaksoa, kun Progut oli ruokinnassa. 24

Taulukko 5 Muutoksia koko karjan tuloksissa ennen (violetti sarake) ja jälkeen (sininen sarake) Progutin aloituksen.....30

Taulukko 6 Lehmäkohtaiset vertailut koelypsyssä olleista lehmistä. Lehmiä vertailujaksolla(violetti) oli 68 ja Progut-jaksolla(sinisellä) 66.....41

Taulukko 7 Tuotosvaiheen mukaan jaetut vertailuryhmät ja niiden lehmämäärät. 42

Taulukko 8 EKM-päivätuotoksen muutokset vertailuajankohtien välillä eri ryhmissä...43

Taulukko 9 Lehmäkohtaisen maidon päivätuotoksen muutokset vertailuajanjaksojen välillä. 43

Taulukko 10 Rasvatuotoksen tarkastelu rasvaprosentin ja g/pv-lukemien kautta eri ryhmien välillä. 44

Taulukko 11 Valkuaistuotoksen muutos taulukossa esiteltynä eri ryhmien osalta. 44

Taulukko 12 Maidon soluluvun muutos yksilöiden keskiarvon perusteella. 45

Taulukko 13 Soluttavien lehmien prosentuaalinen osuus karjasta. 45

1 Johdanto

Maidontuotanto on yksi keskeisimmistä elintarviketuotannon aloista, ja se kehittyy jatkuvasti. Suurin osa tiloista tuottaa maitoa tavanomaisella menetelmällä, mutta viime vuosina luonnonmukainen maatalous on saanut yhä enemmän huomiota kuluttajien kiinnostuksen kasvaessa ympäristöystävällisiä ja kestäviä tuotantotapoja kohtaan. Vaikka luomutuotanto on kokenut erilaisia haasteita viime vuosina, on kuluttajien kiinnostus luomuun säilynyt ja esimerkiksi ammattikeittiöt käyttävät ruokapalveluissa luomutuotteita, kuten maitoa, entistä aktiivisemmin.

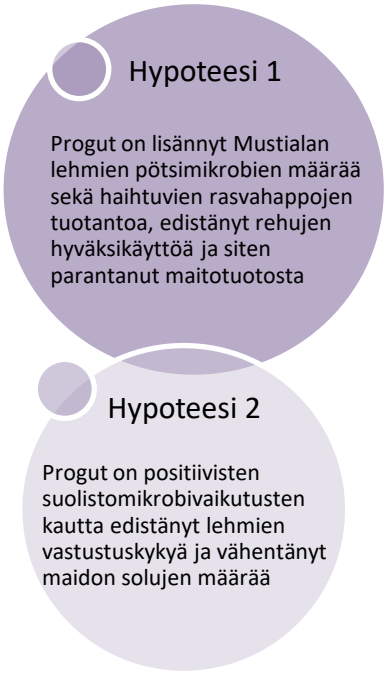
Luomutuotannossa rehujen käyttöön liittyy useita haasteita. Omien kotoisten viljojen ja karkearehujen käytössä tulee huomioida, että ne on tuotettu luonnonmukaisin tavoin. Kaupallisten rehujen on oltava luomusertifioituja, ja niiden valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden on oltava peräisin luomuviljelystä. Tämä rajoittaa käytettävien rehuraaka-aineiden valikoimaa ja voi nostaa rehujen hintaa verrattuna tavanomaiseen tuotantoon.

Maidontuotantoon vaikuttavat useat tekijät, kuten karjan geneettinen potentiaali, ympäristötekijät ja erityisesti ruokinta. Märehtijöillä, kuten lypsylehmillä, on erityinen ruoansulatusjärjestelmä ja ravitsemustarpeet, jotka eroavat muista eläinryhmistä. Niiden ruoansulatusprosessi perustuu pääasiassa kuitupitoisten rehujen sulattamiseen, ja ne tarvitsevat riittävästi kuitua energian ja muiden ravintoaineiden ohella.

Lypsylehmien ravitsemuksessa on huomioitava eläinten erityistarpeet tuotantokierron eri vaiheissa, sillä ruokinta vaikuttaa merkittävästi lehmien terveyteen, tuotokseen ja maidon koostumukseen. Luomulehmien ruokintaa säätelevät lisäksi luomusäädökset, mikä edellyttää innovatiivisia ratkaisuja lehmien ravinnon hyväksikäytön edistämiseksi. Luomutuotannossa, jossa rehulisäaineiden käyttömahdollisuudet ovat rajoitetut, Hankkijan rehuinnovaatio Progutin kaltainen tuote voi tarjota uusia mahdollisuuksia karjan tuotoksen parantamiseen. Progut on hydrolysoitu panimohiiva, jota käytetään rehuaineena kotieläinten ruokinnassa.

Tämän tutkimuksellisen opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Progutin vaikutusta Mustialan opetusmaatilan karjaan vertailemalla tuotokseen ja rehun hyväksikäyttöön liittyvää aineistoa vuodelta 2023, jolloin Progut otettiin käyttöön. Tutkimuksen pohjalla olevat hypoteesit on esitelty kuvassa 1.

Kuva 1 Tutkimuksellisen opinnäytetyön taustalla olevat hypoteesit



Tutkimuksen taustoittamiseksi selvitettiin ensin naudan ruoansulatuselimistön toimintaa ja maidontuotantoon vaikuttavia ruokinnallisia tekijöitä. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, vaikuttaako Progutin käyttö lypsylehmien pötsimikrobien määrään, haihtuvien rasvahappojen tuotantoon, rehujen hyväksikäyttöön ja sitä kautta myös maitotuotokseen. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään Progutin vaikutuksia lehmien vastustuskyvyn edistämisessä. Käytetyn hypoteesin mukaan Progutilla on positiivinen vaikutus näihin. Koska Progutin vaikutuksia on jo tutkittu aikaisemmin, voidaan oletuksena pitää, että nämä vaikutukset voivat toistua myös tässä tutkimuksessa. Tämä hypoteesi tarjoaa mahdollisuuden vahvistaa aiempien tutkimusten löydöksiä ja antaa tukea Progutin käytölle Mustialan opetus- ja tutkimusmaatilan karjassa. Tutkimus voi myös tarjota tarkempaa tietoa Progutin vaikutusmekanismeista esimerkiksi työssä tehdyn tuotosvaiheen mukaisen vertailun myötä.

2 Tutkimuksen ympäristö ja taustatiedot

Seuraavassa on esitelty työn yhteistyökumppani, Mustialan opetus- ja tutkimusmaatila ja myös luonnonmukainen maidontuotanto käsitteenä.

2.1 Yhteistyökumppanina Hankkija

Opinnäytetyön tilaajana toimii Hankkija oy, joka tunnetaan aktiivisena toimijana kotimaisessa rehuteollisuudessa sekä maatalous- ja konekaupassa. Yritys työllistää yli tuhat ammattilaista ja sen liikevaihto oli vuonna 2023 862 miljoonaa euroa. Hankkija tarjoaa kaikki tuotteet, tarvikkeet ja palvelut, joita viljelijät tarvitsevat tuottaakseen puhdasta, kotimaista ruokaa. Yritys on myös Suomen suurin viljanostaja, joka etsii käyttökohteet ja markkinat kotimaassa tuotetulle viljalle ja muille viljelykasveille. Merkittävä määrä kotimaista viljaa viedään myös Hankkijan toimesta ulkomaille. Maatalous- ja puutarhatuotteiden lisäksi yritys tarjoaa rehut sekä tarvikkeet myös hevosille ja lemmikkieläimille. Hankkijan kotimaiset rehut valmistetaan Kotkan, Seinäjoen, Nastolan ja Turun rehutehtailla. Kesäkuuhun 2024 asti Hankkijalla oli myös rehutehdas Säkylässä. (Hankkija, n.d.-a)

Maatalouskaupan markkinajohtajana Hankkijan tavoitteena on toimia vastuullisena suunnannäyttäjänä. Liiketoiminta on laajentunut esimerkiksi bioenergiaan ja tammikuussa 2024 aloitettiin maatilatason biokaasulaitosten myynti. Hankkija tuo asiakkaidensa käyttöön uusia digitaalisia sovelluksia, kotieläintuotannon kannattavuutta edistäviä ruokintaohjelmia sekä yhä tehokkaampia ja helppokäyttöisempiä koneita. Älyviljelyratkaisuja tarjoava Hankkijan Älykäs maatila tarjoaa asiakkaille valmiin kokonaisuuden eri liiketoiminnoista. (Lepistö, 2024) Älykkään maatilan kotieläinten ruokintapalvelut tarjoavat entistä tavoitteellisemman ja tiiviimmän tuotannon kehittämisen Hankkijan ruokintatiimin kanssa. Uusista ruokinnan kehittämisen palveluista Online-Onnikki on dataälykäs ruokintapalvelu, joka perustuu tilan ja Hankkijan ruokinta-asiantuntijoiden välisen yhteistyön edistämiseen tuotos- ja ruokintadatalla. Tulos-Tuulikki tarjoaa ratkaisuja ruokinnan tehokkuuden ja taloudellisen kannattavuuden kehittämiseen. Muutos-Mustikki puolestaan on laskentamalli, joka perustuu tieteellisiin ruokintatutkimuksiin ja kotimaisissa ruokintakokeissa tehtyihin mallinnuksiin. Sen avulla saadaan arvio siitä, kuinka tila voisi kehittää EKM-tuotostaan. (Hankkija, n.d.-c)

Hankkijalla on oma, alan ammattilaisista koostuva tuotekehitysyksikkö, joka aktiivisesti kehittää uusia rehuratkaisuja ja -palveluita. Innovaatioiden tarkoitus on edistää eläinten tuotosta ja lisätä niiden hyvinvointia sekä meillä kotimaassa että myös ulkomailla. Hankkijan rehuinnovaatioille tyypillistä on, että niillä on vahvat tieteelliset perusteet sekä myös tuotannolliset ja taloudelliset edellytykset. Hankkijan rehuasiakkailla on käytettävissä eläinryhmäkohtaiset ruokintasuunnitelmat, joita jatkuvasti päivitetään rehujen muuttuessa ja tehtyjen eläinhavaintojen mukaan. Tarkka tuotosvaiheen mukainen ruokintasuunnitelma tilakohtaisesti tehtynä takaa parhaan mahdollisen lopputuloksen. Ruokintasuunnitelmien

takana on uusin tutkittu, kansainvälisestikin tunnistettu tieto eläinten ravitsemuksesta. (Hankkija, n.d-a) Hankkija onkin ainoa kotimainen rehuvalmistaja, jolla on omaa kansainvälistä tutkimus- ja innovaatiotoimintaa sekä ennen kaikkea näyttöä sen tuloksista.

Hankkija tunnetaan rehualan tuotekehityksen edelläkävijänä ja vahvana kotieläinten ruokinnan osaajana. Tämä on toiminut ponnahduslautana kansainväliseen vientiin, jonka kärkiniminä on tunnettu Progres® ja Progut®- rehuaineet. Progut on hydrolysoitu panimohiivavalmiste ja Progres mäntyöljystä jalostettu rehuaine. (Lehtinen & Vuorenmaa, n.d) Sittemmin Progres-rehuinnovaation liiketoiminta on myyty 2023 englantilaiselle AB-Vistalle. Hankkija kuitenkin jatkaa Progresin käyttöä omissa rehuissaan ja jakelu Pohjoismaihin sekä Baltiaan jatkuu entisenlaisena. Liiketoimintakaupan yhteydessä sovittiin myös, että AB-Vista aloittaa Hankkijan Progut- ja Acetona-valmisteiden jälleenmyynnin mm. Iso-Britanniassa, USA:ssa, Meksikossa, Brasiliassa ja Irlannissa vahvistaen entisestään Hankkijan rehuvientiä. (Hankkija, 2023)

2.2 Mustialan opetus- ja tutkimusmaatila

Opetus- ja tutkimusmaatila (jatkossa opetusmaatila) sijaitsee Hämeen ammattikorkeakoulun Mustialan kampuksella Tammelassa, Kanta-Hämeen maakunnassa. Mustialassa opiskellaan maaseutuelinkeinoja käytännönläheisesti suomen- ja englanninkielisissä ammattikorkeakoulutoteutuksissa. Kampuksella on myös Hämeen ammatti-instituutin maatalouden perustutkinnon koulutusta. Alueella on pitkä historia maatalouden opetuksen parissa, koska kampusalueelle perustettiin jo vuonna 1840 Suomen ensimmäinen maanviljelysoppilaitos. (HAMK, n.d.) Opetusmaatilan päätuotantosuunta on luomumaidontuotanto. Luomuun tila on kokonaan siirtynyt vuonna 2020. Luomu tarkoittaa luonnonmukaista tuotantotapaa, jossa kasvien viljelyssä ja eläinten kasvatuksessa suositaan luonnon omia menetelmiä mahdollisimman paljon. (Ruokavirasto, 2022)

2015 rakennettu viileä pihattonavetta on pitkälle automatisoitu. Navetassa on paikat 90 lypsylehmälle ja lähes samalle määrälle nuorta karjaa. 75-päinen lypsykarja pitää sisällään kaikki Suomessa maitoa tuottavat rodut, joista pääpaino on valtaroduilla ayrshire ja holstein. Peltopinta-alaa tilalla on 185 ha. Tilalla on automaattilypsy yhdellä Lelyn A4-lypsyrobotilla, mutta karjan koon ja opetuksen takia osa karjasta lypsetään myös kolmipaikkaisella kalanruotolypsyasemalla. Tila on Valion maitotila ja maito myydään osuuskunta Tuottajain Maidon kautta Riihimäen meijerille. (HAMK, 2024) Mustialan karja kuuluu tuotosseurantaan, joka tarkoittaa kansainvälisten ICAR-sääntöjen mukaan tehtävää lypsykarjan tuotostietojen keräämistä ja koostamista helpommin luettavaan muotoon erilaisiin raportteihin ja

työlistoihin. Tuotosseurannan avulla tila pystyy analysoimaan ja kehittämään maidontuotantoaan. Sen kautta on myös mahdollista vertailla oman karjan tietoja esimerkiksi koko maan tilojen lukuihin. Tuotosseurantatietoja voivat hyödyntää kaikki asiantuntijat, jotka osallistuvat tilan kehittämiseen, kuten terveydenhuoltoeläinlääkäri. Kotimaisista maitotiloista 72 % kuuluu tuotosseurantaan. (Hellberg, Kiljunen & Kyntäjä, 2022) Vuosittain julkaistaan tuotosseurannan vuositulokset, joissa esitellään edellisen vuoden tuotosseurannan tuloksia ja julkaistaan parhaiden karjojen listat.

Keskituotos Mustialassa vuonna 2023 oli 9 733 kg maitoa lehmää kohden. Rasvaa siitä oli 4,15 % ja valkuaista 3,43 %. (HAMK, 2024) Keskimäärin valtakunnallisella tasolla luomulehmä tuotti vuonna 2023 maitoa 9 454 kg. Tavanomaisessa tuotannossa vastaava luku oli 10 162 kg. Luomulehmien maidon rasvapitoisuus oli vuonna 2023 4,30 %, kun tavanomaisen tuotannon lehmillä arvo oli 4,39 %. Samana vuonna luomulehmien keskimääräinen valkuaisprosentti on ollut 3,44 %. Eroa tavanomaisen tuotannon lehmiin on hieman, sillä niillä valkuaisprosentti on ollut 3,60 %. (Hellberg, 2024)

Energiakorjattuna Mustialan maitotuotos oli 9 981 kg, joka oli hieman matalampi kuin edellisvuoden tuotos 10 465 kg. Eniten maitoa tuotti holsteinrotuiset lehmät (10 899 kg) ja seuraavaksi eniten ayrshiret (9 073 kg). Suomenkarjan keskituotos oli 6 585 kg ja muilla roduilla 7 767 kg. Suurin tuotos oli 3. tai myöhemmällä lypsykaudella olevilla lehmillä. (HAMK, 2024) Vuonna 2023 keskimäärin luomulehmä tuotti energiakorjattua maitoa 9 910 kg, joten Mustialan EKM on melko keskiverto kotimaisen luomumaitotilan tulos. Tavanomaisessa tuotannossa olevan lehmän EKM oli 10 867 kg. (Hellberg, 2024)

Taulukossa 1 on esitelty Mustialan karjan tuotostietoja edelliseltä neljältä vuodelta. Taulukossa on esiteltynä lehmämäärän lisäksi maitomäärä, rasvatuotos ja -prosentit, valkuaistuotos ja -prosentit sekä energiakorjatun maidon määrä. Energiakorjatussa maitomäärässä on otettu huomioon maidon pitoisuudet, eli rasva ja valkuainen.

Taulukko 1 Mustialan karjan tuotostietoja viime vuosilta

Vuosi	Lehmiä	Maitoa	Rkg	Rasva%	Vkg	Valk%	EKM
2023	74,3	9733	404	4,15	334	3,43	9981
2022	71,0	10376	423	4,07	347	3,34	10465
2021	76,7	9433	389	4,13	317	3,36	9587
2020	75,2	9427	373	3,96	310	3,29	9343

Mustialan ruokinta on aperuokintaa, jossa kaikki rehukomponentit sekoitetaan yhdeksi maistuvaksi seokseksi. Seosruokinnan vaihtoehtoina yleisesti on TMR (total mixed ration) eli täysi seosruokinta tai PMR (partial mixed ration) täydennetty seosruokinta. Mustialassa on käytössä PMR. Siinä annetaan lehmän tuotannon vaiheen mukainen väkirehutäydennys apeseoksen lisäksi lypsyrobotilta. Apeseos on siis mahdollista tehdä niin, että matalatuottoiset lehmät eivät pääse lihomaan ja korkeatuottoisemmat lehmät saavat kuitenkin riittävän energia- ja valkuaismäärän. PMR-seosruokinnassa lypsykarjatilan seosresepti suunnitellaan keskimääräisen maitotuotoksen mukaan. Sitä enemmän lypsäville lehmille annostellaan lypsyrobotilta väkirehulisä, joka täydentää appeesta puuttuvat energia- ja valkuaisaineet. PMR-ruokinnassa on siis mahdollista huomioida lehmien yksilölliset ravitsemukselliset vaatimukset tuotosvaiheen mukaan. (Hankkija, n.d.-b) Käytössä on Lely Vector täysautomaattinen apesekoitin, joka sekoittaa ja jakaa rehun ruokintapöydälle. (Hamk, 2024)

Lely Vector automaattisen ruokintajärjestelmän toiminta perustuu rehukeittiön, rehukahmarin sekä ruokinta- ja sekoitusrobotin muodostamaan kokonaisuuteen. Rehukeittiö voi sijaita samassa rakennuksessa tuotantorakennuksen kanssa tai erikseen omassa rakennuksessaan. Rehukeittiössä säilytetään seosruokinnan eri komponentteja, kuten säilörehua tai viljoja. Ohjelmoitu rehukahmari kerää sekä annostelee tarvittavat komponentit ruokinta- ja sekoitusrobottiin. Rehujen siirron aikana ruokinta- ja sekoitusrobotti kulkee automaattisesti ruokintapöydällä ohjausnauhaa pitkin ja mittaa ruokintapöydällä olevan rehun määrän. Jos keskimääräinen korkeus on alle määritellyn tason, Vector valmistaa tarvittavan

seoksen ja jakaa sen ruokintaryhmälle, jolloin karjalla on aina sopiva määrä rehua saatavilla. (NHK, n.d.) Lely Vector yhdistetään samaan tuotannonhallintajärjestelmään, jossa myös lypsyrobotti on, joten samasta ohjelmasta pystyy tietokoneelta tarkastelemaan sekä ruokintaan että maidontuotantoon ja eläinten terveyteen liittyviä tietoja, joita myös tämän opinnäytetyön tekemisessä hyödynnettiin.

Lypsyrobotti jakaa houkutus- ja energiantäydennysrehuna luomuhyväksytyn rehun, Mustialan tapauksessa Hankkijan valmistaman Sopivarehun. Sopiva on Hankkijan sekä tilan yhteiskehityksen lopputulos. Tuote optimoidaan täysin tilan kotoisten rehujen pohjalta ruokintaan, tilan tekniikkaan sopivaksi ja tavoitteita edistäväksi. Tuote on saavuttanut tavanomaisen tuotannon lisäksi suosiota myös luomutilojen keskuudessa. Optimointi tapahtuu tuotteiden suunnitteluun koulutettujen ruokinta-asiantuntijoiden toimesta uusimman tieteellisen ruokintatiedon perusteella Hankkijan omalla suunnitteluohjelmalla, Maito-ohjelmalla. Sopivarehujen valmistuksessa on käytettävissä myös Hankkijan rehuinnovaatiot Progut ja Progres. (Hankkija, n.d.-f)

Karjan ruokinta Mustialassa on nurmirehuvaltaista, mikä tarkoittaa sitä, että väkirehujen osuus ruokinnassa on maksimissaan 40 % kokonaiskuiva-aineesta. Tilalla tuotetaan nurmea sekä säilörehuksi että laitumeksi. Kaikki eläimet laiduntavat kesäisin. Väkirehuna käytetään kotimaisia viljoja. Rahtimyllärillä teetetyn kotiseoksen valkuaispitoisuutta nostaa herne tai härkäpapu. Kaikki rehut analysoidaan ja ruokintasuunnitelma päivitetään aina, kun rehut tai rehuarvot muuttuvat. (HAMK, 2024)

2.3 Luonnonmukainen tuotanto

Luonnonmukainen tuotanto, yleisesti tunnettu lyhenteellä "luomu", viittaa ruoan viljelyyn ja tuotantoon, joka perustuu ympäristöystävällisiin käytäntöihin. Luomujärjestelmä kattaa koko prosessin alkutuotannosta kaupan hyllylle, yhdistäen kestävät tuotantotavat, korkeimmat eläinten hyvinvoinnin vaatimukset sekä kuluttajien toiveet luonnollisista tuotteista. EU:n luomuasetuksessa on määritelty tarkat vaatimukset luomutuotannolle, ja jokainen luomutila käy läpi vuosittaisen tarkastuksen. (Luomumerkki, n.d.)

Luonnonmukaisen eläintuotannon tavoite on vastata kuluttajien kysyntään tuotteilla, joiden valmistus ei kuormita ympäristöä tai ole haitallista ihmisten, kasvien ja eläinten terveydelle. Tarkoituksena on tuottaa korkealaatuisia tuotteita ottaen huomioon eläinten hyvinvoinnin ja lajikohtaiset käyttäytymistarpeet. Luonnonmukaisen tuotannon periaatteiden mukaista ei ole kasvattaa eläimiä ilman peltoalaa, koska rehukasvien viljely monipuolistaa viljelykiertoa ja

eläinten tuottama lanta toimii eloperäisenä lannoitteena maaperälle. (Ruokavirasto, 2022) Luomueläimet elävät mahdollisimman lajinmukaisesti läpi koko elämänsä. Luomutilojen lehmät elävät pihattonavetoissa, joissa niillä on mahdollisuus liikkua vapaasti. Kesäisin luomulehmät laiduntavat, mikä myös monipuolisen viljelykierron tukena lisää luonnon monimuotoisuutta. Luomutilojen vasikat ovat maitojuotolla 3 kuukauden ikään asti. (Laakso, n.d) Luomutuotannossa eläinten osalta esimerkiksi varoajat antibioottikuurien jälkeen ovat kaksinkertaiset tavanomaiseen tuotantoon verrattuna. (ProLuomu, 2013)

Vuonna 2023 Suomessa oli 1050 luomukotieläintilaa ja luomupeltopinta-alaa koko maan peltoalasta oli 13,7 %. Luomumaitoa tuottavia tiloja oli 116 kappaletta. Luomumaidon osuus kaikesta maidontuotannostamme oli 3,4 % ja sitä tuotettiin 73 miljoonaa litraa. Luomutuotteiden myynnin arvo päivittäistavarakaupoissa oli 532 miljoonaa euroa, joka vastaa noin 1,9 % päivittäistavarakauppojen kokonaismyynnistä. Keskimäärin EU:ssa luomutuotteisiin yksi henkilö kuluttaa vuodessa 102 euroa, kun meillä Suomessa 2022 vastaava luku on ollut vain 73 euroa. Naapurimaassamme Ruotsissa luomun kulutussumma on ollut 248e per henkilö. Suurimmissa luomun kuluttajamaissa kuten Sveitsissä tai Tanskassa luomutuotteisiin kulutettiin rahaa 365–437 euroa henkilöä kohden. (Luonnonvarakeskus, 2024)

Luomunautojen ruokinnan erityispiirteitä on mm. vaadittu rehun omavaraisuusaste, jonka on vuodesta 2024 oltava yli 70 %. Luomunautojen kasvatuksen tulee sääolosuhteiden mukaan perustua mahdollisimman suurelta osin laiduntamisen hyödyntämiseen ruokinnassa. Eläinten ruokinnassa ei ole sallittua käyttää keinotekoisesti valmistettuja eli synteettisiä aminohappoja tai kasvun edistämiseen tarkoitettuja aineita, kuten kokkidiostaatteja tai antibiootteja. Muita kuin luonnonmukaisia kasvi-, levä-, hiiva-, tai eläinperäisiä rehuaineita, rehun lisäaineita ja rehun valmistuksen apuaineita saa käyttää vain, jos niiden käyttö on sallittu luomuasetuksen 24 artiklan perusteella. (Ruokavirasto, 2022)

3 Ruoansulatuksen merkitys lypsylehmien tuotannossa

Lypsylehmä – kuten mikä tahansa muukin eläin, tarvitsee päivittäin energiaa ja ravintoaineita pysyäkseen hengissä. Ravintoaineita se käyttää elimistön eri toimintoihin kuten ylläpitoon, kasvuun, tuotantoon ja tiineyteen. Rehujen sisältämät ravintoaineet ovat hiilihydraatteja, valkuaisaineita, kivennäisaineita, rasvoja ja vitamiineja. Lisäksi kaikki rehut sisältävät myös vettä, jonka määrä vaihtelee huomattavastikin eri rehujen välillä. Naudan elimistö pystyy hyödyntämään vain ruoansulatuskanavasta imeytyneitä ravintoaineita, joten rehujen

sulavuudella on tärkeä merkitys ravintoaineiden saannin kannalta. (Alasuutari ym., 2013, s. 42)

Lypsylehmän monimutkainen ruoansulatusjärjestelmä poikkeaa huomattavasti yksimahaisten eläinten, kuten esimerkiksi sian, ruoansulatuselimistöstä. Lehmä on erikoistunut hyväksikäyttämään kuitupitoista ravintoa. Lypsylehmä on märehtijä, jonka ruoansulatukselle on tyypillistä pureskella syömänsä rehu useita kertoja. Märehtiminen tehostaa rehun sulamisprosessia, sillä märehtimisen myötä syötyjen rehujen partikkelikoko pienenee. Rehumassa hienontuu ja sylkeä sekoittuu siihen. Märehtiessä pötsistä nousee rehua ruokatorvea pitkin suuhun pureskeltavaksi. Nauta nielaisee märepalan mukana suuhun nousseen ylimääräisen nesteen ja aloittaa pureskelun vasta sitten. Noin minuutin märehtimisen jälkeen nauta nielaisee märepalan ja muutaman sekunnin kuluessa aloittaa uuden märepalan pureskelun. Vuorokaudessa nauta kuluttaa märehtimiseen 6–10 tuntia. (Alasuutari ym., 2013, s. 47) Märehtijä elää symbioosissa etumahoissaan elävien, kuitua hajottavien mikrobien kanssa ja tämä symbioosi hyödyttää molempia osapuolia. (Vanhatalo, 2010, s.19)

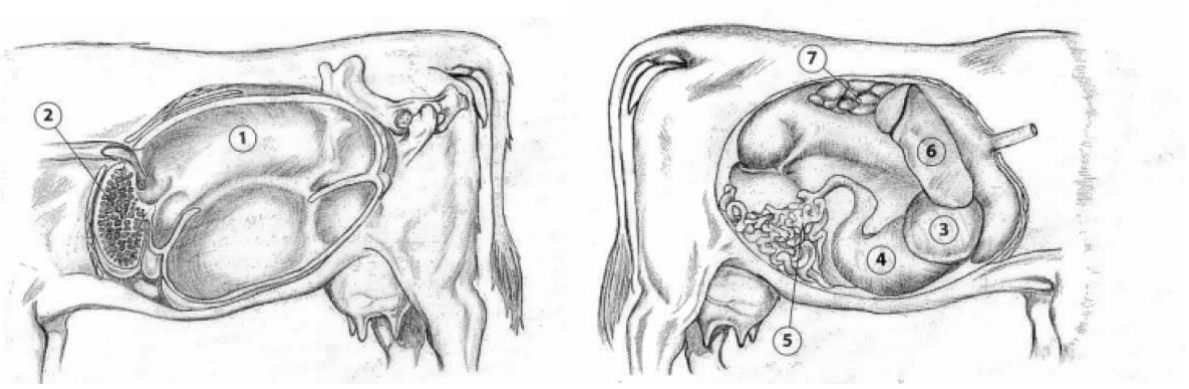
Märehtiminen on oiva apuväline seurata karjan terveyttä ja ruokinnan onnistumista. Ruokinnassa märehtimiseen vaikuttavat rehun NDF-kuidun eli solunseinämäkuidun määrä ja rehusilpun pituus. Mitä enemmän kuitua ja mitä pidempää silppua rehussa on, sitä pidempiä märehtimisajat ovat. Rehun liika tärkkelys, sokeri ja korkeat väkirehumäärät laskevat märehtimisaikaa. Märehtimisajan vähenemisen riskinä on pötsin happamoituminen. Terveyden seurannassa märehtimisen väheneminen voi kertoa esimerkiksi akuutista kivusta tai aineenvaihdunnan häiriöistä. Juoksutusmahan häiriöissä märehtimisen lasku voidaan nähdä jopa kolme päivää ennen kliinisten oireiden alkamista. Ketoosissa eli asetonitaudissa tai utare- ja kohtutulehduksissa märehtiminen laskee yleensä päivää ennen kuin kliiniset oireet ovat nähtävillä. Märehtimisen vähentymisen tavallisia syitä ovat esimerkiksi kiima, poikiminen tai stressi. (Lehmälääkärit, 2021)

3.1 Ruoansulatuselimistön rakenne ja tehtävät

Pystyäkseen kehittämään lypsylehmän tuottamaa lopputuotosta eli maidontuotantoa, tulee ymmärtää märehtijän ruoansulatuselimistön erityspiirteet ja toiminta. Seuraavassa esitellään tarkemmin rehun kulkeutumisen vaiheet naudan ruoansulatuselimistössä. Naudan ruoansulatuselimistö on visuaalisesti esiteltynä kuvassa 2. Naudan ruoansulatuskanava on yhtenäinen ketju, joka alkaa suusta ja päättyy peräaukkoon. Tällä matkalla rehu hienontuu ja sulaa. Siitä vapautuu vettä ja ravintoaineita, jotka imeytyvät ruoansulatuskanavan seinämien

läpi verenkiertoon, josta ne kulkeutuvat elimistön käyttöön. Ruoansulatus vapauttaa ravintoaineita, mutta myös muodostaa uusia ravintoaineita prosessin aikana. Eläimelle hyödyntämiskelvoton, sulamaton rehu kulkeutuu pois ruoansulatuskanavasta sonnan muodossa. (Alasuutari ym., 2013, s.44)

Kuva 2 Naudan ruoansulatuselimistö. 1. pötsi, 2. verkkomaha, 3. satakerta, 4. juoksutusmaha, 5. ohutsuoli, 6. maksa ja 7. munuaiset. (Alasuutari ym., 2013, s.44)



Ruoansulatusprosessi käynnistyy suusta, jonka tehtävänä on rehun pureskelu ja nieleminen. Syödessään nauta pureskelee rehua vain sen verran, että saa nielaistua sen. (Alasuutari ym., 2013, s. 45) Naudan suussa huulet ja kieli mahdollistavat rehun valinnan, alaetuhampaat, kitalaki ja sylkirauhaset pureskelun, syljen erityksen ja märehtimisen. Naudan yläleuassa ei ole etuhampaita. Alaetuhampaat osallistuvat ruohon katkaisuun ja syöntiin, poskihampaat jauhavat rehua syömisen ja märehtimisen aikana. (Vanhatalo, 2010, s. 20)

Sylkirauhaset erittävät märehtijällä sylkeä jatkuvasti, runsaimmillaan syönnin ja märehtimisen aikana. Vuorokaudessa aikuisella märehtijällä sylkeä erittyy jopa 100–200 litraa, mutta syljen eritys riippuu myös rehun laadusta ja kuiva-ainepitoisuudesta. Kuivemmalla rehulla sylkeä erittyy luonnollisesti enemmän. Sylki liukastaa rehua, helpottaa sen pureskelua ja nielemistä. Sylki sisältää myös tärkeitä suoloja, jotka tasoittavat pötsin happamuutta rehusta tulevia happoja ja pötsissä muodostuvia haihtuvia rasvahappoja vastaan, jolloin pötsin pH ei pääse laskemaan liian matalaksi. Naudan sylki ei sisällä rehua hajottavia entsyymeitä, kuten useilla yksimahaisilla eläimillä. (Alasuutari ym., 2013, s. 44–45)

Runsastuottoinen lehmä käyttää vuorokaudesta ruoan pureskeluun 14–16 tuntia. Sisäruokinnassa se pureskelee 4–6 tuntia ja märehtii 9–11 tuntia, mutta laidunruokinnassa ajat ovat päinvastaiset. Riittävä rehun pureskelu ja erityisesti märehtiminen on merkki

terveellisestä rehuannoksesta, jonka kuitupitoisuus on oikea. Huolellinen rehun pureskelu edistää pötsin toimintaa ja pitää sen terveenä. (Hulsen & Aerden, 2014, s. 4)

Rehu kulkeutuu seuraavaksi ruokatorveen, jossa se liikkuu märehtijöillä molempiin suuntiin suun ja pötsin välillä aaltoilevien liikkeiden eli peristaltiikan avulla. Peristalttiset supistukset kuljettavat rehua alaspäin suusta kohti pötsiä, kun taas antiperistalttiset supistukset nostavat märepaloja ylöspäin pötsistä takaisin suuhun uudelleen pureskeltavaksi. (Vanhatalo, 2010, s.20–21)

Etumahojen eli pötsin, verkkomahan ja satakerran tehtävänä on rehun varastointi ja sen viipymisajan pidentäminen, jotta rehun sulavuus paranee. Pötsin suuren koon ansiosta rehut voivat olla siellä pitkään, jopa 30–80 tuntia. (Alasuutari ym., 2013, s.45) Pötsin vetoisuus on 180–200 litraa (Hulsen & Aerden, 2014, s.7). Etumahat vievät noin kaksi kolmasosaa vatsaontelon tilavuudesta täyttäen kokonaan sen vasemman puolen ja osittain myös oikeaa puolta. Etumahoissa tapahtuu rehun mikrobiaalinen sulatus. Pötsi ja verkkomaha muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden, jonka vuoksi usein puhutaan pötsi-verkkomahasta. (Vanhatalo, 2010)

Pötsi-verkkomahassa ei erity rehua hajottavia ruoansulatusentsyymejä, vaan rehumassan hajotus tapahtuu pötsissä elävän pieneliöstön eli mikrobien avulla. Ilman mikrobistoa naudan elimistö ei pystyisi hyödyntämään karkearehuja. Pötsin mikrobisto muodostuu erilaisista sienistä, alkueläimistä ja bakteereista, jotka muodostavat monipuolisen ekojärjestelmän pötsiin. (Vanhatalo, 2010, s. 23) Pötsimikrobit käyttävät rehun valkuaista kasvaakseen, minkä seurauksena syntyy mikrobimassaa. Tämä mikrobimassa on valkuaista, joka kulkeutuu pötsistä ohutsuoleen vapautuakseen märehtijän käyttöön. Mikrobimassa on märehtijän tärkein valkuaisen lähde. Pötsin sisäpinta on täynnä papilleja eli nystyröitä, joiden tehtävänä on lisätä pötsin seinämän imeytymispinta-alaa. Mitä enemmän imeytymispinta-alaa pötsissä on, sitä tehokkaammin ravintoaineet voivat imeytyä. (Alasuutari ym., 2013, s.46–47)

Lehmä saa ravintonsa pötsimikrobeista, pötsikäymisen tuottamista haihtuvista rasvahapoista ja pötsin läpäisevistä ravintoaineista. Haihtuvat rasvahapot syntyvät hiilihydraattien pötsikäymisestä. Muodostuvat rasvahapot ovat etikka-, propioni- ja voihappoa, ja ne kattavat 50–70 % lehmän ravinnontarpeesta. (Hulsen & Aerden, 2014, s. 7) Pötsin mikrobikäymisen tuotoksena syntyy suuri määrä kaasuja, pääosin hiilidioksidia ja metaania. Suurin osa kaasuista kerääntyy pötsin yläosaan, osa sitoutuu pötsissä oleviin rehupaloihin. Kaasut poistuvat pääosin röyhtäilyn mukana, ja osa poistuu myös uloshengityksen kautta imeydyttyään pötsin seinämän läpi keuhkoihin. Kaasujen muodostuminen pötsissä on niin

nopeaa, että jo lyhytaikainenkin häiriö kaasujen poistossa voi johtaa naudan puhaltumiseen ja jopa kuolemaan. (Alasuutari ym., 2013, s. 47–48) Pötsistä poistuu kaasuja noin kaksi kertaa viidessä minuutissa. (Hulsen & Aerden, 2014, s.10)

Pötsin seinämien supistukset sekoittavat syötyä rehua. Rehu kerrostuu pötsissä siten, että alimpana on kaikkein hienojakoisin ja sulanein rehumassa. Sen päällä olevan pötsinesteen päällä kelluu karkearehun muodostama kerros, ja ylimpänä ovat kevyimmät ainekset eli kaasut. Pötsin seinämien vahvat lihakset supistuvat noin minuutin välein nostaen rehumassaa ylöspäin ja laskien sen taas alas. Tällöin kevyempi, sulamaton rehuaines jää karkearehukerrokseen ja jo sulaneempi rehu painuu pötsin pohjalle, josta se liikkuu ruoansulatuskanavassa eteenpäin. (Alasuutari ym., 2013, s. 46)

Pötsistä rehu etenee satakertaan, jota kutsutaan myös lehtimahaksi sen sisäpuolella kasvavien lehtimäisten karvojen vuoksi. Satakerta imeyttää rehusta vettä ja hienontaa rehua vielä jonkin verran. Rehu muuttuu satakerrassa kiinteämpään olomuotoon, ja se viipyy siellä keskimäärin viisi tuntia. (Alasuutari ym., 2013, s.48)

Seuraavaksi ruokasula siirtyy juoksutusmahaan, joka vastaa toiminnaltaan yksimahaisten eläinten mahalaukkua. Märehtijän juoksutusmaha on pituussuunnassa voimakkaasti poimuttunut. Siellä erittyy ruoansulatusnesteitä, kuten suolahappoa ja ruoansulatusentsyymejä, joita ovat muun muassa pepsiini ja lysotsyymi. Juoksutusmahan matala pH katkaisee pötsimikrobien elintoiminnot ja vapauttaa niiden solunsisällön sulatusta varten. (Vanhatalo, 2010, s. 20)

Naudan suolisto alkaa ohutsuolesta, jossa imeytyvät tärkeät ravintoaineet: valkuaisen rakennusaineet aminohapot ja peptidit, pitkäketjuiset rasvahapot, kivennäiset, glukoosi ja vesi. Ohutsuolen alkupäässä happamaan ruokasulaan sekoittuu sappi- ja haimanesteitä, jotka neutraloivat ruokasulaa. Ohutsuolen alkuosassa ruoansulatusnesteiden sisältämät entsyymit alkavat sulattaa rehua, ja ohutsuolen loppupäässä ravintoaineet imeytyvät elimistöön. (Alasuutari ym., 2013, s. 49) Ohutsuoli on noin 40 metriä pitkä, ja sieltä ruokasula jatkaa matkaansa paksu- ja umpisuoleen. Näissä suolen osissa mikrobit pilkkovat ruokasulaa vielä jonkin verran, mutta hajottamisen merkitys on vähäinen ruokasulan viivyttyä paksu- ja umpisuolessa vain lyhyen aikaa. Paksusuolen pituus on 10 metriä ja umpisuolen alle metri. Rehu viipyy paksusuolessa 4–6 tuntia, minkä jälkeen se siirtyy peräsuoleen. (Alasuutari ym., 2013, s. 49–50)

Peräsuolessa rehumassasta imeytyy vielä elimistöön vettä, ja uloste saa lopullisen kiinteytensä. Ulosteen koostumus riippuu syödyn rehun laadusta sekä rehun sulamisen ja

veden imeytymisen tehokkuudesta ruoansulatuskanavassa. Peräsuolen kautta poistuu ruoansulatuskanavassa sulamaton ja imeytymätön aines sekä vesi. (Alasuutari ym., 2013, s. 50)

3.2 Rehusta maitotuotokseksi

Maitomääriin ja maidon pitoisuuksiin voidaan vaikuttaa ruokinnalla. Ruokinnan suunnitteluun tarvitaan lehmän ravintoaineiden ja energian tarve, sekä lisäksi myös käytössä olevien rehujen rehuarvot. Suomalainen rehuarvojärjestelmä on virallisesti esitelty Luonnonvarakeskuksen Rehutaulukot- ja ruokintasuositukset-sivuilla. Sieltä löytyy Suomessa käytettävät rehujen koostumus- ja rehuarvotaulukot, rehuarvojen laskentaperusteet sekä ruokintasuositukset märehtijöille, siipikarjalle, hevosille, sioille ja turkiseläimille. (Luonnonvarakeskus, n.d.) Suomalaiset ruokinnansuunnitteluohjelmistot perustuvat tähän järjestelmään. (Rinne, 2014) Hankkijan omassa ruokinnansuunnitteluohjelmassa on myös viimeisin kansainvälinen tutkimustieto, joka huomioi nykylehmän ravitsemukselliset tarpeet.

Hyvän säilörehun rooli maidon pitoisuuksien perustana on merkittävä. Lypsylehmä syö päivittäin säilörehua kymmeniä kiloja ja suuri osa pötsin tilavuudesta on jatkuvasti säilörehun täyttämää. Säilörehulla on suuri merkitys lypsylehmän ruokinnassa, vaikka varsinaisesti säilörehu ei olekaan kosketuksissa maitoon missään vaiheessa. (Westerlund & Korva, 2016) Lypsylehmien ruokinnan merkittävin komponentti on nurmirehu. Karkeasti lehmä syö noin 50–55 kiloa nurmesta tehtyä esikuivattua säilörehua, jota täydennetään väkirehulla. Täydennysrehuna voidaan käyttää esimerkiksi viljoja, rypsiä sekä kivennäisiä ja vitamiineja. (MTK, 2024) Maidontuotantoon lehmä tarvitsee lisäksi runsaasti vettä, sillä yhtä tuottamaansa maitokiloa varten lehmä juo 3–4 litraa vettä. Päivittäinen juomaveden tarve on 80–120 litraa. (Alasuutari ym., 2013, s.12)

Maidon muodostukseen lehmä tarvitsee glukoosia, pitkä- ja lyhytketjuisia rasvahappoja sekä kivennäis- ja hivenaineita. Vain sulaneesta rehusta saadaan energiaa ja ravintoaineita lehmän käyttöön. Lehmät lypsävät sitä enemmän, mitä enemmän ne syövät kuiva-ainetta. Kun kuiva-aineen syönti lisääntyy, myös maitotuotos kasvaa. (Rinne, 2014) Rehun kuiva-ainepitoisuus on se osa rehusta, joka jää jäljelle, kun vesi on haihdutettu rehunäytteestä pois. Kun vertaillaan keskenään rehuja tai mietitään lehmien syöntiä, tulisi käyttää kuiva-aineesta laskettuja arvoja. (Alasuutari ym., 2013, s.52) Kuiva-aine on siis se varsinainen rehusta ravinnoksi hyödynnettävä osuus, sillä rehussa oleva vesi ei yksinään täytä lehmän ruokinnallisia tarpeita. Riittävä kuiva-aineen syönti on siis merkittävää maidontuotantoakin

ajatellen, sillä riittävästä kuiva-aineen syönnistä lehmä saa ravintoaineita, joilla tuottaa maitoa.

Kun mietitään lypsylehmän ruokintaa ravintoainetasolla, tärkein maitotuotokseen vaikuttava asia on riittävä energian saanti. Rehun sisältämää energiaa kutsutaan bruttoenergiaksi, josta elimistössä sulavaa osaa kutsutaan sulavaksi energiaksi. Sulamaton energia poistuu elimistöstä sonnan kautta. Kun kokonaisenergiasta vähennetään sonnan, virtsan ja metaanin mukana poistunut sulamaton energia, jäljelle jäänyttä energiaa kutsutaan muuntokelpoiseksi energiaksi (ME). Muuntokelpoisen energian määrä rehussa kertoo sen ”väkevyydestä”. Mitä suurempi luku, sitä enemmän rehu sisältää energiaa. Muuntokelpoisen energian määrä rehussa ilmoitetaan MJ/kg ka eli megajouleina per kilo kuiva-ainetta. (Alasuutari ym., 2013, s.53) Mikäli energiasta on vajetta, lehmä alkaa muuntamaan rehun valkuaista ja/tai kehossa olevia rasvoja energiaksi. Tämä prosessi kuluttaa paljon energiaa ja heikentää maitotuotosta, kun valkuaisrehun hyödyntäminen maidon valkuaiseksi heikkenee. (Karlström, 2018) Lehmien ruokinnassa niiden tärkein energian lähde on hiilihydraatit. Hiilihydraatit jaetaan solunsisällyshiilihydraatteihin ja solunseinähiilihydraattien. Solunsisällyshiilihydraatit, kuten sokerit, tärkkelys ja fruktaanit hajoavat pötsissä jo lähes täydellisesti haihtuviksi rasvahapoiksi. Solunseinähiilihydraatteihin kuuluvat selluloosa, hemiselluloosa ja pektiini ovat hajotettavissa vain ruoansulatuskanavan mikrobien toimesta pötsissä ja paksusuolessa. (Jaakkola ym., 2010, s.55) Maitotuotos on siis riippuvainen muuntokelpoisen energian saannista. Saadakseen riittävästi energiaa, vaaditaan lehmältä riittävää syöntiä. Pötsin toiminta ja ruokinnan koostumus vaikuttavat maidon pitoisuuksien muodostumiseen. Mikrobiston koostumus, pötsikäymisen lopputuotteet ja pitoisuuksien rakennusaineiden määrä kulkevat käsi kädessä ruokinnan koostumuksen kanssa. (Paalijärvi, 2024)

Valkuaisaineet ovat välttämättömiä eläimen elintoiminnoille, sillä ne toimivat elinten ja kudosten rakennusaineina. Lypsylehmien valkuaisruokinnassa keskeisiä käsitteitä ovat ohutsuolessa imeytyvä valkuainen (**OIV**) ja pötsin valkuaistase (**PVT**). OIV kuvaa ohutsuolesta imeytyviä aminohappoja, jotka ovat eläimen käytettävissä tuotantoon ja elintoimintojen ylläpitoon. PVT puolestaan kertoo, riittääkö pötsissä hajoava valkuainen mikrobien typen tarpeeseen. (Alasuutari ym., 2013, s. 54) Valkuaisruokinnan tehokkuus ei kuitenkaan riipu vain valkuaisen kokonaismäärästä, vaan erityisesti sen laadusta ja aminohappokoostumuksesta. Aminohapot**,** kuten lysiini, histidiini ja metioniini, ovat maidon proteiinisynteesin kannalta välttämättömiä, sillä niiden puute voi rajoittaa tuotantoa. Aminohapot ovat proteiinien eli valkuaisaineiden perusyksiköitä. Eläimen valkuaistarve pohjautuukin käytännössä aminohappojen tarpeeseen, sillä lehmä pystyy muodostamaan elimistössään valkuaisaineita, jos aminohappoja on riittävästi saatavilla. Aminohapot

yhdistyvät muodostaen peptidejä, joista edelleen syntyy pitkäketjuisia valkuaisaineita. (Jaakkola ym., 2010, s. 11) Pötsissä valkuaisen hyödyntäminen riippuu mikrobivalkuaisen tuotannosta, joka vaatii energiaa pötsissä hajoavasta orgaanisesta aineksesta. (Rinne, 2014) Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen (OIV) koostuu pääosin mikrobivalkuaisesta ja pötsissä hajoamattomasta rehuvalkuaisesta. Tyypillisesti mikrobivalkuainen kattaa noin 70 % lehmän ravinnon valkuaisesta. Pötsimikrobit hajottavat rehun valkuaista ammoniakiksi, jota ne käyttävät oman valkuaisensa rakennusaineena. Mikrobivalkuaisen muodostuminen määräytyy pääosin sulavan energian saatavuuden mukaan, kunhan mikrobeilla on riittävästi typpeä käytössään. (Huhtanen & Sairanen, 2023) Ylimääräisestä typestä, joka ylittää mikrobien tarpeen, osa kiertää ureakierron kautta takaisin pötsiin ja osa muuttuu ammoniakiksi ja poistuu virtsan mukana. Tämä korostaa tasapainoisen valkuaisruokinnan merkitystä tuotannon tehokkuuden ja ympäristövaikutusten hallinnassa. (Huhtanen & Sairanen, 2023) Märehtijän luonnollinen rehuannos sisältää hyvin vähän rasvaa. Rasva haittaa pötsimikrobien toimintaa aiheuttaen rehun pinnalle suojaavan kalvon. Tehokkaassa kotieläintuotannossa luonnollisesta rehusta on kuitenkin poikettu ja rasvaa käytetään rehuannoksen energiapitoisuuden lisäämiseen. (Alasuutari ym., 2013, s. 56)

Hyvässä säilörehussa on sopiva sulavuus ja kuidun määrä sekä kivennäisiä oikeassa suhteessa. Kuitu eli neutraalidetergenttikuitu NDF, kuvaa rehun solunseinäaineksen kokonaispitoisuutta. (Jaakkola, 2010, s.55) Lypsylehmän ruokinnassa kuitu on välttämätön pötsin toiminnan, märehtimisen ja lehmän hyvinvoinnin kannalta. Kuitu ylläpitää pötsimikrobien toimintaa ja edistää syljeneritystä, mikä auttaa neutraloimaan pötsin happoja ja ehkäisee asidoosia eli happamoitumista. Karkearehut, kuten säilörehu ja kuivaheinä, ovat tärkeimmät kuidun lähteet, ja niiden rakenne tukee märehtimistä. Riittävä kuidun määrä ruokinnassa varmistaa, että lehmän pötsi toimii optimaalisesti ja rehu sulaa tehokkaasti. Kuidun tarve vaihtelee tuotantotason mukaan, mutta yleisesti suositellaan, että NDF-kuitua olisi vähintään 28–35 % ruokinnan kuiva-aineesta. Rakenteellinen kuitu on erityisen tärkeää, sillä se edistää lehmän syljeneritystä ja pitää pötsin mikrobiston tasapainossa. Korkeatuottoisilla lehmillä kuitua on oltava riittävästi, jotta väkirehujen runsas käyttö ei vaaranna pötsin toimintaa. Kuidun laatu on yhtä tärkeää kuin sen määrä; sulava kuitu tarjoaa energiaa pötsin mikrobeille, kun taas huonosti sulava kuitu ylläpitää märehtimistä ja pötsin toimintaa ilman merkittävää energiapanosta. Tasapainoinen ruokinta, jossa karkearehu ja väkirehu täydentävät toisiaan, on avain lehmän terveyden ja tuotannon ylläpitämiseen. (Farmit.net, 2010) Korkea säilörehun syönti-indeksi (yli 100) antaa hyvän pohjan runsaalle tuotokselle ja hyville maidon pitoisuuksille. Karkearehun laadun parantaminen on tärkeää maitotuotoksen ja pitoisuuksien parantamiseksi. Väkirehulla voidaan tukea säilörehua, mutta

sitä ei voi kokonaan korvata. Liian korkea väkirehumäärä vaikuttaa jopa negatiivisesti maidontuotantoon. (Kiiveri, 2018)

4 Progut-rehuinnovaatio

Progut on erityisellä happohydrolyysimenetelmällä pilkottu panimohiiva, joka tutkimusten mukaan tukee eläinten vastustuskykyä, suolistoterveyttä ja pötsikäymistä. (Hankkija, n.d.-e) Lukuisissa pötsisimulaatiotutkimuksissa Progutin on todettu stimuloivan pötsikäymistä, lisäävän pötsimikrobien määrä ja lyhytketjuisten rasvahappojen tuotantoa. Näin lehmällä on käytettävissä enemmän proteiinia ja energiaa, mikä on tutkimuksissa edistänyt rehuhyötysuhdetta ja maidontuotantoa. (Vuorenmaa, 2020) Progut valmistetaan panimoteollisuuden sivuvirrasta, Saccharomyces cerevisiae- panimohiivasta ja sitä käytetään tuotantoeläinten (yksimahaiset ja märehtijät) lisäksi myös hevosten ja koirien ruokinnassa. Progutia valmistetaan Suomessa Nastolan rehutehtaalla ja ulkomailla Brasiliassa. (Hankkija.com, n.d) Tuote sopii käytettäväksi myös luomutuotannoissa luomuasetuksen 24 artiklan mukaan, sillä hiivaperäisiä tuotteita ei ole mahdollista valmistaa luonnonmukaisin tavoin. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2018)

4.1 Hiivavalmisteet yleisesti

Hiivavalmisteita, kuten eläviä hiivoja ja hydrolysoituja hiivoja käytetään laajasti märehtijöiden rehuaineina. Hiivatuotteiden eduiksi kuvataan pötsikäymisen edistäminen, rehun hyväksikäytön ja eläimen vastustuskyvyn parantaminen. Vaikka markkinoiden tuotteet ovat usein näennäisesti samankaltaisia, voivat tuotteen ominaisuudet ja vaikutukset eläimissä olla hyvinkin erilaisia. Vaikka hiivojen vaikutustapoja märehtijöissä on tutkittu laajasti, ovat niiden toimintamekanismit edelleen suurilta osin epäselviä. (Vuorenmaa, 2020)

Panimohiivaa (*Saccharomyces cerevisia*) sisältävien rehuaineiden käyttöä lypsylehmien ruokinnassa on tutkittu varsin paljon. Ne toimivat probioottien tapaan parantamalla lehmän pötsin mikrobikantaa, joka puolestaan tehostaa ravintoaineiden hyväksikäyttöä. Useissa tutkimuksissa (mm. Williams ym. 1991, Piva ym. 1993, Wohlt ym. 1998, Robinson & Garret 1999) valmisteen lisääminen lypsylehmien ruokintaan on lisännyt maitotuotosta, mutta on myös tutkimuksia, joissa vaikutusta maitotuotokseen ei ole havaittu. (Harris ym. 1992, Danny ym. 2000, Wang ym. 2001) Tuotoksen lisäyksiin on yleensä liittynyt kuiva-aineen syönnin lisääntyminen, jota voi selittää kuidun sulavuuden parantuminen ja ohutsuolesta imeytyvän

aminotypen virtauksen kasvu. Pötsissä tapahtuvat vaikutukset voivat vaihdella riippuen esimerkiksi siitä, sisältääkö valmiste elävää hiivaa vai ei. (Kokkonen ym., 2008)

Kotimaisilta rehumarkkinoilta löytyy muitakin hiivavalmisteita, mutta niissä on yleisesti käytetty elävää hiivaa. Hiiva pilkkoo pötsissä hiilihydraatteja, jotka toimivat hiivasolujen ravinnon lähteenä. Tärkeä osa elävän hiivan toimintaa on happi, jota hiiva käyttää aineenvaihdunnassaan. Hiivan kuluttaessa happea pötsistä, muuttuvat olosuhteet paremmiksi mikrobeja varten. Kuitua hajottavat mikrobit viihtyvät hapettomissa olosuhteissa, joten hapettomampi pötsi toimii otollisempana ympäristönä näille hyödyllisille mikrobeille. Elävä hiiva parantaa pötsin sisällä olevia olosuhteita näiden tuotannon kannalta tehokkaiden mikrobien toimintaa varten. Kun kuitua hajottavat mikrobit tuottavat enemmän haihtuvia rasvahappoja lehmän energianlähteeksi maidontuotantoon, saavutetaan usein paremmat pitoisuudet maitoon ja kohonnut energiakorjatun maidon tuotos. (Kinnusen tähtirehut, n.d.)

Esimerkki kotimaisilla markkinoilla olevasta hiivavalmisteesta on Feedexin Yea-Sacc ®, joka on myös elävä hiiva. Se on Alltechin kehittämä elävä hiivakanta, jonka erityisyys on se, että se pystyy stimuloimaan sekä maitohappoa käyttäviä että myös kuitua hajottavia bakteereja. Niiden ansiosta pötsin pH-arvo nousee, joka edistää rehujen kokonaissulavuutta. Paremman rehujen hyödyntämisen myötä energiaa on enemmän käytettävissä päiväkasvuun sekä maidontuotantoon. Yea-Sacc vähentää lypsylehmien kasvihuonekaasupäästöjä ja onkin Carbon Trustin sertifioima tuote. Carbon Trust on maailmanlaajuinen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen liittyvää neuvontaa tarjoava organisaatio. (Feedex, n.d.)

Kinnusen tähtirehujen valikoimassa kaupallisia hiivavalmisteita ovat Premi-Tähti-sarjan kivennäiset eri ikäisille naudoille sekä Tähti-Hiiva Balanssi erikoisrehu lypsylehmille, jotka sisältävät molemmat elävää ActiSaf-hiivaa. (Kinnusen tähtirehut, n.d) ActiSaf on Lesaffrenin kehittelemä elävä hiiva parantamaan pötsin toimintaa. Sitä jälleenmyy Suomessa esimerkiksi Varsinais-Suomessa toimiva rehualan yritys RehuX. (RehuX, n.d.)

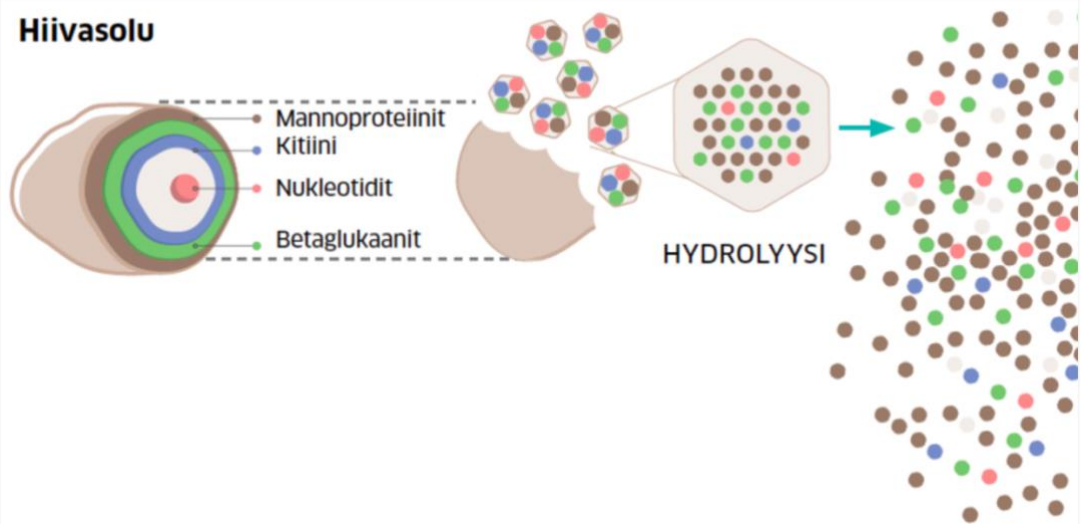
4.2 Progutin toimintamekanismit

Progutin kehitys alkoi 1990-luvun alussa, kun Hankkijan tuotekehitysjohtaja Juhani Vuorenmaa tajusi jo silloin, että eläintalouden ei tule perustua profylaktisten eli ennaltaehkäisevien antibioottien käyttöön, vaan suoliston hyvinvointia tulee tukea luonnollisin keinoin. Progutilla on postbioottinen vaikutus ja sen kehitysprosessin aloitus onkin tapahtunut jo hyvissä ajoin ennen postbioottien aikakautta. (Kettunen, 2021) Postbiootti tarkoittaa elottomista mikro-organismeista tai niiden komponenteista tehtyä valmistetta, joka tuottaa

terveydellistä hyötyä isännälleen. Isäntä voi olla ihminen tai myös esimerkiksi eläin. (Salminen yms., 2021) Progut täyttää postbiootin määritelmän, sillä se on valmistettu elintarvikelaatuisesta käytetystä panimohiivasta happohydrolisoinnilla, joka käytännössä inaktivoi ja pilkkoo hiivan. Hydrolyysiprosessissa kaikki hiivan ainesosat kuitenkin säilytetään, mitään ei heitetä pois. Tutkimukset ovat kerta toisensa jälkeen todistaneet, että Progutin mikään yksittäinen ainesosa ei ole yksinään vastuussa positiivisista vaikutuksista, vaan onnistuneeseen toimintaan tarvitaan koko tuotemuoto. (Kettunen, 2021)

Muista markkinoilla olevista *Saccharomyces cerevisiae* -hiivavalmisteista Progut eroaa ainutlaatuisen happohydrolyysimenetelmän vuoksi. Hydrolyysin prosessi on esitelty kuvassa 3. Progutin valmistuksessa hiiva pilkotaan pienempiin, vesiliukoisiin partikkeleihin lämmön ja hapon avulla. (Vuorenmaa, n.d) Happohydrolyysiprosessi Progutin valmistuksessa hajottaa hiivasolun solunseinämän mannoproteiineista, beetaglukaanista ja kitiinistä muodostuneen monimutkaisen rakenteen vapauttaen hiivasolun bioaktiiviset ainesosat eläimelle käyttökelpoiseen muotoon. Vapautuneet ainesosat stimuloivat immuunijärjestelmää, tehostavat pötsikäymistä, estävät haitallisten bakteerien kiinnittymisen suolen seinämään ja tukevat hyödyllisten mikrobien kasvua. Progut myös valmentaa eläimen omaa vastustuskykyä niin, että se pystyy puolustautumaan mahdollisilta taudinaiheuttajilta paremmin. Hydrolyysi lisää liukoisten sokereiden määrää, jolloin ne ovat juuri oikean kokoisia sitomaan taudinaiheuttajia itseensä mahdollisimman tehokkaasti. Hydrolyysin vuoksi Progut sisältää liukoisia poly- ja oligosakkarideja yli 10 kertaa enemmän kuin elävä hiiva ja 5 kertaa enemmän kuin pelkästään inaktivoitu panimohiiva. (Hankkija, n.d.-d) Progut sisältää samanlaisia hiilihydraattirakenteita, kuin suolistolima. Nämä rakenteet tarjoavat kiinnittymiskohtia taudinaiheuttajille, jolloin ne eivät tartu suoliston limakalvoihin. Progut on osoittanut tehokkaasti estävänsä E. Colin ja salmonellan kiinnittymistä suoliston limaan. (Hankkija.com, n.d) Markkinoille Progut on tullut vuonna 1999 ja viimeisen vuosikymmenen aikana sen kansainväliset markkinat ovat laajentuneet reilusti. (Kettunen, 2021)

Kuva 3 Hydrolyysi pilkkoo hiivan solunseinämän ainesosat (Hankkija, n.d.-d)



Progutilla on positiivisia vaikutuksia eri ikäryhmien naudoille. Progutia syötettäessä vasikoiden ensimmäiset pötsimikrobit aktivoituvat ja alkavat tehokkaammin hajottamaan rehua vasikan käytettäväksi. Tutkimusten mukaan Progut on nopeuttanut märehtijäksi kehittymistä kuivarehun syönnin lisääntyessä aktiivisemman pötsimikrobitoiminnan myötä. Progut myös sitoo eläimen suolistossa luontaisesti olevia haitallisia mikrobeja estäen niiden kiinnittymistä suoliston seinämiin, jolloin bakteerien taudinaiheuttamiskyky heikkenee. Nuorilla eläimillä Progut on pienentänyt ripuliriskiä, nopeuttanut kasvua ja tasannut kasvuryhmän painojakaumaa. (Hankkija, n.d.-b)

Tutkimuksissa on todettu, että Progut on lisännyt lypsylehmien pötsissä tapahtuvaa rasvahappojen tuotantoa. Nämä haihtuvat rasvahapot ovat naudan pääasiallinen energianlähde. (Hankkija, n.d.-d) Tutkimuksissa on myös osoitettu hyödyllisten pötsimikrobien määrän kasvua. Progut tehostaa lypsylehmien pötsikäymistä laktaatiovaiheesta riippumatta. (Kettunen, 2021) On mahdollista, että pötsibakteerit havaitsevat lisääntyneen hiivarakenteiden määrän ja aktivoituvat kasvamaan paremmin pärjätäkseen kilpailussa. Pötsin mikrobien tiedetään säätelevän ja koordinoivan toimintaansa kemiallisten merkkiaineiden avulla. Tämä viestintätapa, joka tunnetaan nimellä Quorum Sensing, hallitsee bakteerien tiheyttä ja voi osaltaan selittää, miksi pilkottu hiiva on pötsissä tehokkaampaa kuin ehjä hiiva. (Vuorenmaa, 2020)

Pötsin toiminnan tehostaminen edistää myös lehmien rehun sulatusta, jolloin sekä väki- että säilörehusta saadaan enemmän maitoa tuotettua. Tutkimuksien mukaan Progut on nostanut maitotuotosta keskimäärin 1,5 kg/lehmä per päivä. Progut on myös laskenut maidon

solumäärää, mikä on merkki Progutin kyvystä tukea lehmien vastustuskykyä. (Hankkija, n.d.-d) Progut lisää erityisesti pötsin propionihapon tuotantoa. Propionihappo muuttuu verensokeriksi, jota tarvitaan maidon tuottamiseen sekä muuttuneen energiataseen hallintaan poikimisen jälkeen. (Hankkija, n.d.-e) Progutin on todettu tehostavan kullakin hetkellä aktiivisena olevien pötsimikrobien toimintaa. Kun tärkkelyksen hajotessa pötsiin syntyy maitohappoa, Progut suosii maitohappoa ravintona käyttäviä ja propionihappoa tuottavia bakteereja. Myöhemmässä pötsikäymisessä Progut suosii kuitua ravintona käyttäviä, voi- ja etikkahappoa tuottavia mikrobeja. Progutin kyky lisätä pötsimikrobien ja niiden tuottamien rasvahappojen määrää tarkoittaa käytännössä sitä, että lehmä saa käyttöönsä enemmän valkuaista ja energiaa. Lisäksi kotoisten rehujen hyväksikäyttö tehostuu. (Vuorenmaa, n.d)

Suomalaisilla kenttäkokeilla jo vuonna 2006–2009 pystyttiin toteamaan, että Progut on parantanut pötsikäymistä, lisännyt propionihapon tuotantoa ja lisäksi myös vähentänyt metaanin muodostumista maidontuotantoa tehostamalla. (Vuorenmaa ym., 2010) Metaani on hiilidioksidin jälkeen toiseksi tärkein ilmastoa lämmittävä kasvihuonekaasu. (Ilmatieteen laitos, 2024) Propionihapon määrän kasvu edisti veren glukoositasoa ja vaikutti positiivisesti maidontuotokseen erityisesti myöhemmässä lypsykauden vaiheessa. Tässä tutkimuksessa huomattiin, että Progut lisäsi maitotuotosta keskimäärin 2,1 kg/päivä/lehmä. (Vuorenmaa ym., 2010) Myös 2014 julkaistussa tutkimuksessa Gaffney ym. tutkivat Progutin vaikutuksia maidontuotantoon ja maidon solupitoisuuteen irlantilaisilla lypsylehmillä. Tutkimuksessa todettiin Progutin lisänneen päivämaitotuotosta sekä matala- että korkeatuottoisilla lehmillä. Myös maidon soluluku pieneni riippumatta tuotostasosta.

5 Tutkimus Progutin käytöstä Mustialan opetusmaatilalla

Loppukesästä vuonna 2023 Hankkijan ruokinta-asiantuntijan suosittelemana Mustialan opetusmaatila lähti kokeilemaan Progutia tilan ruokinnassa, jotta maidontuotantoon saataisiin lisäpotkua. Tilalla oli jo etukäteen käytössä Hankkijan tilakohtaisesti suunniteltu Sopiva-rehu, joten Progutin lisääminen tilan ruokintaan oli helppo toteuttaa ilman muita muutoksia. Puolitiivisteen muodossa oleva rehu jaettiin lehmille houkutusrehuna lypsyrobotilta. (Lehtinen, 2024)

5.1 Aineiston keruu ja analysointi

Työssä arvioitiin karja- ja yksilötasolla Progutin vaikutuksia lypsylehmien maidontuotantoon ja rehun hyväksikäyttöön. Tuotostietoja kerättiin karjatasolta Valion tuottajien Valma-palvelusta ja lehmäkohtaisesti Valman lisäksi ProAgrian verkkopalveluista tuotosseurannan koelypsytuloksista. Ruokintatietoja opinnäytetyötä varten saatiin sekä Lelyn lypsyrobotin tuotannonhallintajärjestelmä Horizonista että myös Mtechin Minun Maatilani-ohjelmistokokonaisuuden Karjakompassi-moduulista. KarjaKompassi on selainpohjainen, nautatiloille suunniteltu ohjelma ruokinnan suunnittelua ja seurantaa varten. Ohjelman lähtötietona käytetään tilan omia tietoja ja käytössä on myös sekä omien että kaupallisten rehujen analyysitiedot. KarjaKompassi mahdollistaa uusimman kotimaisen ruokintatutkimustuloksen hyödyntämistä lypsykarjatilojen ruokinnassa. (Rajahalme, 2020)

Työssä vertailtiin Mustialan lypsykarjan tietoja ennen ja jälkeen Progutin aloituksen. Progutin käyttö aloitettiin elokuun alussa 2023, mutta heti sen aloituksen jälkeen ruokinnassa oli muita muutoksia, joiden vuoksi vertailua ei haluttu aloittaa heti samasta ajankohdasta. Vertailuajankohdiksi valikoituivat ennen Progutia 17.3-20.4.2023(35vrk) ja Progutin aloituksen jälkeen 7.10-10.11.2023(35vrk). Vertailuajankohtia valitessa vaihtoehtona olisi ollut valita ennen-ajankohta heti ennen Progutin aloitusta heinäkuussa, mutta kyseessä oli kesäaika ja Mustialan karja laidunsi silloin. Tyypillisesti esimerkiksi maidon pitoisuudet alenevat kesäisin, johtuen mm. lämpöstressistä ja laidunruokinnasta. Niinpä päädyttiin valitsemaan molemmat ajankohdat sisäruokintakaudelta, jotta olosuhteet olisivat mahdollisimman samankaltaiset.

Ruokintasuunnitelmat pysyivät näillä ajankohdilla muuten samana, paitsi syksyn ajankohdassa ruokintasuunnitelma vaihtui päivän pari ennen vertailujakson loppumista. Vertailuajankohdat muuttuivat pari kertaa työn tekemisen aikana ja vasta datan analysoinnin jälkeen huomattiin, että viimeiset 1–2 päivää oli uudella ruokintasuunnitelmalla. Loppuvaiheessa työn tekoa tätä ei enää päätetty lähteä muokkaamaan. Progut-tutkimukseen ruokinnan muuttuminen ei varmasti olisi vaikuttanut ainakaan positiivisella tavalla, sillä Progut-jakson erittäin hyvä säilörehu vaihtui marraskuussa hieman heikompilaatuiseen säilörehuun. Todennäköisempää olisi, että muutos vaikuttaisi tutkimukseen lähinnä heikentävästi.

Molemmilla vertailuajankohdilla otettiin maitoauton käyntipäiviltä (joka toinen päivä) tilamaitosäiliöstä mitattu maitomäärä, rasva- ja valkuaispitoisuudet sekä maidon solujen määrä. Vertailuajanjaksoihin sattui molempiin 18 maitoauton käyntipäivää, joten

vertailupäiviäkin on 18 kummallakin ajanjaksolla. Lisäksi lypsyrobotilta otettiin tälle samalle päivälle karjan keskimääräinen maitomäärä kg/lehmä/päivälukema. Lehmäkohtainen EKM-päivätuotos laskettiin manuaalisesti käyttämällä tankkimaidon rasva- ja valkuaispitoisuuksia sekä lehmäkohtaista päivätuotosta.

Syöntiin liittyvänä datana lypsyrobotista kerättiin myös näiltä samoilta vertailuajankohdilta tieto päivittäisestä kuiva-aineen syönnistä lehmää kohden. Rehuhyötysuhde otettiin myös ensin suoraan lypsyrobotin valmiista datasta, mutta tietojen haussa jokin asia oli epäonnistunut ja rehuhyötysuhteet olivat huomattavasti pienemmät kuin maitomäärästä ja kuiva-aineen syönnistä manuaalisesti laskettuna. Niinpä rehuhyötysuhde on työtä varten laskettu käsin koko karjan tuloksista maitomäärä kg/lehmä/päivä jaettuna kuiva-aineen syönnillä. Rehuhyötysuhteen tulos esitetään työssä siis siten, että kuinka paljon lehmä tuottaa maitoa suhteessa syömäänsä rehuun. Luvun voisi esittää myös rehun kulutus maitokiloa kohden, mutta sitä muotoa ei tässä työssä käytetty. Maidon karjakohtainen rasva- ja valkuaistuotos kilogrammoina ja lehmäkohtaisessa vertailussa g/päivä laskettiin vielä erikseen. Nämä kaikki tiedot kerättiin Exceliin yhtenäiseksi taulukkoon vertailuajanjakso kerrallaan. Data myös visualisoitiin Excelillä.

5.2 Vertailuajankohtien ruokinta

Jotta pystytään arvioimaan Progutin vaikutuksia, täytyy ottaa huomioon myös vertailuajankohtien kokonaisruokinta. Syksyn Progut-vertailujaksolla oli syötössä erittäin hyvä säilörehu (taulukossa 4) ja pelkästään sen perusteella vertailuajankohdat olisivat hyvin epätasaisia toisiinsa verrattuna. Kuitenkin kun katsotaan lypsylehmien kokonaisdieetin ravintoaineiden suunniteltua saantia (taulukot 2 ja 3), vastaavat vertailuajanjaksojen ruokinnat toisiaan melko hyvin. Optimaalisemmat olosuhteet tutkimukselle olisi tarjonnut samankaltaisemmaksi suunniteltu ruokinta vertailujaksojen välille. Tätä tutkimusta tehtiin kuitenkin menneistä tapahtumista, joten mahdollisuutta vaikuttaa ruokintaan ei enää jälkikäteen tietenkään ollut.

Vertailuajankohdissa väkirehuprosentti oli keväällä 39 % ja syksyn ruokinnassa 40 %, eli karkearehun ja väkirehun osuus molemmissa vertailuajankohdissa olivat hyvin samanlaiset. Keväällä syötössä oli säilörehu ja väkirehuseos, joka sisälsi vehnää, ohraa, kauraa ja herne-papuseosta. Syksyllä seoksessa oli vehnää, ohraa ja kaura-papuseos. Molemmilla ajankohdilla syötössä oli valkuaistäydennysrehuna Sopivarehu, joka on myös syksyn jaksolla sisältänyt Progutin.

Taulukko 2 Kokonaisdieetin suunniteltu keskimääräinen ravintoaineiden saanti vertailuajanjaksoilla. Kuvakaappaus KarjaKompassista.

	Vertailu Progut	
	opt. ✓	opt. ✓
Syönti, kg ka/eläin/pv	21,07	22,26
Korjattu ME MJ/kg ka	10,8	10,9
Korjaamaton ME MJ/kg ka	11,5	11,6
OIV g/kg ka	93	95
Kalsium, Ca g/kg ka	6,53	6,62
Fosfori, P g/kg ka	4,32	4,43
Natrium, Na g/kg ka	1,60	1,90
Magnesium, Mg g/kg ka	3,00	3,60

Taulukko 3 Kokonaisdieetin suunniteltu keskimääräinen ravintoaineiden saanti vertailuajanjaksoilla. Kuvakaappaus KarjaKompassista.

	Vertailu	Progut
	opt.	opt.
Raakavalkuainen g/kg ka	160	168
Tärkkelys g/kg ka	165	143
Solunsisällyshiilihydraatit g/kg ka	323	344
Kuitu g/kg ka	425	396
Sulamaton kuitu (karkear. ja viljat) g/kg ka	61	36
Karkearehun kuitu g/kg ka	341	292
Kuiva-aine g/kg	370	370
Väkirehun osuus	0,39	0,40
Siirtymävaiheen rehun osuus	0,12	0,00
ME maidontuotantoon, MJ/EKM kg	5,5	5,3
OIV maidontuotantoon, g/valkuais g	1,49	1,41
Sokeri g/kg ka	32	74
Kalium, K g/kg ka	21,33	20,93
Seleeni, Se mg/kg ka	0,73	0,89

Vertailuajankohtien säilörehuanalyysien tuloksia on esitelty taulukossa 4. Vertailuajankohdilla apeseoksessa oli samaan aikaan useampaa säilörehua, mutta taulukossa huomioitiin pääasiallinen syötössä ollut rehu. Muita säilörehuja oli syötössä huomattavasti pienempiä määriä (noin 5 kg verran, kun pääasiallista säilörehua menee yli 20 kg) ja ne toimivat lähinnä täydentävänä tekijänä apeseoksessa.

Taulukko 4 Syötössä olleiden säilörehujen rehuanalyysien tuloksia. Violetti rivi kuvaa kevään ruokintaa ennen Progutin aloitusta ja sininen rivi jaksoa, kun Progut oli ruokinnassa.

Ajankohta	D-arvo g/kg/ka	Raaka-valkuainen	Kuiva-aine g/kg	Kuitu (NDF) g/kg ka	OIV g/kg ka	PVT g/kg ka	ME MJ/kg ka	Syönti-indeksi
Vertailu	707	188	250	529	89	56	11.3	104
Progut	728	145	381	458	86	16	11.6	121

Rehun **D-arvo** kuvaa sen sulavuutta ja korkeatuottoisessa karjassa D-arvon tulisi olla rehuissa yli 680 g/kg ka. Vertailuajankohdilla tämä täyttyy, etenkin syksyllä ruokinnassa oli erittäin hyvin sulava rehu (D-arvo 728 g/kg ka). **Raakavalkuainen** kuvaa säilörehun valkuaispitoisuutta ja lypsylehmien säilörehussa se tulisi olla 130–160 g/kg ka. (Seilab, 2021) Liian korkeasta raakavalkuaispitoisuudesta ei ole ruokinnassa hyötyä, sillä liian korkea raakavalkuaisen pitoisuus aiheuttaa esimerkiksi lannan löysyyttä. (Seppänen, n.d) Vertailuajanjaksoista keväällä raakavalkuaispitoisuus oli säilörehussa hieman korkea (188), mutta syksyn raakavalkuaispitoisuus 145 on melko optimaalinen. **Kuiva-ainepitoisuus** tulisi olla säilörehussa 250–350 g/kg ka. (Seilab, 2021) Lukema oli melko optimaalinen kevään ajanjaksoilla, mutta syksyllä hieman korkea (381). Säilörehussa **kuitupitoisuus** on yleensä 540–580 g/kg ka (Seilab, 2021), joten syksyn vertailujaksolla kuitupitoisuus oli hieman normaalia matalampi**.** **OIV** tarkoittaa ohutsuolesta imeytyvää valkuaista ja se kuvastaa, kuinka paljon mikrobivalkuaista sekä pötsin ohittavaa rehuvalkuaista ohutsuolessa imeytyy. Optimaalinen lukema säilörehussa on 80–85 g/kg ka. (Seilab, 2021) Vertailujaksoilla tämä lukema oli hieman yläkanttiin (89–86). **PVT** puolestaan kuvastaa pötsin valkuaistasetta, eli rehun hajoavan valkuaisen riittävyys kattamaan pötsimikrobien typentarvetta. Arvo voi olla negatiivinen tai positiivinen. (Seilab, 2021) Pötsimikrobien kannalta riittää, että PVT-arvo on positiivinen. PVT oli keväällä huomattavan korkea (56) ja syksyllä matalampi (16). **ME-arvo** eli muuntokelpoisen energian määrä kuvastaa siis rehuerän energiamäärää. Sen tulisi

lypsylehmien säilörehussa olla 10.8–11.2 MJ/kg ka. (Seilab,2021) Vertailuajanjaksoilla ME oli hieman tavoiteltua korkeampi, joten rehu oli energiapitoista molemmilla ajanjaksoilla. Kuten aiemmin mainittu, **säilörehun syönti-indeksi** tulisi olla yli 100 ja se toteutuukin vertailuajanjaksoilla. Syksyn ajanjaksolla syötössä oli erittäin maittava rehu, koska sen syönti-indeksi oli 121. Syönti-indeksiin vaikuttaa D-arvo, rehun käymislaatu, kuiva-ainepitoisuus, kuitumäärä, sato ja kasvilaji. 1 indeksipiste nostaa päiväkohtaista kuiva-aineen syöntiä 0,1 kuiva-ainekiloa. (Seilab, 2021) Käytännössä siis 100 indeksipisteen rehua lehmä syö 10 kg ka päivässä ja 110 indeksipisteen rehua 11 kg ka päivässä. (Rinne,2014)

5.3 Menetelmälliset lähtökohdat

Opinnäytetyössä vertailtiin maidontuotantoa ja rehun hyväksikäyttöä kuvaavia tunnuslukuja ennen ja jälkeen Progutin aloituksen. Vertailtavia tietoja olivat maitomäärä (tankkimaito, EKM-päivätuotos ja kg/lehmä/päivä), pitoisuudet (rasva ja valkuainen) sekä maidon soluluku. Mukaan otettiin myös syönnistä ja rehun hyödyntämisestä kertovia tunnuslukuja eli kuiva-aineen syönti ja rehuhyötysuhde.

Maitomäärä oli ensimmäinen valittu vertailtava tieto. Progutilla on todettu olevan positiivisia vaikutuksia päivätuotokseen koko tuotoskauden aikana. Maitomäärää voidaan tarkastella karja- tai lehmäkohtaisesti. Maitotiloilla on oma tilasäiliö, jonka maitoauto käy tyhjentämässä joka toinen päivä. Koko karjan maitomäärää voidaan arvioida tankkimaidosta. Lehmäkohtaisesti maitomääriä voidaan tarkastella esimerkiksi lypsyrobotin tuotannonhallintajärjestelmästä tai sitten virallisemmin tuotosseurannan koelypsypäiviltä. Maitomäärän tarkastelussa meijerimaidon hinnoittelussa huomioidaan maidon pitoisuudet ja usein tarkastellaankin maitomääriä energiakorjatun maidon (EKM) määränä. EKM huomioi maidon valkuais-, rasva- ja laktoosipitoisuuden, jolloin eri lehmien tuotos saadaan niiden suhteen vertailukelpoiseksi keskenään. (Eskelinen, 2018) Koko karjan maitomäärää tarkastellaan työssä karjatasolla tankkimaidosta. Tarkempia EKM-laskelmia on tehty lypsyrobotilta saadun kg/lehmä/päivä maitomäärästä, sillä se koettiin työtä tehdessä luotettavammaksi. Progutia ovat saaneet vain lypsyrobotilla olleet lehmät, eli koko karjan maitomäärässä on mukana myös niiden asemalypsyssä olevien lehmien maitoa, jotka eivät ole saaneet Progutia. Yksilövertailussa hyödynnettiin kuukausittain tehtävien koelypsyjen lehmäkohtaisia tuloksia.

Maitomäärän ohella tuotannon kannalta oleellisia lukuja ovat maidon pitoisuudet. Suomalaisessa laajassa tilatestien sarjassa sen tuloksissa Progut on nostanut myös maidon rasva- ja valkuaistuotoksia, joten sen vuoksi pitoisuudet ovat tässäkin työssä vertailussa mukana. Rasva- ja valkuaispitoisuudet ovat maidontuottajille tärkeitä lukemia, sillä korkeilla pitoisuuksilla saadaan meijeriltä parempi litrakohtainen tilityshinta, eikä sille ole määritelty minkäänlaista ylärajaa. Normimaidon pitoisuusvaatimukset ovat vuodesta 2024 rasva 4,4 % ja valkuainen 3,6 %. Tämän ylittävät pitoisuudet korjataan tilityshinnassa ylöspäin, mutta myös pitoisuuksien ollessa näitä alhaisempia, maidon hintaa korjataan myös alaspäin. (Heikkonen, henkilökohtainen tiedonanto, 26.11.2024)

Maidon rasvan määrä riippuu riittävästä ruokinnan kuidun saannista. Rasvaa tulisi olla yli 3,8 % maidon kuiva-aineesta. Maitoon rasvaa muodostuu, kun lehmän ruoansulatuselimistössä kuitua hajottavat mikrobit muodostavat voi- ja etikkahappoa. Maidon rasvapitoisuudesta voidaan myös arvioida syödyn rehuannoksen väkirehu-karkearehusuhdetta. Usein jos energiaa lisätään, rasvapitoisuus laskee matalammaksi, erityisesti silloin kun energian saanti kasvaa väkirehun osuuden lisäyksen kautta. Tällöin samaan aikaan maitotuotos sekä valkuaispitoisuus nousevat korkeammaksi. (Karlström, 2017) Teollisiin väkirehuihin voidaan myös lisätä rasvakomponentteja, jotka nostavat maidon rasvapitoisuutta. Rasvan määrää työssä tutkittiin sekä rasvaprosentin, karjakohtaisen kilogrammamäärän että yksilötason tarkastelussa g/päivää tasolla.

Toinen vertailussa oleva maidon pitoisuus on valkuaisen määrä, joka kertoo lehmän energian- ja valkuaisen saannista. Kun se saa energiaa tarpeensa mukaisesti, se käyttää rehusta saamansa valkuaisen tehokkaasti maitovalkuaisen tuotantoon. Energian saanti on maidon valkuaispitoisuuteen eniten vaikuttava ruokinnallinen tekijä. (Karlström, 2017) Valkuaisen määrää maidossa tarkastellaan työssä kilogrammoina tai prosentteina. Yksilökohtaisessa tarkastelussa tutkittiin myös valkuaisen määrää g/päivä-tasolla. Valkuaisen osuus maidon kuiva-aineessa tulisi olla yli 3,2 %. (Karlström, 2018)

Maidon solulukua voidaan pitää lypsykarjan utareterveyden mittarina. Maidon solut muodostuvat pääosin valkosoluista, joiden tehtävänä on tuhota tulehduksia aiheuttavia bakteereja. Täysin terveessä utareessa solutaso on noin 50 000 kpl/ml maitoa. (Kurkela, 2017) Jos maidon soluluku on 50 000 kpl/ml, se ilmoitetaan lyhyemmin 50. Korkea soluluku kertoo siitä, että lehmät eivät ole terveitä ja se aiheuttaa tuottajalle tulonmenetyksiä. Maidon korkea solupitoisuus kuvaa yleensä utaretulehdusta. Siitä kärsivät lehmät lypsävät vähemmän maitoa kuin terveet, niistä tulee lisäkustannuksia eläinlääkärin hoidon myötä ja työmäärä lisääntyy, puhumattakaan siitä, kuinka kalliiksi utaretulehduksen takia poistettavat

lehmät tulevat. (Valio, 2017) Utaretulehdustilanteessa valkosoluja virtaa verisuonista maitotilaan puolustamaan utaretta bakteereilta, mikä näkyy maidon soluluvun nousuna. (Kurkela, 2017) Valkosolut suojelevat lehmää ulkoisia uhkia, kuten bakteereita vastaan. Kun solujen määrä ylittää 100 000kpl/ml maitoa, alkaa maidon koostumuksessa näkyä muutoksia. E-luokkaisessa eli parhaimman laatuisessa maidossa somaattisia soluja on alle 250 000kpl/ml. (Valio, 2017) Meijerimaidon laatutavoite solujen osalta on kuitenkin melko korkea arvo utareterveyden mittariksi, koska silloin karjassa on jo liikaa tartuntapainetta. Karjakohtaisesti solupitoisuutta voidaan arvioida tankkimaidon soluista, mutta se ei kerro sitä, kuinka paljon ”soluttavien” lehmien maitoa on eroteltu lypsyn jälkeen muualle kuin tilamaitosäiliöön. Hyvän utareterveyden omaavat tilat erottelevat maksimissaan 4–5 % tuotetusta maidosta. (Yli-Hynnilä, 2024) Maidon solupitoisuuteen vaikuttaa lypsyhygienian, utarerakenteen ja lehmän päivittäisten olosuhteiden (mm. makuupaikan puhtaus, riittävä ruokinta, tilan tautisuojaus) lisäksi kuitenkin myös lehmien vastustuskyky. Progutilla on todettu olevan eläinten vastustuskykyä edistäviä hyötyjä, joten solupitoisuus otettiin sen vuoksi vertailuun mukaan.

Kuiva-aineen(ka) syönti on lypsylehmän ruokinnan kulmakivi ja vaikuttaa merkittävästi sen maitotuotokseen. Kuiva-aine tarkoittaa rehun osaa, joka jää jäljelle, kun rehu kuivataan kaikesta vedestä. Se sisältää rehun orgaanisen ja epäorgaanisen aineen. (Alasuutari ym., 2013) Kuiva-aineen syönnillä on keskeinen rooli lehmän energiansaannissa, mikä puolestaan vaikuttaa sen maidontuotantoon ja terveyteen. Riittävä kuiva-aineen saanti on välttämätöntä, sillä lehmän energiantarve ei voi täyttyä pelkästään nestemäisestä rehuosuudesta. Vesi tuo rehuun syöntiä aktivoivan kosteuden, mutta varsinaiset rehun ravintoaineet sijaitsevat kuiva-aineessa. Kun lehmän tuotos ja syönti ovat korkeimmillaan, lehmä pystyy syömään määrän, joka vastaa neljää prosenttia sen elopainosta. Esimerkiksi 600 kg painava lehmä, jonka tuotos on 12 000 kg maitoa, pystyy syömään noin 24 kiloa kuiva-ainetta vuorokaudessa.
Kuiva-aineen syönti kulkee käsi kädessä maitotuotoksen kanssa. Esimerkiksi sama 600 kg painava lehmä tuottaa 20,1 kg kuiva-aineen syönnillä noin 30 kg EKM-tuotosta/päivä ja kuiva-aineen syönnin kasvaessa vaikka 29,7 kiloon, nousee EKM jo 50 kg/päivätasolle. Kuiva-aineen syöntiin vaikuttaa eläimen koko, rungon syvyys ja leveys. Alkulypsykaudella eli heti poikimisen jälkeen pötsille on hyvin tilaa lehmän kohdun ollessa pieni. Lehmän uudelleen tiinehtyessä ja tiineyden edetessä tila pötsille (ja sitä myötä rehulle) vähenee kohdun kasvaessa. Syöntiin vaikuttaa myös ruokintaolosuhteet – lypsylehmillä tulee aina olla ruokintapöydällä tarjolla rehua ja ruokintapöydän tulee olla sen kokoinen, että kaikki lehmät pääsevät halutessaan syömään samaan aikaan. 50 kilon maitotuotokseen tarvitaan 30 kuiva-ainekilon syönti ja 30 kilon vuorokautiseen kuiva-aineen syöntiin lehmä tarvitsee syöntiaikaa

7,5 tuntia. Syöntiin vaikuttaa myös rehun D-arvo. Jos korkeatuottoisen karjan rehun sulavuus on 700, se tarkoittaa, että yli 70 % rehun kuiva-aineesta on sulavaa ja siitä lehmä saa helposti tarvitsemansa ravintoaineet. Mikäli D-arvo on matalampi kuin 700, rehumassan sulattamiseen menee pidempi aika ja se liikkuu lehmän ruoansulatuskanavassa pidemmän aikaa. Tämä laskee syöntiä, koska ruoansulatuskanavaan ei mahdu enempää rehua ennen kuin edellinen on työstetty lopputuotteeksi asti. (Karlström, 2022) Progutin on todettu parantavan rehuhyötysuhdetta ja karjan kuiva-aineen syönnistä kertovaa dataa tarvittiin työssä erityisesti rehuhyötysuhteen laskemista varten.

Rehuhyötysuhde kertoo siitä, kuinka hyvin lehmä pystyy hyödyntämään syödyn kuiva-aineen maitotuotoksessa. Mitä parempi hyötysuhde on, sitä pienempi on syödyn rehun määrä. Rehuhyötysuhde voi kuitenkin olla jopa liian hyvä. Mikäli arvo on yli 1,7(kg ka syötyä rehua/maitokilo), se tarkoittaa sitä, että suurin osa lehmistä käyttää osittain elimistönsä varantoja maidontuotantoon. Pidemmällä tähtäimellä tämä näkyy ketoosien lisääntymisinä ja kuntoluokan laskulla. Rehuhyötysuhde lasketaan jakamalla EKM-tuotos kuiva-aineen kokonaissyönnillä. Jotta rehuhyötysuhde olisi ihanteellinen, tulisi lehmän tuottaa 1,5 kg EKM rehun kuiva-ainekiloa kohden. (Hulsen & Aerden, 2014 s. 63). Progutin on todettu parantavan rehuhyötysuhdetta 5–8 %. (Vuorinen, n.d)

6 Tutkimustulokset

Tutkimustuloksia ennen ja jälkeen Progutin aloitusta vertailtiin erikseen karja- ja yksilötasolla. Karjatasolla laskennassa oli kaikki lypsyrobotilla lypsyssä olleet lehmät ja yksilötason vertailussa on vertailtu yksittäisten lehmien tuotosseurannan koelypsytuloksia. Nämä yksilöt on jaettu vielä erikseen ryhmiin tuotosvaiheen mukaan.

Tärkeä osa tutkimustulosten tulkintaa oli selvittää toteutunut energiansaanti vertailuajanjaksojen välillä, koska se määrittää myös pitkälti sen, minkälainen maidontuotantopotentiaali karjalla sillä hetkellä ruokinnan myötä olisi. Kevään ajanjaksolla kuiva-aineen toteutuneen syönnin keskiarvoista (karjan tuloksista taulukosta 3) ja kokonaisdieetin korjaamattoman ME-arvon perusteella laskettu energiansaanti oli keskimäärin 245,0 MJ/pv, kun taas syksyn vertailuajankohdalla keskimääräinen energiansaanti oli 256,4 MJ/pv. Muutosta näiden välillä oli siis keskimäärin +11,4MJ/päivä. Luonnonvarakeskuksen (2024) ruokintasuositusten mukaan lypsylehmä tarvitsee noin 5,15MJ energiaa yhden EKM-maitokilon tuottamiseen. Mustialan karjan tapauksessa tämä syksyllä kasvanut energiansaanti karkeasti tarkoittaisi 2,2 EKM-kiloa lisää päivätuotosta.

6.1 Karjatasolla

Tankkimaidosta mitattavissa lukemissa (maitomäärä, rasva-%, valkuais-%, solut) tulee ottaa huomioon se, että Mustialassa Progutia on saanut vain lypsyrobotilla olevat lehmät. Hyvin pieni osa Mustialan karjasta lypsetään kolmipaikkaisella lypsyasemalla. Asemalypsyssä olevien lehmien maito on kuitenkin myös lypsetty tilamaitosäiliöön. Lypsyrobotilla oli vertailujaksolla keskimäärin 63 lehmää lypsyssä, kun taas Progut-jaksolla vain keskimäärin 58 ja näitä lukemia on käytetty tässä työssä lehmämäärän mittareina. Lisäksi osa maidosta lypsetään erilleen robotilta esimerkiksi vasikoille tai lääkekuurien aikana ja nämä maidot eivät päädy tankkiin maitoauton haettavaksi. Nämä maitomäärät kuitenkin ovat mukana kg/lehmä/päivä-lukemassa, koska se tieto on peräisin lypsyrobotista, jolla maito lypsetään joka tapauksessa. Maidon erottelu tehdään lypsyn yhteydessä. Mustialan karjasta vuonna 2023 keskimäärin meni 96 % maidosta meijerille. Taulukossa 5 on esitelty vertailuajanjaksoilla tapahtuneita muutoksia koko karjan tuloksissa. Tulokset ovat keskiarvoja kaikista vertailuajanjaksojen lukemista. Taulukossa on myös esiteltynä muutos lukuina (esim. kg, g/pv) ja lisäksi muutosprosentti. Prosentuaalinen muutos on laskettu kaavalla: (syksyn luku-kevään luku) /kevään luku * 100.

Tuloksiin liittyviä muita oleellisia tietoja on keskimääräinen lehmämäärä vertailuajanjaksoilla ja DIM eli days in milk (suomeksi päiviä maidossa) -lukema. Tämä kertoo karjatasolla siitä, missä tuotantokauden vaiheessa lypsylehmät keskimäärin ovat. Karjan keskimääräinen DIM on hyödyllinen työkalu, jonka avulla voi arvioida maitotilan kokonaistuotantoa, hedelmällisyyttä ja taloudellista kannattavuutta. Se antaa yleiskuvan siitä, missä vaiheessa karja on maidontuotannossa ja auttaa havaitsemaan mahdolliset ongelmat, kuten hedelmällisyys- tai terveysongelmat. Yhden maitokilon tuottamiseksi tarvitaan lehmän loppulypsykaudella enemmän rehua kuin tuotantovaiheen alussa. Käytännössä siis rehuhyötysuhde laskee, mitä pidemmälle tuotantokausi etenee. Tavoitteena on, että lukema olisi alle 180. Esimerkiksi Hollannissa asetettu erinomaisen DIM-tason määritelmä on alle 170. (Huhtamäki, 2016) Lisäksi myös maitomäärät- ja pitoisuudet muuttuvat lehmien tuotantokauden aikana.

Taulukko 5 Muutoksia koko karjan tuloksissa ennen (violetti sarake) ja jälkeen (sininen sarake) Progutin aloituksen.

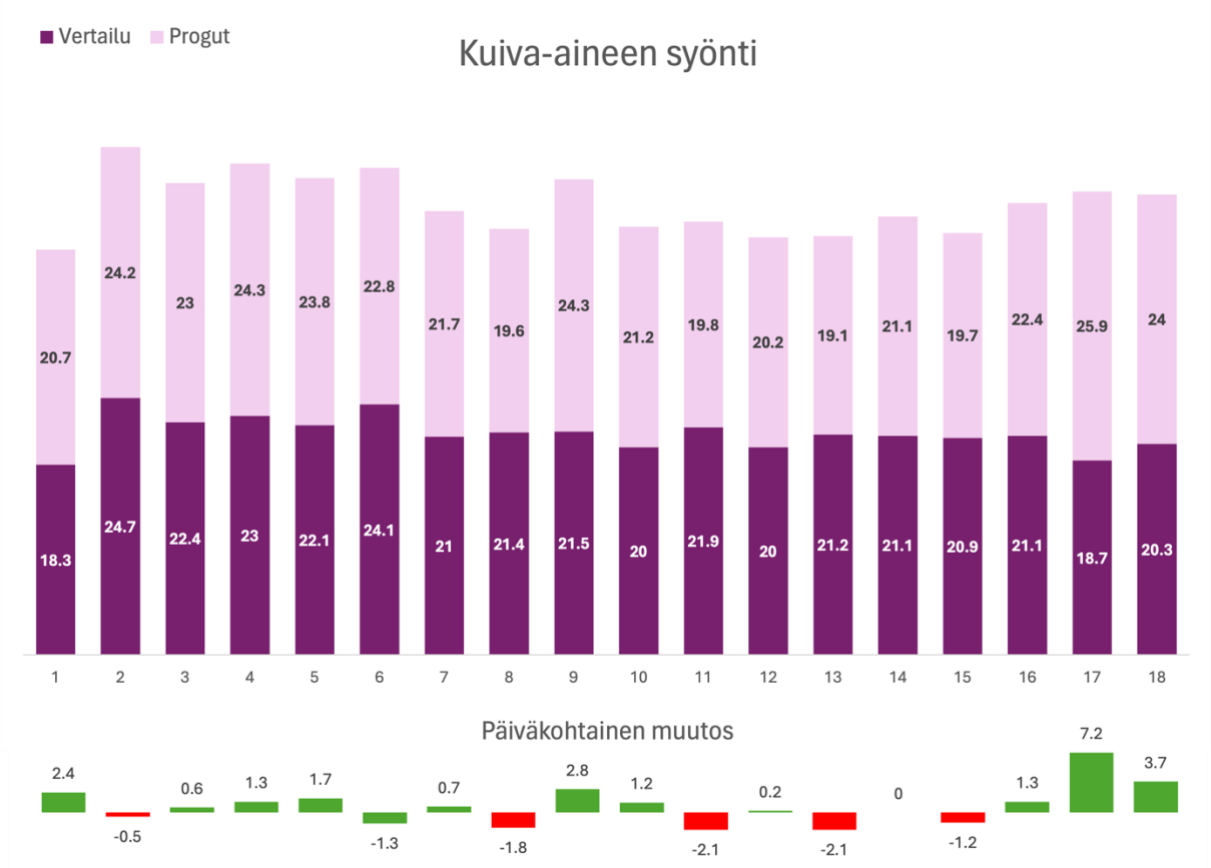
Tunnusluku	Vertailu Lehmiä ka 63 DIM 164	Progut Lehmiä ka 58 DIM 159	Muutos	Muutos %
Kuiva-aineen syönti kg ka/lehmä/vrk	21,3	22,1	0,8	+4 %
Maitomäärä tankkimaito	3835	3960	125	+3 %
EKM/lehmä/päivä	31,0	34,9	3,9	+13 %
Maitomäärä kg/lehmä/päivä	30,2	33,9	3,7	+13 %
Maidon rasva-% tankkimaito	4,27	4,22	-0,0433	-1 %
Maidon rasva kg tankkimaito	164	167	3	+2 %
Maidon valkuais-% tankkimaito	3,33	3,47	0,1450	+4 %
Maidon valkuainen kg tankkimaito	128	138	10	+8 %
Maidon solut tankkimaito	106	78	-28	-26 %
Rehuhyötysuhde lypsyrobotin datasta laskettu	1,42	1,55	0,1225	+9 %

Kun tarkastellaan taulukosta 5 koko karjan tuloksia, huomataan, että pääosin muutokset ovat olleet positiivisia. Odotetusti positiivisia muutoksia huomattiin maitomäärässä, erityisesti kg/lehmä/päivä tuotos oli kasvanut huomattavasti. Positiivisia muutoksia huomattiin myös maidon pitoisuuksissa, kuiva-aineen syönnissä ja rehuhyötysuhteessa. Rasva-% oli ainoa muuttuja, jossa muutos oli negatiivinen. Maidon solujen määrän muutos oli myös laskennallisesti negatiivinen, mutta käytännössä negatiivinen muutos tarkoittaa vähentyneitä

maidon soluja. Maidon solujen vähentyminen on erittäin toivottu ja positiivinen asia. Seuraavassa tarkastellaan tärkeimpien tunnuslukujen muutoksia yksityiskohtaisemmin.

Tarkastellaan ensin kuiva-aineen syöntiä (kuva 4), koska sillä on iso vaikutus maidontuotantoon. Kuvassa kuiva-aineen syönti on esitetty vertailujaksolla (vaaleampi palkki) ja Progut-jaksolla (tummempi palkki). Kuvion alaosassa näkyy vertailupäivien välinen muutos positiivisena vihreällä ja negatiivisena punaisella. Kuiva-aineen syönti on kasvanut Progut-jaksolla vajaan kilogramman päivässä eli 4 % verran. Kuiva-aineen syönnin kasvu voi osin selittyä myös Progut-jakson säilörehun paremmasta syönti-indeksistä (keväällä 104, syksyllä 124) rehun ollessa houkuttelevampaa lehmille. Progutin tutkittu hyöty on kuitenkin edistää rehun sulatusta, joka voi osaltaan selittää syönnin lisääntymistä, kun rehu liikkuu nopeammin lehmän elimistössä.

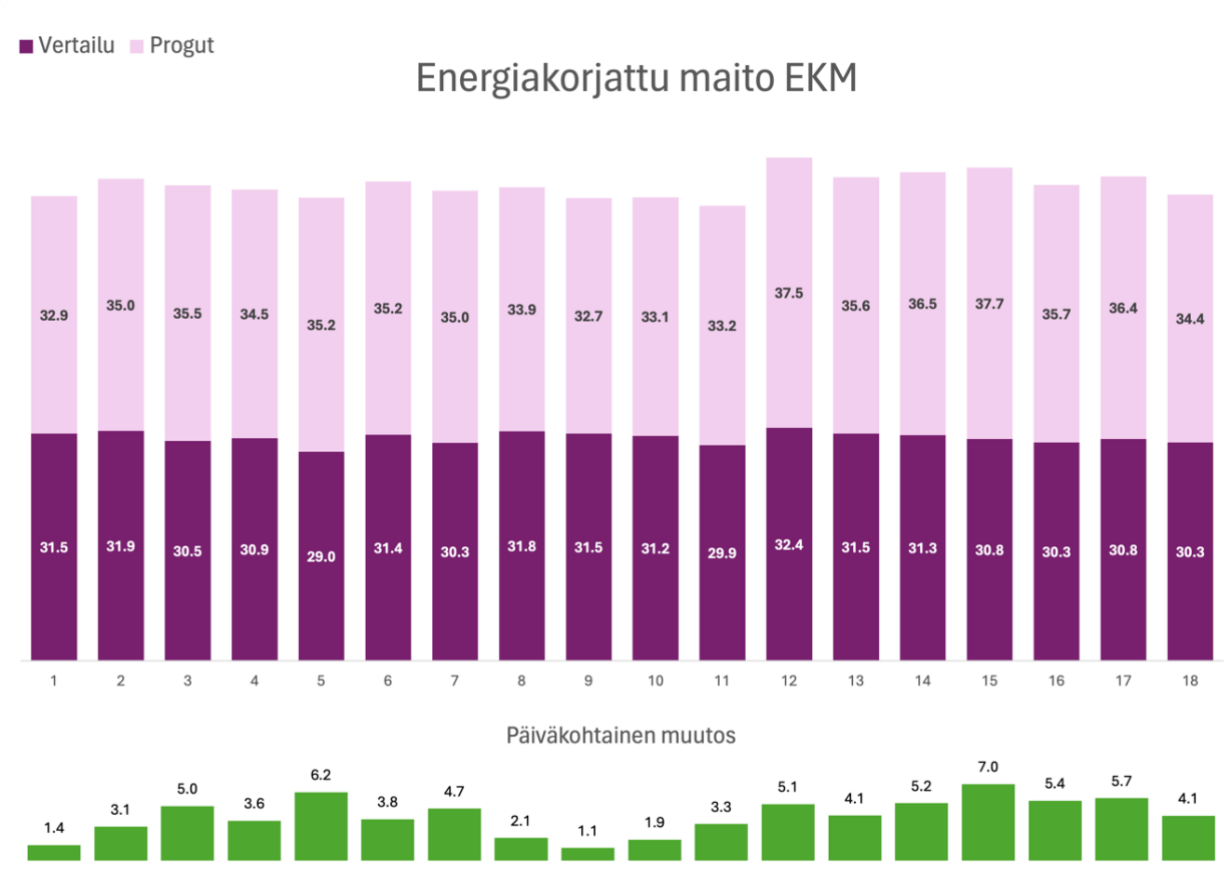
Kuva 4 Kuiva-aineen syönti kasvoi hieman vertailuajankohtien välillä. Päiväkohtaisessa muutoksessa kuvattu vertailu- ja Progut-jakson välinen erotus.



Tilamaitosäiliöstä mitattu tankkimaitomäärä on noussut vertailu- ja Progut-jaksojen välillä 125 kg. Prosentuaalisesti tämä tekee 3 % nousun Progutin aloituksen jälkeen. Tässä

maitomäärässä on kuitenkin huomioituna kaikki Mustialassa lypsyssä olleet lehmät, mukaan lukien asemalypsyssä olevat, jotka eivät ole saaneet Progutia. Tulokset haluttiin kohdentaa mahdollisimman tarkasti vain Progutia saaneisiin lehmiin, joten esimerkiksi maidon EKM-pitoisuutta tarkastellaan kg/lehmä/päivä-lukeman kohdalla. Tässä luvussa on mukana vain kaikki Progutia saaneet lehmät. Päivämaitotuotoksen muutoksia on esitelty kuvissa 5 ja 6. Päällekkäisessä palkkikaaviossa on esitelty maitomäärät vertailujaksolla (vaaleampi palkki) ja Progut-jaksolla (tummempi palkki). Kuvion alaosassa näkyy vertailupäivien välinen muutos positiivisena vihreällä ja negatiivisena punaisella.

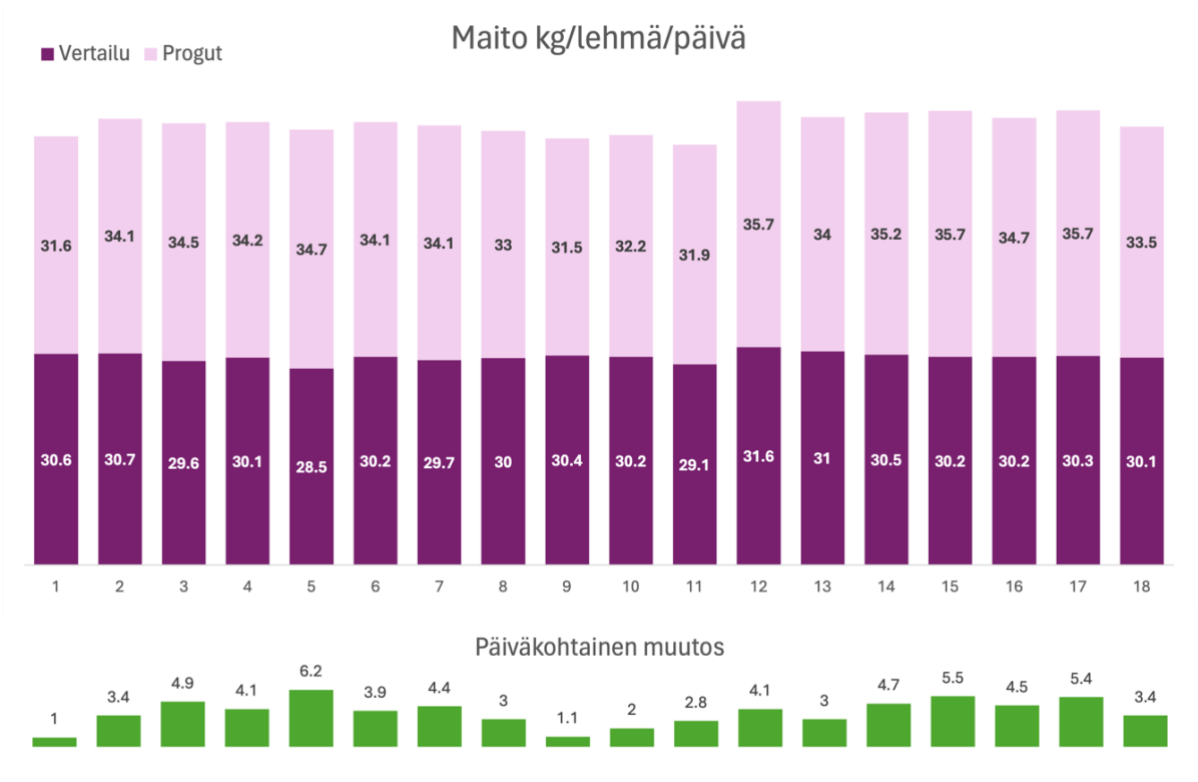
Kuva 5 EKM-muutos oli Progut-jaksolla (vaaleampi palkki) jokaisena mittauspäivänä positiivista.



EKM-päivätuotos yhtä lehmää kohden oli karjakohtaisissa tuloksissa kasvanut 13 % Progut-jaksolla. Päiväkohtainen EKM-kilojen muutos on jaksojen välillä +3,9 kg. Kun mietitään vertailuajanjaksojen välillä Progut-jaksolla kasvanutta energian saantia, laskennallinen päivämaitotuotoksen lisäys olisi 2,2 kg EKM-maitoa lehmää kohden. Katsottaessa näitä

tuloksia, voidaan todeta, että maitomäärä on noussut jopa sitäkin enemmän, joten pelkkä lisääntynyt energian saanti ei selitä maitomäärän nousua yksinään. EKM-maitomäärä on noussut siis 1,7 kg enemmän kuin lisääntyneestä energian saannista odotettu 2,2 kg. Tästä voidaan siis tehdä johtopäätös, että maitotuotoksen lisääntymiseen on vaikuttanut joku muukin tekijä, kuin pelkkä energian saannin lisääntyminen.

Kuva 6 Päivittäisen energiakorjaamattoman maitomäärän(kg/lehmä/päivä) muutos oli myös jokaisella mittauspäivällä Progut-jaksolla positiivista.

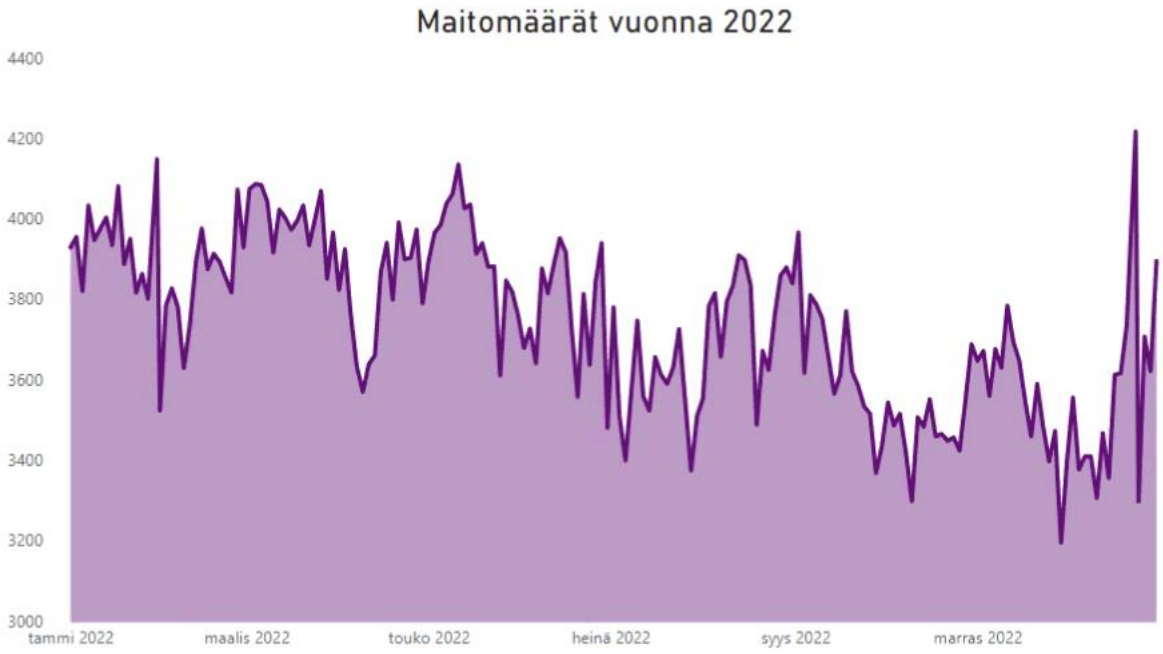


Päivittäinen lehmäkohtainen maitomäärä (eli ei energiakorjatun maidon määrä) on Progutin jälkeisellä ajanjaksolla noussut karjakohtaisessa vertailussa 3,7 kg/päivä, joka tekee myös noin 13 % kasvun kevään vertailuajanjaksoon verrattuna. Korkeimmillaan Progut-jaksolla päästiin 35,7 kg päivätuotokseen lehmää kohden, kun vertailujakson tuloksissa korkein lukema oli 31,6 kiloa.

Huomionarvioinen asia kokonaisuudessaan maitomäärän nousussa on se, että maitomäärät kaikissa karjoissa tyypillisesti vaihtelevat vuodenaikaan liittyen ja normaalisti lokakuussa meijerille maitoa tulee kaikkein vähiten. Kärkkäinen ym. (2022) selvittivät tuotosseurantalehmien maitomäärien kuukausittaisia vaihteluita vuosina 2017–2019. Kaikkina näinä vuosina myös tuotosseurantalehmien koelypsytuloksien päivätuotoksissa oli

heikoimmat maitomäärät juuri lokakuussa. Samansuuntaisia tuloksia saatiin eri roduilla, vaihtelevilla poikimakerroilla ja erilaisilla lypsykonetyypeillä. Tutkimuksessa todettiin, että lypsylehmien vaikeaa lokakuuta selittää syksyllä korkeimmillaan oleva ilman kosteus ja ruokinnan tai olosuhteiden muutos, jotka aiheuttavat tuotosta vähentävän stressin. Tilanne korjaantuu yleensä marraskuuksi ja lehmät jaksavat taas lypsää korkeampia tuloksia. Myös Nousiainen ja Vanhatalo (2010) toteavat maidon päivätuotoksen olevan yleensä matalimmillaan syksyllä, ajoittuen juuri lokakuun tienoille. Kuvassa 7 on esimerkkinä esitelty Mustialan karjan maitomäärän kehitystä koko tätä tutkimusta edeltävän vuoden 2022 ajalta. Kuvasta voidaan saada viitteitä, että myös Mustialan karjalla tämä vuodenaikoihin liittyvä maitomäärän vaihtelu näkyy normaalisti loppusyksyn seuduilla maitomäärän laskuna.

Kuva 7 Mustialan karjan tankkimaidon määrä vuonna 2022. Kuviosta nähdään, että loppuvuodesta maitomäärä käy matalimmillaan.

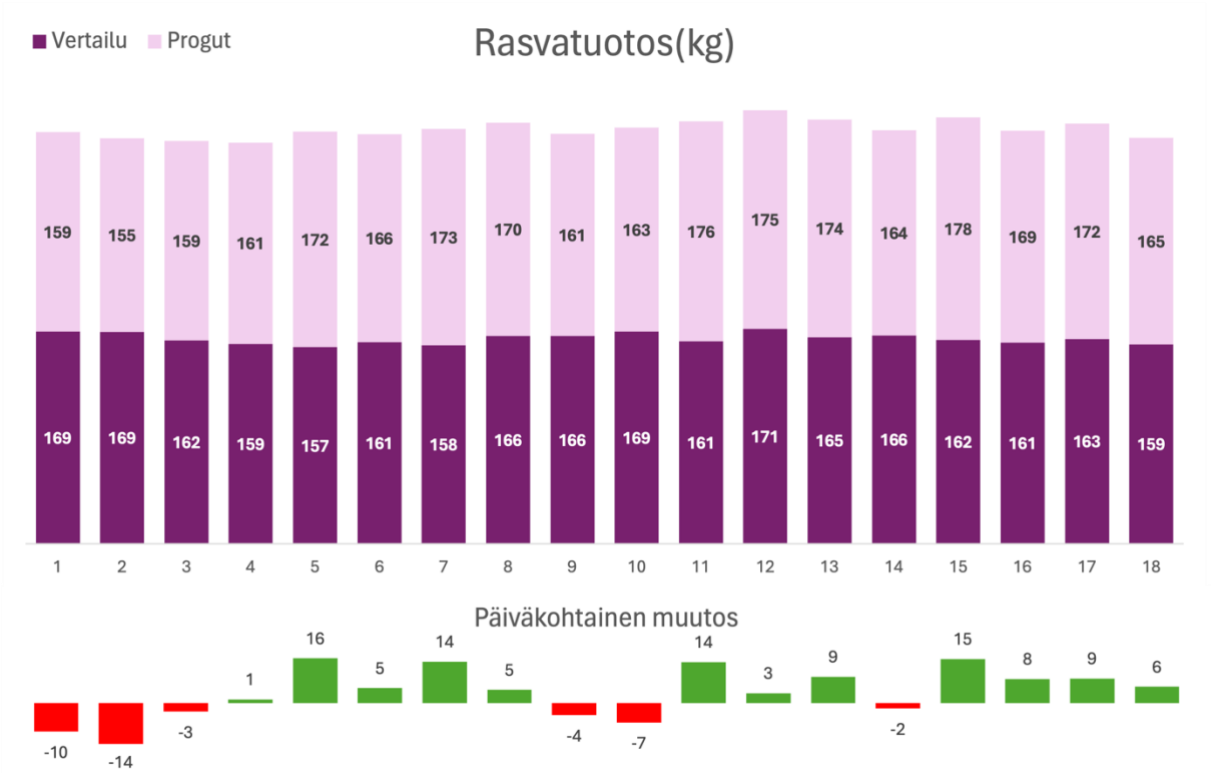


Maitomäärän syksyisestä kasvusta voidaan tulkita, että Progut on lisännyt lehmien päivittäistä maitotuotosta. Kasvanut päivittäinen energiansaanti hyvän säilörehun ja lisääntyneen kuiva-aineen syönnin kautta ei välttämättä pysty yksinään selittämään sitä, miksi juuri tyypillisesti vuoden huonoimpana maidontuotannon ajankohtana EKM-päivätuotos on kasvanut 13 % vertailujakson ja Progut-jakson välillä.

Maidon kuiva-aineen pitoisuudet ovat Nousiaisen ja Vanhatalon (2020, s. 121–122) mukaan korkeimmillaan syksyllä. Koska Progut-jakso ajoittui syksyyn, vuodenajan vaikutus tulee

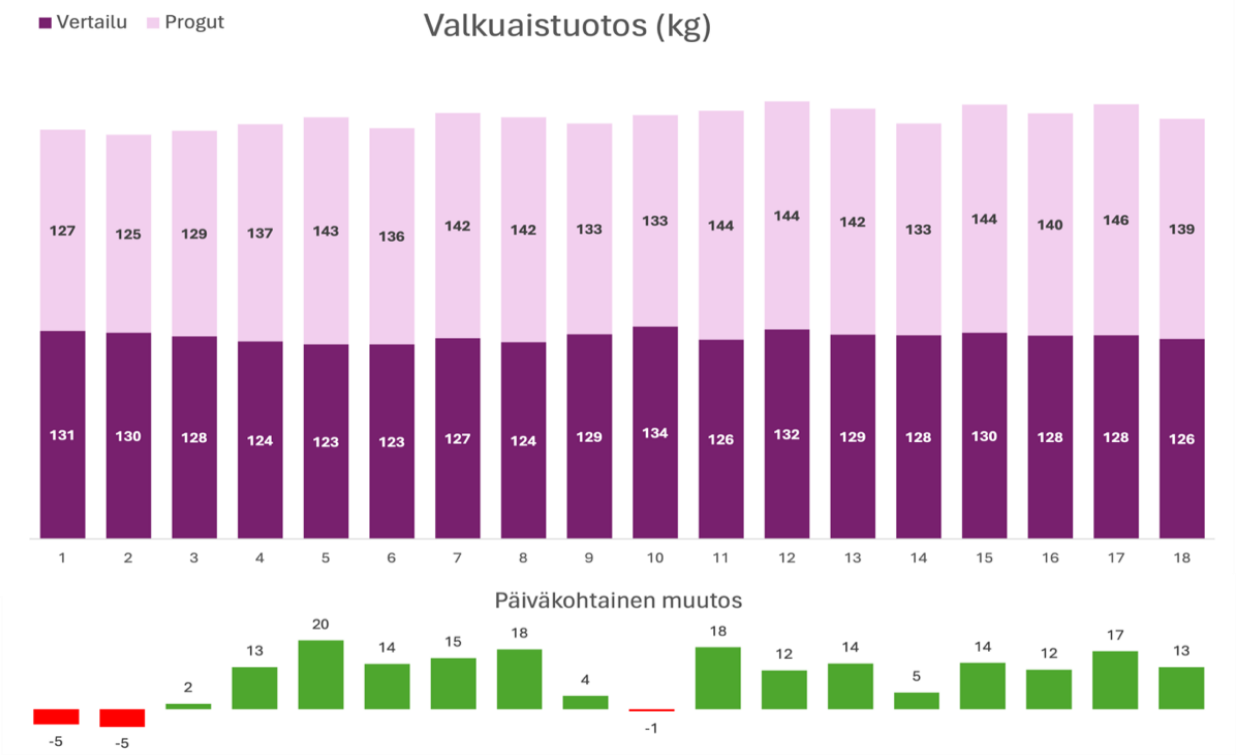
myös pitää mielessä. Progut-jaksolla maidon rasvapitoisuus laski yhdellä prosentilla, mutta rasvatuotos kilogrammoina kasvoi 2 %. Maitomäärän nousu vaikuttaa rasvaprosenttiin, sillä prosentti kuvastaa rasvan suhteellista osuutta maidon kokonaismäärästä. Jos maitomäärä kasvaa, mutta rasvan määrä ei nouse samassa suhteessa, rasvaprosentti laskee. Tästä huolimatta rasvan absoluuttinen määrä voi olla suurempi, kuten tässä tutkimuksessa havaittiin. Kuvassa 8 on esitelty rasvatuotoksen muutosta vertailujaksojen välillä ja nähtävillä on, että mittauspäivien välillä muutos on ollut positiivista eli Progut-jaksolla rasvatuotos on ollut pääosin korkeampaa kuin vertailujaksolla. Kuvassa on rasvatuotos vertailujaksolla (vaaleampi palkki) ja Progut-jaksolla (tummempi palkki). Kuvion alaosassa näkyy vertailupäivien välinen muutos positiivisena vihreällä ja negatiivisena punaisella. Rasvaprosentin lasku ei siis tarkoita suoraan rasvan määrän vähenemistä, vaan se heijastaa maidon määrän kasvua suhteessa rasvaan. Tässä tutkimuksessa rasvatuotoksen osalta tulokset ovat myönteisiä, sillä vaikka maitomäärä kasvoi, rasvatuotos pysyi lähes samana eikä rasvan määrä ole merkittävästi laskenut, mikä olisi voinut myös olla mahdollinen skenaario maitomäärän noustessa.

Kuva 8 Vertailujaksojen rasvatuotokset kilogrammoina esitelty kaaviossa. Alla vertailupäiväkohtainen muutos värikoodattuna.



Valkuaistuotoksen (kuva 9) osalta muutos oli selkeämpi, +10 kg (eli 8 %) ja myös prosentuaalinen valkuaispitoisuus kasvoi 4 % Progut-jaksolla. Kuvassa on esitelty päällekkäin valkuaistuotos vertailujaksolla (vaaleampi palkki) ja Progut-jaksolla (tummempi palkki). Kuvion alaosassa näkyy vertailupäivien välinen muutos positiivisena vihreällä ja negatiivisena punaisella. Valkuaisprosentin kasvu kertoo siitä, että valkuaisen osuus maidon kuiva-aineessa on myös kasvanut. Kuten Karlström (2017) toteaa, lehmä käyttää rehusta saamaansa valkuaista tehokkaasti maitovalkuaisen tuotantoon, kun se saa tarpeeksi energiaa rehusta. Se, että sekä valkuaisprosentti että maitomäärä nousevat samanaikaisesti, on varsin positiivinen asia. Se tarkoittaa, että lehmä tuottaa enemmän maitoa, mutta myös maidon koostumus paranee, koska valkuaisprosentti kasvaa. Tämä viittaa siihen, että eläin pystyy hyödyntämään ravintonsa tehokkaasti ja tuottamaan kasvavaan maitomäärään myös pitoisuuksia. Kun lehmien energian saanti kasvaa 10 MJ ME, valkuaistuotos nousee noin 35 g/päivä. Pitoisuuden muutoksen osuus tässä on vain 20 %, sillä suurin ruokintavaste tulee litratuotoksen kautta. (Nousiainen & Vanhatalo, 2010, s. 121) Kun lehmälle annetaan lisää energiaa, se tuottaa enemmän maitoa ja samalla enemmän valkuaista. Valkuaistuotoksen kasvu johtuu siis pääosin maidon määrän lisääntymisestä, eikä niinkään maidon valkuaispitoisuuden muutoksesta.

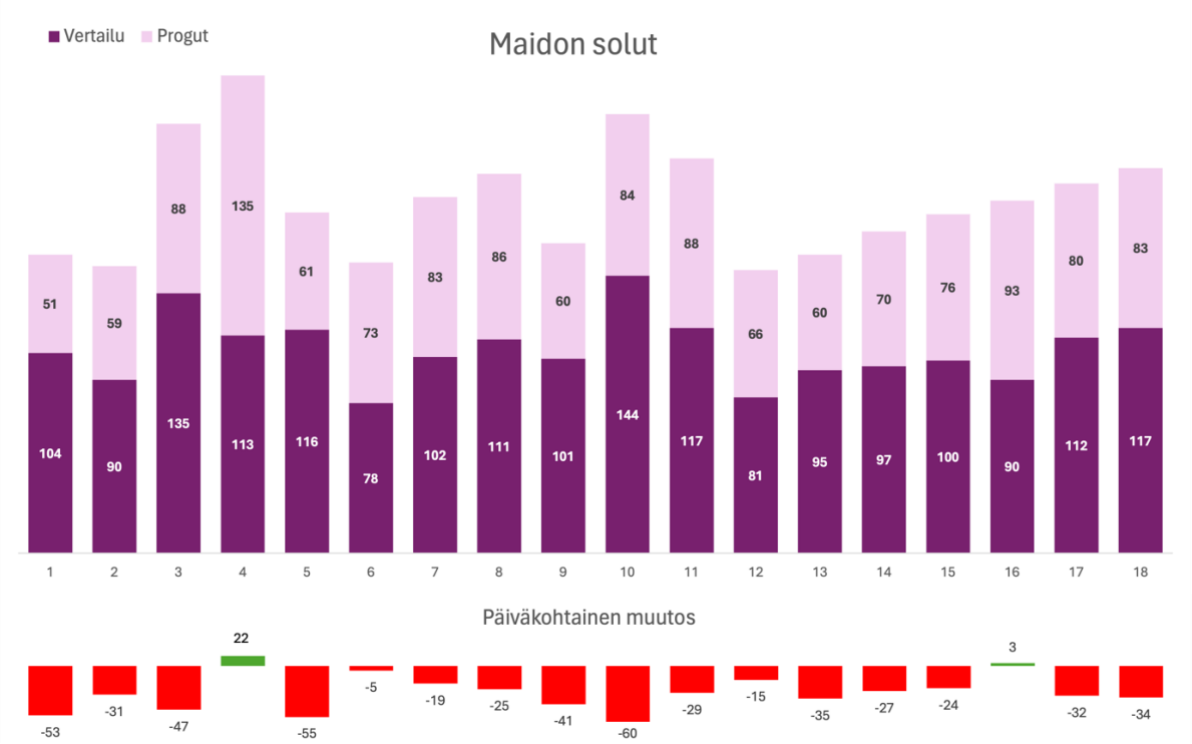
Kuva 9 Valkuaistuotos(kg) on ollut Progut-jaksolla muutamaa päivää lukuun ottamatta korkeampi, kuin kevään vertailujaksolla.



Mustialan karjan energian saanti lisääntyi tutkimuksen aikana 11.4 MJ ME/päivä, joten odotettu valkuaistuotoksen kasvu olisi noin 40 g/lehmä/päivä. Tästä määrästä maitolitrojen aiheuttama osuus 80 % on 32 g / lehmä /päivä. Se kerrottuna keskimäärin Progut-jaksolla lypsyssä olleiden lehmien määrällä on 1865 g/päivä. Koska vertailupäivissä on maitoauton tyhjentämät kahden päivän maidot, voidaan kertoa tämä valkuaistuotoksen kasvu kahdella, jotta saadaan oikea luku. Tämä tarkoittaa 3712 g valkuaista maitoauton käyntipäivää kohden. Kun tähän lisätään vielä pitoisuuden kasvun osuus eli 8 g valkuaista/lehmä/päivä kerrottuna 58 on 464 g ja pitoisuuden vaikutus kahden päivän ajalta 928 g. Kokonaisvaikutus valkuaistuotoksen kasvussa olisi laskennallisesti siis 3712 g + 928 g eli 80 % osuus maitolitroista johtuvaa ja 20 % pitoisuuden kasvusta, joten yhteensä valkuaiskilogrammatuotos lisääntyneen energiansaannin myötä olisi 4640 g eli 4,6 kg. Valkuaistuotos kuitenkin oli kasvanut vertailujaksojen välillä 10 kg, joten voidaan tehdä johtopäätös, että yli 5 kg valkuaistuotoksen odotettuun kasvuun nähden oleva muutos johtuu jostain muustakin tekijästä kuin pelkästään energian saannin lisääntymisestä.

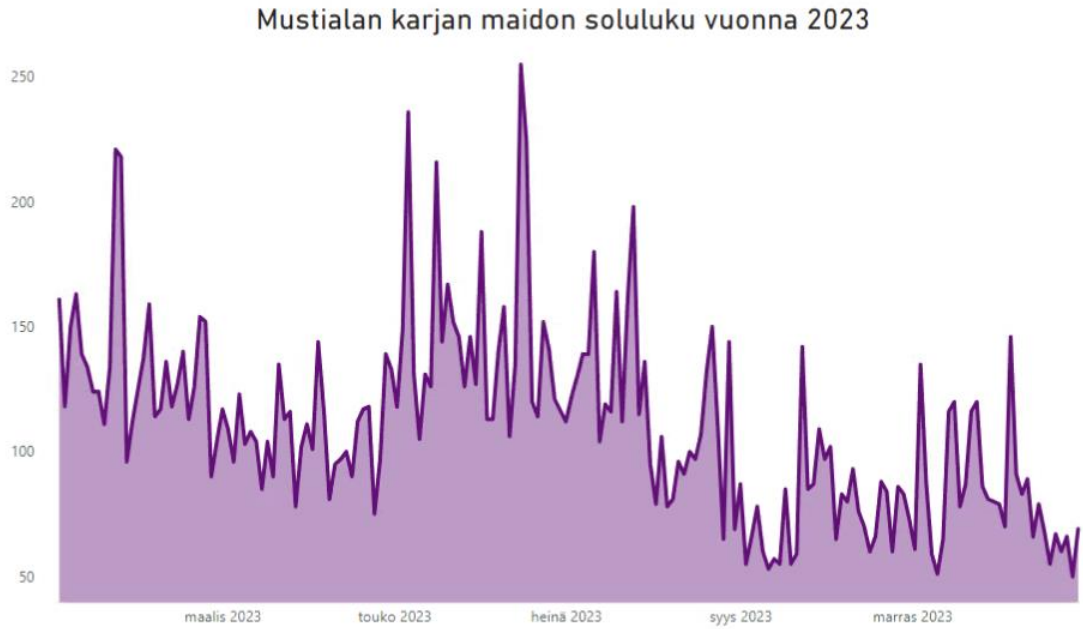
Maidon soluissa (kuva 10) nähdään vertailujaksojen välillä hyvin selkeä muutos, sillä keskimääräinen maidon soluluku on laskenut vertailuajanjaksojen välillä 26 %. Solujen määrä on ilmoitettu luvuilla, jotka tarkoittavat solujen määrää 1000 solua per millilitra. Esimerkiksi 100 = 100 000 solua/ml. Päällekkäisessä palkkikaaviossa on esitelty maidon solupitoisuutta vertailujaksolla (vaaleampi palkki) ja Progut-jaksolla (tummempi palkki). Kuvion alaosassa näkyy vertailupäivien välinen muutos positiivisena vihreällä ja negatiivisena punaisella. Lehmien olosuhteissa ei ole tiedossa erityisiä muutoksia vertailujaksojen välillä. Matalampi solupitoisuus viittaa siihen, että lehmät ovat vastustuskykyisempiä ja karjan utareterveys on parempi.

Kuva 10 Progut-ajanjaksolla soluluku on ollut pienempi kuin vertailujaksolla.



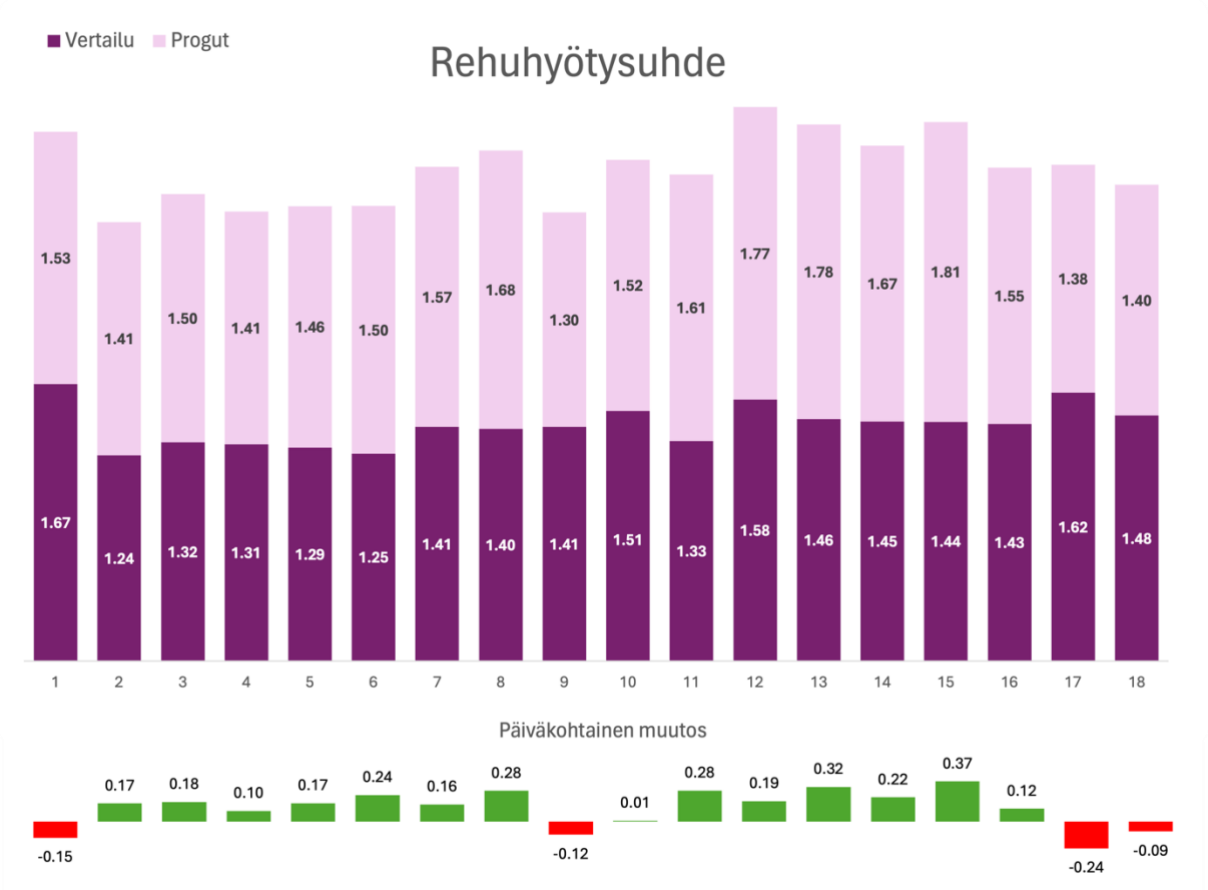
Vertailujaksot ovat kuitenkin hyvin lyhyet ja utareterveyteen voi vaikuttaa moni muukin tekijä kuin ruokinta. Työssä tarkasteltiin karkeasti myös Mustialan karjan soluluvun kehitystä vuoden 2023 aikana, jotta nähtiin tarkempi kokonaisuus solulukujen osalta. Kuvassa 13 on kuvattuna Mustialan karjan koko vuoden soluluvut ja kuvasta on nähtävissä soluluvun asettuminen kevättä matalammalle tasolle elo-syyskuun kohdilla. Progutin käyttö karjassa on aloitettu elokuussa 2023. Loppuvuonna korkeimmatkaan solujen kasvanutta määrää kuvaavat piikit eivät siltikään nouse yhtä korkealle tasolle, kuin vaikka alkuvuoden osalta. Progutin kyky sitoa taudinaiheuttajabakteereja suolistosta ja muokata suolistomikrobistoa suotuisammaksi ovat tutkimuksien mukaan edistäneet vastustuskykyä ja laskenut solumäärä hyvinkin voikin viitata Progutin positiivisiin vaikutuksiin Mustialan karjassa. Soluissa on usein myös vuodenaikaan liittyviä vaihteluita, esimerkiksi kesäaikaan mm. lämpöstressiin liittyen maidon solut herkästi nousevat. Kuvassa 13 nähdäänkin touko-heinäkuun ajalla kohonneita maidon solumääriä. Kevät ja syksy ajankohtina ovatkin tähän työhön vuodenaikakohtaista solujen vaihtelua ajatellen melko vertailukelpoiset.

Kuva 11 Maidon solulukujen vaihtelu vuoden aikana



Karjan rehuhyötysuhde oli kasvanut vertailuajanjaksojen välillä (kuva 12). Tämä kertoo siis, että lehmät pystyvät tuottamaan 9 % enemmän maitoa suhteessa syötyyn rehumäärään. Progut-jaksolla syötössä oli erittäin hyvä säilörehu, joka voi myös osaltaan vaikuttaa rehuhyötysuhteeseen. Säilörehun D-arvo nousi 3 % vertailuajanjaksojen välillä. Se voi selittää osaltaan rehuhyötysuhteen parantumista, sillä se tehostaa ravintoaineiden hyväksikäyttöä ja nostaa maitotuotosta ilman, että rehun syöntimäärä välttämättä kasvaa. Hyvä säilörehu tarjoaa enemmän energiaa ja valkuaista pötsin mikrobeille, mikä tukee sekä maitotuotosta että rehun muuntumista tehokkaasti maidoksi. Hulsen & Aerden (2014 s. 63) totesivat, että rehuhyötysuhde on ihanteellinen, jos lehmä tuottaa 1,5 kg maitoa syötyä rehua (kg ka) kohden. Mustialan karjan rehuhyötysuhde olikin siis Progut-jaksolle noussut ihanteelliselle tasolle. Progut-tutkimuksissa on kuitenkin todettu hyvin yleiseksi hyödyksi rehuhyötysuhteen paraneminen, joten on oletettavissa, että Progutilla on ollut vaikutusta myös Mustialan karjan tuloksissa.

Kuva 12 Rehuhyötysuhteen muutos vertailujaksojen välillä kuvattuna visuaalisesti.



6.2 Yksilötasolla

Tässä opinnäytetyössä arvioitiin maitotuotoksen muutoksia myös yksilötasolla. Vertailun kohteeksi valikoituivat lypsyssä olevat lehmät, jotka olivat olleen lypsyssä koelypsypäivänä vuoden 2023 maaliskuussa (68 kpl) ja lokakuussa (66 kpl). Koelypsy on tuotosseurantapalveluihin liittyvä maitomittaus, joka tehdään 2, 4, 6 tai 8 viikon välein. Näytteestä tutkitaan maidon rasva- ja valkuaisprosentit sekä urea- ja solupitoisuus maitomäärän lisäksi. (Hellberg ym., 2022) Yksilökohtaisessa vertailussa, kuten koelypsytuloksissa, lehmien arvot voivat vaihdella enemmän kuin tankkimaidosta otetuissa tuloksissa, koska yksittäisten lehmien poikkeamat näkyvät suoraan mittauksissa. Tankkimaitotuloksissa nämä poikkeamat tasoittuvat, koska ne perustuvat koko maitotilan keskimääräiseen tuotokseen. Yksittäisten lehmien arvot voivat vaihdella esimerkiksi terveydentilasta, stressistä tai ruokinnasta johtuen, mutta tankkimaidon sekoittuminen vähentää näiden yksittäisten muutosten vaikutusta kokonaisarvoon. Koelypsyn avulla voidaan havaita pienempiäkin muutoksia, jotka jäävät huomaamatta, kun tiedot

keskiarvoistetaan. Taulukossa 6 on esitelty lehmäkohtaisten tunnuslukujen keskimääräisiä tuloksia vertailuajanjaksojen välillä. Kaikista tunnusluvuista on esitelty myös minimi- ja maksimiarvot molemmilla ajanjaksoilla. Taulukossa on myös esiteltynä muutos lukuina ja lisäksi muutosprosentti. Lehmäkohtaisessa vertailussa rasvan ja valkuaisen määrä ilmoitetaan g/pv. Ennen Progutin aloitusta olevaa ajanjaksoa keväällä kuvaa otsikko ”Vertailu” ja Progutin aloituksen jälkeistä syksyn ajankohtaa ”Progut”.

Taulukko 6 Lehmäkohtaiset vertailut koelypsyssä olleista lehmistä. Lehmiä vertailujaksolla(violetti) oli 68 ja Progut-jaksolla(sinisellä) 66.

Tunnusluku	Vertailu KA	Min	Max	Progut KA	Min	Max	Muutos	Muutos%
Maito kg/lehmä	30,0	10,8	53,2	32,2	8,2	56,8	2,2	+7 %
EKM kg lehmä	31,0	10,2	50,9	33,1	12,1	50,0	3,1	+10 %
Rasva-%	4,41	2,32	7,02	4,37	3,03	7,17	-0,0381	-1 %
Rasva g/pv	1280	339	2285	1347	588	1981	67	+5 %
Valk-%	3,53	2,50	5,18	3,58	2,88	6,92	+0,0487	+1 %
Valkuainen g/pv	1031	415	1660	1121	376	1865	90	+9 %
Maidon solut	132	6	1491	73	7	702	-59	-45 %

Koelypsylehmien päiväkohtaiset EKM-lukemat kasvoivat vertailtavien jaksojen välillä 10 prosenttia. Myös päivittäinen maitomäärä kasvoi 7 %. Karjakohtaisten tulosten mukaisesti rasvan prosentuaalinen osuus maidosta väheni 1 %, mutta maitomäärän kasvaessa se ei kuitenkaan suoraan tarkoita, että rasvan määrä olisi vähentynyt. Maitomäärän kasvu vaikuttaa rasvaprosenttiin, koska prosentti ilmaisee rasvan suhteellisen osuuden maidon kokonaismäärästä. Jos maitomäärä kasvaa, mutta rasvan määrä ei lisäänny suhteessa samassa tahdissa, rasvaprosentti laskee. Tästä huolimatta rasvan absoluuttinen määrä (tässä tapauksessa g/pv) voi silti olla suurempi. Rasvaprosentin lasku ei siis tarkoita, että rasvan määrä olisi vähentynyt, vaan heijastaa maidon kokonaismäärän kasvua suhteessa rasvan määrään. Prosentti on aina suhteellinen arvo, joka riippuu näiden kahden muuttujan välisestä suhteesta. Rasvan määrä g/päivä kuitenkin nousi 5 %, joka kuitenkin puhuu sen puolesta, että rasvatuotos on parantunut rasvaprosentin laskusta huolimatta. Valkuaismäärä

prosentuaalisesti kasvoi yhden prosentin, kun taas g/pv-luvussa nähtiin reilumpi nousu; 17 %. Maidon soluluvussa havaittiin huima muutos, jonka mukaan yksilöiden maidon solumäärä on laskenut keskimäärin 45 % Progut-jaksolla. Solujen maksimiarvo-saraketta molemmilta ajankohdilta vertaillessa nähdään, että vertailujaksolla solut ovat olleet korkeimmillaan 1491, kun taas Progut-jaksolla korkein solumäärä on ollut 702. Karkeasti solujen määrä on siis liki puolittunut.

Lehmien tuotostietoja arvioidessa oleellinen asia on lehmän tuotoskauden vaihe, jonka vuoksi tässä työssä lehmäkohtaisessa tarkastelussa lehmät jaettiin kolmeen eri ryhmään päiviä poikimisesta-luvun mukaan. Ensimmäinen ryhmä oli 0–100 päivää poikimisesta, seuraava 100–200 päivää poikimisesta ja viimeinen ryhmä oli kaikki yli 200 päivää sitten poikineet. 0–100 päivää sitten poikineiden lehmien ryhmä edustaa tutkimuksessa alkulypsykauden herutusvaiheen tuotosvaihetta. Poikimisen jälkeen lehmän maidontuotanto lisääntyy paljon nopeammin kuin mitä lehmän syöntikyky kehittyy. Ne eivät siis pysty syömällä täyttämään energian tarvettaan ja lehmät ovat siis energiavajeessa lypsykauden alussa. Kun lehmä pyrkii korjaamaan energiavajettaan käyttämällä rasvakudoksiaan energianlähteenä ja lihaskudoksiaan valkuaisvajetta täydentämään, on selvää, ettei sillä välttämättä riitä energiaa tuottamaan maitoon pitoisuuksia. Yleensä herutusvaiheessa lehmän maidon pitoisuudet ovat matalampia, kuin muuten lypsykauden aikana. Lypsykauden keskivaihetta tutkimuksessa edustaa 100–200 päivää sitten poikineet lehmät. Laskevan tuotannon vaiheessa, eli tässä tutkimuksessa +200 päivää sitten poikineiden lehmien kohdalla, maitomäärät kääntyvät jo laskuun. Tässä vaiheessa tuotoskautta maidon pitoisuudet kuitenkin yleensä nousevat johtuen osittain myös siitä, että maitomäärät vähenevät ja kuiva-aineen osuus maitomäärässä pysyy ennallaan tai jopa nousee tehokkaan ravintoaineiden hyödyntämisen myötä. (Alasuutari ym., 2013, s.91–93) Tutkimuksessa käytetyn ryhmittelyn eläinmäärät on esitelty taulukossa 7.

Taulukko 7 Tuotosvaiheen mukaan jaetut vertailuryhmät ja niiden lehmämäärät.

Päiviä poikimisesta	Lehmiä kpl vertailu	Lehmiä kpl Progut
0–100	20	30
100–200	26	13
200+	22	24

Seuraavaksi esitellään jokaisen maidontuotannosta kertovan tunnusluvun tulokset erikseen. Lehmäkohtaisista luvuista on tunnusluku kerrallaan laskettu ryhmille keskiarvo, jota vertaillaan kevään ja syksyn välillä. Taulukoissa on myös esiteltynä näiden keskiarvojen

välinen muutos lukuina (esim. %, kg, g/pv) ja lisäksi muutosprosentti, joka on laskettu kaavalla: (syksyn luku-kevään luku) /kevään luku * 100.

Ensin tarkasteltiin EKM-tuotosta (taulukko 8) ja päivämaitomäärää (taulukko 9). Suurin muutos huomattiin 100–200 päivää sitten poikineiden ryhmässä, jossa keskimääräinen maitomäärä kasvoi EKM-tuotoksena 17 % ja päivämaitotuotoksena 20 % ajanjaksojen välillä. EKM-kiloja niille tuli 5,3 kg lisää Progut-jaksolle ja maitokiloja 6,3. Pienin muutos oli 0–100 päivää sitten poikineiden ryhmässä, jossa erotusta syksyn ja kevään keskimääräisen päivämaitomäärän välillä oli vain 0.03 kg ja EKM-tuotoksessa 0.1 kg.

Taulukko 8 EKM-päivätuotoksen muutokset vertailuajankohtien välillä eri ryhmissä.

Päiviä poikimisesta	EKM kg/ päivä keskiarvo Vertailu	EKM kg/päivä keskiarvo Progut	Muutos	Muutos prosentteina
0–100	35,2	35,3	+0,1	+ 0,3 %
100–200	32,3	37,9	+5,6	+ 17 %
200+	25,7	27,8	+2,1	+ 8 %

Taulukko 9 Lehmäkohtaisen maidon päivätuotoksen muutokset vertailuajanjaksojen välillä.

Päiviä poikimisesta	Maito kg/päivä keskiarvo Vertailu	Maito kg/päivä keskiarvo Progut	Muutos	Muutos prosentteina
0–100	35,2	35,5	+0,03	+1 %
100–200	31,3	37,6	+6,3	+20 %
200+	23,6	25,1	+1,5	+6 %

Tarkasteltaessa rasvan osuutta maidossa (taulukossa 10) eri ryhmien välillä, huomattiin että erityisesti loppulypsykauden lehmillä näkyi positiivista muutosta rasvatuotoksessa sekä pitoisuuden että g/pv-tuotoksen osalta. Se on positiivinen asia, etenkin kun ottaa huomioon, että niidenkin maitomäärä on kasvanut eli rasvaprosentin nousu ei johdu siitä, että maidon määrä olisi vähentynyt ja kuiva-aineen osuus maidossa sen vuoksi olisi prosentuaalisesti isompi. Myös 100–200 päivää sitten poikineiden ryhmässä rasvan määrä nousi 14 % g/pv-tuotosta tarkasteltuna. Se selittyy hyvin isolta osin ryhmän nousseella maitomäärällä. Rasvaprosentti tällä ryhmällä laski, mutta se selittyy sillä, että tämän ryhmän maitomäärät nousivat vertailuajanjaksojen välillä reippaasti. Alkulypsykauden lehmillä rasvan pitoisuus ja g/pv-luku laski hieman, mutta esimerkiksi kasvava rasvaprosentti alkulypsykauden lehmällä

voisi enteillä alkavaa energiavajetta, joten kovin suurta rasvapitoisuuden muutosta niiltä ei toivotakaan.

Taulukko 10 Rasvatuotoksen tarkastelu rasvaprosentin ja g/pv-lukemien kautta eri ryhmien välillä.

Päiviä poikimisesta	Rasva-% / g/pv keskiarvo Vertailu	Rasva-%/ g/pv keskiarvo Progut	Muutos	Muutos prosentteina
0–100	4,25 % / 1450	4,11 % / 1395	-0,1412 / -55	-3 % / -4 %
100–200	4,31 % / 1325	4,11 % / 1504	-0,2027 / +179	-5 % / +14 %
200+	4,67 % / 1070	4,84 % / 1168	+0,1714 / +98	+4 % / +9 %

Valkuaisen määrää tarkasteltiin myös valkuaisprosentin ja g/pv-luvun kautta. Tuloksia on esitelty taulukossa 11. Suurin prosentuaalinen muutos valkuaistuotoksessa näkyi 100–200 päivää sitten poikineiden lehmien g/pv-tuotoksessa, joka kasvoi 19 % verran, sitäkin kuitenkin selittää suurilta osin tämän ryhmän kasvanut maitomäärä. Valkuaispitoisuuden pieni lasku selittyy varmasti myös tämän ryhmän reippaasti kasvaneella maitomäärällä. Positiivista vaikutusta näkyi myös +200 päivää sitten poikineiden ryhmässä, joilla sekä valkuaispitoisuus että myös g/pv tuotos kasvoivat. Erityisesti valkuaistuotos g/pv kasvoi 11 %, joka on varsin hyvä tulos. Alkulypsykauden lehmillä ei nähty kovin merkittäviä muutoksia valkuaistuotoksessa, mutta toisaalta positiivista on myös se, että maitomäärän pienen (+1 %) kasvun myötä valkuaistuotos on pysynyt kuitenkin melko samana.

Taulukko 11 Valkuaistuotoksen muutos taulukossa esiteltynä eri ryhmien osalta.

Päiviä poikimisesta	Valk-% / g/pv keskiarvo Vertailu	Valk-% / g/pv keskiarvo Progut	Muutos	Muutos prosentteina
0–100	3,26 % / 1137	3,36 % / 1152	+0,0983 / +15	+3 % / +1 %
100–200	3,52 % / 1081	3,44 % / 1281	-0,0735 / +200	-2 % / +19 %
200+	3,80 % / 877	3,94 % / 972	+0,1349 / +95	+4 % / +11 %

Maidon soluluvussa (taulukko 12) todettiin kaikilla ryhmillä merkittävä muutos vertailuajanjaksojen välillä. Solujen määrä on ilmoitettu luvuilla, jotka tarkoittavat solujen määrää 1000 solua per millilitra. Esimerkiksi 100 = 100 000 solua/ml. Progut-ajanjaksolla maidon solut olivat eniten laskeneet 0–100 päivää sitten poikineilla lehmillä, keskimäärin -54

% verrattuna vertailujaksoon. Soluluku keskimäärin oli tällä ryhmällä vertailujaksolla 184 ja Progut-jaksolla 84 – joka tarkoittaa 100 pykälän laskua eli 100 000kpl/ml soluja vähemmän, kuin vertailujaksolla. Muutos oli pienin, mutta edelleenkin varsin merkittävä yli 200 päivää sitten poikineiden lehmien ryhmässä, jossa muutos oli -35 % vertailuajanjaksoon. Niilläkin solujen määrä oli kuitenkin vähentynyt 34 000kpl/ml verrattuna kevään vertailujaksoon.

Taulukko 12 Maidon soluluvun muutos yksilöiden keskiarvon perusteella.

Päiviä poikimisesta	Solut keskiarvo Vertailu	Solut keskiarvo Progut	Muutos	Muutos prosentteina
0–100	184	84	-100	-54 %
100–200	121	65	-56	-46 %
200+	98	64	-34	-35 %

Huomionarvoista oli myös se, että tarkastellessa kaikkia koelypsyssä olleita lehmiä, voitiin todeta, että myös soluttavien lehmien prosentuaalinen osuus karjassa (taulukko 13) oli muuttunut. Lehmämäärä pysyi samanlaisena, vertailujaksolla lehmiä oli 68 ja Progut-jaksolla 67. Lehmiä, joilla solut olivat yli 100, oli Progut-jaksolla karjassa 8 % vähemmän kuin vertailujaksolla. Puolestaan taas yli 200 soluilla olevia lehmiä ryhmässä oli myös 4 % vähemmän.

Taulukko 13 Soluttavien lehmien prosentuaalinen osuus karjasta.

Ajanjakso	Solut yli 100	Solut yli 200
Vertailu	18kpl / 26 %	12kpl / 10 %
Progut	7kpl / 18 %	4kpl / 6 %

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Yhteenvetona saaduista tuloksista voidaan tulkita, että Progutista on ollut hyötyä Mustialan karjan maidontuotannossa. Koska kyseessä ei ollut etukäteen suunniteltu, reaaliajassa suoritettu ruokintakoe, vaan datan analysointia tehtiin yli vuosi myöhemmin, oli mahdotonta saada vertailuajankohdille täysin samanlainen ruokinta ja olosuhteet. Työssä ei myöskään huomioitu nyt karjan lehmien poikimakertoja, joka vaikuttaa myös maitotuotokseen.

Ensimmäistä kertaa poikineet ensikot tuottavat ensimmäisellä laktaatiokaudellaan maitoa vähemmän kuin useamman kerran poikineet lehmät. Maitotuotos kehittyy 4–5 poikimakerralle saakka. Työ tehtiin kuitenkin parhaalla mahdollisella tavalla käyttäen sitä olemassa olevaa aineistoa niiltä olosuhteilta, joita Progutin käyttöönottovuodelta 2023 oli käytettävissä.

Lypsykarjan tuottama tärkein tuote on maito ja maitotuotoksen kehittäminen onkin tärkeä taloudellinenkin kannuste maidontuottajille. Mustialan karjan maidontuotanto kasvoi vertailuajanjaksojen välillä sekä määrällisesti että myös laadullisesti. Jos lasketaan pelkästään lisääntyneen tankkimaidon määrän vaikutusta talouteen, työn johtopäätöksiä tehdessä KarjaKompassiin määriteltyjen tietojen mukaan normimaidon hinta oli 49,49 snt/litra ja jos maitoauto saa hakea joka toinen päivä, vaikka opinnäytetyön tutkimustuloksissa todetun 125 litran verran enemmän tankkimaitoa, niin maitoauton hakemien lisälitrojen myynnistä saadaan vuositasolla yli 11 000 euroa lisää maitotiliin. Kasvaneet pitoisuudet nostavat maidon arvoa ja tuovat siten vielä lisää tuloa maitotiliin. Maitotuotoksen nousu nähtiin sekä karja- että yksilötason vertailussa ja kaikissa tuotosvaiheissa. Yksilötason vertailussa nähtiin erityisesti keskivaiheen lehmäryhmässä prosentuaalisesti suurin muutos maitotuotokseen, kun EKM ja päivätuotos kasvoivat 15–20 %. Positiivisia tuloksia nähtiin kuitenkin myös loppulypsykaudella, jossa maitoa saatiin +1,5 kg lisää vertailujaksojen välillä.

Vaikka Progutin vaikutusmekanismeihin ei suoranaisesti kuulu maidon pitoisuuksien lisääminen, on lisääntynyt energian saanti vaikuttanut kuitenkin myös Mustialan karjan maidon rasva- ja valkuaistuotokseen. Aiemmissa Progut-tutkimuksissa on myös todettu, että rehujen paremman hyväksikäytön myötä myös maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksiin on ollut positiivisia vaikutuksia. Tämän opinnäytetyön tuloksissa erityisesti maidon valkuaispitoisuus kasvoi sekä karjakohtaisessa että myös yksilökohtaisessa vertailussa kaikilla tuotosvaiheen mukaan jaetuilla ryhmillä. Usein, jos maidon määrä ja valkuaispitoisuus kasvavat lisääntyneen energian saannin myötä, maidon rasvapitoisuus saattaa hieman laskea niiden vaikutuksesta. Tässä työssä nähtiin toki maidon rasvaprosentin pientä laskua, mutta koko karjan tankkimaidon rasvakilogrammoista ja yksilövertailun g/pv-luvussa nähtiin rasvan määrän joko pysyneen melko samana (vaikka maitomäärä olisi noussut) tai kasvaneen hieman Progutin aloituksen jälkeen. Positiiviset muutokset rasvatuotannossa nähtiin erityisesti loppulypsykauden lehmien tuloksissa. Tulokset viittaavat siihen, että rehujen paremman hyväksikäytön myötä Progut on tukenut myös lehmien rasva- ja valkuaistuotosta kaikissa lypsykauden vaiheissa, sillä maitomäärän kasvaessa olisi ollut myös mahdollista, että rasvatuotos olisi laskenut. Progut on siis voinut parantaa lehmien rehuhyötysuhdetta ja tehostaa säilörehun kuidun sulatusta, joka taas on lisännyt maidon rasvan osuutta.

Karjan kuiva-aineen syönti oli kasvanut ja sen myötä päivittäinen energiansaanti lisääntynyt. Rehuhyötysuhde oli parantunut 9 % verran, mutta siihen osittaisena selittäjänä varmasti toimii erittäin hyvä Progut-jaksolla syötössä ollut säilörehu. Rehuhyötysuhteen muutosten tutkimisen kannalta olisi ollut järkevämpää tehdä vertailua niin, että vertailuajankohtien säilörehut olisivat vastanneet enemmän toisiaan esimerkiksi sulavuuden osalta. Rehuhyötysuhteen paranemisen kohdalla voidaan olettaa, että kyseessä on jonkinlainen yhteisvaikutus hyvästä säilörehusta ja Progutista. Hyvin sulava, energiapitoinen säilörehu lisää lehmien syöntiä ja rehun hyödyntämistä. Lisääntynyt energiansaanti ei laskennallisesti kuitenkaan selittänyt täysin esimerkiksi kasvaneita maitomääriä, joten on mahdollista, että Progut on lisännyt Mustialan lehmien haihtuvien rasvahappojen tuotantoa, jolloin ne saavat enemmän energiaa käyttöönsä ja se vaikuttaa positiivisesti myös rehuhyötysuhteeseen.

Prosentuaalisesti suurin muutos havaittiin maidon solujen määrässä, joka oli laskenut koko karjassa merkittävästi Progut-jaksolla. Samankaltaisia tuloksia saatiin sekä karja- että yksilökohtaisessa vertailussa. Yksilötason vertailussa saatiin jopa 54 % maidon solumäärän lasku alkulypsykauden lehmillä. Koska tuotanto-olosuhteista ei ole tiedossa merkittäviä muutoksia ajankohtien välillä, tästä voidaan tehdä johtopäätös, että Progut on voinut parantaa lehmien vastustuskykyä. Tämä tukee työn alussa todettua hypoteesia siitä, että Progut on vaikuttanut positiivisesti karjan suolistomikrobistoon ja siten vähentänyt maidon solulukua.

Opinnäytetyössä tehdyn tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että Progut on kasvattanut pötsimikrobien määrää ja haihtuvien rasvahappojen tuotantoa, edistänyt rehujen hyväksikäyttöä ja siten myös parantanut maitotuotosta Mustialan karjassa. Lisääntynyt kuiva-aineen syönti voi kertoa siitä, että pötsin mikrobit hajottavat rehua tehokkaammin, jolloin rehu kulkee nopeammin lehmän ruoansulatuselimistön läpi. Haihtuvien rasvahappojen tuotannon lisääntyminen voisi näkyä karjassa lisääntyneen maidontuotannon kautta, sillä pelkkä rehuista saatu energia ei yksinään selitä sekä karja- että yksilötasolla havaittuja maitotuotoksen kasvuja. Myös valkuaispitoisuuden kasvu lisääntyneestä energiansaannista laskennallista odotusarvoa enemmän voisi puhua sen puolesta, että Progut on tehostanut pötsin toimintaa.

8 Pohdintaa

Opinnäytetyön aiheen liittyminen lypsylehmien ruokintaan tuki työn tekijän mielenkiintoa päästä oppimaan lisää ruokinnasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä, kuten naudan

ruoansulatuselimistön toiminnasta. Työn tekeminen todella vastasi niitä odotuksia ja opinnäytetyön tekemisen aikana tekijä on päässyt opettelemaan aihealuetta laajasti. Oppimista tätä työtä tehdessä on tapahtunut paljon sekä substanssiaiheen parissa että myös erilaisten tietoteknisten sovellusten käytössä. Dataa kerätessä työn tekijä on päässyt tutustumaan käytännönläheisesti esimerkiksi ProAgrian verkkopalveluihin, KarjaKompassiin ja Valion tuottajien Valma-palveluun. Puolestaan dataa käsitellessä tutuksi on tullut Microsoft Excel, josta on varmasti myös hyötyä jatkossa työelämässä.

Jälkikäteen ajateltuna monia asioita ehkä olisi tehty eri tavalla, kuten esimerkiksi vertailuajankohtien ja -tietojen valinta. Vertailuajanjaksojen valinnassa olisi voinut käyttää vielä enemmän aikaa ja tehdä tarkempaa tutkimustyötä vertailuajankohtien ruokinnasta. Työn alussa oli ehkä vielä hieman epäselvää, mitä kaikkia tietoja kannattaa vertailla ja alkuun vertailtavat tiedot olivat turhan laajoja. Työn edetessä ja etenkin loppua kohden työstä karsiutui kuitenkin nämä ns. turhat tunnusluvut ja työssä vertailtaviksi tiedoiksi painotettiin niitä, joihin Progutilla oli selvästi ollut aiemmissa tutkimuksissa vaikutusta. Erityisesti yksilökohtaisen vertailun kohdalla aikaa meni paljon sen miettimiseen, että miten dataa kannattaa käsitellä ja mitä siitä ylipäätään halutaan tutkia. Alkuun oli tarkoitus ottaa mukaan vertailuun esimerkiksi keskihajonta ja korrelaatio, mutta niiden antama lisäarvo tässä alemman ammattikorkeakoulun opinnäytetyössä todettiin kuitenkin vähäiseksi. Työssä oli myös tarkoitus tehdä karkeasti rotukohtaista vertailua sen suhteen, että miten Progut on vaikuttanut eri rotujen edustajiin, mutta ajanpuutteen vuoksi myös siitä jouduttiin luopumaan. Vaikka työssä vertailtavien tunnuslukujen analysoinnissa oli paljon epäselvyyksiä pitkälle työtä tehdessä ja tämä ehkä aiheutti työn tekijälle paljon ylimääräistä työtä, on työn tekemisen prosessi ollut kuitenkin opettavainen katsaus siihen, minkälaisia asioita tutkimuksen tekeminen sisältää ja minkälaisia kaikkia asioita tulee ottaa huomioon.

Työssä oli tarkoitus myös vertailla Progutin käytön aiheuttamia taloudellisia vaikutuksia Mustialan opetusmaatilalla, mutta loppujen lopuksi datan käsittely, analysointi ja kuvioiden tekeminen vei niin paljon aikaa, että tämä taloudellinen osuus jouduttiin jättämään sivuun. Mahdollisten taloudellisten hyötyjen esittäminen tilakohtaisesti esimerkiksi opinnäytetyössä voisi lisätä muidenkin maitotilojen kiinnostusta lähteä kokeilemaan uusia rehuinnovaatioita. Työn tuloksista voidaan tehdä tulkinta, että myös luomukarjoihin on mahdollista saada käytettäväksi luomuhyväksyttyjä rehuaineita, jotka edistävät karjan maidontuotantoa.

Lähteet

Alasuutari,S., Manni, K. & Rautala, H. (2013). *Lypsylehmän ruokinta ja hoito*. Opetushallitus.

Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2018). *Asetus (EU) 2018/848 luonnonmukaisesta tuotannosta ja luonnonmukaisesti tuotettujen tuotteiden merkinnöistä ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 834/2007 kumoamisesta.* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848&from=FI

Farmit. (2010). *Kuidun merkitys lypsylehmillä.* https://www.farmit.net/kotielain/lypsylehma/ruokinta/ruokinnan-suunnittelu/kuitu-lehman-ruokinnassa

Feedex. (n.d). *Yea-Sacc – elävä hiiva.* Verkkosivu. Haettu 16.11.2024 osoitteesta: https://www.feedex.fi/fi/yea-saccr-elava-hiiva

Gaffney, D., Sheehy, M., Vuorenmaa, J., & Fahey, A. (2014). *The effect of supplementing dairy cows with a hydrolyzed yeast product (Progut® Rumen) on milk production and somatic cell scores* Posteri. Hankkija Oy/Suomen Rehu. Oma arkisto.

Hankkija. (2023) *Hankkija myynyt Progres-rehuinnovaation liiketoiminnan AB-Vistalle*. https://www.hankkija.fi/rehut/tuotekehitys/ia-hankkija-myynyt-progresrehuinnovaation-liiketoiminnan-ab-vistalle-2039058/

Hankkija. (n.d.-a*). Liiketoiminnat*. Haettu 7.6.2024 osoitteesta: https://www.hankkija.fi/Hankkija/liiketoiminnat/

Hankkija. (n.d.-b). *Lypsylehmien seosruokinta.* Haettu 17.10.2024 osoitteesta: https://www.hankkija.fi/rehut/nautojen-ruokintaohjeet/ia-seosruokinta-2029607/?srsltid=AfmBOoog465fRZJJX5j3Et7FhAW3KqqH_D38e7DCsdZ0oQa3r2aSHRdR

Hankkija (n.d.-c). *Maitotilallinen, selvitä uudet mahdollisuutesi.* Haettu 26.11.2024 osoitteesta: https://www.hankkija.fi/rehut/nautojen-rehut/ia-maitotilallinen--selvita-uudet-mahdollisuutesi-

2045978/?srsltid=AfmBOooEbc9wybQrWfTUdwbMJkAGe9amomyxPWFDTCA1AstcLU-Hilqb

Hankkija. (n.d.-d). *Progut – ainutlaatuinen hiivavalmiste naudoille.* Haettu 1.5.2024 osoitteesta: https://www.hankkija.fi/rehut/tuotekehitys/ia-progut--ainutlaatuinen-hiivavalmiste-2029132/

Hankkija. (n.d.-e). *Progut- ei mikä tahansa rehuhiiva.* Haettu 9.5.2024 osoitteesta: https://www.hankkija.fi/rehut/tuotekehitys/ia-progut---ei-mika-tahansa-rehuhiiva-2031893/

Hankkija. (n.d.-f). *Progut- ja Progres-rehuinnovaatioilla saat lisää päiväkasvua ja tuotosta*. Haettu 25.8.2024 osoitteesta: https://www.hankkija.fi/rehut/tuotekehitys/ia-progut-progresrehuinnovaatioilla-saat-lisaa-paivakasvua-tuotosta-2045178/

Hankkija. (n.d-g). *Sopivarehu*. Haettu 1.10.2024 osoitteesta: https://www.hankkija.fi/rehut/nautojen-rehut/ia-sopivarehu-2033027/?srsltid=AfmBOoot4s7Tb56JGil8jNwtdJBIbEjlAgZuPaUVRqYHpePUHk2wRV_I

Hankkija.com. (n.d). *Products*. Haettu 11.9.2024 osoitteesta: https://www.hankkija.com/products/progut/

Hellberg, T., Kiljunen, J. & Kyntäjä, J. (2022). *Miksi kuulua tuotosseurantaan?* ProAgria. https://www.proagria.fi/ajankohtaista/miksi-kuulua-tuotosseurantaan

Hellberg, T. (2024). *Lypsykarjan tuotosseurannan tulokset* 2023. https://www.proagria.fi/uploads/Lypsykarjan-tuotosseurannan-tulokset-20231.pdf

Huhtamäki, T. (2016). *Minkä mittariksi DIM eli ”päiviä maidossa”?* ProAgria Keskusten liitto. https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/dim_eli_paivia_maidossa_huhtamaki_uusi.pdf

Huhtanen, P. & Sairanen, A. (2023). *Lypsylehmien valkuaisruokinnan optimointi*. KM Käytännön maamies-lehden artikkeli. https://www.luke.fi/fi/documents/huhtanen-sairanen-km-523-lypsylehmien-valkuaisruokinnan-optimointi

Hulsen, J. & Aerden, D. (2014) *Ruokintahavaintoja*. ProAgria Keskusten Liitto.

Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK. (2024). *Mustialan kampus*. https://www.hamk.fi/kampus/mustiala/

Ilmatieteen laitos. (2024). *Ilmakehän metaanipitoisuus kasvaa ennätysvauhtia.* Artikkeli. https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/2pnn2ywiU70JrxKGiFObBt

Jaakkola, S. (2010). *Rehujen koostumus.* Teoksessa Lypsylehmien ruokinta. ProAgria Keskusten Liitto.

Järvinen, E. (2016). *Hyvä syönti-indeksi: parempi kuiva-aineen syönti ja enemmän maitoa.* Maito ja me-lehden artikkeli. https://www.maitojame.fi/artikkelit/ruokinnan-esteet-osa-1/

Karlström, T. (2017). *Mitä maidon pitoisuudet kertovat ja miten ne saa paremmiksi?* Nauta-lehden 4/2017 artikkeli. https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/mita_maidon_pitoisuudet_kertovat_ja_miten_ne_saa_paremmiksi.pdf

Karlström, T. (2018). *Vaihtoehtoja lehmien väkirehuruokintaan kuivan hellekesän jälkeen*. Käytännön maamiehen artikkeli. https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/vaihtoehtoja_lehmien_vakirehuruokintaan.pdf

Karlström, T. (2022). *Korkeatuottoinen ja terve lehmä syö paljon kuiva-ainetta*. Semex-posti 1/2022. https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/korkeatuottoinen_ja_terve_lehma_syo_paljon_kuiva-ainetta_semexposti_12022.pdf

Kettunen, H. (2019). *Progut- the original postbiotic modulator of intestinal homeostasis and immunity for farm animals.* https://www.hankkija.com/progut-postbiotic/

Kärkkäinen, L., Kainulainen, P., Kyytsönen, S., Kanala, T. ja Koskimäki O. (2022). *Mihin maidot syksyllä häviävät? Tuotosseurantalehmien maitomäärien kuukausittaiset vaihtelut vuosina 2017–2019.* Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 40. https://journal.fi/smst/article/view/115743/71121

Kiiveri, M. (2018). *Pitoisuudet syntyvät kokonaisuudesta*. Maito ja me- lehden artikkeli. https://www.maitojame.fi/artikkelit/pitoisuudet-syntyvat-kokonaisuudesta/

Kinnusen tähtirehut. (n.d). *Tasapainoa pötsiin elävällä hiivalla.* Verkkosivut. Haettu 15.11.2024 osoitteesta: https://kinnusentahtirehut.fi/maan-parhaista-antimista/tasapainoa-potsiin-elavalla-hiivalla/

Kurkela, V. (2017). Utareterveys hallussa myös kesällä. https://nauta.fi/hyvinvoiva-nauta/utareterveys-hallussa-myos-kesalla/

Kokkonen, T., Salin, S., Nurminen, P., Rautonen, N., Virkki, M. & Tuori, M. (2008). *Pötsimikrobitoimintaa tehostavan erikoisrehun vaikutuslypsylehmien rehunsyöntikykyyn, tuotokseen ja immuunistatukseen.* https://journal.fi/smst/article/view/75911/37298

Laakso, A. (n.d). *Mitä on luomutuotanto*? Valion artikkeli. https://www.valio.fi/artikkelit/mita-on-luomutuotanto/

Lehmälääkärit.com. (2021). *Märehtimisen seuranta antaa lisätietoa karjan terveydestä ja ruokinnan onnistumisesta.* Blogikirjoitus. https://www.lehmalaakarit.com/b/maerehtimisen-seuranta-antaa-lisaetietoa-karjan-terveydestae-ja-ruokinnan-onnistumisesta

Lehtinen, A. (2024). *Ruokintakokeilu tuotti tulosta Mustialassa.* Hankkija. https://www.hankkija.fi/rehut/nautojen-rehut/ia-ruokintakokeilu-tuotti-tulosta-mustialassa-2047772/

Lepistö, J. (2024*). Rohkeasta Hankkijasta hyötyvät asiakkaamme.* Kasvun osaaja-lehti.

Luonnonvarakeskus. (2024). Luomutuotannon kansainvälinen vertailu. https://projects.luke.fi/ruokafakta/yleista-tietoa/luomutuotannon-kansainvalinen-vertailu/

Luonnonvarakeskus. (n.d). Rehutaulukot ja ruokintasuositukset.
https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/rehutaulukot-ja-ruokintasuositukset

Luomumerkki.fi. (n.d). Usein kysytyt kysymykset. Haettu 11.10.2024 osoitteesta:
https://luomumerkki.fi/usein-kysytyt-kysymykset/

Microsoft Ignite. (2024) *Power Bi kuvaus.*
https://learn.microsoft.com/fi-fi/power-bi/fundamentals/power-bi-overview

MTK. (2024). Maidontuotanto.
https://www.mtk.fi/-/maidontuotanto-1

NHK. (n.d). *Lely Vector - automaattinen ruokintajärjestelmä*. Haettu 5.10.2024 osoitteesta:
https://www.nhk.fi/navettaan/ruokinta/lely-vector-automaattinen-ruokintajarjestelma/

Nousiainen, J., Vanhatalo, A. & Nokka, S. (2010*). Ruokinnan onnistunut seuranta*.
Teoksessa Lypsylehmän ruokinta. ProAgria Keskusten Liitto.

Paalijärvi, S. (2024). Mistä maitoon pitoisuuksia? ProAgrian Ruokintapöydällä-blogi.
https://www.proagria.fi/blogit/ruokintapoydalla/mista-maitoon-pitoisuuksia

ProAgria. (n.d*). Ruokinnan tsekkilista.* Haettu 6.10.2024 osoitteesta:
https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/ruokinnan_tsekkilista_proagria_asiakkaalle_13.3.pdf

ProLuomu. (2013). *Sairaita eläimiä hoidetaan lääkkeillä myös luomutilalla*.
https://proluomu.fi/sairaita-elaimia-hoidetaan-laakkeilla-myos-luomutilalla/

Rajahalme, M. (2020). *Uudistunut KarjaKompassi lypsykarjatiloille.* Minun maatilani blogikirjoitus.
https://www.minunmaatilani.fi/blogi/uudistunut-karjakompassi-lypsykarjatiloille/

RehuX. (n.d). *ActiSaf – elävä hiiva.* Verkkosivu. Haettu 14.11.2024 osoitteesta:
https://rehux.fi/portfolio-item/actisaf-elava-hiiva/

Ruokavirasto. (2022). *Luomueläintuotannon ehdot.* https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/oppaat/luomuelain/elaintuotannon-ehdot/#id-14-rehut

Ruokavirasto. (2023*). Rehuna tai rehun tuotannossa sallitut tuotteet ja aineet.* Liite I ja II. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/luomutilat/elaimet/rehu--ja-lisaaineliitteet-fi-marraskuu-2023.pdf

Salminen,S., Collado, M., Endo, A., Hill, C., Lebeer, S., Eamonn, Q., Sanders, M., Shamir, R., Swann, J., Szajewska, H & Vinderola, G. (2021). *The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics.* National Center of Biotechnology Information. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8387231/

Seilab. (2021). *Rehuanalyysin tulkintaohjeistus, märehtijät*. https://www.seilab.fi/wp-content/uploads/sites/8/2021/03/marehtijat.pdf

Seppänen,M. (n.d). *Riittävästi raakavalkuaista voi tuottaa kestävästi myös perinteisillä nurmiheinäseoksilla.* Hankkijan artikkeli. https://www.hankkija.fi/tuotantopanokset/nurmen-viljely/nurmen-viljelyohjeet/ia-riittavasti-raakavalkuaista-voi-tuottaa-kestavasti-myos-perinteisilla-nurmiheinaseoksilla-2029146/?srsltid=AfmBOooiqz-TVu-_eIJ8iAabZtPwkNEt-3d8j8ZtJDMgxnCjXxVVJxGA

Tahvola, E. & Mustonen, A. (n.d). *Säilörehun pitoisuudet ja niihin vaikuttaminen viljelyn avulla*. Atria. Haettu 1.9.2024 osoitteesta: https://www.atriatuottajat.fi/ajankohtaista/ajankohtaista/sailorehun-pitoisuudet-ja-niihin-vaikuttaminen-viljelyn-avulla/

Valio. (2017) *Maidon laatukäsikirja.* Oma arkisto.

Vanhatalo, A. (2010). *Ruoansulatus.* Teoksesta Lypsylehmän ruokinta. Tieto Tuottamaan 133. ProAgria Keskusten Liitto.

Vuorenmaa, J. ym. (2010). *Increased propionate and decreased methane production in the rumen.* Hankkija/Suomen rehu oy. Artikkeli. International Dairy Topics – Volume 9 Number 5.

Vuorenmaa, J. (2020). *Yeast products in the feeding of ruminants – what is important for*

their functionality?
https://www.hankkija.com/yeast-products-ruminants/

Vuorenmaa, J. (n.d). *Paranna kotoisten rehujen hyväksikäyttöä, panosta pötsiin*. Haettu 24.11.2024 osoitteesta:
https://www.hankkija.fi/rehut/nautojen-ruokintaohjeet/ia-paranna-kotoisten-rehujen-hyvaksikayttoa_-panosta-potsiin-2032728/?srsltid=AfmBOorfjPsOYfTLXJPc7CIlEDILthCRgLv9FYvEWinj1M3Y2-IzhYnC

Westerlund, R. & Korva, J. (2016). *Rehunsäilöntä vaikuttaa maidon laatuun*. Maito ja me-lehden artikkeli.
https://www.maitojame.fi/artikkelit/rehunsailonta-vaikuttaa-maidon-laatuun/
https://www.hankkija.fi/rehut/tuotekehitys/ia-progut-progresrehuinnovaatioilla-saat-lisaa-paivakasvua-tuotosta-2045178/

Yli-Hynnilä, M. (2024). *Maidon laadun taustalla on karjan utareterveys.*
https://www.lehmalaakarit.com/b/maidon-laadun-taustalla-on-karjan-utareterveys