



## **KEPistä uusi porkkana?**

Energiakorjattu elinpäivätuotos (KEP) maidontuotannon ja maidon  
hiilijalanjätkilaskennan tunnuslukuna

Maatalous- ympäristö- ja  
luonnonvaraekonomian maisteriohjelma  
Maisterintutkielma

Laatija:  
Anu Tiikkainen

Ohjaajat:  
Timo Sipiläinen  
Senja Arffman (Envitecpolis Oy)

19.12.2024  
Helsinki

**Tiedekunta:** Maatalous- metsätieteellinen tiedekunta

**Koulutusohjelma:** Maatalous-, ympäristö- ja luonnonvaraekonomian maisteriohjelma

**Opintosuunta:** Maatalousekonomia

**Tekijä:** Anu Tiikkainen

**Työn nimi:** KEPistä uusi porkkana? Energiakorjattu elinpäivätuotos (KEP) maidontuotannon ja maidon hiilijalanjälkilaskennan tunnuslukuna.

**Työn laji:** Maisterintutkielma

**Kuukausi ja vuosi:** Joulukuu 2024

**Sivumäärä:** 38 + 5

**Avainsanat:** KEP, energiakorjattu elinpäivätuotos, EKM/elinpäivä, maidon hiilijalanjälki, maidontuotanto, ruokintakustannus.

**Ohjaajat:** Timo Sipiläinen ja Senja Arffman

**Säilytyspaikka:** Helsingin yliopiston kirjasto – Helda / E-thesis (opinnäytteet) [ethesis.helsinki.fi](https://ethesis.helsinki.fi)

**Muita tietoja:** Tutkimuksen toimeksiantajana toimi Envitecpolis Oy

### **Tiivistelmä:**

Maidon hiilijalanjäljen pienentäminen on osa ilmastonmuutoksen hidastamista tukevaa työtä. Painetta ympäristöystävällisemmälle tuotannolle tulee niin kuluttajien, EU:n kuin jalostavan teollisuudenkin taholta. Maitotilayrittäjien kannalta on olennaista, että päästövähennystoimenpiteet eivät heikennä tuotannon kannattavuutta. Tutkimuksessa selvitetään lehmien energiakorjatun elinpäivätuotoksen (KEP) yhteyttä maidon hiilijalanjälkeen ja ruokintakustannuksiin, sekä KEPin luonnetta ja käyttömahdollisuuksia tuotantotoiminnassa onnistumisen mittarina.

Lehmien tuotostasolla ja kestävyydellä on havaittu olevan vaikutuksia maidon hiilijalanjälkeen ja tuotannon kannattavuuteen. Lehmien kestävyydelle on esitetty kirjallisuudessa lukuisia mittareita. Kestävyyden ja hiilijalanjäljen yhteyttä ei ole aiemmin tutkittu KEP tunnusluvun avulla. Tuotosseurantaan kuuluvat tilat saavat vuosiraportilta KEP-luvut elossa oleville ja poistetuille lehmille. Maitotilayrittäjä voi tarvittaessa laskea KEPin itsenäisesti. Analysoinnissa on syytä huomioida mm. karjan lehmien rotujakauma.

Aineistona käytettiin Kotipellon tilan poistettuja lemiä vuosilta 2014-2023 (n=304), sekä valikoituja lehmäkohtaisia ja tilatason aineistoja Kotipellon tilalta, kuten ruokintasuunnitelmia ja vuosiraporttia. Tarkastelussa oli kuusi tunnuslukua: KEP, hiehon poikimaikä, poikimakerrat yhteensä, ensikkokauden EKM-tuotos, sekä lypsy- ja umpikausien pituudet. Hiilijalanjälkilaskelmat suoritettiin Envitecvisio-ohjelmistolla.

Tutkimus muodostuu kolmen KEP-tasoryhmän ympärille: Suomen tuotosseurantatilojen keskiarvo (KEP 14,6), Kotipellon nykytila (KEP 18,6) sekä Kotipellon tavoite (KEP 20), joita käytetään erityisesti ruokintakustannus- ja hiililaskennassa. Koska ensikkokauden aikana poistetuilla lehmillä ei ole vertailukelpoisia ensikkotuotoksia ja umpikausia, aineistoa analysoidaan erikseen vähintään kaksi kertaa poikineiden joukkona. Lisäksi aineistoa tutkitaan Kotipellon tavoitetason saavuttaneiden lehmien osalta minimi- ja optimiarvojen löytämiseksi.

KEPin parantamisen voidaan tämän tutkimuksen perusteella todeta pienentävän maidon hiilijalanjälkeä merkittävästi, vähentävän samalla uudistuseläinten tarvetta ja vaikuttavan pienentävästi myös ruokintakustannuksiin elinikäistuotokiloa (EKM) kohti. Kaikki tarkastellut tunnusluvut ovat tilastollisesti merkitseviä KEPin suhteen, joten niitä voidaan käyttää työkaluina KEPin parantamisessa.

Lisätutkimustarve on havaittavissa erilaisten ruokintatapojen vaikutuksesta KEPin ja maidon hiilijalanjäljen suhteisiin, KEPin parantamisen talousvaikutuksista sekä erilaisten navetan sisäisten päästövähennyskeinojen yhtäaikaisen käytön vaikutuksesta maidon hiilijalanjälkeen.

**Faculty:** Faculty of Agriculture and Forestry

**Degree programme:** Master's Programme in Agricultural, Environmental and Resource Economics

**Study track:** Agricultural Economics

**Author:** Anu Tiikkainen

**Title:** CLiP as a new carrot. Energy corrected living day production (CLiP) as an indicator for milk production and carbon footprint calculation

**Level:** Master's thesis

**Month and year:** december 2024

**Number of pages:** 38+5

**Keywords:** CLiP, energy corrected living day production, carbon footprint of milk, milk production, dairy farming, feed cost

**Supervisor or supervisors:** Timo Sipiläinen and Senja Arffman

**Where deposited:** Library of University of Helsinki - Helda / E-thesis, [ethesis.helsinki.fi](https://ethesis.helsinki.fi)

**Additional information:** The research was commissioned by Envitecopolis Oy

**Abstract:** Reducing the carbon footprint of milk is integral to mitigating climate change. The continuous pressure for environmentally sustainable production arises from multiple stakeholders, including consumers, the European Union, and the processing industry. However, for dairy farmers, it is vital that measures to reduce emissions do not compromise the profitability of production. This study examines the relationship between cow's energy corrected living day production (CLiP), the carbon footprint of milk, and feed costs. It also explores the nature of CLiP as an indicator of herd management and its potential for broader application.

Research has established that cow productivity and longevity significantly influence the carbon footprint of milk and the economic viability of dairy farming. While numerous metrics for assessing longevity exist in the literature, the link between longevity and carbon footprint using the CLiP as an indicator remains unexplored. Dairy farms participating in milk recording programs receive annual CLiP values for both living and culled cows, and dairy farmers can independently calculate these values if needed. The analysis of CLiP requires consideration of factors such as breed composition within the herd to ensure accuracy and relevance.

The study draws upon data from 304 culled cows on Kotipelto farm between 2014 and 2023, supplemented by farm-level and cow-level information, including feeding plans and annual reports. Six key indicators were analyzed: CLiP, age at first calving, total number of calvings, first-lactation energy-corrected milk yield (ECM), and the average duration of lactation and dry periods. Carbon footprint calculations were conducted using the Envitecvisio software.

The analysis focuses on three CLiP benchmarks: the Finnish national average for milk recording farms (14,6), the Kotipelto Farm's current level (18,6), and its target level (20). These benchmarks were particularly relevant for analyzing feed costs and carbon footprints. Data from cows culled during their first lactation were excluded from certain analyses due to the absence of first ECM production and dry period data. Additionally, the dataset from cows achieving Kotipelto's target CLiP level was evaluated to identify minimum and optimal values for key performance indicators.

The findings indicate that increasing CLiP significantly reduces the carbon footprint of milk, while decreasing the need for replacement heifers, and lowers the feeding costs per unit of lifetime milk yield (ECM). All examined indicators exhibited statistically significant correlations with CLiP, underscoring their utility in enhancing herd management practices.

Further research is needed to investigate the impact of varying feedings on the relationships between CLiP and carbon footprint of milk, as well as the combined effects of multiple emission reduction measures within the barn.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>5</b>
1.1	Tutkimuksen tausta	5
1.2	Tutkimuksen tavoite	6
1.3	Tutkimuksen rajaus	7
<b>2</b>	<b>Teoreettinen tausta</b>	<b>8</b>
2.1	Maidontuotannon kasvihuonekaasupäästöjen muodostuminen	8
2.2	Lehmien kestävyuden yhteys maidon kasvihuonekaasupäästöihin ja tuotantokustannukseen	10
2.3	Energiakorjattu elinpäivätuotos (KEP) tunnuslukuna	12
<b>3</b>	<b>Tutkimusaineisto ja -menetelmät</b>	<b>15</b>
3.1	Tutkimusaineisto	15
3.2	Tutkimusmenetelmät	17
3.3	KEP-tuotostasoryhmien muodostaminen	18
3.4	Ruokintaryhmien muodostaminen ja rehukustannusten määrittäminen	19
3.5	Hiilijalanjäljen laskeminen	21
<b>4</b>	<b>Tulokset</b>	<b>23</b>
4.1	Koko aineiston tulokset	23
4.2	20 kg KEPiin yltäneiden lehmien tulokset	24
4.3	Parhaat ja heikoimmat neljännekset -vertailut	25
4.4	Rehunkulutus ryhmittäin	28
4.5	Hiilijalanjätkilaskennan tulokset	29
<b>5</b>	<b>Tulosten tarkastelu</b>	<b>31</b>
5.1	Tulosten tarkastelu Kotipellon tilan kannalta	31
5.2	Tulosten tarkastelu yleisesti	32
<b>6</b>	<b>Johtopäätökset</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Kiitokset</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Lähteet</b>	<b>39</b>

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Suomi on sitoutunut tavoittelemaan hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä (*Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia, 2022*). Maatalouden ilmastotiekartan mukaan Suomen maatalouden on nykyisillä päästökertoimilla ja hiilensidonnan laskentaperusteilla lähes mahdotonta saavuttaa hiilineutraalius annetussa aikataulussa (Lehtonen ym., 2020). Tekemistä siis riittää sekä käytännön toimenpiteiden että laskentamenetelmien kehittämisessä.

Maidontuotannossa haitallisista kasvihuonekaasuista (KHK) vaikutuksiltaan merkittävin on lehmien märehittämisen synnyttämä metaani (CH<sub>4</sub>).

Hiilijalanjälkilaskennassa metaanilla on suuri päästökerroin johtuen sen korkeasta globaalista lämmityspotentiaalista (Global Warming Potential, GWP). Vuonna 2022 suomalaisten lypsylehmien tuottaman metaanin kokonaismäärän lasketaan olleen 24 % Suomen kokonaismetaanipäästöistä (Tilastokeskus, 2024).

Maitotilayrittäjät ovat yleisesti kiinnostuneita ympäristövaikutusten huomioon ottamisesta. Kuitenkin maidon hiilijalanjäljen pienentäminen kiinnostaa enemmän, jos siitä on heille taloudellista hyötyä (Puupponen ym., 2022). Hiilijalanjälkeen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi maankäyttö, viljelytoimenpiteet ja lannan hyväksikäyttö, ruokinnalliset ratkaisut sekä tuotannon tehokkuus (Mäki-Asiala, 2021). Kaikkia edellä mainittuja on jo tutkittu sekä Suomessa että maailmalla aktiivisesti vuosien ja jopa vuosikymmenten ajan. Tiedeyhteisöä kiinnostaa julkaisujen perusteella erityisesti turvepeltojen käyttö, ja lehmien metaanipäästöjen vähentämiseen tähtäävät ruokinnalliset ratkaisut. Sen sijaan tutkimuksia navetan sisäisten prosessien tehostamisen vaikutuksista maidon hiilijalanjälkeen löytyy vähän, ja erityisesti kotimaisia julkaisuja on varsin niukasti.

Maidontuotannon hiilijalanjälkilaskureissa huomioidaan tyypillisesti eläinten osalta lukumäärä ikäryhmittäin, karjan uudistusprosentti ja keskituotos. Näissä kaikissa voi esiintyä merkittävää vuosittaista vaihtelua, mutta vaihtelun merkitykseen ei ole tiettävästi kiinnitetty juurikaan huomiota. Käyttämällä muuttujana edellisten kahden vuoden aikana poistettujen lehmien energiakorjattua elinpäivätuotosta (EKM/elinpäivä, josta jatkossa käytetään nimitystä KEP, energiaKorjattu

Elinpäivätuotos) tulisi laskelmissa huomioitua karjan kestävyys ja tuotostaso nykyistä pidemmällä aikavälillä. KEPissä yhdistyvät niin poikimaiän vaikutus, tuotanto- ja umpikausien pituus kuin myös tuotettujen maitokilojen määrän lisäksi niiden rasva- ja valkuaispitoisuudet lehmän koko eliniän ajalta.

Euroopan Unionin yhteisen maatalouspolitiikan tavoitteena on saavuttaa kestävä maatalousjärjestelmä kolmen tavoitteen kautta, jotka ovat taloudellinen, sosiaalinen ja ympäristökestävyys (EU, 2024). Maidontuotannossa on hyvin harvoja tunnuslukuja, joissa kaikkien kolmen kestävä maatalousjärjestelmän osa-alueen voidaan katsoa olevan mukana, mutta KEPissä tämä toteutuu.

Ympäristökestävyyttä parantaa erityisesti oletettu päästövähennys tuotettua KEP-kiloa kohti. Sosiaalisen kestävyuden osalta merkittävä asia on lehmien eliniän pidentäminen ja samalla maitotilayrittäjien kokema sosiaalinen paine voi pienentyä, kun on mahdollisuus viestiä pienemmästä hiilijalanjäljestä ja lehmien pidemmästä eliniästä.

Lehmien pitkäikäisyys ei ole riittävä taloudellisesti perusteltavissa oleva tavoite, vaan taloudellisesti kestävä tuotannon kannalta olennaista on se, mitä lehmä tuottaa elämänsä aikana. Hyvään KEPiin pääseminen edellyttää hukan karsimista, eli käytännössä kasvatusajan ja ummessaolopäivien optimointia suhteessa lypsypäiviin, mikä voi parantaa tuotannon kannattavuutta ja taloudellista kestävyttä.

## **1.2 Tutkimuksen tavoite**

Työn tavoitteena on tutkia KEPin, eli lehmien energiakorjatun elinpäivätuotoksen luonnetta ja käyttöä tuotantotoiminnassa onnistumisen mittarina sekä sen yhteyttä ruokintakustannuksiin ja maidon hiilijalanjälkeen. Hypoteesina on, että KEPin parantaminen pienentää sekä maidon hiilijalanjälkeä että ruokintakustannusta lehmän elinikäistuotokiloa (EKM) kohden.

Mikäli hypoteesit toteutuvat, tutkimuksen toivotaan auttavan sekä maitotilayrittäjiä että alalla toimivia neuvoja hyödyntämään KEPiä monipuolisesti niin navetan toimintatapojen arvioinnissa kuin maidontuotannon ympäristövaikutusten vähentämisen työkaluna.

Tutkielma toteutetaan yhteistyössä Kotipellon tilan ja Envitecpolis Oy:n kanssa, osana Kotipellon tilan matkaa hiilineutraalin maidon tuottajaksi. Kotipellon tilan yrittäjät ovat antaneet suostumuksensa tilan nimen ja tietojen käyttämiseen, sekä tutkimuksen tulosten julkaisuun siinä laajuudessa kuin ne tässä työssä esitellään.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Mitkä tekijät selittävät KEP-tuotoksen vaihtelua?
2. Millainen yhteys KEP-tuotoksella on maidon hiilijalanjälkeen ja ruokintakustannuksiin?

### **1.3 Tutkimuksen rajaus**

Maidontuotannon KHK-päästöihin ja maidon hiilijalanjälkeen vaikuttavia tekijöitä on lukuisia sekä navetan sisällä, että varsinkin sen ulkopuolella. Tässä työssä tarkasteltiin KHK-päästöjen osalta ainoastaan lehmien energiakorjatun elinpäivätuotoksen yhteyttä maidon hiilijalanjälkeen. Kokonaan huomioimatta jätettiin turvemaat ja muu maankäyttö sekä lannankäsittely, jotka muodostavat suurimman osan maidon hiilijalanjäljestä. Työssä ei myöskään tarkasteltu navetan rakenneratkaisujen tai muiden maidontuotannon muutosten vaikutuksia peltoviljelyn kautta muodostuviin KHK-päästöihin. KEP-tuotoksen monitahoisen luonteen kautta huomioiduksi tulivat ruokinta, navetan toiminnan johtaminen (esimerkiksi siemennys- ja poistokäytänteet), eläinaineksen kestävyys, maitotuotos ja maidon koostumus sekä nuorkarjan määrä suhteessa lypsäviin lemmiin.

## 2 Teoreettinen tausta

### 2.1 Maidontuotannon kasvihuonekaasupäästöjen muodostuminen

Maidontuotannossa syntyvät KHK-päästöt ovat peräisin maankäytöstä, viljelytoimenpiteistä, lannan käsittelystä ja lehmien märehimisestä. Märehimisen synnyttämä metaani (CH<sub>4</sub>) muodostaa valtaosan maidon haitallisista KHK-päästöistä ja siten myös maidon hiilijalanjäljestä. Vuonna 2022 suomalaisten lypsylehmien tuottaman metaanin kokonaismäärä lasketaan olleen 1098 tuhatta tonnia, joka on 24 % Suomen kokonaismetaanipäästöistä (Tilastokeskus, 2024).

Maidontuotannon tilakohtainen hiilijalanjälki esitetään hiilidioksidiekvivalenttikiloina/energiakorjattu maitotuotos (EKM) ja Suomessa se on nykyisellä tuotostasolla noin 1 kg CO<sub>2</sub>e/kg EKM vaihteluvälin ollessa tyypillisesti 0,8–1,2 kg (Huhtanen ym., 2022). Kansainvälinen keskimääräinen metaanipäästöjen määrä energiakorjatutta maitokiloa kohti on 2,4 kg (FAO, 2010) ja esimerkiksi Kanadassa vaihteluvälin on todettu olevan 0,37–0,69 kg (Rotz ym., 2010.)

Metaanipäästöt energiakorjattua maitokiloa kohti ovat selkeästi pienempiä korkeatuotoksisilla (>41,5 kg/pv) kuin matalatuotoksisilla (< 34,7 kg/pv) lehmillä, eikä poikimakerralla tai kuntoluokalla ole yhteyttä metaanitehokkuuteen (Jia ym., 2022). Lehmien metaanitehokkuuden on myös todettu olevan perinnöllinen ominaisuus (Pickering ym., 2015), ja lehmien metaanipäästöjä voisi olla mahdollista vähentää 15–30 % geneettisen edistymisen ja paremman tuotannon hallinnan (management) avulla (Knapp ym., 2014). Neljästä eri maasta kerättyä aineistoa hyödyntänyt tutkimus (Zhang ym., 2020) esittää, että yksittäisten lehmien välisestä metaanipäästöjen vaihtelusta genetiikan osuus olisi 24 % ja ruokinnan (pötsimikrobien) osuus 7 %. Lehmien metaanitehokkuus on kuitenkin yksilöllistä ja siten se vaihtelee paljon (Pickering ym., 2015).

Yksi merkittävä lypsylehmän metaanipäästöihin vaikuttava tekijä on karkearehun osuus ruokinnassa. Karkearehun (sinimailas- ja maissisäilörehun) osuuden lisääminen suhteessa väkirehuun tasolta 47:53 tasolle 68:32 lisäsi lehmien metaanipäästöjä päivätasolla 20 % ja EKM-kiloa kohti jopa 25 % (Aguerre ym., 2011).

Suomessa yleisemmän nurmisäilörehun osalta tuloksen voi olettaa olevan samansuuntainen (van Gastelen ym., 2023).

Lehmien ruokintaan voidaan myös sisällyttää metaanipäästöjä alentavaa 3-NOP-lisäainetta, kauppanimeltään Bovaer, joka Kebreabin ym. (2023) tutkimuksen mukaan voi alentaa lehmien tuottaman metaanin määrää jopa yli 30 %. 3-NOPin vaikutus perustuu sen kykyyn estää metaania muodostavan entsyymien toiminta pötsissä. Suomessa toteutettiin IRMA-hankkeen toimesta pilottitutkimus 3-NOP-ruokinnan vaikutuksista 38 valiolaisessa maitotilayrityksessä keväällä 2023. Hiilijalanjälkilaskurin tulosten perusteella tilatasolla saavutetut päästövähennykset olivat keskimäärin 8,37 % (hajonta 2,61–13,24 %), mikä on varsin merkittävä alenema (Sallinen, 2024). Sallisen tutkimuksessa todetaan myös, että Bovaerin käytön yleistymisen edellyttää selkeää, viljelijäystävällistä kannustinjärjestelmää.

Kaiken kaikkiaan lypsylehmien KHK-päästöjä on tutkittu maailmanlaajuisesti todella paljon. Arndt ym. (2022) käyttivät meta-analyysinsä pohjana 430 tutkimusta aiheesta eri puolilta maailmaa. Aineistosta havaittiin 98 erilaista päästövähennysstrategiaa, jotka voitiin jakaa kolmeen kategoriaan: tuotannon hallintaan, rehustukseen ja pötsin toiminnan muokkaamiseen. Ryhmän loppupäätelmä oli, että jos kaikki tehokkaimmat keinot otettaisiin käyttöön, 1,5 asteen lämpenemistavoitteeseen voidaan päästä vuoden 2030 osalta, mutta oletettu lihan ja maidon kysynnän kasvu tekee mahdottomaksi saavuttaa samaa tavoitetta enää vuonna 2050.

On hyvä muistaa, että pyrittäessä vähentämään lypsylehmien metaanipäästöjä tulisi aina ottaa huomioon eläinten hyvinvointi (Llonch ym., 2016). Mielenkiintoinen näkökulma on myös se, että muuttuva ilmasto voi jatkossa muuttaa myös lehmien rehunkäytön tehokkuutta ja sitä kautta kasvihuonekaasupäästöjä maitokiloa kohden (Zira ym., 2023).

Teoriaosaa kootessa ei löytynyt yhtään tutkimusta, jossa olisi käsitelty energiakorjatun elinpäivätuotoksen eli tämän tutkimuksen KEPin ja maidon hiilijalanjäljen yhteyttä.

## 2.2 Lehmien kestävyys ja yhteys maidon kasvihuonekaasupäästöihin ja tuotantokustannukseen

Lehmien kestävyydellä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa niiden kykyä tuottaa maitoa taloudellisesti pitkällä aikavälillä, mikä näkyy muun muassa pidempänä tuotantoaikana ja maltillisena uudistusprosenttina.

Lypsylehmän kestävyys terminä ei ole yksiselitteinen, vaan määritelmä vaihtelee eri maissa ja eri yhteyksissä (Dallago ym., 2021). Tämän vuoksi kestävyysvertailu ilman tarkkaa määrittelyä on jossain määrin hyödytöntä. Schuster ym. (2020) koostivat artikkeliinsa selkeän taulukon erilaisista tavoista määritellä lypsykarjan kestävyyttä. Esimerkiksi kansainvälisissä artikkeleissa yleisesti käytetylle termille ”Herd Life” (HL) he löysivät kolme eri laskentatapaa. Vain yksi niistä sisälsi myös hiehon kasvatusajan, mutta siinä laskenta päättyi viimeiseen koelypsyyn. Toiset kaksi aloittivat laskennan ensimmäisestä poikimisesta ja lopettivat joko viimeiseen poikimiseen tai lehmän poistumiseen tuotannosta. Olipa kestävyysmääritelmä ja laskentatapa mikä tahansa, käytännössä eläimiä hoitavien ihmisten päätökset ovat suurimpia karjan kestävyysvaikuttavia tekijöitä (Alvåsen ym., 2018).

Heikkilä (2013) tutki väitöskirjassaan taloudellisesti optimaalista karjan uudistusprosenttia ja totesi sen olevan rodun mukaan 19,4 % (ayrshire) – tai 20,3 % (holstein), kun keskimääräinen uudistusprosentti oli Suomessa samaan aikaan 34 %. Uudistusprosentilla tarkoitetaan vuoden aikana tarvittujen poikivien hiehojen määrää, jotta karjan koko saadaan pidettyä ennallaan (Hakala ym., 2022.). Suurin kustannus aiheutui, kun lehmä poistettiin ensimmäisen lypsykuukautensa lopulla (Heikkilä, 2013).

Myös DeVries (2020) tutki lehmien kestävyyttä taloudellisesta näkökulmasta ja päätyi toteamaan tuotantoajan, eli ajan ensimmäisestä poikimisesta poistopäivään, optimipituuden olevan viisi vuotta. Hän lähti siitä olettamasta, että lehmät poikivat ensimmäisen kerran kahden vuoden iässä, eikä laskelmissa huomioitu lypsy- tai umpikausien pituuksia.

Niin ikään puhtaasti kestävyysmäärittelyyn keskittyneessä brittitutkimuksessa (Boulton ym., 2017) havaittiin, että vain 23,6 % tiloista onnistui hiehonkasvatuksessa niin, että lehmät pystyivät kattamaan kasvatuskulunsa

ensikkokaudella. Keskimäärin kasvatuskuluja kattamiseen kului ensimmäiset 1,5 lypsykautta.

Ruotsalaisessa tutkimuksessa (Clasen ym., 2024) todetaan, että uudistustarpeen pienentäminen hedelmällisyyttä parantamalla on avain sekä kestävyys- että tuottavuuden parantamiseen samalla kun karjan metaanipäästöt vähenevät ilman, että lihan tai maidon tuotanto vähenee. Toisin sanoen lehmien kestävyys, toiminnan tuottavuus ja maidon metaanipäästöjen taso paranevat yhtä matkaa hedelmällisyyden kanssa. Hedelmällisyys puolestaan on hyvin vahvasti riippuvainen yleisestä hoidon tasosta eli navetan toiminnan johtamisesta (managementista).

Grandl'n työryhmä (2016; 2019) on tutkinut pitkään lehmien metaanipäästöjen, kestävyys- ja talouden yhteyksiä. He muun muassa havaitsivat lehmien metaanipäästöjen vaihtelevan iän mukaan ja osoittivat parantuneen kestävyys- ja talouden alentavan metaanipäästöjä maitokiloa kohti (Grandl ym., 2016). Erityisen mielenkiintoinen oli Sveitsissä tehty tutkimus lehmien kestävyys- ja talouden vaikutuksista KHK-päästöihin ja kannattavuuteen (Grandl ym., 2019). Tässä tutkimuksessa käsiteltiin vain tuotantoajan pituutta ensimmäisestä poikimisesta poistopäivään, joten kasvatusikä ei ollut laskennassa mukana. Lehmien kestävyys- ja talouden havaittiin olevan selkeä vaikutus maidontuotannon kannattavuuteen. Ensimmäisen poikimisen jälkeen eli ensikkokauden aikana poistetut eläimet tuottivat poikkeuksetta vain tappioita. Samassa tutkimuksessa selvitettiin myös tuotantoajan pituuden vaikutusta KHK-päästöihin, jolloin päästöjen todettiin nousevan 6 prosenttia, kun kestävyys paranee 10 prosentin verran. Pientä suhteellista vähenemää selittänee se, että mukaan laskettiin uudistuseläintarpeen lisäksi myös lihaksi kasvatettavien vasikoiden rehustus ja päästöt.

Uusimpia alan julkaisuja on Han ym. (2024) tutkimus kestävyys- ja siemennyskäytänteiden vaikutuksesta kannattavuuteen ja KHK-päästöihin. Tässä hollantilaisessa tutkimuksessa todettiin siemennysten jatkamisen jopa kuudenteen yritykseen saakka olevan sekä taloudellisesti kannattava että KHK-päästöjä vähentävä käytäntö. Samalla havaittiin kestävyys- ja talouden paranevan, eli käytännössä poistoiän nousevan, kun laskettiin päivätuotostasoa, jolla poistopäätös tehdään. Sen sijaan siemennyskertojen lisääminen neljästä kuuteen ei nostanut poistoikää merkittävästi. Kestävyys- ja talouden parantaminen pitämällä tyhjiä (ei tiineitä) lemmiä

karjassa niin kauan kuin ne lypsävät vähintään 10 kg/pv ei tässä tutkimuksessa osoittautunut taloudellisesti kannattavaksi.

Näiden tutkimusten tulokset korostavat, että lehmien kestävyydellä, joka näkyy muun muassa pitkänä tuotantoikänä, on merkittävä vaikutus maidon hiilijalanjälkeen ja tuotannon kannattavuuteen. Tämä yhteys on keskeinen myös tässä tutkimuksessa, jossa tarkastellaan KEPin roolia maidon hiilijalanjäljen ja ruokintakustannusten muodostumisessa.

### 2.3 Energiakorjattu elinpäivätuotos (KEP) tunnuslukuna

Tässä luvussa käytetään KEPistä myös sen Suomen kieleen vakiintunutta nimeä EKM/elinpäivä, koska tätä termiä on käytetty lähdekirjallisuudessa.

KEPin laskenta aloitetaan määrittämällä energiakorjattu maitotuotos (EKM), eli vakioimalla maitotuotos (mkg) sen sisältämien rasva-, valkuais- ja laktoosipitoisuuksien (g/kg) perusteella seuraavan kaavan mukaisesti (Luke, 2024):

$$\text{EKM (kg)} =$$

$$\text{mkg} \times (38,3 \times \text{rasvapit.} + 24,2 \times \text{valk.pit.} + 16,54 \times \text{lakt.pit.} + 20,7) / 3140. \quad (1)$$

Jos laktoosipitoisuutta ei ole määritetty, EKM-tuotos voidaan laskea kaavalla:

$$\text{EKM (kg)} = \text{mkg} \times (38,3 \times \text{rasvapit.} + 24,2 \times \text{valk.pit.} + 783,2) / 3140. \quad (2)$$

Nimensä mukaisesti EKM/elinpäivä -luvussa jaetaan lehmän elinaikanaan tuottama energiakorjattu maitomäärä sen elinpäivien lukumäärällä. Yhdessä tunnusluvussa saadaan siten huomioitua niin kasvatusajan pituus, ummessaolopäivien määrä, maitotuotoksen taso kuin maidon pitoisuudetkin. Näin ollen EKM/elinpäivä -tuotos antaa viitteitä myös ruokinnan, hedelmällisyyden ja yleisen tuotannonhallinnan tasosta. Tuotosseurannan EKM-tuotoksen luotettavuus edellyttää säännöllistä lehmäkohtaisten maitonäytteiden analysointia. Näytteiden edustavuutta on karjatasolla mahdollista seurata kausiraportin rasvapoikkeaman laatupisteistä (Korhonen, 2024).

Suomessa tuotosseurantaan kuuluville tiloille lasketaan vuosittain EKM/elinpäivä -tuotokset sekä elossa oleville että poistetuille lehmille. Vuosiraportilla ilmoitettavassa luvussa ovat mukana kaikki kahden viimeisen vuoden aikana karjatunnukselta

poistuneet lehmät riippumatta siitä, onko ne myyty eloon vai teuraaksi (Kiljunen, 2024), mutta Tilakunto -vertailussa käytetään vain edellisen vuoden poistettujen lehmien perusteella laskettua lukua (Karlström, 2024).

Keskimääräinen EKM/elinpäivä -tuotos Suomessa vaihtelee lähteen mukaan. Tuotosseurannan verkkopalveluista tulostettavissa olevan tilakohtaisen vuosiraportin mukaan vuoden 2023 keskiarvot koko maassa olivat elossa olevilla 12,3 kg ja poistetuilla 14,6 kg (ProAgria Verkkopalvelut, 2024). Toisaalta ProAgrian verkkosivuilta löytyvien vuoden 2023 tuotosseurantatulosten mukaan keskimääräinen EKM/elinpäivä oli Suomessa 16 kg elossa olevilla ja 17,7 kg poistetuilla lehmillä (ProAgria, 2024b). Ero selittyy erilaisilla laskentatavoilla. Vuosiraportilla esitetään tilakohtaisten tulosten keskiarvot, kun taas verkkosivujen tuotosseurantatuloksissa on käytetty lehmäkohtaisia keskiarvoja (Hietanen, 2024). Tämä ero korostaa, kuinka tärkeää mittarien tulkinnassa on huomioida laskennan lähtökohdat.

Tuotosseurantatulosten yhteydessä esitetyt rotukohtaiset vaihtelut olivat merkittäviä. Pienimmät energiakorjatut elinpäivätuotokset olivat itäsuomenkarjalla elossa olevilla 6,5 kg ja poistetuilla 6,7 kg, ja suurimmat holsteinilla vastaavasti 16,4 kg ja 18,4 kg. Samoista tuloksista käy myös ilmi, että EKM / elinpäivä-tuotos kääntyy laskuun sekä elävillä että poistetuilla, kun hiehojen poikimaikä ylittää 26 kk, ja se on huomattavasti pienempi kaksi kertaa päivässä lypsettävillä lehmillä (15,3 kg elävillä, 16 kg poistetuilla) kuin automaattilypsyssä (16,4 ja 17,3) tai kolme kertaa päivässä lypsetyillä (16,6 ja 17,5; ProAgria, 2024b).

EKM/elinpäivä -lukuja on toistaiseksi hyödynnetty johtamisen työkaluna varsin vähän oletettavasti siksi, että ne ovat monitulkintaisia, ja siten haastavampia ymmärtää ja tulkita verrattuna yleisempiin johtamisessa käytettyihin lukuihin (Korhonen, 2024). Tässä työssä tarkastellaan erityisesti poistettujen EKM/elinpäivä -tunnusluvun taustalla olevia tekijöitä, yhteyttä maidontuotannon rehunkulutukseen ja käyttömahdollisuuksia hiilijalanjälkilaskennan tunnuslukuna.

Perusteluna valinnalle elossa olevien ja poistettujen EKM/elinpäivä -tuotoksen välillä on se, että elossa olevien luvun voidaan ajatella ennustavan poistettujen lukua tulevaisuudessa. Toisin sanoen poistettujen EKM/elinpäivä on tyypillisesti vähintään yhtä suuri kuin elävillä eläimillä, ellei karjan koossa ole tapahtunut merkittäviä

muutoksia. Poistettujen EKM/elinpäivä puolestaan kuvaa jo tapahtuneita asioita ja tehtyjä päätöksiä. Käytettävyyden parantamiseksi EKM/elinpäivä -luvulle annettiin uusi nimi: KEP.

### 3 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

#### 3.1 Tutkimusaineisto

Kyseessä oli tapaustutkimus, Case Kotipelto, ja tutkimuksessa käytettiin valikoituja lehmäkohtaisia aineistoja ja tilatason aineistoja Kotipellon tilalta.

Kotipellon tila on perustettu vuonna 1781, ja se sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla. Sukutilan nykyinen isäntäpari on järjestyksessään yhdeksäs ja tila on ollut heidän hallussaan vuodesta 1996, josta lähtien viljelyala on viisinkertaistunut nykyiseen 200 hehtaariin. Lehmämäärää on nostettu asteittain vuosituhannen vaihteessa rakennettua 50 lehmän navettaa laajentaen. Tällä hetkellä tilalla on automaattilypsy ja noin 170 holsteinlehmää. Ensimmäiset kaksi lypsyrobotia hankittiin vuosina 2007 ja 2008, ja viimeisimmän laajennuksen yhteydessä 2019 hankittiin kolmas, käytetty robotti. Nuorkarjan kasvatus hoidetaan tilanpuutteen vuoksi toistaiseksi tilakeskuksen ulkopuolella.

Tulevaisuudensuunnitelmissa on rakentaa yhdessä toisen maatalousyrittäjän kanssa uusi 1000 lehmän yhteisnavetta, ja tavoitteena on, että siellä tuotettavan maidon voidaan osoittaa olevan hiilineutraalia.

*Taulukko 1. Kotipellon tilan lehmämäärän ja tuotoksen kehitys vuosina 2019–2023.*

	Lehmiä kpl	Maitoa /v	EKM /v	KEP / elossa olevat	KEP / poistetut	KEP / poistetut Suomen tuotosseurantatiloilla keskimäärin
2019	118,2	11193	11651	13,5	17,1	13,8
2020	144,3	11510	11918	15,4	16,8	14,0
2021	150,7	12522	12799	16,1	16,8	14,3
2022	158	12611	12919	18,1	16,5	14,5
2023	165,1	12929	13361	18,5	18,6	14,6

Taulukossa 1 on kuvattu Kotipellon tilan lehmämäärän ja maitotuotoksen kehitys viimeisen viiden vuoden aikana, eli kolmannen lypsyrobotin hankinnasta lähtien. Luvuista voidaan nähdä, miten elossa olevien KEP nousee lehmämäärän kasvaessa ensin, kun taas poistettujen KEP on noussut viiveellä. Kotipellon tilalla on ollut suomalaisten tuotosseurantatilojen keskiarvoa parempi tuotos sekä vuositasolla että KEPinä koko tarkastelujakson ajan. Vuoden 2023 aikana poistettujen eläinten KEP tuloksella (21,3 kg) he sijoittuivat ProAgrian Tilakunto-vertailussa 5 %:n

parhaimmista Suomessa luokkien hajonnan ollessa 5,7–20,1 kg EKM / elinpäivä (ProAgria, 2024a). Vaihtoehtoiset tavat laskea poistettujen eläinten KEP on esitelty sivulla 12.

Aineistona oli vuosien 2014–2023 aikana Kotipellon tilalta poistettujen lehmien (n=315) osalta seuraavat tiedot: syntymätunnus, korvanumero, nimi, syntymäpäivä, poistopäivä, sekä jokaiselta lypsykaudelta poikimapäivät, umpeenpanopäivät, ensimmäiset siemennykset ja EKM-tuotokset lypsykausittain.

Aineistosta poistettiin yksilöt, jotka olivat poistuneet karjasta ilman koelypsyjä tai joilta puuttui tieto umpeenpanopäivistä. Tämä päätös tehtiin siksi, että kyseisten tietojen puute esti haluttujen tunnuslukujen laskennan näille yksilöille. Poistettujen eläinten osuus oli kuitenkin pieni (9) ja tässä vaiheessa aineistoon jäi 306 eläintä, joten aineiston kattavuus säilyi hyvänä. Siemennystiedoista korjattiin alkionsiirtojen osalta siemennykset tapahtuneeksi 7 vrk ennen alkionsiirtopäivää ja kesken lypsykauden luoneille lehmille merkittiin umpeenpanopäiväksi poikimispäivämäärä (umpikausi = 0 pv).

Taulukkolaskentaohjelmalla laskettiin lehmien iät ensimmäisellä poikimisella ja poistohetkellä, sekä jokaiselle lypsykaudelle erikseen poikimavälit, sekä lepo- ja lypsy- ja umpikausien pituudet. Jokaiselle lehmälle laskettiin EKM-tuotokset yhteensä ja per elinpäivä, sekä lypsy- ja ummessaolopäivät yhteensä ja keskimäärin. Lopuksi laskettiin keskiarvot sarakkeittain.

*Taulukko 2. Koko tutkimusaineistoa kuvaavat tunnusluvut.*

	Minimi	Mediaani	Keskiarvo	Maksimi	Keskihajonta
KEP-tuotos	0,12	17,84	16,92	30,09	6,47
Hiehon poikimaikä, pv	580	768	780	1033	78,43
Poikimakerrat yhteensä	1	3	3,53	11	1,89
EKM 1, kg	101	10 236	10 512	25 916	3945,08
Lypsykaudet, keskimäärin, pv	11	317	313	809	113,69
Umpikaudet keskimäärin, pv	0	52	48	152	25,91

Taulukossa 2 esitellään KEPin vaihtelun yksityiskohtaiseen tarkasteluun valitut kuusi tunnuslukua. KEPin vaihtelun selittäjinä käytettiin hiehon poikimaikää, poikimakertojen määrää yhteensä, ensikkokauden EKM-tuotosta sekä lypsy- ja umpikausien keskimääräisiä pituuksia.

Rehunkulutuksen ja ruokinnan ympäristövaikutuksia sekä rehukustannusten muodostumista tarkasteltiin Kotipellon tilan ruokintatietojen perusteella. Karjakompassi -ohjelman raporttien ja rehunkulutustietojen perusteella laskettiin, kuinka ruokintakustannukset vaihtelevat erilaisilla KEP-tasoilla, ja miten erilaisten tuotostasojen edellyttämä ruokinta vaikuttaa maidon hiilijalanjälkeen.

### 3.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa selvitettiin KEPiin vaikuttavia tekijöitä, joten valittuja muuttujia ja niiden keskinäisiä suhteita tutkittiin monella tasolla:

1. Koko aineistona, laajemman yleiskuvan saamiseksi.
2. Yli 20 kg KEPiin päässeiden ryhmänä, tavoitteiden saavuttamista helpottavien minimi- ja optimiarvojen löytämiseksi.
3. Vähintään kaksi kertaa poikineiden joukkona, koska näillä eläimillä on vertailukelpoinen ensikkotuotos ja vähintään yksi umpikausi.
4. Hiilijalanjälkilaskentaa varten muodostettiin kolme KEP-tasoryhmää: keskimääräinen suomalainen tila, Kotipellon tilanne nyt ja Kotipellon tavoite tulevaisuudessa.

Alustavan regressioanalyysin perusteella alkuperäisestä aineistosta poistettiin vielä kaksi poikkeavaa havaintoa. Toinen näistä lehmistä oli poikanut ensimmäisen kerran noin vuoden vanhempana kuin seuraavaksi vanhin. Toinen lehmistä oli lypsänyt vain yhden, 800 päivän mittaisen kauden. Nämä havainnot olisivat voineet vääristää tuloksia. Lopulliseen tutkimusaineistoon jäi 304 lehmää. Poikimakerrat -muuttujan osalta todettiin 7–11 kertaa poikineita lehmiä olevan kussakin luokassa niin vähän, että ne yhdistettiin vähintään 7 kertaa poikineiden luokaksi.

Lineaarinen regressiomalli oli seuraava (kaava x):

$$y_i \sim \alpha + x_{1_i}\beta_1 + x_{2_i}\beta_2 + x_{3_i}\beta_3 + x_{4_i}\beta_4 + x_{5_i}\beta_5 + \varepsilon_i$$

missä

- Y = EKM / elinpäivä
- X<sub>1</sub> = Lypsykaudet keskimäärin (päivinä)
- X<sub>2</sub> = Poikimakerrat
- X<sub>3</sub> = EKM 1 (Ensikkokauden EKM)

- $X_4$  = Ikä 1. poikimisella
- $X_5$  = Umpikausi keskimäärin.

ja

- $\alpha$  on vakiotermi
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  ja  $\beta_5$  ovat regressiokertoimia ja
- $\varepsilon_i$  on jäännösvirhe eli residuaali

Regressioanalyysin avulla tutkittiin tilastollisesti, selittävätkö x-muuttujat KEPin vaihtelua. Tulokset esitettiin tilastollisina riippuvuuksina ilman syy-seuraussuhteen tulkintaa.

Kotipellon tavoitetasoon, eli yli 20 kg KEPiin päässeiden lehmien osalta etsittiin yhdistäviä tekijöitä. Lisäksi haettiin tunnuslukuista minimi- ja optimiarvoja, joiden toteutuessa lehmien voisi katsoa olevan mahdollista (minimi) tai todennäköistä (optimi) yltää tavoitteeseen.

Vähintään kaksi kertaa poikineiden osalta analysoitiin aiemmin valittuja KEPin vaihtelua selittäviä tekijöitä ( $x_1$ - $x_5$ ) vertailemalla parasta ja heikointa neljänneestä keskenään. Aineistosta siis poistettiin lehmät, jotka olivat poikineet vain yhden kerran, koska niille ei ollut kertynyt täyttä ensikkokauden EKM-tuotosta eikä yhtään umpikautta. Jäljelle jäi 253 lehmää, jotka jaettiin neljänneksiin KEPin perusteella. Neljänneksiä tutkittiin ensin vertailukuvioiden avulla, jonka jälkeen selvitettiin erojen tilastollista merkitsevyyttä varianssianalyysillä. Myös ensikkokauden EKM-muuttujan osalta tehtiin vastaava neljännesjaottelu, havainnointi ja varianssianalyysi.

### 3.3 KEP-tuotostasoryhmien muodostaminen

Tutkimuksessa selvitettiin valittujen tunnuslukujen mahdollisia eroja sekä yhteyksiä ruokintakustannukseen ja hiilijalanjälkeen eri KEP-tasoilla. Tätä varten aineistosta erotettiin kolme ryhmää edustamaan

- a) Suomen tuotoseurantaan kuuluvien tilojen keskiarvoa (Tilojen k-a, KEP 14,6),
- b) Kotipellon tilan nykytasoa (Kotipelto, KEP 18,6 kg) ja
- c) Kotipellon tilan tavoitetasoa (Tavoite, KEP 20 kg).

Ryhmien poiminta tehtiin järjestämällä aineisto KEPin perusteella ja valitsemalla kuhunkin ryhmään 31 lehmää, jotka olivat lähinnä mainittua keskiarvoa sen

molemmiin puolin. Ryhmäkoko määräytyi siten, ettei yksikään eläin kuulunut kahteen ryhmään.

Rehustus- ja ruokintakustannuslaskelmia varten ryhmille määritettiin keskimääräinen päivätuotos ja EKM-tuotos vuodessa, poistettujen lehmien keskipoikimakerta, tuotospäivät ja umpipäivät/tuotoskausi sekä elinpäivien määrä yhteensä (taulukko 3).

*Taulukko 3. Korjattujen elinpäivätuotosten (KEP) ryhmässä käytetyt tunnusluvut.*

	KEP 14,6 kg	KEP 18,6 kg	KEP 20 kg
Poikimaikä	783pv = 26,1kk	738pv = 24,6kk	705 = 23,5 kk
Poistettujen keskipoikimakerta	3,5	3,9	4,3
EKM / elinpäivä	14,6	18,6	20
Päivätuotos, kg EKM	31	40	45
Lypsypäivien ruokintaluokka, kg	30	40	45
Kg EKM / vuosi	10800	13300	14000
Lypsypäivät / kausi	348	327	315
Lypsypäivät yht.	1218	1275	1355
Umpipäivät / kausi	67	61	60
Umpipäivät yht.	168	177	198
Elinpäivät yht., pv	2169	2190	2258

KEP 14,6-ryhmän tunnusluvuiksi poimittiin Suomen tuotosseurantatilojen keskiarvoja, kun taas KEP 18,6-ryhmän luvut ovat Kotipellon tilan todellisia tuloksia. KEP 20-ryhmän keskipoikimakertana käytettiin ryhmää edustavien eläinten todellisten poikimisten keskiarvoa 4,3, mutta muut tunnusluvut ovat Kotipellon tilan tavoitetasoja (Sorvisto, 2024; Karlstöm 2024). Sekä Suomen tuotosseurantatilojen keskiarvot että Kotipellon vuoden 2023 tulokset ovat peräisin tuotosseurannan tilakohtaiselta vuosiraportilta (ProAgria Verkkopalvelut, 2024). Kaikki käytetyt luvut ovat realistisia ja keskenään loogisia, sillä 20 kg KEP on mahdollista saavuttaa, kun muut ryhmän c tunnusluvut toteutuvat.

### 3.4 Ruokintaryhmien muodostaminen ja rehukustannusten määrittäminen

Hiihijalanjälkilaskentaa varten laskettiin rehunkulutukset erikseen neljälle ruokintaryhmälle: i) 0-6kk, ii) 6kk - 1. poikiminen, iii) lypsyssä olevat ja iiiii)

umpilehmät. Ruokintatiedot koottiin Kotipellon tilan ruokintasuunnitelmista ja päivälaskelmista, sekä tarkoista päivittäisistä rehunkulutustiedoista vuodelta 2023 (Karlström, 2024). Rehunkulutuksina eläintä kohti käytettiin laskennallisia keskiarvoja ja syönnin oletettiin olevan tasaista kunkin kasvatusvaiheen ja tuotoskauden ajan.

Lypsykauden ruokinnat perustuivat KEP-ryhmien (KEP 14,6, 18,6 ja 20 kg) oletettuihin päivätuotostasoihin, jotka on esitetty taulukossa 3. Päiväkulutukset määriteltiin kuiva-ainekiloina säilörehulle, viljalle, täysrehulle, valkuais täydennykselle, oljelle ja melassille sekä vasikoiden osalta lisäksi juomarehulle. Jokaiselle rehulle laskettiin myös kulutus koko elinaikana ryhmittäin taulukon 1 tunnuslukuja käyttäen (taulukko 4).

Edellä esitettyjä lukuja käyttäen laskettiin rehukustannus KEP-kiloa kohti ryhmille a, b ja c. Rehunkulutuskalkeelmiin lisättiin kaikkien rehujen kuiva-ainekilojen hinnat vuoden 2023 lopulla toteutuneiden arvonlisäverottomien tilahintojen mukaisesti (taulukko 4), jolloin saatiin laskettua eri rehujen kulutuksen perusteella rehukustannus koko eliniälle. Näin saatu rehustuksen kokonaiskustannus jaettiin ryhmäkohtaisesti määritetyllä elinpäivien määrällä, jolloin saatiin keskimääräinen päiväkohtainen ruokintakustannus. Päiväkohtainen ruokintakustannus jaettiin edelleen ryhmän KEPillä, jolloin saatiin tulokseksi rehukustannus korjattua elinpäivätuotoskiloa kohti.

*Taulukko 4. Laskelmissa käytetyt rehujen kulutukset eläintä kohti KEP-ryhmittäin ja rehujen hinnat.*

Rehu, kg ka	Kulutus / KEP 14,6	Kulutus / KEP 18,6	Kulutus / KEP 20	Hinta tilalla, snt / kg ka
Säilörehu	22761	23691	26395	20
Väkirehut	2502	3668	4224	36,93
Valkuaisrehut	4184	4941	5767	38,63
Vilja	5018	5878	6870	34,88
Melassi	73	72	72	37,53
Olki	47	47	47	20
Kivennäiset	363	399	447	38,16
Juomarehu	81	81	81	204

### 3.5 Hiilijalanjäljen laskeminen

Hiilijalanjätkilaskelmat toteutettiin EnvitecVisio -ohjelmistolla Envitecpolis Oy:n asiantuntijan toimesta. EnvitecVisiolla tuotetut laskelmat noudattavat IPCC:n laskentametodologiaa ja ovat Greenhouse Gas GHG Protokollan mukaisia. Tulosten tarkkuus riittää todentamaan elintarvikeyritysten Science Based Target (SBT) tavoiteasetantaa ja seurantaa. Laskennan pohjatietoina käytettiin EnvitecVisiolla aiemmin Kotipellon tilalle tehtyjen laskelmien yhteydessä syötettyjä tietoja viljelystä, maaperästä, lannankäytöstä, energiasta ja rahdeista.

Tutkimuksessa laskettiin hiilijalanjälki kunkin KEP-ryhmän keskiarvoa edustavan lehmän koko elinikänään tuottamalle maidolle. Hiililaskelmat tehdään yleensä koko karjalle ja 12 kuukauden ajanjaksolle, mutta tässä tutkimuksessa laskennallisista syistä tarkastelu tehtiin tiivistämällä yhden esimerkkilehmän koko elinkaari vuoden mittaiseksi ja suhteuttamalla se karjaksi. Tämä tehtiin laskemalla ensin ryhmittäin, montako päivää keskiarvoeläin oli kussakin ruokintaryhmässä elämänsä aikana. Päivät muutettiin eläimiksi, jonka jälkeen eläinten määrät jokaisessa ruokintaryhmässä jaettiin poistoiällä vuosina, jolloin tarkastelujaksoksi saatiin 12 kk. Siten saatiin kolme virtuaalikarjaa, joissa vasikoiden, hiehojen, lypsissä olevien ja umpilehmien määrät ovat samassa suhteessa kuin esimerkkieläinten elinpäivät mainituissa ruokintaryhmissä (taulukko 5). Virtuaalikarjojen riittävän suuri koko auttaa myös tuomaan paremmin esiin niiden väliset erot.

*Taulukko 5. Hiililaskentaa varten muodostettujen virtuaalikarjojen eläinmäärät.*

	KEP 14,6	KEP 18,6	KEP 20
Vasikat 0–6 kk, kpl	31	30	30
Hiehot, kpl	101	92	84
Lypsävät, kpl	205	213	219
Ummessa olevat, kpl	28	29	32

On huomattava, että virtuaalikarjat kuvaavat yhden eläimen elämää, joten tarkastelussa ei ole huomioitu varmuusvaran tarvetta nuorkarjassa. Tältä osin laskentatapa ei kuvasta aitoa tilannetta tiloilla.

Hiililaskennassa maankäyttö, peltoviljely, kuivikkeet ja lannan käsittely vakioitiin ja energiapanokset huomioitiin eläinyksikköjen suhteella. Laidunnus jätettiin

yksinkertaistuksen vuoksi laskelmista pois. Muuttujina olivat siis taulukossa 3 esitetty tuotostaso, ruokinta ja taulukon 5 mukainen nuorkarjan määrä.

## 4 Tulokset

### 4.1 Koko aineiston tulokset

Tunnuslukujen hajonta oli suurta, mutta keskiarvot ja mediaanit olivat varsin lähellä toisiaan (taulukko 2). Linearisessa regressiomallissa sekä vakiotermin että jokaisen selittävän muuttujan p-arvo oli alle 0.001 (taulukko 6), eli jokainen selittäjä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Myös koko mallin F-testin p-arvo oli alle 0.001, mikä vahvisti koko mallin tilastollisen merkitsevyyden.

*Taulukko 6. Koko aineistoon sovitettu regressiomalli.*

	Kertoimen estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	p-arvo
Vakiotermi	5,37	1,47	3,66	< 0,001 ***
Hiehon poikimaikä, pv	-0,008	0,002	-4,2	< 0,001 ***
Poikimakerrat	2,24	0,09	24,75	< 0,001 ***
EKM 1, kg	0,0004	0,00006	6,73	< 0,001 ***
Lypsykaudet keskimäärin, pv	0,01	0,002	6,38	< 0,001 ***
Umpikaudet keskimäärin, pv	0,03	0,007	4,83	< 0,001 ***

Hiehojen poikimaiän regressiokertoimen estimaatti on ainoa negatiivinen, mikä tarkoittaa, että poikimaiän kasvaessa KEP pienenee. Tosin kerroin on varsin pieni, eli hiehon tiinehtymisen viivästyminen muutaman viikolla ei vielä pienennä KEPiä merkittävästi, mutta 100 päivän lisäys poikimaikään pienentäisi KEPiä 0,8 kg:lla. Poikimakertojen määrän kasvaessa yhdellä KEP kasvaa yli kahdella. Tämä on luonnollista, koska mitä useammin lehmä poikii, sitä enemmän sillä on mahdollisuus tuottaa maitoa elinaikanaan.

Ensikkokauden EKM-tuotoksen ja lypsykausien pituuden estimaatit ovat positiivisia, jolloin malli kertoo KEPin nousevan, kun ensikkotuotos paranee ja lypsykaudet pitenevät. Umpikausien pituuksien osalta on huomattava, että aineistossa kaikkien ensikkokauden aikana poistuneiden eläinten (n=51) umpikauden pituutena on nolla päivää, mikä vaikuttaa tulokseen.

## 4.2 20 kg:n KEPiin yltäneiden lehmien tulokset

Koska Kotipellon tilalla on tavoitteena nostaa poistettujen lehmien KEP 20 kiloon, tarkasteltiin tuotosrajan saavuttaneita lehmiä omana ryhmänään. 20 kg:n KEPiin yltäneiden lehmien joukossa ei ollut mukana yhtään ensikkoo ja vain yksi kaksi kertaa poikunut lehmä, kun taas aineiston kaikki vähintään seitsemän kertaa poikineet yksilöt olivat ylittäneet tämän tuotosrajan.

Taulukkolaskentaohjelman ryhmittelyssä 20 kg:n KEPiin yltäneitä lehmiä yhdisti paremmat EKM-tuotokset kaikilla tuotoskausilla kuin niillä yksilöillä, jotka oli poistettu ennen tuon tuotosrajan saavuttamista. Vastaavasti lypsykaudet olivat keskimääräisesti pidempiä yli 20 kg:n KEP-ryhmässä kuin sen alle jääneillä, mutta umpikausien pituudessa ei ollut havaittavissa eroja.

Yli 20 kg:n KEPiin päässeiden tunnusluvut on esitetty taulukossa 7. Lukuja voidaan tulkita niin, että minimiarvojen täytyminen on edellytys tavoitteeseen (KEP 20 kg) pääsulle, ja käytännössä kannattaa pyrkiä mediaanilukuihin (optimitalanne, jolla tavoitetaso on mahdollista saavuttaa). Mediaani on usein keskiarvoa luotettavampi, koska se ei reagoi yhtä herkästi poikkeuksellisen pieniin tai suuriin lukuihin kuin keskiarvo (Tietoarkisto, 2024).

*Taulukko 7. Yli 20 kg KEPiin päässeiden tunnusluvut.*

	Minimi	Mediaani	Keskiarvo	Maksimi	Keskihajonta
KEP-tuotos	20	22,63	22,99	30,03	2,32
Lypsykaudet keskimäärin, pv	253	339	350	809	73,11
Poikimakerrat	2	5	5,13	11	1,69
EKM 1, kg	7 062	10 936	11 664	25 916	2853,78
Poikimaikä, pv	660	765	782	981	71,14
Umpikaudet keskimäärin, pv	37	55	57	113	12,92

Tulosten perusteella voidaan todeta, että lehmällä on mahdollisuus päästä yli 20 kg:n KEPiin, vaikka se olisi ensimmäistä kertaa poikiessaan vasta 22 kuukauden ikäinen, lypsäisi ensikkokaudella 7000 kilon EKM-tuotoksen, tai ehtisi olla umnessa keskimäärin vain 37 päivää. Jokin lehmä voi myös onnistua kerryttämään 20 kg:n KEPin vain kahdella poikimisella tai ilman, että sen kaikki lypsykaudet ovat vähintään normaalimittaisia (305 päivää).

On vielä epätodennäköisempää, että 20 kg:n KEP täyttyisi, jos lehmä jää useamman tai jopa kaikkien muuttujien osalta minimitasolle.

Tauluko 7 minimiluvut eivät myöskään ole verrattavissa taulukon 2 koko aineiston hajontalukuihin muuten kuin poikimaiän kohdalla. Tämä aiheutuu siitä, että koko aineistossa (taulukko 2) on mukana myös pian poikimisen jälkeen poistuneita ensikoita, jolloin monet minimiarvot, erityisesti umpikauden pituus, ovat hyvin pieniä. Taulukon 7 maksimilukujen osalta voidaan todeta, että koko aineiston tunnuslukuihin (taulukko 2) verrattuna pisimpään ummessa olleet (max 152 pv) ja erityisen vanhana poikineet yksilöt (max n. 34 kk) ovat poistuneet ennen kuin ovat saavuttaneet 20 kg:n KEPin.

Aineiston perusteella hyvä ensikkokausi ei taannut hyvää KEPiä. Yli 15 000 kg EKM ensikkotuotokseen päässeitä lehmiä oli koko aineistossa 27 kpl. Paras EKM 1 tuotos oli 25 916 kg ja tämän ryhmän KEPien vaihteluväli 10,6–28,8 kg. Näistä huippuensikoista kahdeksan ylsi 20 kg:n KEPiin.

#### **4.3 Parhaat ja heikoimmat neljännekset -vertailut**

Vähintään kaksi kertaa poikineiden lehmien joukosta poimittujen KEP- ja EKM 1-tuotosten parhaiden ja heikoimpien neljännesten vertailun tulokset on esitetty taulukossa 8. Jokaisesta muuttujasta on esitetty neljänneksen keskiarvon lisäksi myös minimi- ja maksimiarvot sekä keskihajonta. Tilastollisesti merkitsevät erot on merkitty asteriskeilla.

Heikoin KEP neljännes jäi alle 16,7 KEP kiloon, kun taas paras 25 % koostui vähintään 22 kg:n KEPin saavuttaneista lehmistä. Ensikkotuotoksessa heikoimman neljänneksen korkein tuotos oli 9 300 kg EKM, ja vastaavasti paras neljännes pääsi vähintään 12 500 kg EKM-tuotokseen. Varianssianalyysin avulla havaitut parhaiden ja heikoimpien neljännesten välisten erojen tilastolliset merkitsevyydet ja varsinkin neljännesten sisäinen keskihajonta vaihtelivat muuttujittain.

Tulokset käsitellään taulukon alla muuttujittain järjestyksessä.

Taulukko 8. Korjatun elinpäivätuotoksen (KEP) ja ensikkotuotoksen (EKM1) parhaimpien ja heikoimpien neljännesten vertailu.

\*\* Tilastollisesti merkitsevä ero ( $p < 0.01$ )

\*\*\* Tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ( $p < 0.001$ )

	KEP heikoin 25 %	KEP paras 25 %	EKM 1 heikoin 25 %	EKM 1 paras 25 %
neljännes, (n)	16,7 kg (63)	22 kg (64)	9 338 kg (63)	12 574 kg (63)
KEP-tuotos, keskiarvo, (hajonta) keskihajonta	13,39 (8–16,7) 2,34	24,46 (22–30) 1,89	17,45*** (8–26,2) 4,55	20,23*** (11,9–28,8) 4
EKM 1, keskiarvo, (hajonta) keskihajonta	10 331** (6 196–19 379) 2437	11 792** (7 062–25 916) 3160	8514 (6 196–9 326) 770	14 860 (12 608–25 916) 2663
poikimakerrat keskimäärin, (hajonta) keskihajonta	2,6*** (2–5) 0,7	5,7*** (2–11) 1,8	4,2 (2–8) 1,6	3,8 (2–11) 1,6
lypsykaudet keskimäärin pv (hajonta) keskihajonta	278*** (165–501) 63	348*** (255–809) 78	307*** (189–414) 54	371*** (208–809) 101
poikimaikä keskimäärin pv, (hajonta) keskihajonta	780 (610–953) 75	784 (667–974) 73	769** (610–938) 66	799** (647–981) 80
umpikaudet keskimäärin pv (hajonta) keskihajonta	55,13 (12–152) 20,74	56,87 (39–113) 13,03	59,89 (33–152) 18,51	58,56 (22–122) 18,95

EKM 1-neljänneksiltä löytyi tilastollisesti merkitsevä ero KEPeistä, eli heikoimmin ensimmäisellä kaudella lypsäneillä myös KEP on jäänyt heikommaksi kuin parhaalla neljänneksellä. Hajonta molemmissa neljänneksissä oli todella suurta: heikolla ensikkotuotoksella on päästy jopa erinomaiseen 26 kg:n KEPiin, ja toisaalta hyvästä, yli 12 500 EKM-kilon ensikkokaudesta huolimatta KEP on jossain tapauksessa jäänyt alle 12 kiloon.

KEP-neljännesten EKM 1-tuotoksia tarkastellessa huomio kiinnittyy varsin pieniin eroihin keskiarvoissa, sekä suureen hajontaan molempien neljännesten sisällä. Heikoimmassa KEP-neljänneksessä paras ensikkotuotos on korkea, yli 19 000 kg

EKM, ja vastaavasti parhaassa neljänneksessä matalin EKM 1-tuotos on vaatimaton 7000 kg.

Vaikka ero EKM 1-tuotoksessa KEP-neljännesten välillä oli varianssianalyysissa tilastollisesti merkitsevä, hajonnan suuruuden vuoksi asiaa tutkittiin vielä tarkemmin. Shapiro-Wilkin normaalisuustestin perusteella molempien ryhmien EKM 1-muuttujat olivat normaalijakautuneita ( $p < 0,001$ ), jonka jälkeen testattiin vielä, ovatko muuttujat samalta vai eri jakaumalta. Kahden riippumattoman otoksen t-testillä p-arvoksi saatiin 0,004, joka vahvistaa muuttujien välisen tilastollisen eron. KEPin parhaan ja heikoimman neljänneksen EKM 1-tuotoksien välinen ero on siis tilastollisesti merkitsevä parhaiden hyväksi.

Poikimakertojen neljännestartastelussa tilastollinen merkitsevyys löytyi KEP-neljännesten väliltä, mutta sitä ei havaittu EKM 1-neljänneksistä. Tulos on looginen, sillä poikimakertojen lukumäärän lisääntymisen myötä kasvatusajan tuottamattomien päivien osuus lehmän elinajasta pienenee.

Lypsykausien pituuksilla oli tilastollisesti merkitsevä ero molemmissa neljännestartasteluissa: sekä EKM 1-tuotoksen, että KEPin osalta parhaalla neljänneksellä oli selvästi pidemmät lypsykaudet heikoimpaan neljännekseen verrattuna. Erityisesti huomio kiinnittyy heikoimpaan KEP-neljännekseen ja kaikkien luokkien hajonnan alimpiin arvoihin. Hyvin lyhyet lypsykaudet tarkoittavat käytännössä sitä, että lehmä on poistettu pian poikimisen jälkeen, jolloin on menetetty merkittävä osa kauden tuotantopotentiaalista. Nämä poistot ovat yleensä suunnittelemattomia ja varsinkin taloudellisesti raskaita (Heikkilä, 2013).

Poikimaikä ei vaihdellut tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0.725$ ) KEPin suhteen, mutta kuten aiemmin yli 20 kg:n KEPiin päässeiden tarkastelussa, tässäkin kaikkein nuorimpina poikineiden KEP jäi matalaksi. Myös EKM 1-tuotoksen neljänneksissä kaikkein nuorimpana poikineet ovat heikoimmassa neljännessä. Keskimääräistä vanhempina poikineissa on ollut yhtäläisesti parhaisiin ja huonoimpiin KEP- ja EKM 1-neljänneksiin luokiteltuja yksilöitä.

Umpikausissa neljänneksien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, mutta neljännesten sisällä hajonta on tämänkin ominaisuuden osalta suurta.

Keskihajonnoista voidaan kuitenkin nähdä, että molempien ominaisuuksien osalta valtaosa lehmistä sijoittuu varsin lähelle keskiarvoa.

#### 4.4 Rehunkulutus KEP-ryhmittäin

Rehunkulutuksen ero ryhmien välillä selittyy eroilla kasvatusajassa ja tuotostasoissa. Poikimaiän erojen vuoksi hiehon ruokintapäiviä kertyi KEP 14,6-ryhmälle 78 pv enemmän kuin KEP 20-ryhmälle (taulukko 1), mutta toisaalta hyvin lypsävät lehmät myös syövät enemmän kuiva-ainetta kuin heikommin lypsävät (Karlström, 2024). Riittävän energiansaannin turvaamiseksi rehustuksen väkirehuprosentti kasvaa tuotostason myötä. Koska väkirehu on huomattavasti säilörehua kalliimpaa, korkeatuottoisen lehmän lypsypäivien ja samalla koko eliniän rehukustannus muodostuu merkittävästi matalatuottoisia suuremmaksi myös elinpäivää kohti jaettuna.

Vaikka suomalaisten tilojen keskiarvoa kuvaavan KEP 14,6-ryhmän ruokintakustannus oli vertailun pienin sekä kokonaisuudessaan että elinpäivää kohden, elinikäistuotokiloa kohti kuiva-ainesyönti ja rehustuksen hinta ovat vertailun korkeimmat (taulukko 9). Erot Kotipellon nykytilan (KEP 18,6) ja tavoitteen (KEP 20) välillä ovat todella pieniä verrattuna suomalaisten tilojen keskiarvoa kuvaavaan KEP 14,6 -ryhmään, kun jakajana oli elinikäistuotos (EKM).

*Taulukko 9. Rehunkulutukset ja ruokintakustannukset KEP-ryhmittäin.*

	KEP 14,6	KEP 18,6	KEP 20
Rehunkulutus, kg ka	35029	38776	43903
Ruokintakustannus, €	9183	10405	11835
kg k-a / elinpäivä	16,15	17,71	19,44
kg k-a / elinikäistuotos (EKM)	1,11	0,95	0,97
€ / elinpäivä	4,23	4,75	5,24
€ / elinikäistuotos (EKM)	0,29	0,26	0,26

Taulukon 9 luvuista voidaan laskea, että esimerkiksi elinikäistuotoksen 40 000 kg EKM tuottaneen lehmän ruokintaan olisi kulunut 1200 € vähemmän rahaa KEP 18,6-ryhmässä verrattuna Suomen tuotosseurantatilojen keskitasoa kuvaavaan KEP 14,6-ryhmään. Taulukko havainnollistaa myös sitä, että pelkkä tieto tuotoksesta elinpäivää kohti ei yksin riitä, vaan myös kustannuksilla on merkitystä.

Väkirehun, valkuaisen ja viljan hintojen alentaminen 10 prosenttiyksiköllä pienensi e/ KEP tuloksia yhdellä sentillä KEP 14,6 ja 20-ryhmissä, ja kahdella sentillä KEP 18,6-ryhmässä, eli ruokintakustannusten keskinäiset suhteet muuttuivat hieman Kotipellon nykytilaa kuvaavan ryhmän hyväksi.

#### 4.5 Hiilijalanjäkilaskennan tulokset

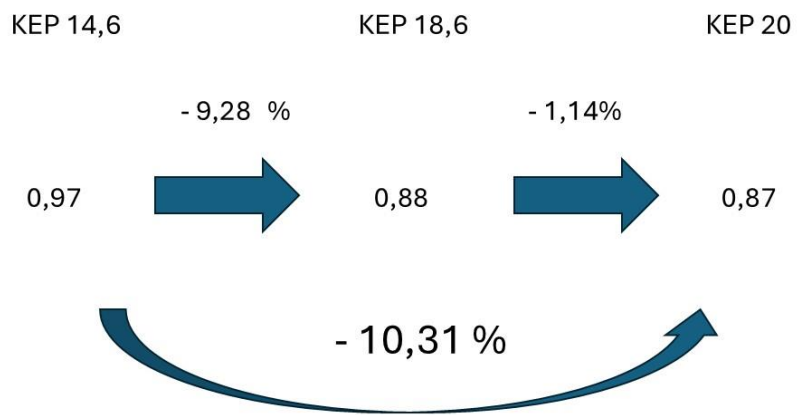
Hiilijalanjälki laskettiin erikseen kolmelle virtuaalikarjalle, jotka muodostettiin kuvaamaan Suomen tuotosseurannan keskiarvotilaa (KEP 14,6), Kotipellon nykytilaa (KEP 18,6) ja Kotipellon tavoitetilannetta (KEP 20). Virtuaalikarjojen muodostuminen kuvataan taulukossa 5.

Virtuaalikarjoissa nuorkarjan, eli vasikoiden ja hiehojen yhteenlaskettu osuus kokoniseläinmäärästä eroaa KEP-tasoryhmien välillä. KEP 14,6 -virtuaalikarjassa nuorkarjaa on 36 % kokoniseläinmäärästä, vastaavan osuuden ollessa 34 % KEP 18,6- ja 31,2 % KEP 20-virtuaalikarjoissa.

Virtuaalikarja KEP 14,6 luvuilla maidon hiilijalanjäljeksi muodostui 0,97 kg CO<sub>2</sub>e/kg. Päästöistä 49 % oli peräisin lehmien aineenvaihdunnasta, 22 % sekä rehun tuotannosta että lannan käsittelystä kummastakin ja 7 % energiasta. KEP 18,6-virtuaalikarjalla hiilijalanjälki pieneni 9,28 %, päästöjen ollessa 0,88 kg CO<sub>2</sub>e/kg. Rehuntuotannon suhteellinen osuus hiilijalanjäljestä nousi kaksi prosenttiyksikköä aineenvaihdunnan ja lannankäsittelyn osuuksien laskiessa prosentin.

KEP 20-virtuaalikarjan hiilijalanjälki oli 0,87 kg CO<sub>2</sub>e/kg. Parannusta KEP 18,6-ryhmään verrattuna oli 1,14 % ja KEP 14,6-ryhmään verrattuna vähennystä kertyi yhteensä 10,31 % (kuva 1). KEP 20-ryhmän päästöistä 48 % aiheutui lehmien aineenvaihdunnasta, 25 % rehun tuottamisesta, 21 % lannan käsittelystä ja 6 % energiasta.

Virtuaalikalajojen hiilijalanjälkilaskennan tulokset, kg CO<sub>2</sub> / kg KEP



*Kuva 1. Hiilijalanjälkilaskennan tulokset KEP-ryhmittäin*

## 5 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä tekijät selittävät KEPin vaihtelua, sekä millainen yhteys KEPillä on maidon hiilijalanjälkeen ja ruokintakustannuksiin. Vastauksena voidaan todeta, että kaikki lähempään tarkasteluun valitut viisi muuttujaa (hiehon poikimaikä, poikimakerrat yhteensä, ensikkokauden EKM-tuotos sekä lypsy- ja umpikausien pituudet) olivat tilastollisesti merkitseviä suhteessa KEPiin. KEP-tasolla on tulosten mukaan vahva yhteys maidon hiilijalanjälkeen, sekä jossain määrin myös ruokintakustannuksiin. Lisähyötynä voidaan pitää KEPin nousun myötä pienenevää uudistuseläinten tarvetta.

Tulosten tarkastelussa on huomioitava, että tässä tutkimuksessa oli käytettävissä vain lypsykausien energiakorjatut kokonaistuotokset, jotka voivat erota paljonkin yleisemmin esimerkkeinä käytetyistä 305 päivän tuotoksista tai vuosituotoksista. Ruokinnan osalta tuloksiin voi vaikuttaa se, että myös suomalaisten tuotosseurantaan kuuluvien maitotilayritysten keskiarvoa kuvaavan KEP 14,6 -ryhmän rehustus määritettiin Kotipellon rehujen ja suunnitelmien mukaan, ei valtakunnallisten keskiarvojen perusteella.

### 5.1 Tulosten tarkastelu Kotipellon tilan kannalta

Kotipellon nykyinen KEP-taso on saavutettu johtamalla navetan toimintoja kaikilla osa-alueilla erittäin ammattitaitoisesti ja tavoitteellisesti ulkopuolisia neuvontatahoja hyödyntäen. Yrittäjäpariskunta hankkii aktiivisesti uutta tietoa, he osallistuvat koulutuksiin ja pienryhmien toimintaan, ja heillä on omien kiinnostustensa mukaisesti jaetut vastuualueet. Navetan päivittäisten rutiinien hoitamisessa auttaa karjamestari, joten peltotyökiireet tai muut menot eivät vaikuta lehmien ruokintaan ja hoitoon.

Kotipellon lehmien keskituotos on noussut jo vuosia, mikä näkyy myös KEPin suurenemisena. Kymmenen vuoden aikana poistettujen lehmien aineistossa KEP oli keskimäärin 16,92 kg, viimeisten kahden vuoden aikana poistetuilla 18,6 kg ja vuoden 2023 aikana poistuneilla jo 21,3 (ProAgria 2024a; ProAgria Verkkopalvelut, 2024). Tilakohtaisissa tuloksissa elävien eläinten KEP on tyypillisesti 2–3 kg poistettujen KEPiä pienempi, mutta Kotipellon tilalla sekä elossa olevien että poistettujen luvut ovat tällä hetkellä lähes samat (18,5 ja 18,6; ProAgria Verkkopalvelut, 2024).

Kotipellon KEPin nykytila ja kehitys osoittavat, että tilan on mahdollista saavuttaa KEP tavoitteensa.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella KEP 20-tavoitteeseen pääsyä voisi edesauttaa, jos lypsykaudet olisivat hieman pidempiä ja poistettavien lehmien keskipoikimakerta saataisiin nousemaan noin viiteen. Toisaalta ensimmäisen lypsykauden EKM-tuotoksen ennusteen jäädessä selvästi alle 7 000 kg, voisi olla taloudellisesti kannattavaa poistaa eläin jo ensikkona ja jättää tilaa paremman oletusarvon omaaville yksilöille.

Hiehojen siemennyksiä voisi aikaistaa hieman nykyisestä ja toisaalta lopettaa hieman aiemmin. Sekä tämän aineiston että kansainvälisten tutkimusten perusteella alle 13 kuukauden ikäisiä tai kaksi vuotta täyttäneitä hiehoja ei kannata siementää, jos tavoitteena on mahdollisimman korkea KEP (Delgado ym., 2018; Weller & Ezra, 2015). Aihetta käsitellään tarkemmin tulosten yleisen tarkastelun yhteydessä.

Hiilineutraaliin maidontuotantoon pyrkiessä KEPin parantaminen 18,6 kilosta 20 kiloon edistää tavoitetta tämän tutkimuksen perusteella vain hieman, hiilijalanjäljen pienentyessä 1,14 %. Ruokintakustannukset EKM-elinikäistuotokiloa kohti pysyvät myös lähes ennallaan KEPin parantuessa. Varsinainen kannustin KEP-tavoitteelle löytynee siten esimerkiksi pienemmästä uudistustarpeesta ja suuremmasta katetuotosta eläinpaikkaa kohden. KEPin parantamisen vaikutuksia maidontuotannon kannattavuuteen olisi syytä tutkia tarkemmin, mm. ruokintakustannusten muutoksen osalta korkeilla KEP-tasoilla.

On hyvä muistaa, että Kotipellon tila on monella mittarilla Suomen tuotosseurantatilojen parhaimmistoa. Suurille korjausliikkeille ei siis ole tarvetta, vaan kyse on lähinnä hienosäädöstä.

## **5.2 Tulosten tarkastelu yleisesti**

Tutkimuksen tulokset ovat monilta osin siirrettävissä muillekin tiloille. Hiehojen siemennysikä on yksi siirrettävissä oleva tulos: hyvään KEPIin pyrkiessä on olennaista, että ensikot ovat poikiessaan 22–33 kuukauden ikäisiä. On myös hyvä huomioda, että regressioanalyysissä hiehojen poikimaiän estimaatti oli negatiivinen, mikä tarkoittaa, että poikimaiän kasvaessa KEP pienenee.

Suomen vuoden 2023 tuotosseurantatuloksissa EKM/elinpäivä -tuotos kääntyi laskuun, kun hiehojen poikimaikä ylitti 26 kk (ProAgria, 2024b). Kotipellon aineiston luvuista laskettu poikimaiän mediaani oli 25,5 kk. Optimaalisessa poikimaiässä on tilakohtaisia eroja. Tähän vaikuttavat mm. navetan eläintiheys ja käytettävissä oleva ruokintapöytätila (Karlström, 2024).

Erittäin nuoren poikimaiän ja matalan ensikkotuotoksen yhteys havaittu aiemmin muun muassa Hollannissa ja Belgiassa. Lähes neljän miljoonan vuosina 2000–2015 syntyneen eläimen aineistosta kootussa tutkimuksessa todettiin ensikkokauden EKM-tuotoksen olevan heikoin 21–22 kuukauden iässä poikineilla lehmillä ja nousevan aina 33 kuukauden poikimaikään saakka (Van Eetvelde ym., 2020). Myös noin 8 500 lehmää käsittäneessä tutkimuksessa (Mohd Nor ym., 2013) havaittiin sama ilmiö: ensimmäisen 305 päivän EKM-tuotos parani tasaisesti poikimaiän noustessa ikävälillä 20–25 kuukautta.

Huomioiden koko lehmän eliniän, taloudellisesti kannattavinta oli sekä kanadalaisen (Delgado ym., 2018) että israelilaisen (Weller & Ezra, 2015) tutkimuksen mukaan poistaa lehmät ensimmäisen kerran 23–24 kuukauden iässä, ja heikoimmat elinikäistuotot olivat 19–21 ja 31–34 kuukauden iässä poikineiden ryhmissä, mikä eroaa vain vähän tämän tutkimuksen tuloksista poikimaiän ja KEPin suhteen.

Vähintään kaksi kertaa poikineiden tarkastelussa poikimakertojen mediaani oli 5 ja keskiarvo 5,13, mitä voi tämän aineiston perusteella pitää tavoitteena, kun tavoitellaan 20 kg KEPiä. Tulos on yhdenmukainen myös taloudellisesti optimaalisinta uudistusprosenttia ja tuotantoikää käsitelleiden tutkimusten kanssa (De Vries, 2020; Heikkilä, 2013), mikä vahvistaa käsitystä siitä, että hyvään KEPiin pyrkiminen on myös taloudellisesti kannattavaa.

Ummessaolokausi on tärkeä lehmän palautumisen ja seuraavan lypsykauden onnistumisen kannalta, mutta samalla ummessa oleva lehmä tuottaa hiililaskennassa päästöjä, vaikka se ei tuota maitoa. Tässä vastakkainasettelussa on erittäin tärkeää huomioida eläinten hyvinvointi. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan lyhyt ummessaoloaika vaikuttaa kielteisesti KEPiin (minimi 37 pv, taulukko 7). Toisaalta erityisen pitkästä ummessaolosta ei ole lehmälle hyötyä. Umpikauden pituuden rajaaminen noin kahteen kuukauteen on myös taloudellisesti kannattavaa (Kulak ym., 1997).

Suoria positiivisia talousvaikutuksia KEPin nostamisesta Suomen keskitasolta Kotipellon nykytasolle tuo kolme senttiä pienempi rehukustannus / elinikäistuotoskiloa (EKM) kohti. KEP 18,6 ja KEP 20-ryhmien välillä saattaa tämän aineiston perusteella olla havaittavissa vähenevän lisätuoton laki korkeimpien KEP-kilojen vaatimien kuiva-ainekilojen ja niiden kustannuksen kohdalla, sillä alhaisimmat rehukustannukset tulokset ovat keskimmaisella, KEP 18,6-ryhmällä.

KEP on yhteydessä maidontuotannon kannattavuuteen myös maidon pitoisuuksien kautta. Mitä korkeammat rasva- ja valkuaispitoisuudet maidossa on, sitä parempaa hintaa meijerit siitä maksavat, ja samalla korkeampi KEP on mahdollista saavuttaa ilman huippuherumisia. Erityisesti tilanteessa, jossa lehmäpaikkojen määrä on rajallinen, kannattaa pyrkiä KEP 20 kg -tasolle, koska katetta eläinpaikkaa kohti syntyy silloin eniten.

KEPin parantuessa myös nuorkarjatilojen tarve voi vähentyä huomattavasti. Virtuaalikarjojen vasikoiden ja hiehojen yhteenlaskettu osuus suhteessa lypsäviin ja ummessa oleviin lehmiin oli KEP 14,6-karjassa 36 %, kun taas KEP 20-karjassa vastaava luku oli 31,2 %. Keskipituisessa kuudenkymmenen lehmän karjassa ero tarkoittaa kolmea eläintä vuodessa. Kahdensadan lehmän karjassa muutos olisi vastaavasti suurempi, nuorkarjapaikkoja tarvittaisiin 10 kpl vähemmän kuin nykyistä keskitasoa kuvaavalla ikäjakaumalla. Uudistuseläinten kasvatuskustannukset ovat vähintään 1500–2500 euroa poikivaa hiehoa kohti tilakohtaisen vaihtelun ollessa suurta (Jääskeläinen, 2013, Heikkilä, 2006). KEPin paranemisen myötä pienentyvä uudistuseläinten tarve parantaa siten myös maidontuotannon kannattavuutta.

Uudistukseen käytettävien eläinten pienempi tarve mahdollistaa liharotusiemennysten osuuden kasvattamisen, jolloin välitysvasikoista saadaan parempi hinta (risteytyslisä). Vaihtoehtoisesti vapautuvilla parsipaikoilla voi kasvattaa lihahiehoja teuraskypsäksi saakka tai kasvattaa lypsyrotuisia hiehoja myyntiin. Näiden vaihtoehtojen vaikutusta kustannusrakenteeseen tai maidon hiilijalanjälkeen ei selvitetty tässä tutkimuksessa.

Jos keskimääräinen suomalainen maitotila onnistuisi parantamaan KEPIä nykyisestä 14,6 kilosta 20 kiloon, tämän tutkimuksen tulosten perusteella maidon hiilijalanjälki pienenesi huikeat 10,31 %. Jos keskivertokarja onnistuisi nostamaan KEPin Kotipellon nykyiselle 18,6-tasolle, päästövähenemä olisi 9,28 %. Se on suurempi kuin

Suomessa tilatasolla toteutetun Bovaer -tutkimuksen keskiarvo 8,37 % (Sallinen, 2024). Hiilitaselaskennan tulokset vastasivat suuruusluokaltaan muun muassa Huhtasen ym. (2022) esittämiä lukuja.

KEPin arvoa hiilijalanjäljen pienentämisessä lisää se, että tuloksen parantamiseen riittää hyvä ammattitaito, asianmukaiset olosuhteet ja tavoitetta tukevat hoitokäytänteet. Näiden tulosten perusteella hiilijalanjäljen pienentäminen elinpäiväkohtaista tuotosta eli KEPiä parantamalla pienentää samalla rehukustannusta tuotettua EKM-kiloa kohti ilman lisäinvestointeja. Koska eläinperäisen ruoan, mukaan lukien maito, kysyntä on maailmanlaajuisesti kasvussa, päästövähennysstrategioista parhaita ja suositeltavimpia ovat ne, jotka vaikuttavat yhtäaikaaisesti tuotokseen positiivisesti (Arndt ym., 2022).

Lisätutkimus olisi tarpeen, sillä aiheesta ei löytynyt kansainvälisiä tutkimuksia, eikä tuloksia voi siten vertailla aiempiin julkaisuihin. Tämän tutkimuksen perusteella KEPiä voisi käyttää yhtenä maitotilan vastuullisuuden indikaattorina tai tietyn tasoinen KEP voisi olla peruste meijerin maksamalle maidon vastuullisuudelle.

KEPin parantamiseen tähtäävät toimet voisi aloittaa seuraavaa listaa hyväksi käyttäen:

1. Mistä tekijöistä nykyinen KEP-taso muodostuu ja missä osa-alueissa on eniten parannettavaa.
2. Onko karjan keskituotos tai maidon pitoisuudet keskimääräistä heikommat, ja mistä se johtuu?
3. Mikä on hiehojen poikimaikä, entä lehmien keskipoikimakerta tai poistoikä ja miksi?
4. Kohtaavatko ruokintaosaaminen, eläinaineksen jalostuksellinen taso ja hoitokäytänteet niin, että lehmät jaksavat lypsää aina kauden loppuun saakka, vai joudutaanko umpikausia pidentämään?
5. Laitetaanko terveitä, vanhempia lehmiä teuraaksi sen takia, että poikivia hiehoja on kasvatettu liikaa?
6. Millainen käytäntö tilalla on maltillisesti heruvien hiehojen kanssa, poistetaanko niitä liian kevyin perustein?
7. Jos karjaa on kasvatettu lähimenneisyydessä ostamalla hiehoja, KEP nousee itsestään sitä mukaa kun suuret ikäluokat poikivat useamman kerran.

Suomessa yleisesti käytetystä Minun Maatilani -tuotannonhallintaohjelmistossa ei toistaiseksi esitetä lehmäkohtaisia KEP-lukuja tuotosseurantaan kuuluvilla

tiloillakaan, vaan ne on laskettava itse iän ja EKM-tuotoksen avulla. Jos ohjelmisto tuottaisi lehmäkohtaiset KEP-luvut ja jos karjan keskimääräiset KEPit saisi tietoon useammin kuin kerran vuodessa, KEPin käyttö tuotantotoiminnan onnistumisen mittarina voisi lisääntyä merkittävästi. Toisaalta taulukkolaskentaohjelmaa hyödyntämällä elossa olevien eläinten KEPin laskeminen on melko helppoa, kuuluipa tila tuotosseurantaan tai ei. Olennaisinta lienee, että KEPin hyödyntämismahdollisuuksista tuotetaan lisää tietoa sekä tuottajien että neuvonnan käyttöön.

Mielenkiintoisia jatkotutkimusaiheita on useita. KEPin parantamisen taloudellisia hyötyjä tulisi laskea tarkemmin huomioiden myös pienemmän uudistuseläintarpeen vaikutus maidon tuotantokustannukseen. Lisäksi olisi hyvä tutkia erilaisten ruokintastrategioiden vaikutusta KEPin ja maidon hiilijalanjäljen keskinäisiin suhteisiin, sekä kokonaispäästövähennystä tilanteessa, jossa käytetään KEPin parantamisen lisäksi yhtäaikaisesti muita navetan sisäisiin toimintoihin kohdistuvia päästövähennystyökaluja.

Tämä tutkimus perustuu yhden tilan kymmenen vuoden aikana poistettuihin lehmiin ja yhden vuoden ruokintatietoihin, joten tulokset eivät ole yleistettävissä, mutta ne ovat siirrettävissä. Tulokset antavat viitteitä eri muuttujien keskinäisistä suhteista ja vaikutuksista toisiinsa sekä hyvän perustan lisätutkimuksille.

## 6 Johtopäätökset

Tutkimushypoteeseina oli, että KEPin parantaminen pienentää sekä maidon hiilijalanjälkeä että ruokintakustannusta lehmän elinikäistuotoskiloa (EKM) kohden. Tulosten perusteella hypoteesien voidaan katsoa toteutuvan, ja samoin saatiin vastaukset molempiin tutkimuskysymyksiin, jotka koskivat KEPin vaihtelua selittäviä tekijöitä sekä KEPin yhteyttä maidon hiilijalanjälkeen ja ruokintakustannuksiin.

Kaikki tarkasteluun valitut muuttujat olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä KEPin vaihtelua selittäviä tekijöitä, joten niitä on mahdollista käyttää päätöksentekoa ohjaavina tunnuslukuina pyrittäessä korkeampaan KEPiin. Poikimaiälle, ensikkotuotokselle (EKM), poikimisten lukumäärälle sekä lypsy- ja umpikausien pituuksille pystyttiin määrittämään minimi- ja tavoitearvot 20 kg:n KEPiin pääsemiseksi

Maidon hiilijalanjätkilaskennassa saatu 10,31 % vähenemä Suomen tuotosseurantatilojen keskiarvoa kuvaavan KEP 14,6- ja Kotipellon tavoitetilaa edustavan KEP 20-virtuaalikarjan välillä on merkittävä tulos. Tulokselle tuo lisäarvoa se, että ympäristöhyödyn lisäksi KEPin parantamisella on myönteinen vaikutus myös maidontuotannon taloudelliseen, sekä mahdollisesti myös sosiaaliseen kestävyteen. Kaikkein merkittävintä on, että edistys on saavutettavissa yksinkertaisesti hyvän ammattitaidon ja sopivien hoitokäytänteiden kautta.

Vertailtaessa ruokintakustannuksia KEP-tasojen välillä tuloksena oli 0,03 € edullisempi rehustus elinikäistuotoskiloa (EKM) kohden KEP 18,6- ja KEP 20 -ryhmissä verrattuna KEP 14,6-ryhmään. Tämä kustannussäästö yhdessä pienemmän uudistuseläintarpeen kanssa tuo merkittävän taloudellisen kannustimen KEPin parantamiseen.

## 7 Kiitokset

Gradut eivät valmistu itsekseen, eivätkä edes yksin. Minulla on ollut ilo ja kunnia nauttia monen oman alansa rautaisen ammattilaisen ohjauksesta, avusta ja neuvoista tämän tutkimusmatkan aikana.

Suuret ja sydämelliset kiitokset tutkimuksen ideasta ja aineistosta Kotipellon tilan Sari ja Marko Sorvistolle, sekä työn ohjauksesta professori Timo Sipiläiselle ja Envitecpolisin Senja Arffmanille.

Arvostan suuresti myös tälle työlle aivojaan lainanneiden yliopettaja Heli Wahlroosin (KEP-sanan äiti!), huippuasiantuntijoiden Ida Korhosen ja Tiina Karlströmin, datavelho Julius Kallion sekä opponenttina toimineen Riikka Karjalaisen panosta, kiitos vielä kerran!

Isot kiitokset kuuluvat myös vahvana taustatukena koko prosessin ajan olleille mentori Timo Kurpalle, miehelleni Lasselle ja koko perheelle, sekä ystäville, jotka jaksoivat kuunnella ja kannustaa alusta loppuun. Ilman teitä kaikkia en olisi tässä.

## 8 Lähteet

- Aguerre, M. J., Wattiaux, M. A., Powell, J. M., Broderick, G. A., & Arndt, C. (2011). Effect of forage-to-concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide, and ammonia, lactation performance, and manure excretion. *Journal of Dairy Science*, *94*(6), 3081–3093.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2010-4011>
- Alvåsen, K., Dohoo, I., Roth, A., & Emanuelson, U. (2018). Farm characteristics and management routines related to cow longevity: A survey among Swedish dairy farmers. *Acta Veterinaria Scandinavica*, *60*(1), 38.  
<https://doi.org/10.1186/s13028-018-0390-8>
- Arndt, C., Hristov, A. N., Price, W. J., McClelland, S. C., Pelaez, A. M., Cueva, S. F., Oh, J., Dijkstra, J., Bannink, A., Bayat, A. R., Crompton, L. A., Eugène, M. A., Enahoro, D., Kebreab, E., Kreuzer, M., McGee, M., Martin, C., Newbold, C. J., Reynolds, C. K., ... Yu, Z. (2022). Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 °C target by 2030 but not 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *119*(20), e2111294119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2111294119>
- Boulton, A. C., Rushton, J., & Wathes, D. C. (2017). An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. *Animal*, *11*(8), 1372–1380.  
<https://doi.org/10.1017/S1751731117000064>
- Clasen, J. B., Fikse, W. F., Ramin, M., & Lindberg, M. (2024). Effects of herd management decisions on dairy cow longevity, farm profitability, and emissions of enteric methane – a simulation study of milk and beef production. *animal*, *18*(2), 101051.  
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.101051>
- Dallago, G., Wade, K., Cue, R., McClure, J. T., Lacroix, R., Pellerin, D., & Vasseur, E. (2021). Keeping Dairy Cows for Longer: A Critical Literature Review on Dairy Cow Longevity in High Milk-Producing Countries. *Animals*, *11*, 808.  
<https://doi.org/10.3390/ani11030808>
- De Vries, A. (2020). Symposium review: Why revisit dairy cattle productive lifespan? *Journal of Dairy Science*, *103*(4), 3838–3845.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17361>

- Delgado, H. A., Cue, R. I., Haine, D., Sewalem, A., Lacroix, R., Lefebvre, D., Dubuc, J., Bouchard, E., & Wade, K. M. (2018). Profitability measures as decision-making tools for Québec dairy herds. *Canadian Journal of Animal Science*, 98(1), 18–31. <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0202>
- EU. (2024). *Agriculture and rural development*. Euroopan Unioni. [https://agriculture.ec.europa.eu/sustainability\\_fi](https://agriculture.ec.europa.eu/sustainability_fi)
- FAO. (2010). *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector A Life Cycle Assessment* [Dataset]. <http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf>
- Grandl, F., Furger, M., Kreuzer, M., & Zehetmeier, M. (2019). Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. *Animal*, 13(1), 198–208. <https://doi.org/10.1017/S175173111800112X>
- Grandl, F., Luzi, S. P., Furger, M., Zeitz, J. O., Leiber, F., Ortmann, S., Clauss, M., Kreuzer, M., & Schwarm, A. (2016). Biological implications of longevity in dairy cows: 1. Changes in feed intake, feeding behavior, and digestion with age. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3457–3471. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10261>
- Hakala, T., Nokka, S., & Sarjokari, K. (2022). Hallittu uudistus osa 1: Kaikki voittavat. *Maito ja Me, 2022*. <https://www.maitojame.fi/artikkelit/hallittu-uudistus-osa-1-kaikki-voittavat/>
- Han, R., Kok, A., Mourits, M., & Hogeveen, H. (2024). Effects of extending dairy cow longevity by adjusted reproduction management decisions on partial net return and greenhouse gas emissions: A dynamic stochastic herd simulation study. *Journal of Dairy Science*, 107(9), 6902–6912. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24089>
- Heikkilä, A.-M. (2006). Kestävä lehmä. Lypsylehmien poiston syyt ja kestävyiden taloudellinen merkitys. MTT. [www.mtt.fi/mmts/pdf/mmts112.pdf](http://www.mtt.fi/mmts/pdf/mmts112.pdf)
- Heikkilä, A.-M. (2013). Replacement decisions on Finnish dairy farms—Toward better economic performance with novel technology and sustainable herds.
- Hietanen, H. (2024, elokuuta 19). *EKM/elinpäivä, laskentatavat* [Henkilökohtainen viestintä].
- Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia*. (2022). Työ- ja elinkeinoministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-811-0>

- Huhtanen, P., Astaptsev, A., & Nousianen, J. (2022). Methane production inventory between 1960-2020 in the Finnish dairy sector and the future mitigation scenarios. *Agricultural and Food Science*, 2022(31).  
<https://journal.fi/afs/article/view/113752>
- Jia, P., Tu, Y., Liu, Z., Lai, Q., Li, F., Dong, L., & Diao, Q. (2022). Characterization and mitigation option of greenhouse gas emissions from lactating Holstein dairy cows in East China. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 88.  
<https://doi.org/10.1186/s40104-022-00721-3>
- Jääskeläinen, M. (2013). *eHieho Tuotantokustannuslaskurin kehittäminen* [Savonia AMK].  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54113/Jaaskelainen\\_Marita.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54113/Jaaskelainen_Marita.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Karlström, T. (2024, elokuuta 28). *Kotipellon karjan ruokinta* [Puhelin, sähköposti].
- Kebreab, E., Bannink, A., Pressman, E. M., Walker, N., Karagiannis, A., van Gastelen, S., & Dijkstra, J. (2023). A meta-analysis of effects of 3-nitrooxypropanol on methane production, yield, and intensity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 106(2), 927–936. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22211>
- Kiljunen, J. (2024, elokuuta 6). *EKM/elinpäivä koostumus* [Henkilökohtainen viestintä].
- Knapp, J., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W., & Tricarico, J. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of dairy science*, 97.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2013-7234>
- Korhonen, I. (2024, syyskuuta 14). *EKM/elinpäivä -tunnusluvun käyttö* [Puhelu].
- Kulak, K. K., Dekkers, J. C. M., McAllister, A. J., & Lee, A. J. (1997). Lifetime profitability measures for dairy cows and their relationships to lifetime performance traits. *Canadian Journal of Animal Science*, 77(4), 609–616.  
<https://doi.org/10.4141/A96-128>
- Lehtonen, H., Saarnio, S., Luostarinen, S., Maanavilja, L., Heikkinen, J., Soini, K., Aaakkula, J., Jallinoja, M., Rasi, S., & Niemi, J. (2020). *Maatalouden ilmastotiekartta*. MTK ry.  
[https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/546180/MTK\\_Maatalouden\\_ilmastotiekartta\\_v3.pdf](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/546180/MTK_Maatalouden_ilmastotiekartta_v3.pdf)

- Llonch, P., Haskell, M., Dewhurst, R., & Turner, S. (2016). Current available strategies to mitigate greenhouse gas emissions in livestock systems: An animal welfare perspective. *animal*, 1, 1–11.  
<https://doi.org/10.1017/S1751731116001440>
- Luke. (2024). *Rehutaulukot—Märehtijät* [Dataset].  
<https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/rehutaulukot-ja-ruokintasuositukset/rehutaulukot-marehtijat/rehutaulukot-marehtijat>
- Mohd Nor, N., Steeneveld, W., van Werven, T., Mourits, M. C. M., & Hogeveen, H. (2013). First-calving age and first-lactation milk production on Dutch dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 981–992.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2012-5741>
- Mäki-Asiala, H. (2021). *Maidontuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisvaihtoehtojen vertailu* [Maisterintutkielma, Helsingin Yliopisto].  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-202112214429>
- Pickering, N. K., Oddy, V. H., Basarab, J., & Cammack, K. (2015). Animal board invited review: Genetic possibilities to reduce enteric methane emissions from ruminants. *Animal*, 2015(9), 1431–1440.
- ProAgria. (2024a). *Tilakunto-raportti* [Dataset].
- ProAgria. (2024b). *Tuotosseurannan tulokset 2023* [Dataset].  
<https://www.proagria.fi/uploads/Lypsykarjan-tuotosseurannan-tulokset-20231.pdf>
- ProAgria Verkkopalvelut. (2024). *Tuotosseurannan vuosiraportti 2023* [Dataset].
- Puupponen, A., Lonkila, A., Savikurki, A., Karttunen, K., Huttunen, S., & Ott, A. (2022). Finnish dairy farmers' perceptions of justice in the transition to carbon-neutral farming. *Journal of Rural Studies*, 90, 104–112.  
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.01.014>
- Rotz, C. A., Montes, F., & Chianese, D. S. (2010). The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *Journal of Dairy Science*, 2010(93), 1266–1282.
- Sallinen, A. (2024). *3-NOP-lisäaineen metaanipäästövähennysten taloudellinen arvo ja sen käytettävyys suomalaisilla maitotiloilla* [Maisterintutkielma, Helsingin Yliopisto].  
<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/409c2841-5e0d-41ef-a97c-ba0fe9fbc2b4/content>

- Schuster, J., De Vries, A., Kelton, D., & Orsel, K. (2020). Invited review: Academic and applied approach to evaluating longevity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *103*, 11008–11024. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19043>
- Sorvisto, M. (2024, huhtikuuta 20). *Kotipellon tilan tuotanto ja tavoitteet* [Puhelin]. Tietoarkisto. (2024). *Keskiluvut* [Dataset]. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/keskiluvut/keskiluvut/>
- Tilastokeskus. (2024). *Metaanipäästöt Suomessa 2022* [Dataset].
- Van Eetvelde, M., de Jong, G., Verdru, K., van Pelt, M. L., Meesters, M., & Opsomer, G. (2020). A large-scale study on the effect of age at first calving, dam parity, and birth and calving month on first-lactation milk yield in Holstein Friesian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *103*(12), 11515–11523. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18431>
- van Gastelen, S., Jan van Dooren, H., & Bannink, A. (2023). Enteric and manure emissions from Holstein-Friesian dairy cattle fed grass silage-based or corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, *106*(9), 6094–6113. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22378>
- Weller, J. I., & Ezra, E. (2015). Environmental and genetic factors affecting cow survival of Israeli Holsteins. *Journal of Dairy Science*, *98*(1), 676–684. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8650>
- Zhang, Q., Difford, G., Sahana, G., Løvendahl, P., Lassen, J., Lund, M. S., Guldbbrandtsen, B., & Janss, L. (2020). Bayesian modeling reveals host genetics associated with rumen microbiota jointly influence methane emission in dairy cows. *The ISME Journal*, *14*(8), 2019–2033. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0663-x>
- Zira, S., Bouquet, A., Rydhmer, L., Kargo, M., & Puillet, L. (2023). Carbon footprint based on lifetime productivity for future cows selected for resilience to climate-related disturbances. *Journal of Dairy Science*, *106*(12), 8953–8968. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23492>