



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 67/2022

Sian- ja broilerinlihan ympäristökilpailukyky

Sanna Hietala, Kirsi Usva, Virpi Vorne,
Marja-Liisa Vieraankivi, Jouni Nousiainen ja Ilkka Leinonen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 67/2022

Sian- ja broilerinlihan ympäristökilpailukyky

Sanna Hietala, Kirsi Usva, Virpi Vorne,
Marja-Liisa Vieraankivi, Jouni Nousiainen ja Ilkka Leinonen



HKSCAN



Maa- ja metsätalousministeriö

Viittausohje:

Hietala, S., Usva, K., Vorne, V., Vieraankivi, M.-L., Nousiainen, J. & Leinonen, I. 2022. Sian- ja broilerinlihan ympäristökilpailukyky. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 67/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 78 s.

Sanna Hietala ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0003-0047-5973>



ISBN 978-952-380-485-2 (Painettu)

ISBN 978-952-380-486-9 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-486-9>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Sanna Hietala, Kirsi Usva, Virpi Vorne, Marja-Liisa Vieraankivi,

Jouni Nousiainen ja Ilkka Leinonen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2023

Julkaisuvuosi: 2023

Kannen kuva: Luken kuvapankki

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.omapumu/com/fi>

Tiivistelmä

Sanna Hietala¹, Kirsi Usva², Virpi Vorne¹, Marja-Liisa Vieraankivi², Jouni Nousiainen²
ja Ilkka Leinonen³

¹ Luonnonvarakeskus, Paavo Havaksentie 3 90570 Oulu

² Luonnonvarakeskus, Tietotie 4 31600 Jokioinen

³ Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9 00790 Helsinki

Sian- ja broilerinlihan ympäristökilpailukyky (SBYM) -hankkeessa pyrittiin selvittämään suomalaisen sian- ja broilerinlihan ympäristösuorituskyky ilmastovaikutuksen (hiilijalanjälki) sekä vedenkulutuksesta johtuvien vaikutusten (vesijalanjälki) osalta. Suomalaisen lihantuotannon ympäristösuorituskyky on yksi ydinkysymyksistä kotimaisen lihan kilpailukyvyyn ja viennin edistämiseksi. Elinkaariarvioinnin tavoitteena on arvioida tuotantoa Euroopan komission suosittelemien laskentaohjeistusten mukaan (Product Environmental Footprint, PEF). Näiden harmonisoitujen arviointiohjeistuksien tavoitteena on luotettava tuotekohtainen vertailtavuus myös kansainvälisesti. Hankkeessa pyrittiin tunnistamaan ilmastovaikutuksen ja vesijalanjäljen kanalta keskeisimmät tekijät, niin heikkoudet kuin vahvuudetkin.

Tyypillistä suomalaista sianlihantuotantoa vastaavan sianlihan ilmastovaikutus oli 3,6 kg CO₂ ekv per teuras-kg. Sianlihatuotannossa valtaosa päästöistä syntyy kotimaisten rehukasvien tuotannosta, sillä niiden osuus ruokinnassa on merkittävä. Toisaalta sianlihatuotanto pystyy hyvin jo nykyisellään hyödyntämään elintarviketeollisuuden sivuvirtoja, kuten ohravalkuaisrehua (OVR) ja heraa sekä jossain tapauksissa myös mäskiä. Näiden käyttö valkuaislähteenä on jo parantanut tuotannon ympäristökilpailukykyä. Suomalaisen tyypillisen sianlihan vesiniukkuusvaikutus oli 0,7 m³ ekv per teuras-kg. Vesiniukkuuden osalta erityisesti teolliset rehuvalmisteet ja niiden sisältämät tuontiraaka-aineet korostuivat esim. kasteluvesien ja tuotantopanoksien vuoksi. Tuloksissa rehukoostumuksen ja rehuvalmisteiden kehittämisen lisäksi myös lannan käsittelyn ja varastoinnin kehittäminen nähtiin tarpeelliseksi päästöjen pienentämiseksi. Osalla tiloista on jo käytössä biokaasulaitoksia lannan päästöjen vähentämiseksi ja energian hyödyntämiseen.

Suomalaisen broilerinlihan ilmastovaikutus oli 2,37 kg CO₂ ekv per teuras-kg. Broilerituotannossa oleelliseksi päästölähteeksi nousi maankäytön muutos ja vähentämistoimeksi soijan korvaaminen vaihtoehtoisilla valkuaislähteillä. Kuten sianlihantuotannonkin osalta, myös kotimaisen viljelyn ympäristösuorituskyvyn parantaminen pienentäisi broilerinlihan vaikutuksia edelleen. Broilerinlihan vesiniukkuusvaikutus oli 0,54 m³ ekv per teuras-kg. Vedenkäytön arvioinnissa suurin vaikutus oli teollisten rehujen raaka-aineilla. Maissin käyttö broilerinrehuissa on ollut tilapäistä, mutta silti sen osuus laskennassa korostui. Raaka-aineiden valinta sekä niiden alkuperän huomioiminen nähtiin ensiarvoisen tärkeäksi. Broilerinlihan tuotanto on vahvasti ohjattua ja optimoitua, mikä parantaa ympäristösuorituskykyä. Lisäksi tilojen uusiutuvien lämmityspolttoaineiden käyttö nähtiin eduksi.

Tässä tutkimuksessa sianlihan maankäytön muutoksen suhteellinen (ja myös absoluuttinen) osuus oli kotimaisessa tuotannossa pienempi verrattuna kansainvälisen tutkimuksen aineistoon, mikä selittää vähäinen eteläamerikkalaisen soijan käyttö. Broilerin tulosta voidaan myös suuntaa antavasti vertailla noin 15 vuoden takaiseen suomalaiseen tutkimukseen, ja todeta, että ilmastovaikutus on tuotannon kehittyessä pienentynyt.

Kansainvälisessä vertailuaineistossa vaihtelu vesiniukkuusvaikutuksissa on todella suurta. Sama havainto tehtiin tässä tutkimuksessa, missä pienet vaihtelut broilerirehuresepteissä aiheuttivat

kymmenien prosenttien vaihtelun vesiniukkuustuloksiin. Koska AWARE-menetelmä on vielä uusi, ja eri tutkimusten tulokset heilahtelevat vielä johtuen mm. datahaasteista, tulee kaikkiin vesiniukkuusarviointeihin suhtautua toistaiseksi varauksella.

Asiasanat: hiilijalanjälki, vesijalanjälki, sianlihantuotanto, broilerituotanto, PEF, AWARE

Sisällys

1. Johdanto	8
2. Sianlihan tuotanto	11
2.1. Tuotantoketju.....	11
2.2. Ruokinta.....	12
2.3. Tuotannon muut panokset.....	12
2.4. Teurastamo.....	12
2.5. Sianlihan tuotanto tilastoissa	13
2.5.1. Sianlihan teuras- ja tuotantomäärät	13
2.5.2. Tilojen ja eläinten lukumäärät	15
3. Broilerinlihan tuotanto.....	16
3.1. Tuotantoketju.....	16
3.2. Ruokinta.....	16
3.3. Tuotannon muut panokset.....	17
3.4. Teurastamo.....	17
3.5. Sivutuotteet ja jätteet.....	17
3.6. Broilerituotanto tilastoissa.....	18
3.6.1. Broilerinlihan tuotantomäärät	18
3.6.2. Broilereiden ja tuotantotilojen lukumäärät	18
4. Materiaali ja menetelmät	19
4.1. Elinkaariarvioinnin tavoitteen ja soveltamisalan määrittely.....	19
4.1.1. Tuoteryhmäkohtaiset laskentaohjeistukset – Product Environmental Footprint (PEF) lyhyesti.....	19
4.1.2. Tavoite ja soveltamisala	19
4.1.3. Toiminnallinen yksikkö ja järjestelmärajaus	19
4.1.4. Arvioinnissa käytetty aineisto broilerin- ja sianlihatuotannosta	21
4.2. Sika- ja broileritilojen ja teurastamoiden inventaario.....	22
4.2.1. Sikatilojen kysely.....	23
4.2.2. Sikala-aineiston täydentäminen laskennallisin arvoin	24
4.2.3. Broileritilojen ja -munittamoiden kyselyt sekä laaja tila-aineisto.....	24
4.2.4. Broileriaineiston täydentäminen laskennallisin arvoin.....	24
4.2.5. Tiedonkeruu teurastamoilta	24
4.3. Rehu- ja muun panostuotannon inventaario.....	25

4.3.1.	Yleiset panostiedot	26
4.3.2.	Rehuvalmisteiden raaka-ainetiedot	26
4.3.3.	Kotimaiset rehukasvit ja tiloilla tuotetut rehut	27
4.3.4.	Rehuvalmisteiden ja -kasvien sekundääriaineisto	29
4.3.5.	Rehudatan täydentäminen laskennallisin arvoin	30
4.3.6.	Rehukuljetukset.....	31
4.4.	Päästölaskenta	31
4.4.1.	Eläinten typeneritys	31
4.4.2.	Eläintuotannon ja lannankäsittelyn päästölaskenta.....	32
4.4.3.	Kasvintuotannon päästölaskenta	33
4.5.	Allokointi ja karakterisointi.....	35
4.5.1.	Allokoinnit	35
4.5.2.	Karakterisointi	35
4.6.	Kansallisen arvion muodostaminen – yhteenveto	36
4.6.1.	Suomalaisen sianlihan ilmasto- ja vesiniukkuusarvio.....	36
4.6.2.	Suomalaisen broilerinlihan ilmasto- ja vesiniukkuusarvio.....	37
5.	Tulokset.....	38
5.1.	Aineistoista lasketut tunnusluvut.....	38
5.1.1.	Sikatiilojen Webropol -kyselyjen tulokset.....	38
5.1.2.	Sianlihan tuotanto tiloilla	40
5.1.3.	Broileritilojen Webropol -kyselyjen tulokset.....	46
5.1.4.	Lihatalojen ja rehuyritysten aineistoista lasketut tunnusluvut.....	48
5.2.	Sianlihantuotannon ilmastovaikutukset.....	49
5.3.	Sianlihatuotannon vesiniukkuusvaikutukset.....	52
5.4.	Porsastuotannon ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutus.....	54
5.5.	Sianlihatulosten tarkastelu	57
5.5.1.	Sianlihan ilmastovaikutus	57
5.5.2.	Sianlihan vesiniukkuusvaikutus	58
5.6.	Broilerinlihan ilmastovaikutukset.....	59
5.7.	Broilerinlihan vesiniukkuusvaikutukset.....	61
5.8.	Broilerinlihan tulosten tarkastelu	63
5.9.	Rehukasvien tuotannon ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutukset	64
5.10.	Vertailu muihin tutkimuksiin.....	64

6. Vertailu aikaisempiin tutkimuksiin	66
6.1. Vertailu aikaisempiin arvioihin suomalaisen sianlihan ilmastovaikutuksista.....	66
6.2. Vertailu aikaisempiin arvioihin suomalaisen broilerinlihan ilmastovaikutuksista.....	66
6.2.1. Yhteensopivuuden varmistaminen	67
6.2.2. Vertailun tulos ja sen tulkinta	67
7. Johtopäätökset.....	70
Viitteet.....	73

1. Johdanto

Suomalaisen lihantuotannon ympäristösuorituskyky on yksi ydinkysymyksistä kotimaisen lihan kilpailukyvyyn ja viennin edistämisessä. SBYM (Sian- ja broilerinlihan ympäristökilpailukyky) -hankkeessa selvitettiin suomalaisen sian- ja broilerinlihan ympäristösuorituskyky hiili- ja vesijalanjäljen osalta tyypillisessä kotimaisessa tuotannossa.

Sianlihan tuotanto on Suomessa erittäin voimakkaassa murroksessa. Sikatilojen lukumäärä Suomessa on ollut pitkään laskussa. Kuitenkin aivan viime vuosina tuotanto on kääntynyt hienoiseen nousuun, jota selittää tilojen lisääntyneet porsasmäärät sekä jalostuksella aikaansaatu kiertonopeuden nousu. Vuonna 2020 sianlihaa tuotettiin noin 176 miljoonaa kiloa vajaalla tuhannella maatilalla (Luke). TNS Gallupin arvion mukaan vuonna 2025 Suomessa on 400–500 tilaa, jotka tuottavat 185 miljoonaa kiloa lihaa. Siipikarjanlihan tuotanto on kasvanut Suomessa viimeisen kymmenen vuoden ajan. Sitä tuotettiin reilu 145 miljoonaa kiloa vuonna 2020. Kuitenkin Pellervon taloudellinen tutkimuskeskus ennustaa kasvun olevan maltillista ja toisaalta kotimainen kulutus ylittää edelleen tuotannon.

Suomalaiset lihatuotteet käyvät markkinoilla kovaa kamppailua myyntiosuuksista. Sidosryhmiä paitsi Suomessa myös kansainvälisesti kiinnostavat yhä enemmän tuotteiden ympäristövaikutukset. Myös yhteiskunnan tasolla käydään laajasti keskustelua lihantuotannon ympäristövaikutuksista. Kotimaisten lihantuottajien on pystyttävä vastaamaan tiedontarpeeseen ja perustettava viestintänsä tutkittuun tietoon. Toisaalta kestävyys tavoittelu on myös toimivaksi osoitettu keino parantaa yrityksen kannattavuutta. Arabesque Partners, joka analysoi yrityksiä sijoittamisen näkökulmasta ja Oxfordin yliopisto (Clark 2015), ovat laajan aineiston pohjalta todenneet mm. vastuullisuustoimenpiteiden johtavan parempaan operationaaliseen suorituskykyyn, käytössä olevien kestävyyskriteerien alentavan pääomakustannuksia sekä vaikuttavan positiivisesti osakekursseihin.

Elinkaariarviointi (Life Cycle Assessment, LCA) on vakiintunut ja paljon käytetty menetelmä arvioida tuotteiden ympäristövaikutuksia. Erityisen paljon sitä on käytetty ilmastovaikutusten arviointiin. Asiantuntevasti ja huolellisesti toteutettuna sillä voidaan tuottaa arvokasta tietoa tuotannon ympäristövaikutusten hallitsemiseksi ja tuotannon tehokkuuden parantamiseksi. Tuotettua tietoa voidaan hyödyntää sidosryhmille viestinnässä sekä markkinoinnissa.

Suomalaisen broilerin lihan ympäristövaikutukset on arvioitu vuosina 2003–2005 yksityiskohdasta, tuotantoketjukohtaiseen lähtötietoon perustuvaa LCA:ta soveltaen. Tutkimuksessa käytetyt rehujen tuotantotiedot perustuvat toki vielä aiempiin viljelyvuosiin, 2001–2004. Ilmastovaikutuksen arvio tuolloin oli 3,6 kg CO₂-ekvivalenttia per kg hunajamarinoitua broilerin suikalletta. Merkittävin osa päästöistä muodostui nimenomaan rehuketjussa. Vesijalanjälkeä ei tuolloin vielä arvioitu lainkaan. Ilmastovaikutusarviokin on jo vanhentunut, koska vanhat tiedot eivät kuvaa ollenkaan nykyisiä tuotantotapoja, mm. rehustusta sekä eläintuotannon teknologioita. Rehujen osalta ennen kaikkea niiden alkuperä ja sivuvirtojen hyödyntäminen vaikuttavat lopulliseen ympäristösuorituskykyyn merkittävästi, eikä näistä ole koostettuna ajantasaista tietoa.

Suomalaisen sianlihan ympäristövaikutuksia ei ole toistaiseksi arvioitu soveltaen yksityiskohdasta, tuotantoketjukohtaiseen lähtötietoon perustuvaa LCA:ta. Tämä aikaisempi sianlihatutkimus ei ole myöskään verrannollinen broilerinlihan tuloksen kanssa johtuen tutkimuksen erilaisista metodologisista valinnoista. Tulokseen sisältyy myös suurta epävarmuutta, eikä sen pohjalta pystytä identifioimaan luotettavasti keskeisimpiä parannuskohteita. Niin ikään nämä pian kymmenen vuotta vanhat tiedot ovat vanhentuneet tuotannon ja rehustuksen kehittyessä

jatkuvasti. Arvio veden niukkuuteen kohdistuvista vaikutuksista (elinkaariarvioinnin mukainen vesijalanjälki) suomalaisesta sianlihasta puuttuu niin ikään.

Ajantasaista tietoa sekä suomalaisen sian- että broilerinlihan ympäristösuorituskyvystä ei siis ole ollut olemassa. Koska tarve sian- ja broilerinlihan hiili- ja vesijalanjäljille kuitenkin on olemassa, tulee tieto tuottaa hyödyntäen (elinkaariarvioinnin menetelmän mukaisesti) hyviä ja luotettavia tietoja mahdollisimman pitkälti alan toimijoilta tuoteketjukohtaisesti kerättynä. Näin tuotettu tutkimus mahdollistaa kotimaisen sian- ja broilerinlihan tuotannon kehittymisen yhä ympäristöystävällisempään suuntaan.

Kansainvälisen vertailun vuoksi yksityiskohtainen ulkomaisen tuotannon arviointi yhtä tarkasti ei ole mahdollista eikä tarpeen. Kuitenkin vertailu on tehtävä huolella, jotta eri tutkimusten menetelmälliset eroavaisuudet eivät aiheuta virhettä tuloksiin. Eri rajauksilla (erityisesti ilmastovaikutukset soijan viljelyssä tapahtuvista metsänraivauksista tai rehukasvien viljelymaan hiilivarastojen muutoksista) tai eri allokointimenetelmillä toteutettuja tutkimuksia ei voi sellaiseenaan vertailla, vaan laskelmia pitää useissa tapauksissa avata ja muokata vertailukelpoisiksi.

Euroopan eri maissa 2000-luvulla tehtyjen tutkimusten mukaan broilerin luuttoman lihan ilmastovaikutus vaihtelee välillä 2,6–7,3 kg CO₂-ekvivalenttia per kg lihaa (ka 4,3). Vastaavasti sian luuttoman lihan ilmastovaikutus vaihtelee välillä 3,1–8,0 kg CO₂-ekvivalenttia per kg lihaa (ka 5,4). Suuri vaihteluväli kertoo eroista tuotantotavoissa ja arvioinnin metodologiassa, mm. tuotejärjestelmän rajauksissa. Muiden maanosien broilerinlihan ilmastovaikutuksista ei ole käytössä koostettuja ja tulkittuja tuloksia.

Sikä ja broilerinlihan osalta on saatavilla tietoja niiden vesijalanjäljistä, mutta elinkaariarvioinnin puitteissa samalla menetelmällä tuotettuja vertailukelpoisia lukuja, ei toistaiseksi ole koostettuna ja tulkittuna saatavilla.

Euroopassa on otettu tärkeä askel kohti yhtenäisiä tuoteryhmäkohtaisia ohjeistuksia. EU:n Komissio on yhdessä eri toimialaliittojen kanssa työstänyt yksityiskohtaisia tuoteryhmäkohtaisia ohjeistuksia (Product Environmental Footprint, PEF), mm. punaiselle lihalle ja rehuotuotannolle. Tässä tutkimuksessa on hyödynnetty rehuvalmisteiden PEF-laskentaohjeistusta sekä punaisen lihan laskentaohjeistuksen vedosta. Tämä tutkimus on palvellut myös Pohjoismaista NordPEF-hanketta (2018–2021, edelleen), jossa yhdessä muiden pohjoismaisten tutkijoiden kanssa on koottu palautetta Komissiolle laskentaohjeistuksien soveltamisesta pohjoismaissa. Muita tärkeitä tuoteryhmäkohtaisia ohjeistuksia ovat FAO:n Livestock Environmental Assessment Partnershipin ohjeistukset sian- ja broilerinlihalle sekä rehuotuotannolle.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut tuottaa luotettavaa ja tutkittua tietoa suomalaisen sian- ja broilerinlihan ympäristösuorituskyvystä alan käyttöön. Tutkimuksella parannetaan sika- ja siipikarjasektorin valmiuksia kehittää tuotannon ympäristösuorituskykyä sekä mahdollistetaan viestintä kotimaisen sian- ja broilerinlihan kilpailukyyn edistämiseksi. Tutkimuksessa laaditut sian- ja broilerinlihan hiili- ja vesijalanjäljen arvioinnit perustuvat tarkoituksenmukaisiin, primäärisiin tietolähteisiin.

Sian- ja broilerinlihan ympäristökilpailukyky (SBYM) -hankkeen on toteuttanut Luonnonvarakeskus yhteistyössä HKScan Oyj:in, Atria Oyj:n ja Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK:n kanssa. Hanketta on rahoittanut näiden tahojen lisäksi maa- ja metsätalousministeriö Maatilatalouden kehittämisrahastosta (Makera).

HKScan Oyj ja Atria Oyj osallistuivat elinkaariarvioinnin lähtötietojen koostamiseen sika- ja broileritilojen osalta, luovuttamalla olemassa olevia tietojaan sekä kontaktoimalla ja osallistamalla

sopimustilojaan tiedonhankinnan edistämiseksi. Eläintilojen tiedonkeruun lisäksi HKScan Oyj ja Atria Oyj vastasivat eläinkuljetuksien ja teurastusta koskevien tietojen toimittamisesta tutkimusta varten. Kotimaisen tilajakauman määrittämiseksi myös Snellmanin Lihanjalostus Oy antoi tietoja sikatilamääriin liittyen. Emobroileri- ja nuorikkotuotantoon liittyen DanHatch Finland Oy osallistui toimittamalla tuotannostaan tarvittavat tiedot.

Rehutuottajista A-Rehu Oy, Agrox Oy, Feedex Oy, Hankkija Oy, Rehux Oy ja Satarehu Oy osallistuvat lähtötietojen koostamiseen toimittamalla Lukelle tiedot valmistamiensa broilerin ja sian rehujen koostumuksista, rehuraaka-aineiden alkuperistä, kuljetuksista sekä valmistusprosesseja koskevat tiedot omilta tuotantolaitoksiltaan. OVR-rehun osalta Altia Oyj antoi lisätietoja. Honkajoki Oy jakoi näkemyksensä liittyen kuolleiden eläinten käsittelyyn.

Yrityksien lisäksi tiedonkeruun lähteenä olivat kaikki kyselyihin osallistuneet eläintuotantotilat.

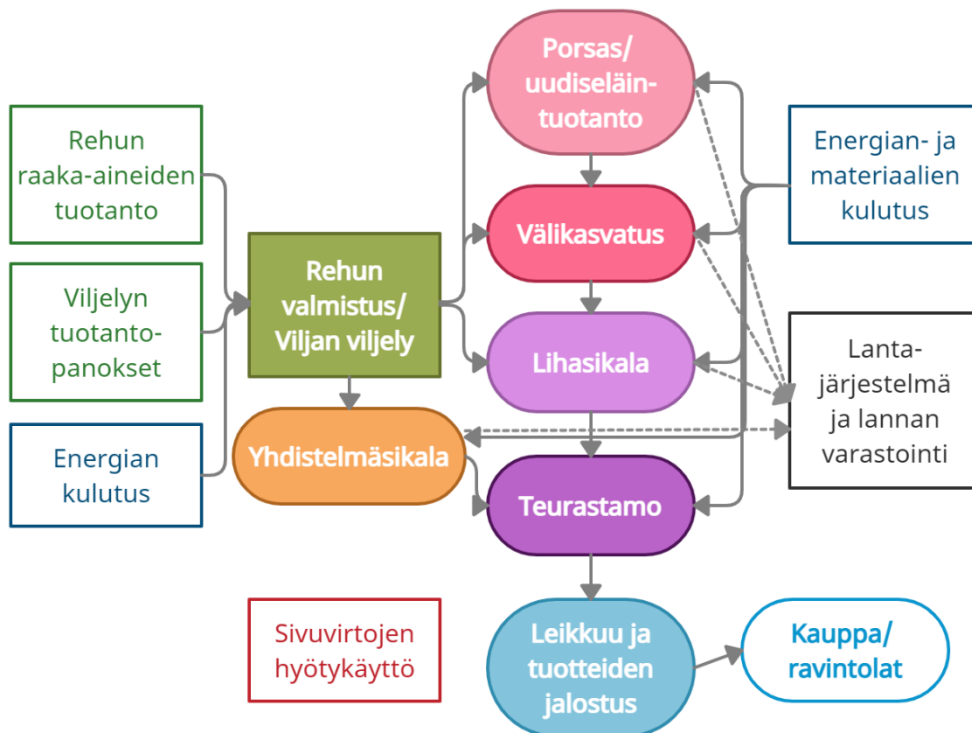
2. Sianlihan tuotanto

Sianlihaa tuotetaan koko Suomessa, mutta tuotanto painottuu voimakkaasti Varsinais-Suomen, Satakunnan, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueille lähelle teurastamoja. Sianlihan kulutus oli vuonna 2020 29,7 kg/hlö (Luonnonvarakeskus 2021). Lihankulutusluvut ilmoitetaan kaikissa maissa luullisena lihana eli ns. ruholihana. Syötävän lihan osuus saadaan, kun luullisesta lihasta poistetaan luiden osuus keskimäärin 20 %.

Sianlihan tuotannon omavaraisuusaste on noin 91 %, ja kulutuksen kotimaisuusaste 80 %. Syödyistä lihasta sianlihan osuus on noin 38 %, siipikarjan lihan 35 % ja naudanlihan osuus 24 %. (Luonnonvarakeskus 2021). Suomessa sianlihan tuotanto on pääosin sopimustuotantoa eli si-anlihateollisuutta ja tuottajat ovat sopineet tuotannosta määrääjiksi. Tuottajat sitoutuvat tuottamaan määrääjässä sovitun määrän tietyn painoisia eläimiä ja teollisuus sitoutuu ostamaan tuotannon.

2.1. Tuotantoketju

Suomalaiset sikalat jaetaan tuotantosuuntien mukaan porsastuotanto- (emakko-), välikasvatus- ja lihasikaloihin tai yhdistelmäsiikaloihin. Porsastuotantosikaloilla ei ole omaa lihantuotantoa, vaan ne tuottavat omalla emakkoaineellaan porsaita lihasikaloiden käyttöön. Lihasikalat ostavat välityksikäiset porsaats emakkosikaloilta ja kasvattavat ne teuraaksi. Yhdistelmäsiikalassa porsitetaan itse omat emakot ja kasvatetaan omat porsaats aina teuraskokoon asti. Lisäksi on jalostustuottajia (uudiseläintuotanto), jotka tuottavat jalostussikoja muiden sikaloitten käyttöön (Kuva 1).



Kuva 1. Esimerkki sianlihan tuotantoketjusta.

Porsas elää emakon kanssa noin neljä viikkoa, minkä jälkeen se vieroitetaan ja siirretään välikasvatusosastolle. Noin yhdeksän viikon ikäisenä ja 30-kiloisena porsas siirretään loppukasvatukseen lihasikalaan tai yhdistelmäsikalan lihasikaosastolle. Sika kasvaa lihasikalassa 13 viikon ajan, jonka jälkeen se teurastetaan. Sika on teurastettaessa 5–6 kuukauden ikäinen, jolloin teuraspaino on noin 90 kiloa. (Lihatiedotus 2021)

2.2. Ruokinta

Sikatilat käyttävät rehuna osaksi itse tuottamia viljoja tai valkuaisrehuja, osaksi rehuteollisuudelta ostettua rehua, ja mahdollisuuksien mukaan myös teollisuuden sivuvirtoja osana ruokintaa. Rehutehtaalta voidaan toimittaa tilalle myös täysrehua. Sikoja voidaan ruokkia kuiva- tai liemirehulla. Tiloilla voi olla käytössä liemiruokintalaitteisto, kuivaruokintalaitteisto, käsin ruokinta tai useampia ruokintamenetelmiä: Esimerkiksi yhdistelmäsikatiloilla voi olla kuivaruokinta emakoille ja pikkuporsaille sekä liemiruokinta lihasioille. Liemiruokinta on yleisin ruokintamuoto Suomessa.

2.3. Tuotannon muut panokset

Sikatiloilla kuluu sähköä erityisesti ilmanvaihtoon, ruokintaan, lämmitykseen, valaistukseen sekä pesuun ja desinfiointiin. Keskimäärin 41 % suomalaisista alkutuotannon tiloista on varustautunut varavoimalla, jonka turvin sähköjakelun keskeytyksestä selvitään muutamasta päivästä jopa muutamaan viikkoon. (Kaustell ym. 2017)

Vettä sikalassa kuluu ruokintaan, eläinten juomaksi sekä tilojen pesuun. Liemirehuun lisätään yleensä vettä ja eläimillä on oltava saatavilla koko ajan puhdasta juomavettä.

2.4. Teurastamo

Sikojen teurastukseen on vuonna 2021 myönnetty lupa 50 liha-alan laitokselle (Ruokavirasto 2021). Suurin osa näistä on pienteurastamoja. Kolme suurinta teurastamoja (Atria Suomi Oy, HKScan Finland Oy ja Snellmanin Lihanjalostus Oy) teurastavat lähes kaikki Suomessa teurastettavat siat.

Teurastamoissa sähköä kuluu jäähdytykseen, lämmitykseen, valaistukseen sekä erilaisten prosessien ylläpitämiseen. Koko prosessi lopetuksesta, kalttauksen ja jäähdytyksen kautta leikkaamoon on riippuvainen sähkön saannista.

Teurastamoiden eläintiloissa tarvitaan vettä, ilmastointi ja mahdollisesti lämmitys. Teurastamolla lihan jäähdytys, siirrot, leikkaaminen ja varastointi vaativat kaikki sähköä toimiakseen. Lisäksi pakkasvarastot kuluttavat sähköä.

Poistoon menevät ruhot hävitetään rehu- ja lannoiteraaka-aineita valmistavassa teollisuudessa.

Suomalaiset teurastamot ostavat kuljetuspalvelut eläinten kuljetukseen erikoistuneilta ammatillisilta. Autoissa on koneellinen ilmanvaihto ja lämpötilaa säädetään tarpeen mukaan. Sioille on tarjolla vettä kuljetuksen aikana (Lihatiedotus 2018).

2.5. Sianlihan tuotanto tilastoissa

Luonnonvarakeskus tuottaa ja jalostaa Suomen ruoka- ja luonnonvaratilastot. Tilastointialueisiin kuuluu mm. maatalouden rakenne, tuotantomenetelmät ja -panokset, peltokasvi-, puutarha- ja kotieläintuotanto, tuotannon vaikutukset ympäristöön sekä ravintotase. Näitä tietoja on hyödynnetty tämän hankkeen elinkaariarvioinnissa muodostamaan tuotannon alueellista jakaumaa.

2.5.1. Sianlihan teuras- ja tuotantomäärät

Sianlihan tuotantomäärä Suomessa oli huipussaan vuonna 2008, ollen 217,1 milj. kg vuodessa. Seuraavan kymmenen vuoden ajan tuotantomäärät laskivat melko tasaisesti. Vuodesta 2018 tuotantomäärät kääntyivät jälleen nousuun. Sianlihaa tuotettiin vuonna 2019 reilu 171 milj. kg, mikä oli prosentin enemmän kuin vuonna 2018. Sianlihan tuotanto kasvoi edelleen kolme prosenttia vuonna 2020, jolloin sianlihaa tuotettiin noin 176 milj. kg (Taulukko 1). Teurastusmäärät sisältävät myös ulkomaille teurastettavaksi vietyt siat sekä luomu-teurastusmäärät.

Taulukko 1. Sianlihan kokonaistuotanto. Lähde Luonnonvarakeskus, tilastopalvelu.

	2017	2018	2019	2020
Teurastukset (1 000 kpl)				
YHTEENSÄ (teurastuspaikka)	1 985,34	1 827,84	1 839,93	1 914,36
Teurastamoissa	1 984,64	1 827,21	1 839,31	1 913,74
Maatiloilla	0,70	0,62	0,62	0,62
Lihantuotanto (milj. kg)				
YHTEENSÄ (teurastuspaikka)	181,58	168,93	171,18	175,80
Teurastamoissa	181,52	168,88	171,13	175,75
Maatiloilla	0,06	0,05	0,05	0,05

Luomusianlihan tuotantomäärät ovat kasvaneet aina vuoteen 2016 asti, jolloin se oli 0,95 milj. kg. Sen jälkeen tuotantomäärä on ollut hieman laskussa, lukuun ottamatta vuotta 2019, jolloin nähtiin hieman nousua tuotannon määrässä. Luomusianlihaa tuotettiin vuonna 2020 yhteensä 0,73 milj. kg (Taulukko 2).

Taulukko 2. Luomusianlihan tuotanto. Lähde Luonnonvarakeskus, tilastopalvelu.

	2017	2018	2019	2020
Teurastukset (1 000 kpl)	9,73	8,58	8,28	8,29
Lihantuotanto (milj. kg)	0,84	0,74	0,76	0,73

Alueellinen sianlihantuotanto

Lihanhankinta ja teurastus on Suomessa hyvin keskittynyttä. Suurimmat sikateurastajat ovat Atria Suomi Oy, HKScan Finland Oy ja Snellmanin Lihanjalostus Oy. Nämä kolme teurastavat lähes kaikki Suomen siat. Suomessa teurastettiin vuonna 2020 hieman yli 1,9 milj. sikaa, mikä oli hieman vuotta 2019 enemmän (Taulukko 3). Vuonna 2020 lihasikojen keskimääräinen ruhopaino oli 90,3 kiloa, emakoiden 184 kiloa ja karjujen 96,5 kiloa.

Taulukko 3. Sikojen teurasmäärät (1 000 kpl) ELY-keskuksittain. Lähde SVT Luonnonvarakeskus, Lihantuotanto.

Teurastukset (1 000 kpl)	2017	2018	2019	2020
KOKO MAA	1 984,7	1 827,2	1 839,3	1 913,7
Uusimaa	52,4	51,9	51,4	46,4
Varsinais-Suomi	478,1	454,5	432,8	435,4
Satakunta	188,8	191,8	186,3	185,1
Häme	126,7	119,5	116,1	117,2
Pirkanmaa	140,4	129,1	124,1	143,0
Kaakkois-Suomi	34,3	33,6	30,8	28,7
Etelä-Savo	10,0	7,1	6,9	7,0
Pohjois-Savo	39,2	34,4	34,5	37,9
Pohjois-Karjala	11,5	10,7	9,4	12,0
Keski-Suomi	9,8	8,3	8,6	8,3
Etelä-Pohjanmaa	409,3	366,7	380,6	418,2
Pohjanmaa	373,1	324,8	357,4	359,6
Pohjois-Pohjanmaa	108,8	93,1	99,8	113,9
Kainuu				
Lappi				
Ahvenanmaa				

Tiedot sianlihan alueittaisesta tuotannosta perustuvat teurastamoiden kuntakohtaisiin ilmoituksiin tuottajilta hankittujen teuraseläinten määrästä. Kuntakohtaiset lihan hankintatiedot kerätään teurastamoilta kuukausittain. Alueluokitus perustuu maatilatalouskeskuksen sijaintikunnan perusteella määrytyviin alueisiin. Tilaston tiedonkeruun piiriin kuuluu suurin osa teurastustoimintaa harjoittavista yrityksistä. Tiedonkeruun ulkopuolella on joitakin pienteurastamoja.

Lihantuotantomääriin sisältyvät teuraseläimet, jotka teurastamo on itse ostanut tuottajilta ja eläimet, jotka on teurastettu teurastamon omasta tuotannosta sekä tuottajapalautukset. Teurasmäärät eivät sisällä lihantarkastuksessa hylättyjä ruhoja eikä hylätyn lihan määrää. Sikojen teurasmäärät sisältävät myös ulkomaille teurastettavaksi viedyt siat, jotka on kasvatettu Suomessa. (Luonnonvarakeskus 2020)

Sianlihaa tuotettiin noin 176 milj. kg vuonna 2020, mikä on kolme prosenttia enemmän kuin vuonna 2019. Tuotanto lisääntyi määrällisesti eniten Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella (Taulukko 4). Eniten sianlihaa tuotettiin Huittisissa (12,9 milj. kg), Loimaalla (12,4 milj. kg) ja Seinäjoella (9,8 milj. kg).

Taulukko 4. Sianlihan tuotantomäärät ELY-keskuksittain. Lähde SVT luonnonvarakeskus, Lihantuotanto.

Lihantuotanto (milj. kg)	2017	2018	2019	2020
KOKO MAA	181,52	168,88	171,13	175,75
Uusimaa	4,62	4,65	4,71	4,14
Varsinais-Suomi	43,72	42,10	40,38	40,44
Satakunta	17,02	17,44	17,02	16,85
Häme	11,49	10,99	10,97	10,74
Pirkanmaa	12,92	12,13	11,57	13,11
Kaakkois-Suomi	3,06	3,02	2,79	2,57
Etelä-Savo	0,96	0,70	0,70	0,69
Pohjois-Savo	3,60	3,24	3,27	3,55
Pohjois-Karjala	1,05	1,01	0,89	1,11
Keski-Suomi	0,90	0,80	0,81	0,78
Etelä-Pohjanmaa	37,57	34,02	35,45	38,14
Pohjanmaa	34,49	30,01	33,13	33,07
Pohjois-Pohjanmaa	9,92	8,63	9,36	10,45
Kainuu				
Lappi				
Ahvenanmaa				

2.5.2. Tilojen ja eläinten lukumäärät

Suomessa on sikojen kokonaismäärä laskenut tasaisesti vuodesta 2008 vuoteen 2019. Vuonna 2008 sikojen määrä lähestyi 1,5 milj. kpl ja vuonna 2019 sikoja oli enää noin 1,07 milj. kpl. Vuonna 2020 sikojen määrässä nähtiin pientä nousua reiluun 1,08 milj. kappaleeseen (Luonnonvarakeskus 2021).

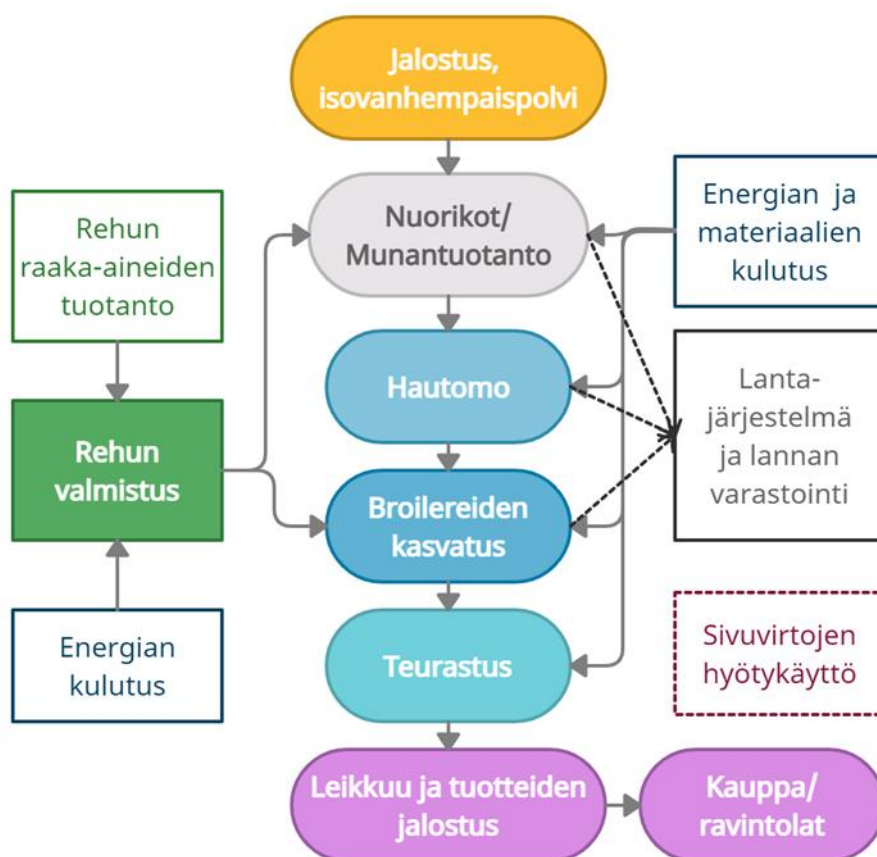
Sioista lähes kolmannes oli Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueen maataloilla (310 363 sikaa). Seuraavaksi eniten sikoja oli Etelä-Pohjanmaan (196 714 sikaa) ja Pohjanmaan (181 854 sikaa) ELY-keskusten alueella. Määrällisesti eniten sikoja vuonna 2019 oli Huittisissa, Loimaalla ja Uudessakaarlepyyssä.

Sikojen määrä oli noin 900 tilalla vuonna 2020. Sikatilojen määrä on enemmän kuin puolittunut kymmenessä vuodessa. Eniten tiloja on Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella (213 tilaa). Seuraavaksi eniten tiloja on Etelä-Pohjanmaan (175 tilaa) ja Pohjanmaan (155 tilaa) ELY-keskusten alueella. (Luonnonvarakeskus 2021)

3. Broilerinlihan tuotanto

3.1. Tuotantoketju

Broilerin elämä alkaa hautomossa, jossa emokanalassa tuotetut munat kehittyvät untuvikoiksi kolmessa viikossa. Broilerikasvattamoon untuvikot saapuvat vuorokauden ikäisinä eli noin 40 gramman painoisina. Suomalaisissa broilerikasvattamoissa on kerralla keskimäärin 60 000 broileria. Suomalaisia broilereita kasvatetaan sisätiloissa, vapaina kasvattamon lattialla turve- tai kutterikuivikkeen päällä. Ne saavat nukkua vähintään 6 tuntia vuorokaudessa ja syödä ja juoda silloin kun haluavat. Tuotanto on tarkkaan suunniteltua ja valvottua. Lintujen kasvuoloja, kuten kasvattamon lämpötilaa ja kosteutta valvotaan 24/7 eli vuorokauden ympäri niin arkena kuin pyhänäkin. Broilerit kasvavat nopeasti, ja ne teurastetaan noin viiden viikon ikäisenä, jolloin teuraspaino on noin 1,4–1,8 kiloa. Broilerin tuotantoketju on esitetty alla (Kuva 2).



Kuva 2. Broilerinlihan tuotantoketju.

3.2. Ruokinta

Broilerit syövät rehua, joka koostuu suurimmaksi osaksi kotimaisista viljoista sekä proteiinipitoisista kasviraaka-aineista, joita ovat soija, herne, härkäpapu ja rypsirouhe. Mukana on myös kasviöljyä, kivennäisaineita ja vitamiineja. Valkuaisen vuoksi välttämätön soija tuodaan EU:n ulkopuolelta (Etelä- ja Pohjois-Amerikka). Kansallisen tuotantotapamme mukaisesti jokainen tuontierä tutkitaan salmonellan varalta. Teollisten rehujen lisäksi broilereille annetaan kotitilan

viljelemää tai muualta hankittua vehnää. Rehua broileri syö kasvuaihanaan noin 3 kiloa. Rehua ja juomavettä on saatavana automaateista koko ajan.

Broilerien rehuhyötysuhde on erittäin hyvä. Suomessa kasvatettavat broilerit käyttävät elinaikanaan noin puolitoistakertaa elopainonsa verran rehua.

3.3. Tuotannon muut panokset

Ympäristön näkökulmasta untuvikot ovat rehujen ohella broileritilan tärkein panos. Nuorikkokasvatuksessa kasvatetaan tulevat emolinnut, jotka puolestaan tuottavat broilerinmunia. Munat haudotaan hautomossa, mistä ne toimitetaan kuoriutumisen jälkeen broilerikasvatukseen. Nuorikko- ja munitustuotannon panokset ovat saman tyyppisiä kuin broilerikasvatuksessakin: rehuja, vettä, energiaa ja kuivikkeita. Hautomo on teollinen prosessi, jonka tärkeimmät panokset ovat energiapanoksia.

Rehujen lisäksi energia on myös tärkeä broilerikasvatuksen panos. Broilereita kasvatetaan kanaloissa, jotka on mahdollisesti jaettu osastoiksi. Suurimman osan aikaa vuodesta kanaloita joudutaan lämmittämään, mutta kesähelteillä niitä joudutaan myös jäähdyttämään ilmanvaihtoa lisäämällä ja vesisumutuksella. Sähköä kuluu mm. valaistukseen ja ruokintalaitteisiin.

Tilalla käytetään vettä paitsi lintujen juomavetenä, myös kanalan pesuun tuotantoerien välillä. Ennen uutta tuotantoerää kanalan lattialle levitetään kuivike, joka on yleensä turvetta tai kutterinpurua.

3.4. Teurastamo

Siipikarjan teurastukseen on vuonna 2021 myönnetty lupa 14 liha-alan laitokselle (Ruokavirasto 2021). Suurin osa näistä on pienteurastamoja. Käytännössä teurastamoista neljässä teurastetaan enemmän kuin 7 miljoonaa broileria vuodessa.

Suomalaiset teurastamot ostavat kuljetuspalvelut eläinten kuljetukseen erikoistuneilta ammattilaisilta. Autoissa on koneellinen ilmanvaihto ja lämpötilaa säädetään tarpeen mukaan. Broilerit kuljetetaan lämpökontein varustetuissa autoissa. Broilereilla keskimääräinen kuljetusmatka on 45 km (Lihatiedotus 2018).

3.5. Sivutuotteet ja jätteet

Tuotantoerän jälkeen broilerihallin kuivikelanta siirretään lantavarastoon, mistä se myöhemmin käytetään joko suoraan lannoitteeksi pellolle tai toimitetaan lantaa jalostavien yritysten raaka-aineeksi.

Kasvatuksen aikana kuolleet linnut tulee hävittää asianmukaisesti. Tilalla kuolleiden osuus Suomessa on muutaman prosentin luokkaa. Yleisin käsittelytapa on Honkajoen eläinperäisen jätteen käsittelylaitos, johon raadot toimitetaan raatokeräilyautolla. Joillakin tiloilla on käytössä myös tilakohtaisia krematorioita.

Teurastamossa syntyy eläinperäisiä sivutuotteita, jotka hyödynnetään pääasiassa eläinten rehuina.

3.6. Broilerituotanto tilastoissa

3.6.1. Broilerinlihan tuotantomäärät

Broilerinlihan tuotanto on lisääntynyt yhtäjaksoisesti viimeisen kymmenen vuoden ajan ja on jo yli 50 % suurempi kuin kymmenen vuotta sitten. Broilerinlihaa tuotettiin reilu 136 miljoonaa kiloa vuonna 2020. Tuotanto kasvoi viisi prosenttia (Taulukko 5). Tämän tutkimuksen tarkasteluvuosi oli 2018, jolloin broilerinlihaa tuotettiin reilu 127 miljoonaa kiloa.

Taulukko 5. Broilerinlihan kokonaistuotanto, teurastukset ja keskiruhopaino. Lähde Luonnonvarakeskus, Tilastopalvelu.

	2017	2018	2019	2020
Teurastukset (kpl)				
Broilerit	70 924 280	76 033 961	77 939 020	79 343 313
Broileriemot	377 818	393 086	385 683	423 334
Lihantuotanto (kg)				
Broilerit	119 673 174	125 969 747	129 570 437	135 592 913
Broileriemot	1 126 392	1 186 091	1 145 420	1 292 889
Keskiruhopaino (kg/kpl)				
Broilerit	1,7	1,7	1,7	1,7
Broileriemot	3,0	3,0	3,0	3,1

3.6.2. Broilereiden ja tuotantotilojen lukumäärät

Broilerituotanto on keskittynyt läntiseen Suomeen. Broilereiden määrä keskimäärin oli tiloilla vuonna 2020 reilu 11,5 miljoonaa. Tämän tutkimuksen tarkasteluvuonna 2018 broilereiden lukumäärä keskimäärin oli 11,1 miljoonaa. Eniten broilereita oli Etelä-Pohjanmaalla ja Satakunnassa (Luonnonvarakeskus 2021). Tiedot perustuvat maatalojen eläinmääräilmoituksiin broilereiden määrästä kuukauden alussa.

Suomessa on noin 190 sopimustilaa, joiden keskikoko on noin 60 000 eläinpaikkaa. Lisäksi Suomessa on noin neljäkymmentä nuorikko- ja emotilaa, joilla kasvatetaan emonuurikot ja tuotetaan broilerimunat (Luonnonvarakeskus 2020).

4. Materiaali ja menetelmät

4.1. Elinkaariarvioinnin tavoitteen ja soveltamisalan määrittely

4.1.1. Tuoteryhmäkohtaiset laskentaohjeistukset – Product Environmental Footprint (PEF) lyhyesti

Elinkaariarviointi (Life Cycle Analysis, LCA) on laajasti käytetty tuotteiden ympäristövaikutusten arviointimenetelmä. Erityisesti ilmastovaikutuksien arvioinnin osalta on jo kehitetty standardoituja laskentamenetelmiä, mutta monien muiden vaikutusluokkien arviointi on moninaisempaa. Elinkaariarviointi perustuu tuotteen koko ketjua koskevaan inventaariaineistoon asetetun järjestelmärajauksen mukaisesti. Koska nämä rajaukset ja inventaari ovat usein hyvin tapauskohtaisia, tämä on vaikeuttanut eri tutkimuksien tuloksien vertailtavuutta. Euroopan yhteisön tasolla laskentaa on pyritty yhdenmukaistamaan vertailukelpoisuuden parantamiseksi Product Environmental Footprint (PEF) -ohjeistuksen avulla. PEF-ohjeistus on asiantuntijaryhmien laatima vaikutusten arviointimalli, jolla arvioidaan mm. ilmastovaikutus, rehevöityminen, vedenkäyttö, maankäyttö, vaikutukset eri luonnonvaroihin, happamoitumiseen ja pienhiukkaspäästöihin. PEF-laskentaohjeistuksien tavoitteena on, että ympäristövaikutuksien arviointi olisi yhdenmukaisempaa ja mahdollistaisi paremman tuoteryhmien sisäisen vertailun myös kansainvälisesti.

4.1.2. Tavoite ja soveltamisala

Tässä työssä arvioitiin suomalaisen broilerinlihan ja sianlihan ympäristövaikutuksia noudattaen mahdollisimman pitkälti Euroopan Komission PEF-laskentaohjeistusta ja vedosta punaisen lihan tuoteryhmäkohtaisesta laskentaohjeistuksesta (European Commission 2017, European Commission 2018 ja UECBV 2019). Punaisen lihan laskentaohjeistusta noudatettiin päästölaskennan menetelmien ja inventaarin osalta, systeemirajauksista noudatettiin teurastamon portille asti ja allokointi toteutettiin lihan osalta komission PEF-yleisohjeistusta noudattaen. Punaisen lihan laskentaohjeistuksen vedosta noudatettiin soveltuvilta osin myös broilerinlihan arvioinnissa, sillä omaa laskentaohjeistusta ei ole laadittu siipikarjalle. Rehukasvien ja -valmisteiden arviointi toteutettiin noudattaen eläinrehujen PEFCR:ää (Product Environmental Footprint Category Rules) (European Commission 2018).

4.1.3. Toiminnallinen yksikkö ja järjestelmärajaus

Punaisen lihan laskentaohjeistuksen vedoksessa toiminnalliseksi yksiköksi on määritelty 1 tonni punaista lihatuotetta tietystä eläinlajista, sellaisena kuin se on toimitettu vähittäismyyntiin, jätkejalostajalle tai ruokapalvelulle. Toiminnallisen yksikön tonni ei sisällä pakkauksen painoa, mutta laskentaohjeistuksessa myös pakkauksen elinkaarin päästö sisällytetään. Lihatuote on laskentaohjeistuksen vedoksessa määritetty niin, että sillä tarkoitetaan lihaa ja elintarvikkeena hyödynnettyjä elimiä, luineen.

Tässä tarkastelussa toiminnalliseksi yksiköksi määriteltiin tästä ohjeistuksesta poiketen 1 teuras-kg sian tai broilerin lihaa. Teuraskiloilla tarkoitetaan tässä ruhon painoa teurastuksen jälkeen, ennen leikkuuta. Teurastetusta ruhosta on poistettu veri, sisäelimet sekä karvat ja höyhenet. Ruhossa on edelleen jäljellä mm. luut.

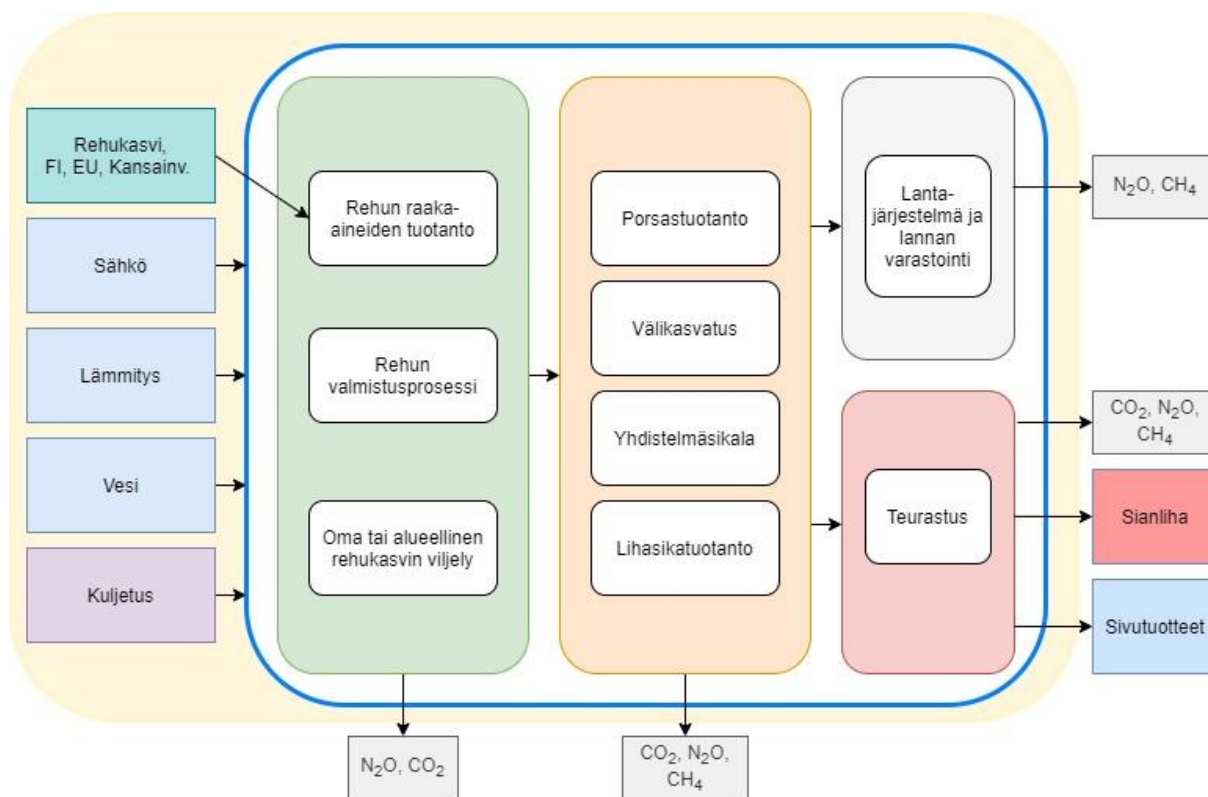
Tarkastelujaksona oli yhden vuoden tuotanto kahden suomalaisen teurastamon tuotannossa.

Laskentaohjeistuksen mukaisesti järjestelmärajauksessa on eroteltavissa kolme tasoa: 1. ydinprosessit (pääosin teurastamo ja lihan leikkuu, pakkaus, varastointi), 2. tuotannon ylävirran prosessit (pääosin maataloustuotanto, eläintuotannon ja rehukasvien tuotannon vaiheet) sekä 3. käyttövaihe (vähittäismyynti ja varastointi ja valmistus käyttöön).

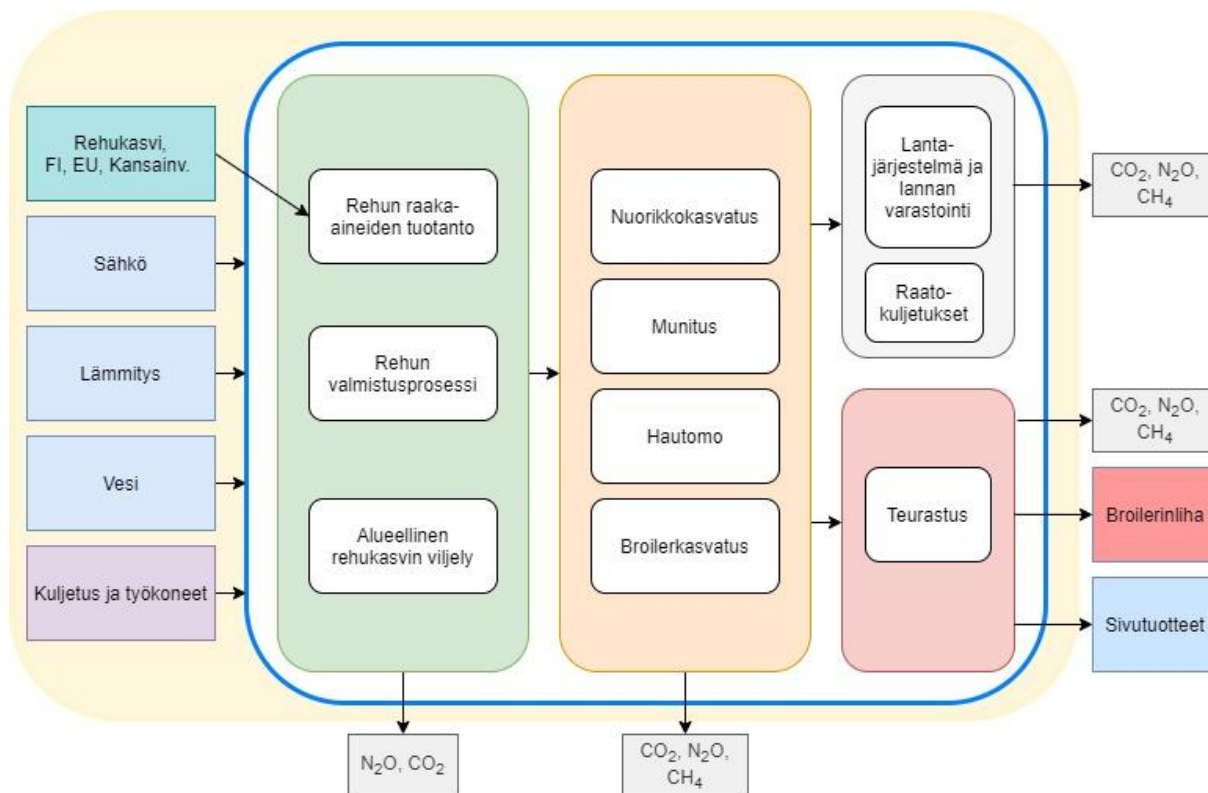
Tarkasteltava järjestelmä rajattiin PEF-ohjeistuksista poiketen teurastukseen, jolloin ruhon leikkuu, pakkaus, jatkojalostus ja varastointi jäivät tarkastelun ulkopuolelle (Kuva 3 ja Kuva 4). Vastaavasti vaiheet tästä eteenpäin rajautuivat tarkastelusta, poiketen PEF-ohjeistuksesta, joka sisällyttää rajaukseen koko ketjun kuluttajalle asti. Tarkoituksena rajauksessa oli, että tuotettaisiin yhdenmukainen ruhokiloa kohti hiili- ja vesijalanjälkiarvio. Tarkoituksena oli lisäksi, että tämän arvion pohjalta voitaisiin helpommin toteuttaa uusia arvioita esim. eri tuotejakeille ja prosesseille. Primääriaineisto kerättiin ohjeistuksen mukaisesti järjestelmärajaukseen jäävien prosessien osalta.

Rehuvalmisteita koskeva PEF-ohjeistus käyttää järjestelmärajausta kehdestä portille. Toiminnallisena yksikkönä rehuvalmisteiden ja rehukasvien osalta käytettiin tässä 1 kg rehua käyttökuivuudessa toimitettuna tilalle. Menetelmän mukaisesti biogeenistä CO₂-talteenottoa ei laskettu mukaan. Sivuvirtojen käsittely teurastamossa rajattiin tarkastelun ulkopuolelle, koska tuotteiden katsotaan siirtyvän toiseen tuotejärjestelmään.

Tiloilla lannan siirto varastoon ja varastoinnin päästöt huomioitiin. Lannan jatkoehdyntä suoraan peltoviljelyssä tai lannoitustuotteiden valmistuksessa ei kokonaisuudessaan sisällytetty tarkasteluun. Ainoastaan rehukasvien viljelyn osalta lannan käyttö sisällytettiin tuotejärjestelmään.



Kuva 3. Tutkimuksessa käytetty systeemirajaus sianlihantuotannon elinkaariarviointiin. Kuten Hietala ym. (2023).



Kuva 4. Tutkimuksessa käytetty systemirajaus broilerinlihantuotannon elinkaariarviointiin (Usva ym. 2023).

Broileri- ja sikatilan sivuvirtaa ovat myös tilalla kuolleet eläimet, jotka käsitellään suurimmaksi osaksi Honkajoki Oy:n prosessissa. Honkajoki otti rajaukseen kannan, jonka mukaan raadon ovat heille raaka-ainetta, vaikka niistä maksetaankin ns. porttimaksu. Tämän perusteella Honkajoen prosessiin toimitettavien raatojen käsittelylle ei laskettu tulevan päästöä, ainoastaan kuljetuksen päästöt otettiin huomioon.

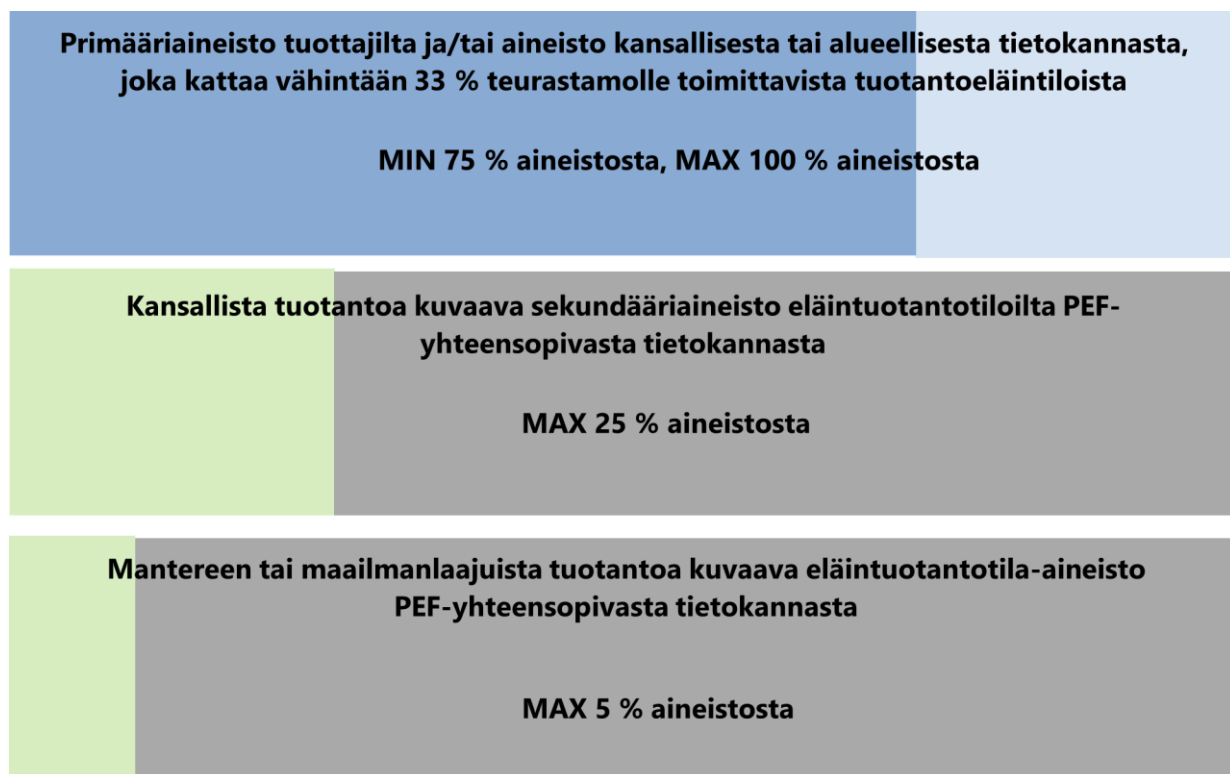
Biokaasutuotannon päästöt on todettu kansallisessa kasvihuonekaasulaskennassa vähämerkityksisiksi (Statistics Finland 2021). Tässä tutkimuksessa tilalla lannasta tuotetulle biokaasulle ei laskettu tulevan päästöä, mutta lannankäsittelyn päästöt sisällytettiin biokaasukäsittelyä vastaavina. Hyvityksiä ei laskettu missään ketjun vaiheessa mukaan.

4.1.4. Arvioinnissa käytetty aineisto broilerin- ja sianlihatuotannosta

Punaisen lihan laskentaohjeistusvedos määrittelee aineiston laadun vaatimukset eri elinkaaren vaiheille ja prosesseille. Teurastamon ollessa ydinprosessi, sen yhteyteen liittyvien prosessien oletetaan olevan tuotannosta vastaavan yrityksen hallinnoimia ja näistä on pakollista kerätä primääriaineistoa. Näihin prosesseihin lasketaan teurastamon toiminnot, pakkausmateriaalit ja muut laitoksen tuotannossa käytetyt materiaalit. Primääriaineisto on kerättävä teuraseläimen teurastuksessa saatavasta lihasta ja muista teurasjakeista. Lisäksi teurastamon aktiviteettiaineisto on kerättävä todellisesta prosessista ja siihen kuuluvat energian kulutus ja laatu, mahdollinen oma energian tuotanto, eläinaineisto, pakkaus, muut materiaalit ja allokoitokertoimet.

Mikäli eläinten kuljetukset teurastamolle ja tuotteiden kuljetus teurastamolta vähittäismyyntiin ovat teurastamon hallinnoimia prosesseja, myös näistä on kerättävä primääriaineisto. Tähän kuuluu aktiviteettiaineisto liittyen eläinten hankintaan pakkauksiin ja muihin materiaaleihin.

Primääriaineistovaatimus on myös eläintiloille, joiden aktiviteettiaineisto on pääosin kerättävä suoraan tarkasteltaviin teurastamoihin eläimiä tuottavilta tiloilta. Laskentaohjeistuksen mukaisesti eläintilojen aktiviteettiaineisto voidaan kerätä käyttäen neljää eritasoisista lähdettä: 1) eläintiloja, jotka tuottavat eläimiä tarkasteltavaan teurastamoon 2) kansallista tai alueellista tietokantaa, joka vastaa niitä eläintiloja, jotka tuottavat eläimiä tarkasteltavaan teurastamoon 3) eläintiloja vastaavia inventaaritietoja, mikäli ne ovat saatavilla EU Food -tietokannassa kyseiselle maalle 4) eläintilojen inventaaritietoja, mikäli ne ovat saatavilla EU Food -tietokannan aineistoissa kyseiselle maanosalle tai maailmanlaajuisena. Näitä tietolähteitä on tiedonkeruissa hyödynnettävä päätöksentekopuun mukaisesti (Kuva 5), niin että vähintään 75 % aineistosta on niitä eläintiloja vastaavaa, jotka tuottavat eläimiä kyseiseen teurastamoon.



Kuva 5. Primääriaineiston tarpeet punaisen lihan PEF-vedoksen mukaisina. Väreillä ilmaistu vaadittava aineiston kattavuus: 100–25 %, 25 %, 5 %.

Tässä tutkimuksessa järjestelmärajaus tehtiin laskentaohjeistuksesta poiketen ja primääriaineisto kerättiin ohjeistuksen mukaisesti järjestelmärajaukseen jäävien prosessien osalta. Rajaukseen sisällytetyt elinkaaren vaiheet olivat 1) teurastus 2) eläintuotanto tiloilla, sisältäen ruuansulatuksen, lantavarastoinnin ja karjasuojat sekä rehuotannon tilalla ja tilalle hankittujen rehujen tuotannon. Muut laskentaohjeistuksen vaiheet rajattiin tarkastelun ulkopuolelle.

Seuraavissa kappaleissa 4.2–4.3 on kuvattu aktiviteettiaineiston inventaariota tarkemmin.

4.2. Sika- ja broileritilojen ja teurastamoiden inventaario

Tilojen inventaariaineiston hankinta toteutettiin punaisen lihan laskentaohjeistusvedoksen vaatimusten mukaisesti, niin, että aktiviteettiaineisto koskien tarkastelujakson eläinmääriä, rehujen syöntimääriä, rehujen laatua ja eläinten kasvua kerättiin suoraan tiloilta, jotka tuottivat eläimiä tarkasteltuihin teurastamoihin. Broileritilojen osalta oli lisäksi käytössä laajat lihatalojen

aineistot koskien niin ikään eläinmääriä, teuraspainoja ja rehujen kulutusta niiden kaikilla sopimustiloilla. Muuta PEF-yhteensopivaa lähdetietoa ei ollut saatavilla. Aktiviteettiaineisto energian ja materiaalien käytön osalta kerättiin suoraan tiloilta. Kerättyihin tietoihin kuului sähkön ja lämpöenergian käyttö sekä energioiden laadut, lantajärjestelmät ja lannan määrä sekä myös veden kulutustiedot.

Sian- ja broilerinlihan kotimaisen tuotannon tunnuslukuja selvitettiin Webropol -kyselyjen avulla. Ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin lyhyt alustava kartoituskysely tiloille ja toisessa vaiheessa laajempi ja yksityiskohtaisempi kysely niille tuottajille, jotka olivat ilmaisseet halukkuutensa osallistua laajempaan kyselyyn. Kyselyiden jakelu toteutettiin pääasiassa tiedonkeruusiin osallistuneiden lihatalojen välityksellä.

4.2.1. Sikatilojen kysely

Alustavassa Webropol -kyselyssä sikatiloilta kartoitettiin tuotantomuoto (lihasikala, porsastuotanto, yhdistelmätuotanto, välikasvatus, muu), eläinten pääasiallinen valkuaislähde, viljely ja rehun hankinta, lannan luovutus ja lannoitekäyttö sekä sähköntuotanto tilalla.

Laajassa Webropol -kyselyssä kartoitettiin tuotantomuoto ja tilalle tulevien, tilalla kasvavien ja tilalta lähtevien eläinten ikä, paino (jakson alussa ja lopussa) sekä määrä vuoden 2018 mukaan sekä kasvatuserien koko ja määrä vuodessa. Lisäksi kysyttiin tilalla käytettävää rehun ja rehu-kasvien määrää ja laatua kohde-eläimen mukaan vuoden 2018 tuotannon mukaisesti sekä tilalla tuotettua sianrehun määrää ja tuotantopanoksia vuoden 2017 rehu- ja tuotannon mukaisesti, koska rehu- ja tuotanto oletettiin sijoittuvan edelliseen kasvukauteen. Tuotantopanoksiin sisällytettiin kylvömäärät, satotulokset, tuotantoalat, lannoitemäärät ja tyypit ja kalkitusmäärät, kalkitusväli ja kalkityypit.

Puhtaan veden käytön määrää sianrehuntuotannossa selvitettiin kysymällä lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden laimennus ja vedenkäytön arviointi pellolla. Lisäksi kysyttiin kuljetusetäisyys, kuten sadon, lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden ajo, kynnön ja äestyksen määrät sekä maan muokkauksen ja lannan levityksen ajankohdat. Tuotantopanoksista selvitettiin myös lantatyypien määrät ja laadut sekä lannan käyttöaste sianrehuntuotannossa sekä lannan käsittelytapa.

Lisäksi kartoitettiin tilan energian- ja vedenkulutusta vuoden 2018 mukaisesti. Sikalan energiankulutuksessa selvitettiin sähkön tyyppi, oma sähköntuotanto, lämmitysenergia, käytetyt polttoaineet ja määrät. Veden kulutuksessa kysyttiin oman kaivoveden osuus. Sikalassa käytetty kuiviketyppi ja määrä ilmoitettua vuosittaista keskimääräistä eläinmäärä kohti.

4.2.2. Sikala-aineiston täydentäminen laskennallisilla arvoilla

Sikalan arvioon sisällytettiin sähkön, lämmitysenergian ja veden kulutukset. Kulutusluvut saatiin tiloille suunnatusta Webropol -kyselystä. Kyselytuloksien rinnalla viitearvoina käytettiin aiempaa selvitystä sikaloitten energian ja veden kulutusmääristä, ja tarpeen mukaan tiloilta pyydettiin lisätietoja (Posio 2010). Jos vedenkulutuksessa oli asuintila mukana, on asuintilan vedenkulutus arvioitu asukasmäärän mukaan. Asukkaiden vedenkulutus laskettiin Suomalaisen kulutuksen keskiarvon vuoden 2018 mukaan, mikä oli 140 l/vrk (Motiva 2019).

4.2.3. Broileritilojen ja -munittamoiden kyselyt sekä laaja tila-aineisto

Tutkimuksen käytössä oli laaja tila-aineisto koskien kaikkia HKScanin ja Atrian sopimustuottajia. Tämä laaja aineisto kattoi teuraskilot, untuvikkojen määrät, poistumat, teurasiät sekä rehunkulutukset (teollinen rehu ja vehnä).

Alustavassa Webropol -kyselyssä broileritiloilta kartoitettiin tuotantomuoto, viljely ja rehun hankinta, lannan luovutus ja lannoitekäyttö sekä sähköntuotanto tilalla. Laajassa Webropol -kyselyssä kysyttiin tarkemmin tuotannon panoksista. Laajaan kyselyyn osallistui 20 tilaa, ja HKScanin ja Atrian tiedot näiden tilojen osalta yhdistettiin laajasta kyselystä saataviin tietoihin.

Laajassa kyselyssä tuotantotilojen energiankulutuksesta selvitettiin sähkön tyyppi, oma sähköntuotanto, lämmitysenergia, käytetyt polttoaineet ja määrät. Lisäksi kysyttiin viljan kuivauksen energiamäärä. Veden kulutuksessa kysyttiin lisäksi oman kaivoveden osuus. Käytetty kuiviketyyppi ja määrä kysyttiin sekä selvitettiin kanalan pesukäytännöt. Kuolleiden eläinten käsittelyn käytännöt kysyttiin. Tilalle ostetun viljan ja tilalle saapuvien eläinten kuljetukset kartoitettiin.

Broilerimunittamoilta kysyttiin lisäksi sisään otettujen emojen ja kukkojen määrä, teuraaksi menneiden määrä ja teuraskilot, tuotettujen munien määrä hautomoon tai muuhun käyttöön, sekä poistumat.

Hautomoilta kartoitettiin tuotannon määrä vuodessa sekä energian käyttö. Lisäksi kysyttiin sisään otettujen munien määrän ja tuotettujen untuvikkojen määränä sekä saapuvien munien kuljetukset ja poistumien käsittely.

4.2.4. Broileriaineiston täydentäminen laskennallisilla arvoilla

Broilerihallin arvioon sisällytettiin sähkön, lämmitysenergian ja veden kulutukset. Kulutusluvut saatiin Webropol -kyselystä. Jos tiloilta kerätyissä tiedoissa oli puutteita tai tuotantotilojen osuutta koko kulutuksesta ei pystytty erottelemaan, käytettiin laskennallisia arvoja.

Kahden tilan ilmoittama kuiviketurpeen määrä oli selvästi alle tai yli tilojen keskiarvon. Nämä havainnot poistettiin aineistosta ja käytettiin niiden sijasta jäljelle jäävän tila-aineiston painotettua keskiarvoa 0,1 kg turvetta / teuras-kg.

4.2.5. Tiedonkeruu teurastamoilta

Teurastamoiden tiedonkeruu toteutettiin primääriaineistonkeruuna suoraan teurastamoiden yhteyshenkilöiden kautta. Kahdella lihatalolla oli yhteensä kolme broileriteurastamo ja sika-teurastamoita kaksi. Kaikista kerättiin erillisinä ja laitospohjaisina laskentaohjeistuksen vaatimusten ja asetetun järjestelmärajoituksen mukaiset aineistot; eläinkuljetukset, teuraseläinmäärät, teurasjakeiden määrät, ruhoprosentit, lihaprosentit, teurastamon prosessien sähkön,

lämmitysenergian ja veden kulutustiedot rajattuna teurastukseen, pesuaineiden ja kemikaalien käyttömäärät sekä sivutuotteiden ja muiden jätejakeiden käsittelytavat, kuljetusmatkat ja kuljetuskalustot. Tiedonkeruu rajattiin teurastamoilla teurastukseen. Sama kysely tehtiin sekä sikojen että siipikarjan osalta.

Sähkön osalta kysyttiin kulutus kWh / vuosi sekä sähkön tyyppi (tavanomainen/ekosähkö/muu mikä). Oma sähköntuotanto otettiin huomioon, mikäli sellaista oli. Oman lämpökeskuksen tyyppi ja polttoaineen määrä ja laatu selvitettiin.

Lämmitysenergia, veden kulutus sekä jäteveden käsittely kartoitettiin kyselyssä. Teurastamon teuraskilot ja teurasmäärät / vuosi selvitettiin teurastamokohtaisesti. Jätteisiin laskettiin teurasjätteet, jotka jaoteltiin loppukäsittelypaikan mukaan. Sekajätteen ja muovijätteen määrät ja loppukäsittelypaikat selvitettiin samoin. Teurasjätteiden loppukäsittelypaikkojen osalta kysyttiin kuinka paljon (kg) teurasjätettä vietiin eläinrehutuotantoon ja paljonko eläinperäisten sivutuotteiden käsittelyyn.

Teurasjätteiden kuljetusmatkat otettiin huomioon; ajetut kilometrit, kuljetuskalusto ja kuljetusten määrä vuodessa. Kyselyssä kysyttiin myös sekajätteen määrä. Pesuaineet, kylmäaineet ja tainnutusaineet olivat mukana teurastamokyselyssä. Kaikki teurastamoissa käytetyt pesuaineet sekä niiden määrät otettiin huomioon.

Teurastamoilta selvitettiin myös teuraseläinkuljetukset eli kuljetusmatkat tiloilta teurastamoihin. Laskennassa käytettiin seuraavia tietoja: sikakilot, kilometrit, kuormat, km/kuorma ja kg/kuorma. Näiden tietojen perusteella kuljetukset mallinnettiin hyödyntäen kotimaisien kuljetuksien inventaaritietoja, jotka on kuvattu kappaleessa 4.3.6.

4.3. Rehu- ja muun panostuotannon inventaario

Punaisen lihan laskentaohjeistusvedos ohjaa eläintuotannossa käytettyjen rehujen elinkaariarvioinnissa noudattamaan rehuvalmisteiden PEFCR-ohjeistusta. Rehuvalmisteiden inventaarin osalta on mahdollista hyödyntää rehuvalmisteiden PEFCR-ohjeistuksen elinkaaren tietoja tai muodostaa rehuvalmisteelle inventaariaineisto PEFCR-ohjeistuksen mukaisesti. Tässä tutkimuksessa kaikki kotimaiset rehuvalmistetiedot kerättiin suoraan valmistajilta PEFCR-ohjeistusta noudattaen. Tuontivalmisteiden osalta noudatettiin PEFCR-ohjeistuksen suositusta arvioiden tilastojen, rehukoostumustietojen ja ravintosisältöjen perusteella valmisteen inventaario. Oma rehuntuotanto tiloilla arvioitiin niin ikään tilojen primääritietojen perusteella sikatilojen osalta. Broileritiloille käytettiin alueellisia rehuvalmisteiden tietoja. Maaperän hiilitaseita ei sisällytetty arvioihin.

Rehuvalmisteiden PEFCR -ohjeistus määrittelee neljä elinkaaren vaihetta, joista on pakollista kerätä primääriaineistoa. Nämä elinkaaren vaiheet on määritelty sen perusteella, että yleisesti niiden ajatellaan olevan yrityksen hallinnoimia ja tieto on saatavilla. Ilman näitä tietoja tutkimus ei toteuta PEFCR:n vaatimuksia. Primääriaineisto on kerättävä rehuvalmisteiden 1) raaka-aineista, 2) ravintosisällöstä, 3) rehuvalmistusprosessien energiankäytöstä sekä 4) lähtevien rehuvalmisteiden kuljetuksista.

Tässä tutkimuksessa kaikki kotimaiset rehuvalmistetiedot kerättiin suoraan valmistajilta PEFCR-ohjeistusta noudattaen. Tuontivalmisteiden osalta noudatettiin PEFCR-ohjeistuksen suositusta arvioiden tilastojen, rehukoostumustietojen ja ravintosisältöjen perusteella valmisteen inventaario. Oma rehuntuotanto tiloilla arvioitiin niin ikään tilojen primääritietojen perusteella sikatilojen osalta.

4.3.1. Yleiset panostiedot

Arvioinnissa käytetyt yleiset panostiedot koostettiin useista tietolähteistä. Kuljetusmallit muodostettiin käyttäen LIPASTO-tietokannan (Teknologian tutkimuskeskus VTT 2017) yksikköpäästökertoimia liikenne- ja työkonesuoritteiden osalta, sekä polttoaineen valmistuksen osalta Ecolnvent 3.0 -tietokannan tietoja.

Verkkosähkön tuotannon ympäristövaikutukset perustuvat Suomen sähköntuotannon keskimääräiseen tuotantojakaumaan vuosilta 2015–2019 (Energiateollisuus ry 2020). Voimalaitoskohtaiset hiilidioksidin ominaispäästöt perustuvat hiili-, kaasu- ja turvesähkön tuotannon osalta näiden tuotantomuotojen todelliseen polttoaineenkulutukseen Suomessa vuonna 2019 (Tilastokeskus 2020). Muilta osin eri energiamuotojen ympäristövaikutukset perustuvat Ecolnvent v.3.0-tietokannan tietoihin.

Sähköntuotantoprosessit hiilelle, öljylle ja maakaasulle on muokattu Ecolnventin prosesseista kuvaamaan paremmin Suomen olosuhteita. Polttoaineiden kulutus ja niistä syntyvät hiilidioksidipäästöt on laskettu Tilastokeskuksen julkaisemien polttoaineen kulutustietojen mukaan. Lisäksi kaikki Suomeen sijoittuvat energiantuotantoprosessit ja niiden alaprosessit, joissa käytetään vettä, on muokattu käyttämään suomalaista vettä.

Puu- ja turvesähköntuotannon prosessit, on tehty perustuen Jyväskylän Energian julkaisemiin päästötietoihin puuta ja turvetta polttavasta CHP-laitoksesta, jonka on katsottu edustavan hyvin keskimääräistä tämän tyyppistä voimalaitosta Suomessa. Tilojen aurinko- ja tuulisähkön tuotannon kuvaamiseen käytettiin niin ikään Ecolnvent 3.0 aineistoa.

Lämmityspolttoaineina sika- ja broileritiloilla käytettiin Ecolnvent-tietokannan aineistoa, jota muokattiin kevyesti. Ecolnvent aineiston kevyt muokkaus toteutettiin osaprosesseja täsmentämällä vesijalanjälkilaskentaan yhteensopivaksi. Turpeen- ja hakkeentuotannon osalta tehtiin oletus, että ne sijoittuvat Suomeen. Uusituvalle energialle on käytetty laadunmukaisia päästökertoimia. Vesijohtoveden osalta tehtiin oletus, että veden putkistohäviö (putkistohäviö ja muu laskuttamaton vesi) on 20 % (Vesilaitosyhdistys 2016).

Tässä arvioinnissa oletuksena oli, että kaikki rehut kuljetetaan ilman pakkauksia eikä rehujen pakkauksia sisällytetty.

4.3.2. Rehuvalmisteiden raaka-ainetiedot

Rehuvalmisteiden raaka-ainetiedot kerättiin kotimaisilta rehuvalmistajilta noudattaen rehuvalmisteiden laskentaohjeistusta ja vaatimuksia primääriaineistosta. Sian- ja broilerinrehujen osalta tiedot kerättiin useilta kotimaisilta rehuja valmistavilta yrityksiltä ja tiedot sisälsivät rehuraaka-aineiden tyyppin ja määrän, rehulisäaineiden tyyppin ja määrän sekä esiseoksien tyyppin ja määrän seoksessa. Rehuvalmisteet mallinnettiin pääosin erikseen valmisteittain ja käyttökohteiden mukaan, ja osin tehtiin rehutehdaskohtaisia yhdistelmiä tasaamaan lukuisten lähellä toisiaan olevien valmisteiden eroja.

Tarkastelujakson osalta rehuvalmisteiden tyyppillinen lyhyt säilytysaika huomioitiin oletuksella, että kaikki 2019 lihatuotannossa kulutetut rehut oli tuotettu edeltävänä kasvukautena 2018. Rehuvalmisteiden koostumukset määritettiin näin ollen myös vastaamaan vuoden 2018 tuotantoa.

Rehuraaka-aineista kerättiin ohjeistuksen mukaisesti myös alkuperätieto aina kun se oli saatavilla. Epätäydellisiä tietoja oli mahdollista täydentää tietokantatiedoilla, tämä on kuvattu myöhemmin kappaleissa 4.3.4 ja 4.3.5.

Rehuvalmisteiden prosessoinnin energiankulutus kerättiin primääriaineistona rehuvalmistajilta. Kerätty aineisto sisälsi tiedot sähkön, lämmitysenergian, kaasun ja mahdollisten muiden energiamuotojen vuotuisista käyttömääristä. Lisäksi kerättiin veden vuotuiset kulutusmäärät. Keskimääräiset laitoskohtaiset kulutusmäärät jaettiin laitoksen tuotantotonneille.

4.3.3. Kotimaiset rehukasvit ja tiloilla tuotetut rehut

Kotimaisista rehukasveista mallinnettiin rehuherne, härkäpapu, kaura, rehuohra, vehnä ja rypsi. Nämä kasvit mallinnettiin perustuen ProAgrian lohkotietokanta-aineistoon. Kaikista kasveista mallinnettiin koko Suomen hiili- ja vesijalanjäljet sekä kauran, ohran ja vehnän osalta lisäksi myös ELY-keskusalueittaiset tulokset tarvittavien alueiden suhteen.

ProAgrian lohkotietokanta-aineistosta rajattiin kolmen vuoden tarkastelujakso niin, että se edelsi eläintuotannon tarkastelujaksoa, joka oli asetettu vuoteen 2018. Vuosien 2013–2017 jaksolta valittiin kolme viimeisintä vuotta, joilta oli saatavilla tarvittu yhtenäiset tiedot. Ohran, kauran, vehnän ja rypsin aineisto saatiin vuosilta 2015–2017, herneen 2014–2016, härkäpavun 2013 ja 2015–2016. Aineistosta saatuja tietoja olivat satotaso, maaperäjakauma (savimaat/karkeat kivennäismaat/eloperäiset maat), orgaaninen sekä väkilannoitteena annettu typpi, fosfori ja kalium, kalkkikivi-, dolomiitti- ja sivuvirtapohjainen kalkki sekä siemenet vuosittain (Taulukko 6 ja Taulukko 7). Lisäksi aineistosta saatiin työsuoritteiden (muokkaukset, kylvöt ja kasvinsuojelu) lukumäärät hehtaaria kohden (Taulukko 8). Vastaavasti määritettiin alueellinen rehukasvituo- tinto tyyppillisille sian- ja broilerinlihan tuotantoalueille (Taulukko 7 ja Taulukko 9).

Taulukko 6. Aineiston mukaiset maalajijakaumat keskimääräisten kotimaisten rehukasvien tuotannossa. Lähde: ProAgria.

	Ohra	Kaura	Vehnä	Herne	Härkäpapu	Rypsi
Savimaat, %	29 %	24 %	68 %	70 %	73 %	58 %
Karkeat kivennäismaat, %	63 %	57 %	30 %	28 %	25 %	35 %
Eloperäinen, %	8 %	19 %	2 %	2 %	2 %	7 %

Taulukko 7. Aineiston mukaiset maalajijakaumat keskimääräisten alueellisten rehukasvien tuotannossa. Lähde: ProAgria.

	Ohra ELY2	Ohra ELY3	Ohra ELY4-5	Ohra ELY11	Ohra ELY12	Vehnä ELY2-3	Vehnä ELY11	Kaura ELY11
Savimaat, %	80 %	29 %	44 %	14 %	29 %	81 %	15 %	7 %
Karkeat kivennäismaat, %	18 %	71 %	37 %	77 %	58 %	19 %	80 %	68 %
Eloperäinen, %	2 %	0 %	19 %	10 %	13 %	0 %	4 %	25 %

Taulukko 8. Rehukasvien tuotannon tunnusluvut, suomalainen tuotanto keskimäärin.

	Ohra	Kaura	Vehnä	Herne	Härkäpapu	Rypsi
Väkilannoite, kg N/ha/a	72	66	117	19	15	99
Väkilannoite, kg P/ha/a	5,8	5,6	7,3	3,0	2,4	8,0
Väkilannoite, kg K/ha/a	16,7	14,8	13,2	6,5	5,2	15,5
Lanta, kg N/ha/a	16	10	6	7	7	5
Sato, ilmakeiva, kg/ha	4 238	3 969	4 361	2 067	2 597	1 679
Kyntö, kertaa /a	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3
Äestys, kertaa /a	1,3	1,4	1,4	1,7	1,5	1,5
Kasvinsuojeluruiskutus, kertaa/a	1,6	1,1	1,7	0,9	0,7	2,3

Taulukko 9. Alueellisten rehukasvien tuotannon tunnusluvut.

	Ohra ELY2	Ohra ELY3	Ohra ELY4-5	Ohra ELY11	Ohra ELY12	Vehnä ELY2-3	Vehnä ELY11	Kaura ELY11
Väkilannoite, kg N/ha/a	95	81	76	63	67	118	90	61
Lanta, kg N/ha/a	15	3	2	22	17	7	21	13
Sato, ilmakeiva, kg/ha	4 245	5 103	3 930	4 425	4 077	5 098	4 645	3 885
Kyntö, kertaa /a	0,5	0,14	0,3	0,6	0,6	0,3	0,3	0,6
Äestys, kertaa /a	1,6	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,2	1,3
Kasvinsuojeluruiskutus, kertaa/a	1,7	1,9	1,3	1,6	1,4	1,9	1,9	1,1

Viljelyn muu panostuotanto mallinnettiin käyttämällä niin ikään tietokanta-aineistoa. Vesiniukuusaineistoa viljelyn panoksista on erittäin vähän saatavilla. Käytetty inventaariaineisto oli ns. globaalia aineistoa, eli sen antama vesiniukuusvaikutusarvio on korkeampi kuin, mikäli jos tuotanto olisi pystytty kiinnittämään todelliseen tuotantopaikkaan esimerkiksi Suomessa. Lannoitteiden valmistuksen osalta ilmastovaikutuksen oletettiin olevan 3,6 kg CO₂ eq/kg N, mikä on Yaran Suomessa valmistettujen lannoitteiden ns. takuuarvo eli korkein sallittu arvo. Vesiniukuuden osalta käytettiin Ecolnvent 3.0 tietokannan aineistoa erikseen typen, fosforin ja kaliumin valmistukselle.

Kotimaisten ja alueellisten rehujen arvioinnissa siementen määräksi asetettiin vakiomäärä 183 kg/ha viljoille, paitsi vehnälle 257 kg/ha ja 250 kg/ha palkokasveille. Samoin kalkituksen määrä asetettiin vakioksi 175 kg/ha, viiden vuoden välein. Kalkitusaineille oletettiin jakaumaksi 67 %

kalkkikiveä, 22 % dolomiittikalkkia ja 10 % sivuvirtakalkkia aiempien tutkimuksien perusteella. Sivuvirtakalkille ei laskettu tulevan valmistuksen päästöä, eikä sillä ole koostumuksensa myötä käytön hiilipäästöä. Työkoneiden käytön päästölaskentaan kylvölannoitus oletettiin kaikille 1 kerta ja lannan levitys 1 kerta niin, että lannan levitys jaettiin saatavilla olevan eläinlannan mukaisiin tyyppeihin ja levitystapoihin. Saatavilla oleva eläinlanta määritettiin keskimääräisenä vakiona kaikille, perustuen raportoituihin määriin (Luostarinen ym. 2017). Lietelannan osuus oli näin ollen 55 %, kuiva- ja kuivikelannan osuus 38 % ja virtsan osuus 6 %.

Työkoneiden käytön päästöt mallinnuksessa käytettiin työsuoritteiden keskimääräisiä polttoaineen kulutuksia (Mikkola & Ahokas 2009) ja käytön päästöt VTT:n Lipasto-liikenteen päästö-tietokannan mukaan (Teknologian tutkimuskeskus VTT 2017).

Kasvinviljelyssä käytettyjen työkoneiden ja rakennuksien osalta noudatettiin Euroopan Komission PEF-yhteensopivan rehutietokannan menetelmää työkoneiden ja rakennuksien mallinnuksessa (Blonk Consultants 2017). Menetelmään sisältyi 1) traktoreiden, koneiden ja muiden energiaa käyttävien laitteiden valmistus ja ylläpito, pl. liittyvät kulutustarvikkeet, 2) varastoinnin valmistus ja ylläpito, pl. liittyvät kulutustarvikkeet, 3) infrastruktuurin, kuten teiden ja rakennuksien valmistus ja ylläpito, pl. liittyvät kulutustarvikkeet ja ojituksen tai kastelun infrastruktuuri.

Aktiviteettiaineisto traktoreiden ja työkoneiden valmistuksen päästöille perustui Agri-Footprint 3.0 aineistoon (Blonk Consultants 2017). Sen perusteella viljelyyn käytettyjen työkoneiden kumulinen arvioitiin polttoainekulutuksen perusteella, 1/75000 traktoria per litra dieseliä. Varastointiin käytettyjen rakennusten eliniäksi oli arvioitu 35 vuotta ja varastoinnin kapasiteetti oli 347 m³, minkä perusteella rehutonnikohtainen materiaalikulutus määritettiin. Teiden osalta oli arvioitu 30 m² tietä per hehtaari viljeltyä alaa, jonka eliniäksi oli arvioitu 33,3 vuotta. Materiaalitarve määritettiin tuotantoalaa kohden.

4.3.4. Rehuvalmisteiden ja -kasvien sekundääriaineisto

Rehuvalmisteiden ulkomailla tuotettujen kasvien arviointi perustui sekundääriseen aineistoon. Rehuvalmisteiden ja kasvien osalta rehuvalmisteiden PEF-ohjaa käyttämään ensisijaisena sekundääriaineiston lähteenä Euroopan Komission julkaisemaa tietokantaa rehuvalmisteiden arviointiin. Muut tärkeimmät mainitut lähteet rehuvalmisteiden raaka-aineiden sekundääriaineistoksi on GFL:n (Global Feed LCA Institute) tietokanta rehuvalmisteiden ja Ecolnvent-tietokanta, jotka ovat suoraan PEF-yhteensopivia.

Rehuvalmisteiden ulkomailla tuotetuista rehuvalmisteista saatiin rehuvalmisteiden kautta tieto niiden alkuperämaasta tai maaryhmästä. Mallinnus pyrittiin tekemään mahdollisimman tarkasti perustuen oikean alueen aineistoon. Erityisesti vesiniukuusvaikutuksen arvioinnissa alkuperällä on suuri merkitys.

Dataa ei kuitenkaan ollut saatavilla halutulla tasolla, joten jonkin verran yleistä jouduttiin tekemään. Dataa myös muokattiin runsaasti tarkemman tuloksen saavuttamiseksi. Sekundääridatan valinnassa ja muokkaamisessa käytetyt periaatteet:

- Ensisijaisesti käytettiin Ecolnvent 3.0 -tietokannan dataa silloin, kun oikean alueen dataa oli suoraan saatavilla.
- Toissijaisesti muiden tietokantojen, mm. Ecolnvent -tietokannan (versiota 3.0 edeltävät) ja AgriFootPrint (versiota 5.0 edeltävät), jotka eivät sellaisenaan ole AWARE-laskentaan yhteensopivia, dataa seuraavin tavoin:
 - mallin sisältämien alamallien korvaaminen Ecolnvent 3.0 -datalla kokonaan tai osittain

- mallin sisältämän suoran vedenkäytön sitominen todelliseen tuotantoalueeseen silloin, kun se oli tiedossa, samoin kuin muu alueellistaminen, esim. paikallisten sähköprofiilien käyttö globaaleissa malleissa
- Osa vähämerkityksisten alaprosessien mallinnuksessa käytettiin paikkaan sitomattomia ns. globaaleja prosesseja.
- Esiseokset mallinnettiin rehuvalmisteiden PEFCR:n premix-valmisteiden mukaisina sekä broileri- että sianrehuihin (Mosnier ym. 2011).

4.3.5. Rehudatan täydentäminen laskennallisin arvoin

Rehuvalmisteiden koostumuksen optimointi elinkaariarviointia varten

Joidenkin rehuvalmisteiden osalta raaka-aineluettelon ja ravintosisällön lisäksi tarvittavat tiedot rehuvalmisteiden koostumuksesta (%-osuudet raaka-aineille) olivat puutteellisia. Tällaisten rehuvalmisteiden koostumuksen arvioimiseksi luotiin tunnettua raaka-aineluetteloa vastaavia erilaisia rehuja SAS-ohjelmistolla ja niistä valittiin annettua kemiallista koostumusta vastaavat rehukoostumukset.

Vastaavasti ulkomaisten rehuvalmisteiden osalta erityisesti pienten porsaiden rehuina käytettyjen valmisteiden koostumus arvioitiin optimoimalla tuontirehujen tuoteselosteissa ilmoitetun raaka-aineluettelon sekä tärkeimpien ravintoaineiden kokonaispitoisuuksien perusteella käyttäen Excel Solver -laskuria.

Eri raaka-aineiden ravintoaine- kuiva-aine- ja energiasisällöt määritettiin kirjallisuuden ja tietokantojen avulla, lähinnä Feedipedia (Heuzé ym. 2013). Asiantuntijalausuntojen perusteella määritettiin rehujen kokonaisenergisällöt sekä eri raaka-aineiden minimi- ja maksipitoisuudet. Näitä tietoja käytettiin rajoitteina optimoinneissa.

Rehuvalmisteiden koostumus optimoitiin siten, että kokonaisravintoainesisällöt vastasivat tuoteselostetta. Tuloksia tarkasteltiin asiantuntijoiden kanssa ja tehtiin tarvittavat korjaukset

Rehujen typpi- ja fosforipitoisuudet elinkaariarviointia varten

LCA-laskentoja varten tarvittuja sikojen rehujen N- ja P-pitoisuuksia ei aina ollut ilmoitettu rehuvalmisteiden tiedoissa. Raaka-aineiden ravintoaine- kuiva-aine- ja energiasisällöt määritettiin kuten edellä, lähinnä Feedipedia-tietokantaa hyödyntäen ja koottiin Excel-taulukoon. Rehujen koostumustietojen avulla laskettiin rehun sisältämät proteiini (-> typpi) ja fosforipitoisuudet rehukiloa kohden.

Rehuraaka-aineiden ravitsemuksellinen laatu määritettiin hyödyntäen ensisijaisesti Luonnonvarakeskuksen Rehutaulukoiden tyyppillisiä rehuarvoja, ellei todellista ravintosisältöä ollut saatavilla (Luke 2014). Puuttuvat tiedot täydennettiin käyttäen kansainvälisiä rehutaulukoita (CVB Feed Table 2018; Sauvant, Perez & Tran 2004). Ulkomaisten rehuvalmisteiden osalta valmistajien tietoja rehukoostumuksista ei ollut käytettävissä, jolloin rehukoostumus arvioitiin perustuen tunnettuun ravintosisältöön ja rehutaulukoiden ravintoarvoihin.

Rehuannoksien nettoenergiasaanti määritettiin kullekin tilalle ja eläinryhmälle erikseen. Huomattavan alhaiset NE-saannit toimivat aineiston rajaamisessa niin, että arvioon ei sisällytetty tiloja, joiden NE-saanti oli vähemmän kuin 80 % laskennallisesta NE-tarpeesta. Lihaskojen, emakoiden ja pikkuporsaiden energiantarpeet määritettiin perustuen kirjallisuuden arvoihin (BSAS 2003).

4.3.6. Rehukuljetukset

Rehuvalmisteiden laskentaohjeistuksessa on määritelty rehuraaka-aineiden kuljetukselle arviointimenetelmä. Tässä tutkimuksessa arvioidut kuljetusmatkat ja -välineet arviotiin ohjeistusta mukaillen.

Etäisyydet ulkomaisten raaka-aineiden kohdalla laskettiin pääsääntöisesti satamasta satamaan, siten, että tuotantomaa mahdollinen viljelyalue otettiin huomioon valitsemalla lähin satama. Kasvien yleisimmät viljelyalueet kyseisessä maassa saatiin kirjallisuudesta. Minkään kasvin kohdalla ei tuotantomaa ollut tarkkoja viljelysten sijaintitietoja.

Etäisyys Euroopan maiden ja Euroopan ulkopuolisten maiden välillä merentakaisista rahtimatkoista laskettiin verkkosivulla <http://www.searates.com/reference/portdistance/>. Suomessa kuljetukset laskettiin rehutehtaalle asti rekkakuljetuksina, ellei primääritietoa ollut saatavilla. Arvioidut kuljetusmatkat olivat pääsääntöisesti rahtilaiva- ja rekkakuljetuksia.

4.4. Päästölaskenta

4.4.1. Eläinten typpeneritys

Eläinten typpeneritys on pohjana lannan typpioksiduulipäästöjen määrittämiselle.

Tiloille määritettiin erityislaskentaa varten massa- ja typpitaseet. Tilakohtaisten tulosten laskennassa taseet määritettiin tiloittain. Kansallisessa aggregoidussa laskennassa laskettiin yksi koko aineistoa kuvaava typpitase. Taseisiin sisällytettiin massat ja typen määrä eläimistä, rehuista ja lannasta.

Tilakohtaiset tiedot rehuvalmisteiden ja rehuksien kulutuksista eri eläinryhmissä (emakot, ensikot, karjut; imevät porsaas; vieroitettut porsaas; lihasiat) muodostivat pohjan tilakohtaisille, eri eläinten rehukoostumuksille, joille määritettiin tilakohtaisten rehuannoksien typpipitoisuudet.

Rehuannoksien ravintosisältö määritettiin rehuraaka-aineiden osuuksien sekä rehuaukoiden rehuksikohtaisien koostumustietojen perusteella, kuten on kuvattu kappaleessa 4.3.5.

Typen erittyminen määritettiin kaavalla:

$$N_{\text{Eritys}} = N_{\text{Rehu}} - N_{\text{Pidätys}}$$

Missä N_{Eritys} on erittyvä kokonaistyyppi (kg), N_{Rehu} on rehuannoksen typpipitoisuus (kg)

ja $N_{\text{Pidätys}}$ määritettiin eläinlajikohtaisilla kaavoilla.

Sianlihan tuotannossa N_{Rehu} määritettiin rehuannoksen raaka-ainekoostumukseen perustuen.

Porsastuotannon typen eritykset määritettiin arvioiden nettoenergian saanti. Tunnetun annetun pikkuporsaiden imetysajan rehun nettoenergiapitoisuuden ja laskennallisen nettoenergian tarpeen erotuksena saatiin arvioitua pikkuporsaiden syömä maidon määrä.

Rehuannoksien typpipitoisuuksien perusteella voitiin määrittää tilakohtaiset eläinryhmien typen pidättymiset ja erittymiset kaavalla:

$$N_{\text{Pidätys}} = a * \text{Teuraspaino} / c - b * \text{Tulopaino}$$

Missä a on pidättyvän typen kerroin kasvatussioilla (0,026), b on pidättyvän typen kerroin porsailla (0,025) (Sevón-Aimonen 2002), Teuraspaino on elopaino teurasiässä, Tulopaino on elopaino jakson alussa, c on ruho-osuus elopainosta (lihasioilla vakiokerroin 0,745).

Broilerin osalta typeneritys laskettiin erikseen sekä laajan kyselytutkimusaineiston broileritiloille että lihatalojen koko tilajoukkoja kuvaavien aineistojen perusteella ns. kansallista arviota varten (ks. 4.7.2).

Broilerin rehuille määriteltiin niiden typpipitoisuudet raaka-ainekoostumukseen perustuen, joiden perusteella laskettiin rehuannoksen typpipitoisuus (N_{Rehu}). Tämä on kuvattu kappaleessa 4.3.5.

Typen pidätys määritettiin kaavalla:

$$N_{\text{Pidätys}} = a * \text{Teuraslinnut} * \text{Elopaino}$$

Missä a on 0,0296 (linnun N_{pit} kg/ elo-kg perustuen Luken koeaineistoon, joka on kansallisen kasvihuoneinventaarin mukainen (Statistics Finland 2021)), Teuraslinnut on teurastettavien lintujen lukumäärä ja Elopaino niiden keskimääräinen elopaino.

4.4.2. Eläintuotannon ja lannankäsittelyn päästölaskenta

Eläintuotannosta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt arvioitiin perustuen tilakohtaisiin primääri-aineistoihin ja IPCC:n raportteihin (IPCC 2019 ja IPCC 2006) sekä kansallisen kasvihuonekaasuinventaarin menetelmiin (Statistics Finland 2021). Mikäli kansallisessa kasvihuonekaasuinventaarissa oli kansallinen menetelmä, sitä käytettiin, muussa tapauksessa noudatettiin IPCC 2019 menetelmiä ja ohjeistuksen tier-tasoa (Taulukko 10).

Suorat N_2O -päästöt lannan varastoinnista määritettiin IPCC 2019 tier 2 mukaisesti erittyvän kokonaistypen perusteella kullekin lannankäsittelytavalle erikseen. Epäsuora N_2O -päästö määritettiin niin ikään IPCC 2019 tier 2 mukaisesti.

CH_4 -päästö lannan varastoinnista ja eläinten ruuansulatuksesta määritettiin kansallisen kasvihuonekaasuinventaarin ja IPCC 2019 tier 2 mukaisesti huomioiden lannankäsittelytavat. Sikojen osalta ruuansulatuksen metaani arvioitiin noudattaen kasvihuonekaasuinventaarin menetelmää. Lietteiden varastoinnin osalta käytettiin metaanin muodostumiskerrointa 10 %, mikä vastasi keskimääräistä varastointiaikaa noin 5 kk. Broilerin osalta ruuansulatuksen metaani oletettiin nollassa, ja lantajärjestelmäksi oletettiin kuiviketuotanto.

Sikatiiloille, joilla oli oma biokaasulaitos, N_2O -päästö lannan välivarastoinnista ennen biokaasulaitosta laskettiin IPCC 2019 mukaisena (Taulukko 11). Metaanipäästö biokaasulaitoksesta huomioitiin niin ikään IPCC 2019 mukaisena, oletuksena vähäisen vuodon teknologia ja lantajärjestelmän kerroin metaanin muodostumiselle 1,41 %.

Taulukko 10. Sikojen ja siipikarjan lannan metaanin ja dityppioksidin arviointimenetelmät kansallisen kasvihuonekaasuinventaarin mukaisina (Statistics Finland 2021).

Päästölähde	Päästöt	Menetelmän taso	Päästökertoimet
Siat	CH ₄	Tier 2	Kansallinen
	N ₂ O	Tier 2	IPCC
Siipikarja	CH ₄	Tier 2	Kansallinen
	N ₂ O	Tier 2	IPCC
Lantajärjestelmät			
Liete	N ₂ O	Tier 2	IPCC
Kuivike	N ₂ O	Tier 2	IPCC
Kestokuivike	N ₂ O	Tier 2	IPCC

Taulukko 11. Lannan varastoinnin päästökertoimet N₂O-N:lle ja metaanille kansallisen kasvihuonekaasuinventaarin mukaisina (Statistics Finland 2021).

Lantajärjestelmä	MCF, % NIR / IPCC 2006	EF, MMS Kg N ₂ O-N/kg IPCC2019
Liete, ilman kuorta	17	0
Liete, kuori tai kansi	10	0,005
Kestokuivike	2	0,005
Kuivike, siat	17	0,01
Kuivike, broileri	1,5	0,001

Lannan metaani laskettiin kaavalla (IPCC 2019):

$$EF = (V_s * T) * \left[Bo * 0.67 * \sum \frac{MCF}{100} \right]$$

Missä V_s oli kansallisen kasvihuonekaasuinventaarin mukainen päivittäisten lannan orgaanisen aineksen osuus, T oli kasvatusjakson pituus päivinä, Bo ja MCF olivat IPCC mukaiset kertoimet huomioiden olosuhteet.

Broilerinlanta, sekä osa sianlannasta oli kuivikelantaa, joka päätyy lannan mukana jatkokäyttökohteisiin, suurimmaksi osaksi peltokäyttöön. Kuivikkeiden hajoamisen päästöt on käsitelty kappaleessa 4.4.3.

4.4.3. Kasvintuotannon päästölaskenta

Kasvintuotannon päästölaskenta toteutettiin noudattaen tuoteryhmäkohtaista ohjeistusta rehuvalmisteista (European Commission 2018) sekä (FAO LEAP 2015) ohjeistusta, johon nojaten myös PEFCR:n ohjeistus on laadittu.

Tärkeimmiksi vaikutusluokiksi rehuvalmisteiden osalta PEF-ohjeistuksessa on tunnistettu hiilijalanjälki, pienhiukkaset, happamoituminen, maan käyttö, rehevöityminen ja vesiniukkuus. Tähän tutkimukseen vaikutusluokista sisällytettiin vain kaksi, hiilijalanjälki (GWP) ja vesijalanjälki. IPCC (2019) ohjeistusta noudatettiin PEFCR:n ja FAO LEAP:n ohjeistukset huomioiden

ilmastovaikutuksen osalta, ja vesiniukkuusvaikutus määritettiin noudattaen AWARE-menetelmää (Boulay ym. 2018) (Taulukko 12).

Taulukko 12. Kasvintuotannon kasvihuonekaasujen päästölähteet. Mukailtu FAO LEAP (2015).

Vaikutusluokka	Päästö	Päästölähde
Ilmastovaikutus	CO ₂	Fossiilisten panosten valmistus ja käyttö (polttoaineet, kalkitus, ym.) Maankäytön muutoksen CO ₂ Maankäyttö: maanmuokkauksesta syntyvä hiilipäästö Turvemaat: hiilipäästö maaperästä
	N ₂ O	Lannoitteiden valmistus ja käyttö Lannan levitys Kasvintähteiden päästöt Eloperäisen aineksen hajoaminen Maan käytön muutos
<i>Ei sisällytetty, ei relevantteja</i>	CH ₄	<i>Biomassan poltto, anaerobiset prosessit</i>

Kalkitusaineiden hajoaminen maaperässä aiheuttaa CO₂-päästöjä, jotka määritettiin kalkkikivi- ja dolomiittikalkille IPCC 2006 mukaisesti. Sivuvirtoihin perustuvan kalkin maaperäpäästöt oletettiin nollassa.

Lannan mukana pellolle levitetään myös kuivikkeita. Ennen kaikkea turvekuivikkeen hajoaminen hiilidioksidiksi tulisi sisällyttää kasvintuotannon ilmastovaikutuslaskentaan. Kuiviketurpeen käyttömäärää kansallisella tasolla on arvioitu Soimakallio, ym. 2020 ja lannan levitysmäärä Statistics Finland (2021, Appendix 5b) mukaan. Arvio on karkea, koska kansallisella tasolla kuivikkeiden levitys ei ole jäljitettävissä. Soimakallio ym (2020) ovat arvioineet, että kuiviketurpeen hiili aiheuttaa 900 kg CO₂-päästöt / 1000 kg kuiviketta (ilman turvetuotantovaihetta). Näin lasketuna sian- ja broilerintuotannossa käytetyille kotimaisille rehuksveille (ohra, vehnä, kaura, rypsi, herne ja härkäpapu) turvekuivikkeen CO₂-päästö vaihtelee 0,0005–0,001 kg / kg rehuksvia. Tämä päästö on vähäpätöisenä vaikutuksena jätetty pois tästä tutkimuksesta.

Typen käyttö aiheuttaa N₂O-päästöjä sekä suoraan, että epäsuorasti. IPCC:n mukaan 1 % käytetystä typestä haihtuu suoraan ilmaan typpioksiduulina. Typpioksiduulin kokonaismäärä määritetään:

$$N_2O-N = N_2O-N_{\text{panoksien N}} + N_2O-N_{\text{orgaanisten maiden N}} + N_2O-N_{\text{laitumien N}}$$

Suora ja epäsuora N₂O-päästö viljelyssä käytetyistä typpipanoksista määritettiin rehuvalmisteiden PEFCR-ohjeistuksen mukaisesti käyttäen kerrointa 0,022 kg N₂O / kg lannan ja lannoitteiden N. Orgaanisten maiden päästön osalta noudatettiin IPCC 2006 menetelmää.

Tässä hankkeessa tuotettuja arvioita erillisten rehuvalmisteiden ympäristövaikutuksista ei ole liitetty tähän raporttiin erilaisten käyttötarkoitusten ja ravitsemuksellisten arvojen aiheuttaman huonon vertailukelpoisuuden vuoksi sekä yritysten reseptiikan suojaamiseksi.

4.5. Allokointi ja karakterisointi

4.5.1. Allokoinnit

Rehuvalmisteiden osalta taloudellinen allokointi mahdollisten sivujakeiden välillä toteutettiin noudattaen laskentaohjeistusta.

Broilerituotantoon liittyen allokointia tarvittiin lähinnä soijarouheen ja kasviöljyjen kohdalla. Si-anrehuista puolestaan hera, muut maitopohjaiset sivuvirrat, oluen tuotannon sivuvirrat, käsiteltiin taloudellista allokointia noudattaen. Etanolituotannon sivuvirtana tuotetun ohrarehujakeen osalta käytettiin, poiketen laskentaohjeistuksesta, tuotannosta saatua ohran massa-alkaatiokerrointa 32–37 %, josta käytettiin keskimääräistä arvoa 34 %. Lisäksi rehujae allokoitiin kuiva-aineosuuksilla 69 % OVR-liemelle ja 31 % ohrarehulle (Altia Oyj, henkilökohtainen tiedonanto 22.2.2021, Miika Jokinen).

Punaisen lihan laskentaohjeistuksen vedoksessa on arvioitu tärkeimmiksi eläintuotannon elinkaaren vaiheiksi rehujen tuotanto, ruoansulatuksen metaani, lannan käsittelyn ja varastoinnin päästöt sekä karjasuojat. Ydinprosesseihin luettava teurastamo ei varsinaisesti aiheuta merkittävää kontribuutiota tuotteen ympäristövaikutuksiin, mutta allokoinnilla on merkittävä vaikutus. Punaisen lihan laskentaohjeistuksesta poikettiin teurastamon allokoinnin osalta ja noudatettiin PEF yleisohjeen taloudellisiin arvoihin perustuvia allokointikertoimia.

Myös lannan allokoinnin osalta noudatettiin PEF-yleisohjetta, poiketen punaisen lihan laskentaohjeistuksen suosittelemasta menetelmästä. Lannan osalta allokointia tai hyvityksiä ei sisällytetty.

4.5.2. Karakterisointi

Ilmastovaikutuksen karakterisoinnissa on käytetty IPCC:n ja Joos ym. menetelmiä (IPCC 2013 ja Joos ym. 2013). Käytetyt karakterisointikertoimet on esitetty alla (Taulukko 13).

Taulukko 13. Karakterisointikertoimet (CF) ilmastovaikutuksen arvioinnissa.

Kuormittava päästö	CF
CO ₂	1
N ₂ O	298
CH ₄ biogeeninen	34
CH ₄ fossiilinen	36,75

Vesiniukkuuslaskennan vaikutusten arviointi perustui ISO 14046 standardin mukaiseen ns. AWARE-menetelmään (Boulay ym. 2018). Menetelmän ytimessä on kerroin, joka kuvaa saatavilla olevan veden määrää pinta-alayksiköllä tietyllä valuma-alueella suhteutettuna maailman keskiarvoon, sen jälkeen, kun ihmisten ja ekosysteemien tarpeet on tyydytetty. Arvot vaihtelevat 0, 1 ja 100 välillä. Näistä valuma-aluekohtaisista ja kuukausitasolla määritellyistä kertoimista on muodostettu aggregoimalla maa- ja vuositason kertoimet, joita käytetään karakterisointikertoimina kertomaan tuotannossa kulutetun veden määrä. Kertoimet on annettu erikseen kasteluedelle, muulle vedenkäytölle ja vedenkäytölle, jonka käyttötarkoitusta ei tunneta (ns. yleinen kerroin). Tässä mallinnuksessa käytettiin ainoastaan yleisiä kertoimia (Taulukko 14).

Taulukko 14. Karakterisointikertoimet (CF) vesiniukkuusvaikutuksen arviointiin Suomessa ja muutamilla tutkimuksen kannalta tärkeillä alueilla.

	Suomi	Brasilia	Yhdysvallat	Ukraina	Ranska	Saksa	Viro	Eurooppa	Maailma
CF	1,944	2,168	33,84	26,85	6,978	1,364	1,974	36,53	42,95

4.6. Kansallisen arvion muodostaminen – yhteenveto

Tutkimuksessa tuotettiin kyselyihin vastanneille sika- ja broileritiloille tilakohtaiset ilmasto- ja vesiniukkuusarviot, joiden tuloksia on esitetty luvussa 5. Tilakohtaiset arviot perustuivat tilojen tosiasialliseen ruokintaan ja muuhun Webropol-kyselyllä selvitettyyn tietoon sekä teurastamoilta kerättyyn aineistoon.

Tutkimuksen laajempänä tavoitteena oli kuitenkin tuottaa arvio suomalaisen sian- ja broilerinlihan ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutuksista. Näitä laajempia arvioita varten käytössä olevaa dataa aggregoitiin seuraavissa kappaleissa kuvatulla tavalla.

4.6.1. Suomalaisen sianlihan ilmasto- ja vesiniukkuusarvio

Suomessa tuotetun sianlihan arvioinnin pohjalla on Suomen kahden merkittävimmän sianliha-jalostajan teuras- ja teurastamoaineistot, joita on täydennetty erityisesti näihin teurastamoihin toimittavien lihasikatiilojen, yhdistelmätuotantotilojen ja porsastuotantotilojen tiedonkeruilla, jotka toteutettiin Webropol-kyselyillä ja puhelinhaastatteluilla. Tyypillisen sianlihatuotannon tunnusluvut muodostettiin perustuen tilakyselyiden, teuras- ja teurastamoaineistojen sekä kansallisten ja alueellisten rehukasvien varaan. Rehukoostumus määritettiin painottamalla tila-aineistojen mukaisia rehukoostumuksia pääasiallisen valkuaislähteen mukaisilla osuuksilla ja arvioinnissa käytetty koostumus on esitetty sivulla 45 (Taulukko 18). Pääasiallisen valkuaisen jakauman mukaisesti oletettiin, että 38 % rehuannoksesta tuli rehuvalmisteista ja tälle osalle määritettiin rehuvalmistuksen päästö. Eläintilan tunnusluvut määritettiin tila-aineistosta tuotantokiloilla painotettuina keskiarvoina ja ovat esitetty sivulla 41 (Taulukko 16). Vastaavasti tyyppien erittyminen määritettiin tuotantokiloilla painotettuna keskiarvona perustuen tilakohtaisista rehuannoksista laskettuihin erittymiin. Kuivikkeet määritettiin keskimääräisenä perustuen tilatiedonkeruisiin (Kuva 15) ja lämmitysenergia vastaavasti (Kuva 8). Sähkönkulutus perustui niin ikään tilatiedonkeruisiin ja siitä 15,5 % määriteltiin tilalla tuotettuna (aurinko- ja tuulienergia). Lantajärjestelmänä oli kaikille oletuksena liete, joka oli tilatiedonkeruissa tyypillisin. Porsastuotantovaihe määritettiin tilatiedonkeruiden perusteella erikoistuneiden porsastuotantotilojen keskimääräisenä. Teurastusvaiheen päästöt määritettiin keskimääräisenä sikateurastamoiden tiedonkeruisiin perustuen.

Rehukasvituotannon osalta ei hyödynnetty tilatiedonkeruissa saatua aineistoa, sillä sen maalaajajakauma poikkesi huomattavasti sianlihatuotantoalueiden keskimääräisistä jakaumista. Tilakyselyyn vastanneiden tilojen keskimääräinen turvemaiden osuus viljelyssä oli 28 %, kun suurimpien sianlihatuotantoalueiden tuotantomäärillä painotettu turvemaiden osuus oli esim. ohran osalta 8 %. Näin ollen rehukasvituotannon osalta hyödynnettiin suurimpien tuotantoalueiden (Varsinais-Suomi, Etelä-Pohjanmaa) alueellisia kasvintuotannon tunnuslukuja kuvaamaan tilojen omaa viljelyä ja keskimääräisiä kotimaisia rehukasveja hankitun rehun osalta.

4.6.2. Suomalaisen broilerinlihan ilmasto- ja vesiniukkuusarvio

Broilerinlihan ilmasto- ja vesiniukkuusarvioinnin pohjalla on Suomen kahden suurimman broilerinlihan tuottajan, Atrian ja HKScanin laajat aineistot koskien niiden kaikkien broilerisopimus-tuottajien tuotantoerien rehustusta ja tuotantomääriä. Tätä aineistoa täydennettiin 20 tilan otosaineistolla (laajempi Webropol) erityisesti tilojen energian- ja vedenkäytön, kuivikkeiden ja raatojen käsittelyn osalta.

Kansallisen tason arviointia varten dataa aggregoitiin ja seuraavat oletukset tehtiin:

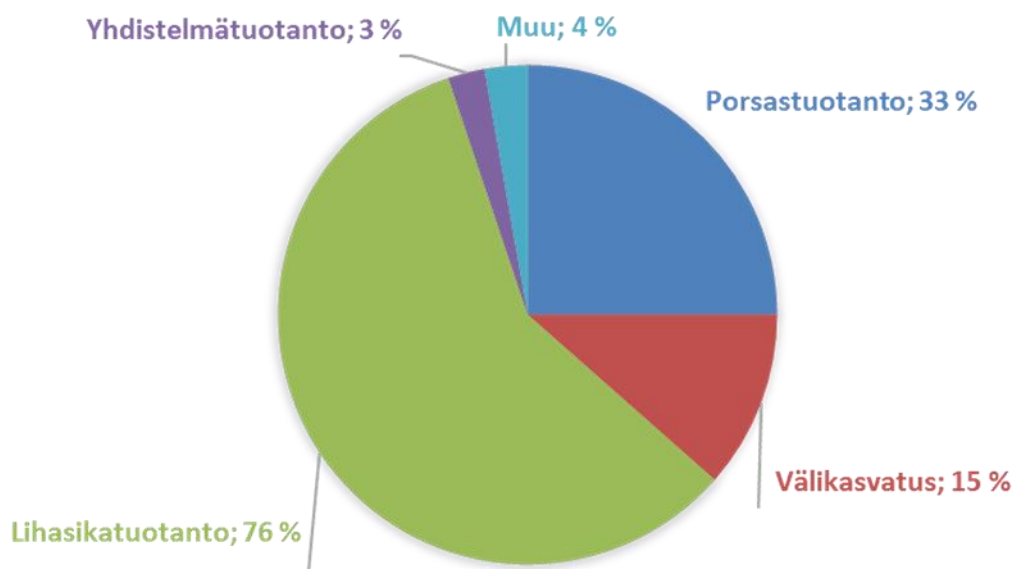
1. HKScanin ja Atrian tuotannon oletettiin edustavan koko Suomen tuotantoa näiden kahden lihatalon tuotannon suhteessa. Näiden kahden lihatalon kaikki kolme broileriteurastamo, HKScanin Rauman teurastamo sekä Atrian Nurmon ja Sahalahden teurastamot, olivat mukana tarkastelussa.
2. Oletettiin A-Rehun, Satarehun ja Hankkijan (Suomen Rehu) edustavan teollisten broilerinrehujen tuotantoa. Kunkin rehutehtaan valmisteita käyttävät tilat niputettiin yhteen. Tilat, jotka käyttivät kahden rehutehtaan rehuja, oletettiin käyttävän niitä suhteessa 50 % / 50 %.
3. Muodostettiin erilliset broileritilamallit periaatteella yksi malli yhtä teurastamoja ja yhtä teollista rehuvalmistajaa kohden. Broileritilamalleissa teollisten rehujen ja vehnän käyttö pohjautuivat lihatalojen laajoihin koko tilajoukkoa koskeviin aineistoihin, kuten myös teuraspainot ja teurasiät. Typen erityyksen laskenta perustui myös näihin datoihin (ks. tarkemmin kpl 4.4.1.).
4. Muut parametrit, kuten tilojen energian, veden ja kuivikkeiden käyttö, sekä raatojen käsittely muodostettiin käyttäen Webropol-aineiston parametrien teuraskiloilla painotettuja keskiarvoja.
5. Yhdistettiin broileritilamallit vastaaviin teurastusprosessien malleihin.
6. Yhdistettiin teurastetun broilerin mallit kansallisen tason arvioksi niiden tuotantokilojen suhteessa.

5. Tulokset

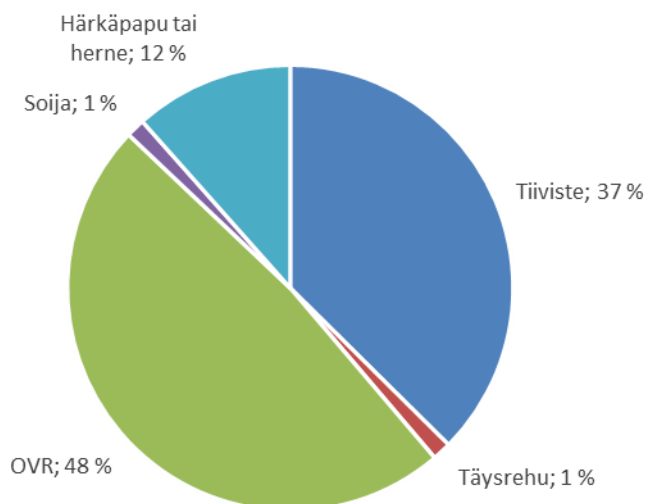
5.1. Aineistoista lasketut tunnusluvut

5.1.1. Sikatilojen Webropol -kyselyjen tulokset

Sianlihatuotannon tiedonkeruissa selvitettiin porsastuotanto-, välikasvatus-, yhdistelmätuotanto- ja lihasikatuotantotilojen tiedot elinkaariarviointiin. Alustavaan tilakyselyyn saatiin 193 vastausta, joista suurin osa koski lihasikatuotantotiloja ja porsastuotantoa (Kuva 6). Kyselyn perusteella muodostettiin kuva eri tuotantomuotojen pääasiallisista valkuaislähteistä tilojen jaottelua varten (Kuva 7). Lisäksi selvitettiin omaa lämmitysenergiaa ja kuivikkeiden laadua. 69 % tiloista ilmoitti tuottavansa itse lämmitysenergiaa ja 16 % tiloista oli omaa sähkön tuotantoa. Yleisin lämmitysmuoto oli hakelämmitys (49 %) ja kuivikkeena tyypillisin oli kutterilastu tai puru (78 %). Lantajärjestelmistä tyypillisin oli liete (99 %).



Kuva 6. Alustavaan kyselyyn vastanneiden sikatilojen tuotantomuodot, n=193.



Kuva 7. Lihaskojen pääasialliset valkuaislähteet, n=147.

Laskentaohjeistuksen mukaisen otoksen muodostamiseksi määritettiin kolmen merkittävimmän kotimaisen lihatalon tilajakauma. Laajempaan tiedonkeruuseen saatiin huomattavasti pienempi vastausmäärä kuin alustavaan kyselyyn ja tavoitteena olleesta otoksesta jäätiin jonkin verran (Taulukko 15).

Taulukko 15. Sikatilajakauma ja otos, kolmen lihatalon perusteella.

Tilatyyppe	Lkm yhteensä, lihatalot	%, lihatalot	PEF, otos kpl	Tulokset, 1.kysely	Tulokset, 2.kysely
Lihasikatila	428	53 %	20,7	147*	17
Porsastuotantotila	194	24 %	13,9	92*	5
Yhdistelmätuotanto	192	24 %	13,9	6*	3

*Ensimmäisessä kyselyssä ei eroteltu erikoistuneita ja yhdistelmätuotantotiloja, vastaajat saivat valita useita sopivia

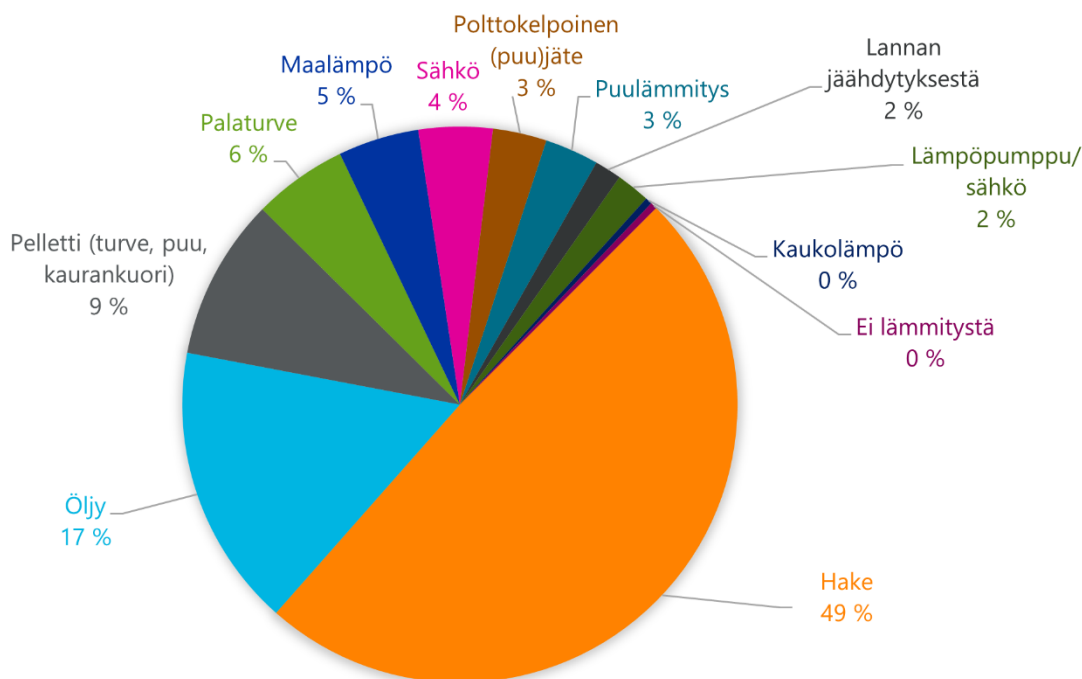
5.1.2. Sianlihan tuotanto tiloilla

Alustavaan kyselyyn vastasi 193 tilaa. Tiloista yli 76 %:lla oli lihasiantuotantoa, lähes 33 %:lla porsastuotantoa ja 15 %:lla erikoistunutta välikasvatusta. Lisäksi osa vastaajista valitsi muut vaihtoehdon ja heistä kuudella oli yhdistelmätuotantoa ja kolmella uudiseläintuotantoa. Lisäksi oli ensikko, hybridiemakonalut, emakkorengaan keskusyksikkö sekä luomutuottaja, kuitakin yksi.

Kyselyn mukaan yli 90 % tiloista oli omaa viljelyä ja 75 % tiloista oli vuokrapeltoa omassa viljelyssä. Lähes 60 % tiloista hankki rehuviljan lähialueelta, esimerkiksi naapurilta. Reilu 37 % tiloista hankki rehuviljan kauppaliikkeiden kautta.

Tiloista lähes 72 % käytti lantaa lannoitukseen tai luovutti sitä eteenpäin. 4 % tiloista oli omaa biokaasuntuotantoa. Lämmitysenergiana käytettiin eniten haketta, sitten öljyä ja muuta energianlähdettä. Myös puu tai turvepohjaista pellettiä oli käytössä (Kuva 8). Lisäksi oli käytössä mm. puulämmitystä, sähkölämmitystä ja maalämmitystä. Tiloilla oli käytössä myös omaa sähköntuotantoa. 28 tilaa 196 tilasta käytti aurinkovoimaa.

Lihatalojen aineisto puolestaan kattoi noin 139,4 milj. kg sianlihaa (teuraspainossa). Tämä aineisto vastasi noin 77 % Suomen keskimääräisestä vuosittaisesta sianlihantuotannosta vuosina 2016–2018.



Kuva 8. Sikaloiden lämmitysenergian lähteet.

Tarkennettu kysely

Laajempaan sikatilakyselyyn saatiin vastauksia viideltä erikoistuneelta porsastuotantotilalta, kolmelta yhdistelmätuotantotilalta sekä 17 erikoistuneelta lihasikatilalta (Taulukko 19). Näiden tuotanto oli yhteensä 6,6 milj.kg sianlihaa (teuraspainossa) vuonna 2018. Laajemmalla Webropol-kyselyllä selvitettiin erityisesti niitä tietoja, joita ei ollut saatavilla suoraan teurastamoilta tai tilastoista, kuten rehukoostumuksia. Koko tila-aineiston keskimääräiset rehujen kulutus tiedot on kuvattu alla (Taulukko 16) ja pääasiallisen valkuaislähteen mukaisesti jaettuna seuraavalla sivulla (Taulukko 17). Keskimääräiset rehukoostumukset osuuksina rehuannoksen kokonaiskuiva-aineesta on esitetty koko tila-aineistolle sivulla 42 (Kuva 9). Lisäksi keskimääräiset rehukoostumukset on esitetty jaoteltuna pääasiallisen valkuaisen mukaisesti sivuilla 43–44, (Kuva 10 – Kuva 12). Keskimääräisistä rehuannoksien koostumuksista määritettiin painottamalla pääasiallisen valkuaislähteen osuuksien mukaan vastaavia koostumuksia, tyypillisen lihasikatilan rehuannoksen määrittämiseksi. Tämä on esitetty sivulla 45 (Taulukko 18).

Emakoiden keskimääräinen rehukoostumus on esitetty sivulla 44 (Kuva 13). Lisäksi vieroitettujen porsaiden keskimääräinen rehukoostumus on esitetty sivulla 45 (Kuva 14).

Rehuraaka-aineista kotimaista alkuperää olivat ohra, vehnä, kaura, herne ja härkäpapu sekä sivuvirrat. Soijapohjaisten raaka-aineiden alkuperämaita olivat valtaosaltaan Brasilia ja Yhdysvallat, rypsi oli joko kotimaista tai Baltian maista.

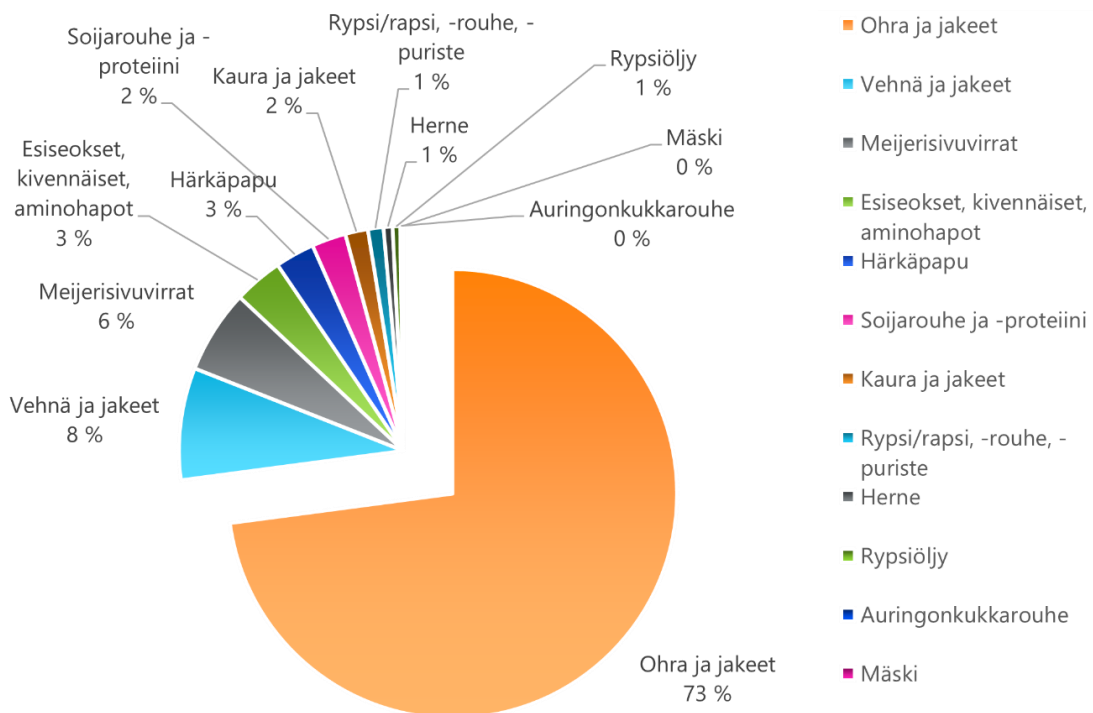
Taulukko 16. Keskimääräinen lihasikatila, aineiston kuvaus. Kuten Hietala ym. (2023).

Lihasika, elopaino (kg)	120,5
Lihasika, teuraspaino (kg)	89,7
Teurasmäärä, keskimäärin (kpl/v/tila)	4 983
Rehujen kulutus, keskimäärin kg ka per teuras-kg	2,9
Rehujen kulutus, keskimäärin kg ka per elo-kg	2,2
Typen erityys, kg N per lihasika	4,1
Kuivikkeen määrä, m3 per tila	338
Teolliset rehut, per teuras-kg	42 %
Oma vilja, per teuras-kg	28 %
Hankittu vilja, per teuras-kg	7 %
OVR	12 %
Muut sivuvirrat (hera, mäski)	11 %

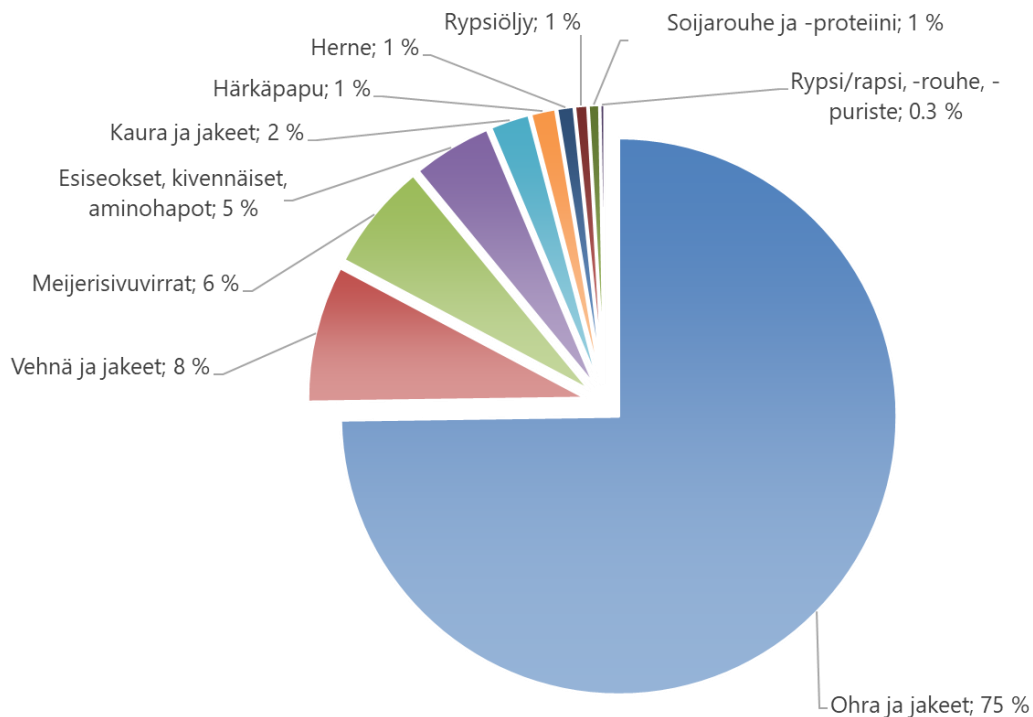
Taulukko 17. Tilojen keskimääräinen tuotanto, pääasiallisen valkuaisen mukaan jaoteltuna. Kuten Hietala ym. (2023).

	Pääasiallinen valkuainen		
	OVR	Palkokasvit (soija, härkäpapu, herne)	Teolliset rehut
Lihasika, elopaino	119,7	120,4	120,1
Lihasika, teuraspaino	89,2	89,7	89,5
Teurasmäärä, keskimäärin	4461	1542	1874
Rehujen kulutus, keskimäärin ka kg per teuras-kg	3,0	3,0	2,7
Rehuvalmisteet ja rouheet, per teuras-kg	36 %	38 %	56 %
Oma vilja ja palkokasvit, per teuras-kg	25 %	21 %	40 %
Hankittu vilja ja palkokasvit, per teuras-kg	4 %	30 %	4 %
OVR	25 %	7 %	0 %
Muut sivuvirrat (hera, mäski)	10 %	3 %	0 %
Rehuannokset kuiva-ainepitoisuus, keskimäärin	65 %	84 %	85 %

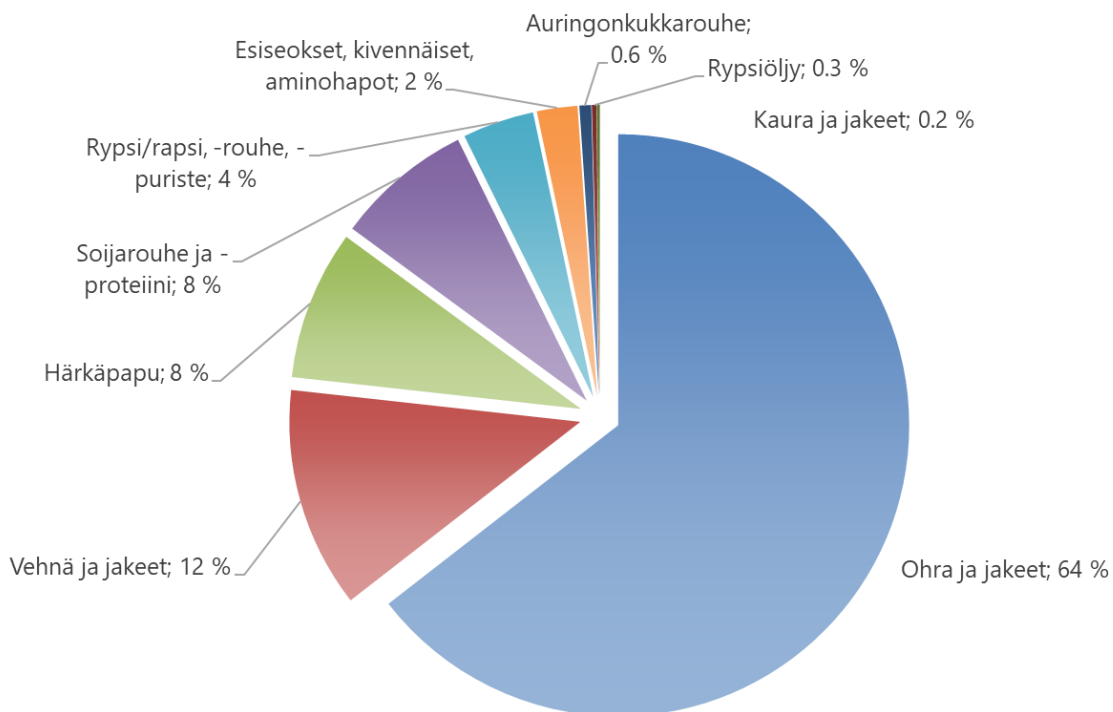
Rehukoostumukset:



Kuva 9. Koko tila-aineiston keskimääräinen lihasikojen rehukoostumus osuuksina rehuannoksen kuiva-aineesta. Painotettu tilojen tuottamilla teuras-kg -määrillä.

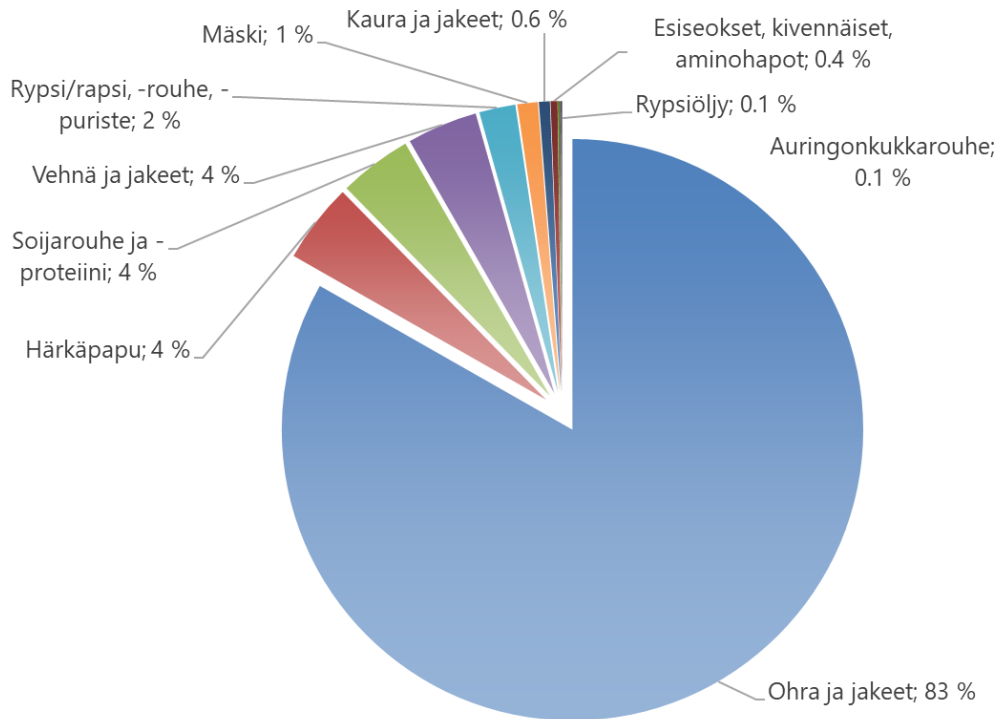


Kuva 10. Keskimääräinen rehukoostumus lihasikaloilla, joilla OVR-liemi oli pääasiallinen valkuaislähte. OVR-liemi sisältyy ohrajakeisiin.

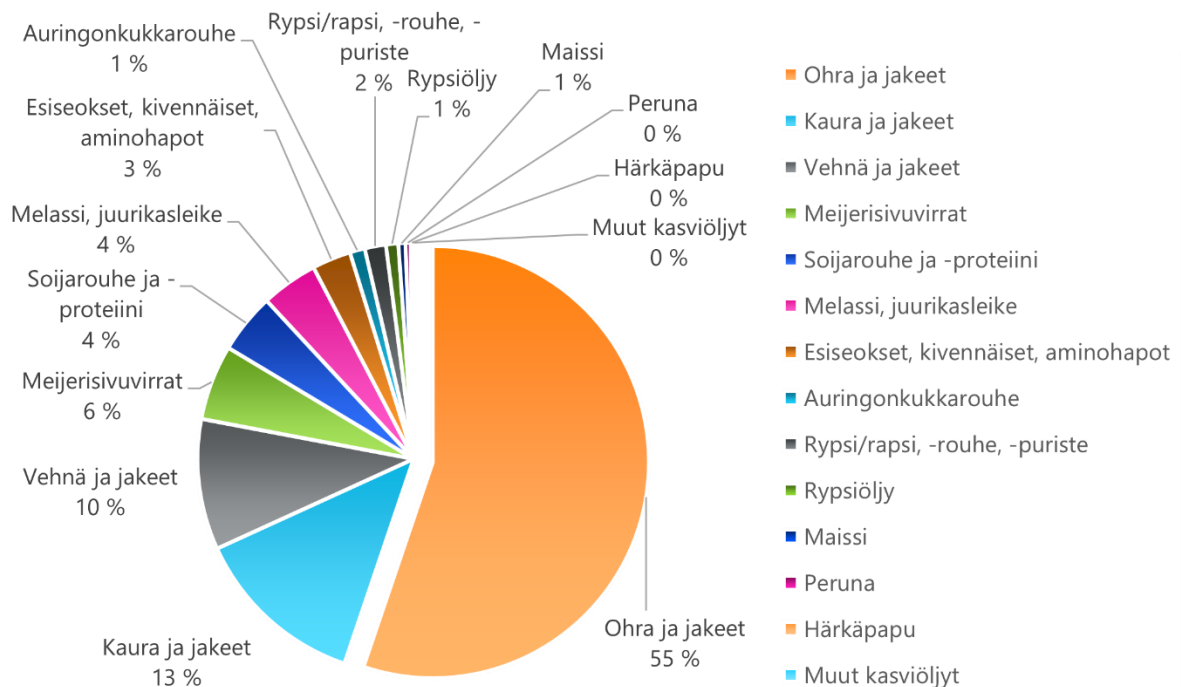


Kuva 11. Keskimääräinen rehukoostumus lihasikaloilla, joilla pääasiallisena valkuaislähteenä olivat teolliset rehuvalmisteet.

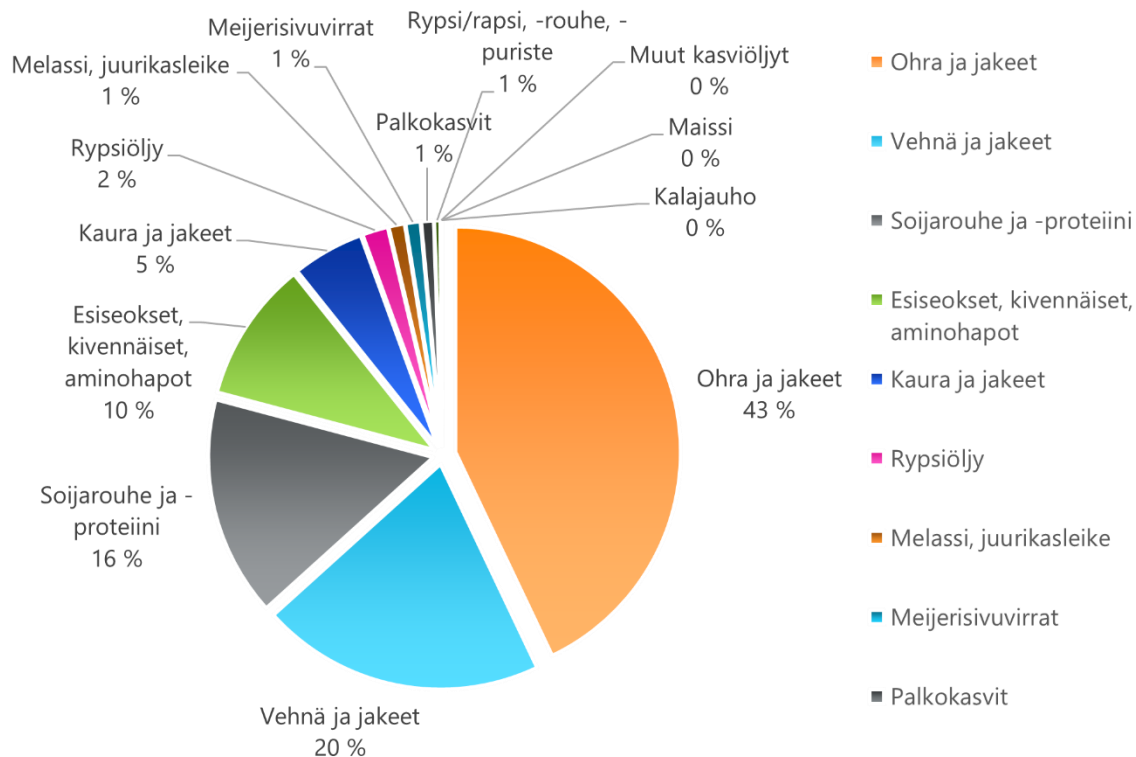
Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 67/2022



Kuva 12. Keskimääräinen rehukoostumus lihasikailoilla, joilla pääasiallisena valkuaislähteenä olivat kotimaiset palkokasvit tai soija.



Kuva 13. Emakoiden keskimääräinen rehukoostumus.



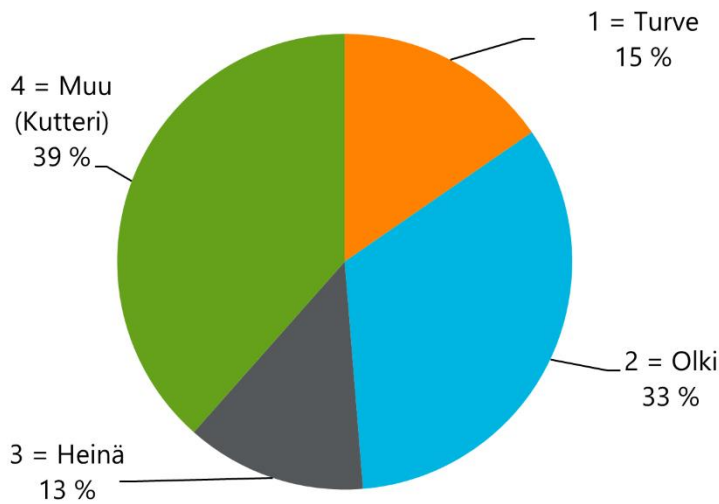
Kuva 14. Veroitettujen porsaiden keskimääräinen rehukoostumus.

Taulukko 18. Pääasiallisen valkuaisen keskimääräisillä osuuksilla painotettu keskimääräinen lihasikojen rehuannos. Osuudet kuiva-aineesta. Kuten Hietala ym. (2023).

74.2 %	Ohra ja -jakeet
9.4 %	Vehnä ja -jakeet
4.7 %	Härkäpapu
4.0 %	Soijarouhe ja -proteiini
3.2 %	Esiseokset, kivennäiset, aminohapot
3.0 %	Meijerisivuvirrat
2.0 %	Rypsi/rapsi, -rouhe, -puriste
1.3 %	Kaura ja -jakeet
0.5 %	Herne
0.5 %	Rypsiöljy
0.3 %	Auringonkukkarouhe
0.2 %	Mäski

Sikalan arvioon sisällytettiin sähkön, lämmitysenergian ja veden kulutukset. Kulutusluvut saatiin tiloille suunnatusta Webropol -kyselystä. Tilan täysikasvuisia eläimiä kohti lasketut sähkön, lämmitysenergian ja veden kulutusmäärät olivat lihasikoja tuottavilla tiloilla tuotantomäärillä painotettuina keskimäärin 32 kWh sähkölle (keskihajonta 26), 31 kWh lämpöenergialle (keskihajonta 34) ja 0,95 m³ vedelle (keskihajonta 0,51). Vastaavasti porsastuotantotiloille määritettiin aikuisia eläimiä kohti kulutus sähkölle 398 kWh (keskihajonta 65), 574 kWh lämpöenergialle (keskihajonta 428) ja 10,02 m³ vedelle (keskihajonta 8,32). Osalla tiloista lämmitysenergiana oli sähkö tai muu sähköä kuluttava muoto, jolloin sähkönkulutus sisälsi myös lämmityksen osittain tai kokonaan, mikä myös lisää keskimääraisten lukujen hajontaa.

Kyselyn mukaan 16 % sikatiloista oli omaa sähköntuotantoa (aurinkopaneelit ja aggregaatit). Sikatiloista 69 % oli omaa lämmöntuotantoa (stokeri, hake, lämpöpumppu, biolämpölaite, maalämpö, kaasut). Sikatilojen kuiviketyypit on esitetty alla (Kuva 15).



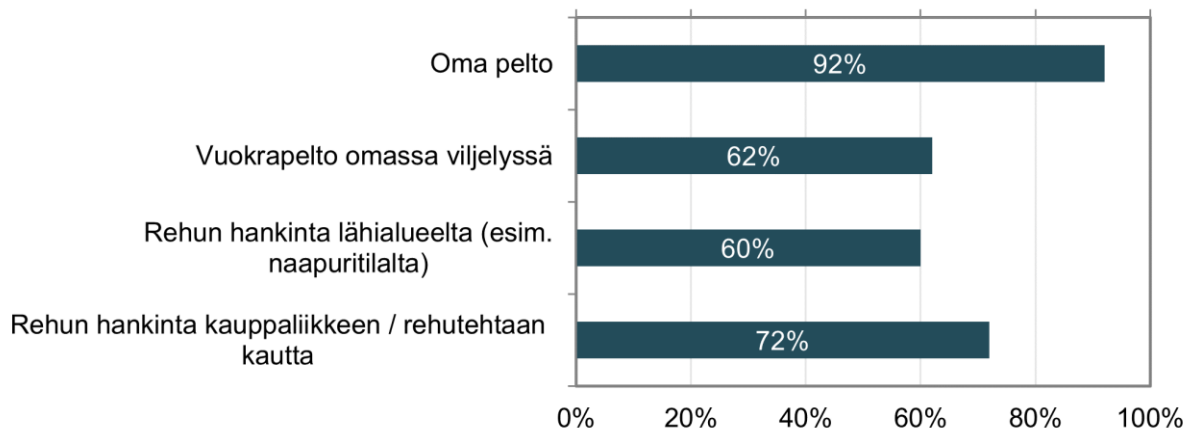
Kuva 15. Sikaloiden kuiviketyypit.

5.1.3. Broileritilojen Webropol -kyselyjen tulokset

Alustavaan kyselyyn saatiin 60 vastausta. Kyselyllä selvitettiin omaa lannankäyttöä, omaa rehuntuotantoa ja energiankäyttöä tilalla.

Laajaan Webropol-kyselyyn saatiin vastaukset 20 broileritilalta, mikä vastaa noin 10,6 milj. broileria ja 16 milj. kg broilerilihaa (teuraspainossa) vuonna 2018. Lihatalojen aineisto puolestaan kattoi noin 74,7 milj. broileria ja 112 milj. kg broilerin lihaa (teuraspainossa). Tämä aineisto vastasi noin 89 % Suomen broilerituotannosta vuonna 2018.

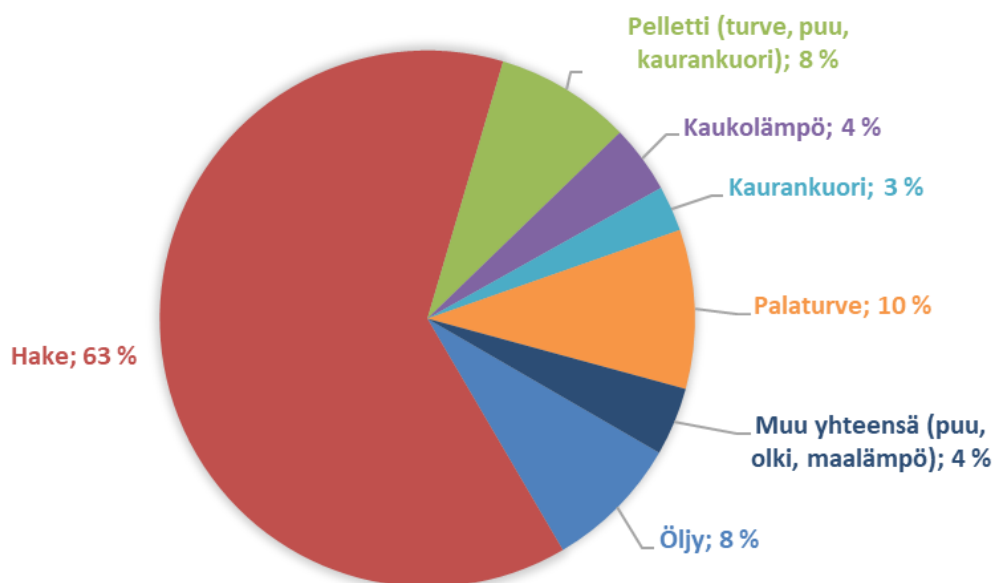
Alustavan kyselytutkimuksen vastausten mukaan 92 % broileritiloista tuotti itse viljaa broilerinrehuksi omalla pellollaan. 62 % oli vuokrapeltoa omassa viljelyssä. 60 % tiloista hankki rehuviljan myös lähialueelta ja 72 % kauppaliikkeen tai rehutehtaan kautta (Kuva 16).



Kuva 16. Broileritilojen peltoviljely rehuksi sekä rehunhankinta.

Kyselyyn vastanneista 95 % ilmoitti luovuttavansa lantaa tai käyttävänsä sitä lannoitekäyttöön omalle pellolle, naapuriin tai yhteistyöttilalle. Vastanneista 86 % ilmoitti lannan käytettävän suoraan viljelyyn.

Broilerihallin yleisin lämmitysmuoto oli hakelämmitys. Myös öljyä, puupellettiä ja palaturvetta oli käytössä sekä muita vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja, kuten sähkö, öljy, maalämpö tai kaurankuori. Lämmitysenergiavaihtoehtojen jakauma tiloilla ensimmäisen Webropol-kyselyn mukaan on esitetty alla (Kuva 17). Omaa sähköntuotantoa oli neljänneksellä tiloista, 23 % tiloista oli omaa aurinkoenergiaa ja 2 % tiloista omaa tuulivoimaa.



Kuva 17. Lämmitysenergia broileritiloilla, n=60.

Toisen Webropol-kyselyn avulla pystyttiin kvantifioimaan ympäristöjalanjälkien laskentaan vaikuttavat tekijät broileritiloilla. Toisen kyselyn tulokset olivat hyvin linjassa ensimmäisen Webropol-kyselyn kanssa. Tilojen energian, veden, lantajärjestelmien ja pesuaineiden osalta elinkaarivaihtelussa tukeuduttiin toisen Webropol -kyselyn aineistoihin.

5.1.4. Lihatalojen ja rehuyritysten aineistoista lasketut tunnusluvut

Webropol-kyselyjen lisäksi käytettävissä oli kaikista kriittisimpien tunnuslukujen osalta lihatalojen aineistot, jotka kattoivat kaikki niiden sopimustilat. Broilerituotannon ruokintaan liittyvät tiedot saatiin suoraan lihataloilta. Tätä laajinta aineistoa käytettiin kansalliselle tasolle aggregoidun tuloksen laskemiseen (ks. kpl 4.7.2). Alla on esitetty laajasta, kaikki Atrian ja HKScanin sopimustuottajat kattavasta aineistosta, sekä otokseen perustuvasta toisesta Webropol -kyselyaineistosta lasketut tärkeimmät tunnusluvut (Taulukko 19). Webropol-kyselyn otos korreloi hyvin laajan aineiston kanssa. Ainostaan rehuhyötysuhde on otoksessa hieman heikompi ja siihen liittyen myös typeneritys suurempi.

Taulukko 19. Mallinnuksessa käytetyt broileritilojen tunnusluvut (Usva ym 2023).

	Laaja aineisto (kaikki tilat)	Tila-aineisto (20 tilaa)
Elopaino	2,28 kg	2,29 kg
Teuraspaino	1,66 kg	1,67 kg
Kuolleisuus tilalla	4,2 %	4,2 %
Kasvatuserän pituus	35,5 vrk	35,5 vrk
Rehuhyötysuhde (rehu/elopaino)	1,59	1,63
Rehuhyötysuhde (rehu/teuraspaino)	2,19	2,23
Typeneritys	41,1 g / lintu	43,9 g / lintu
Erikseen annetun vehnän osuus koko rehuannoksesta	19 %	20 %
Lämmityspolttoaineet		hake 81 %, kaurankuori 16 %, turve 3 %
Raatojen käsittelytapa		Honkajoki 94 % / oma krematorio 6 %
Vedenkulutus tilalla		4,6 l / teuras-kg
Kuivikkeen käyttö (tilavuusmitassa)		turve 99 % / kutterinlastu 1 %
Kuiviketurve		turve 4,3 l / teuras-kg

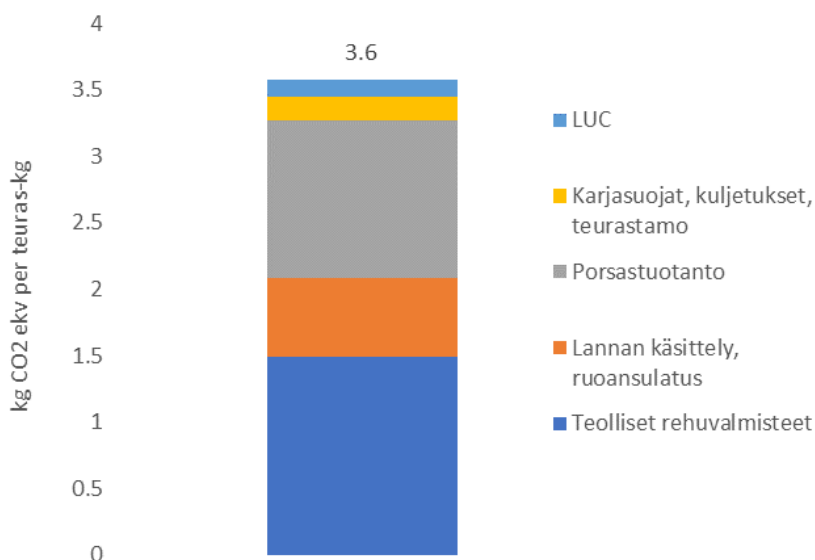
Rehuannosten raaka-aineet ja niiden osuudet mallinnettiin hyödyntäen rehuntuottajien reseptiikkaa ja lihatalojen aineistojen rehunkulutusdataa. Listaus kasvatusbroilerin rehuissa keskimäärin käytetyistä raaka-aineista on esitetty alla (Taulukko 20) (ns. kansallisen arvion mukainen aggregointi, ks.4.6.2). Rehuraaka-aineista kotimaista alkuperää olivat vehnä, kaura, herne ja härkäpapu. Soijapohjaisten raaka-aineiden alkuperämaita olivat valtaosaltaan Brasilia ja Yhdysvallat, ja maissi tuli Ukrainasta.

Taulukko 20. Kasvatusbroilerin rehuissa (teollinen rehu ja vehnä) käytettävät raaka-aineet keskimäärin käyttöpainossa (Usva ym 2023).

Rehuraaka-aine	%
vehnä	45 %
kuorittu kaura	27 %
soijarouhe ja soijaproteiini	17 %
herne ja härkäpapu	3,9 %
maissi	1,3 %
muut kasvipiperäiset raaka-aineet	3,0 %
kivennäiset	1,8 %
esiseokset ja aminohapot	1,5 %

5.2. Sianlihantuotannon ilmastovaikutukset

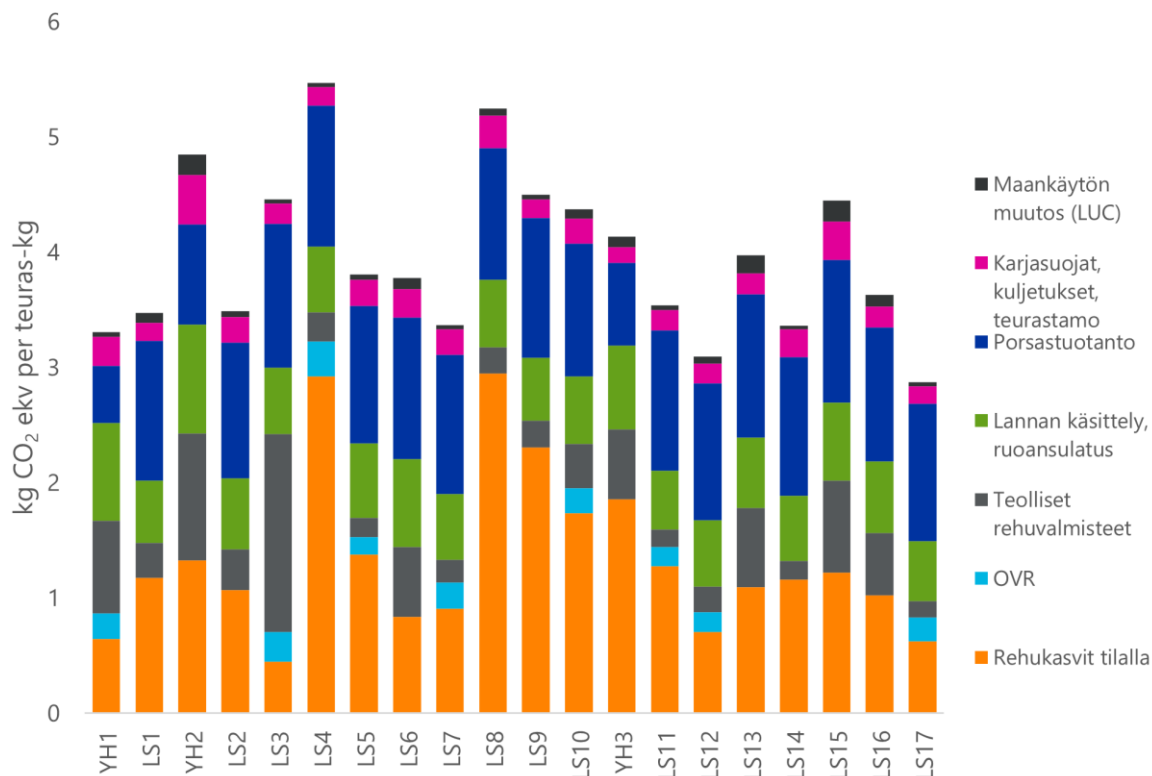
Suomalaisen sianlihatuotannon ilmastovaikutukset arvioitiin 20 sianlihaa tuottavalle tilalle, ja niiden edeltävälle tuotantoketjulle porsastuotannon osalta. Näistä 17 oli lihasikatiloja ja kolme yhdistelmätuotantotilaa. Suomalaisen tyypillisen sianlihan ilmastovaikutus oli 3,6 kg CO₂ ekv per teuras-kg (Kuva 18). Tiloittain tehdyssä tarkastelussa ilmastovaikutus vaihteli välillä 3.0–5.6 kg CO₂ ekv per teuras-kg. Tiloittain tehtyjen arviointien tulokset on esitetty sivulla 50 (Kuva 19). Sianlihan ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutuksien arviointi on kuvattu yksityiskohtaisesti Hietala ym. (2023) artikkelissa.



Kuva 18. Tyypillisen suomalaisen sianlihan ilmastovaikutus ja muodostuminen päästölähteittäin. Tyypillisen tuotannon ilmastovaikutus oli 3,6 kg CO₂ ekv per teuras-kg.

Suurin vaikutus sianlihan ilmastovaikutukseen liittyi rehukasvien tuotantoon, joita hyödynnettiin tiloilla rehuina. Rehukasveiksi luokiteltiin kaikki tilalla käytetyt viljat, rypsi ja kotimaiset palkokasvit, jotka eivät olleet teollisissa rehuissa. Lihaskatilojen suurimmat vaikutukset tähän liittyen syntyivät pääosin oman ohran viljelystä, mutta myös ostetusta viljasta ja palkokasveista. Toiseksi merkittävin vaikutus syntyi porsastuotannosta, jonka päästöt vastaavasti muodostuivat pääosin rehuuotannosta. Porsastuotannon päästöjen muodostumista on tarkasteltu tarkemmin kappaleessa 5.4. Lihaskatuotannossa kolmanneksi merkittävin päästö aiheutui lannan käsittelystä ja ruoansulatuksesta. Lannankäsittelyssä huomioitiin ruokinnan myötä lantaan erittyvä typpi ja sen mukaiset päästöt sekä erilaiset lantavarastot ja niiden vaikutukset päästöihin. Sikatiloilla tyypillisin lantajärjestelmä oli liete, mutta mukana oli myös kuivike- tai kestokuivikejärjestelmiä. Biokaasulaitoksissa käsitelty lanta tuotti merkittävästi pienemmät päästöt verrattuna muihin järjestelmiin. Biokaasulaitoksia oli yhdellä porsastuotantotilalla, ja oli osana tilojen keskimääräistä porsastuotantoa. Laajemman kyselyn perusteella biokaasutuotantoa oli 4 % vastaajista.

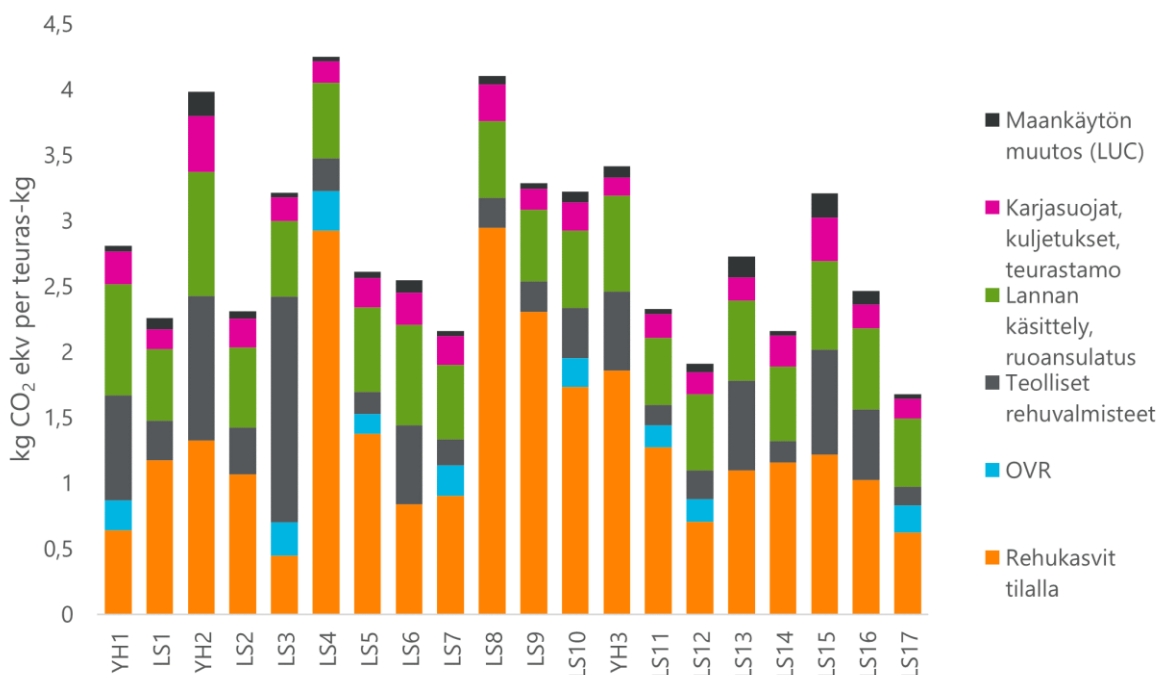
Muiden päästölähteiden osuudet tyypillisen suomalaisen sianlihan ilmastovaikutuksen muodostumiseen jäivät vähäisemmiksi.



Kuva 19. Lihaskoja tuottavien lihasika- ja yhdistelmätuotantotilojen ilmastovaikutukset tiloitain ja jaoteltuna kuormituksen aiheuttaviin elinkaaren vaiheisiin, hiilidioksidiekvivalenteja (kg CO₂ ekv) per teuras-kg. LS = lihasikatila, YH = yhdistelmätuotantotila.

Tilakohtaisten tuloksien osalta voitiin havaita ilmastovaikutusten vaihtelevan huomattavasti tilojen välillä. Tarkastelussa oli mukana erikoistuneita lihasikatiloja sekä yhdistelmätuotantotiloja, näitä tarkasteltiin kuitenkin erillisinä porsastuotannon erilaisuuden vuoksi. Elinkaaren vaiheiden tarkastelussa suurin vaihtelu voitiin havaita tilalla käytettyjen rehukasvien aiheuttamassa kuormituksessa, joka oli välillä 0,4–2,9 kg CO₂ ekv per teuras-kg. Korkeimmat tilalla käytettyjen rehukasvien päästöt havaittiin tiloilla LS4, LS8 ja LS9, ollen välillä 2,3–2,9 kg CO₂ ekv per teuras-

kg. Yhdistelmätuotannossa vastaavasti tilan YH3 rehuksvien kuormitus oli korkein, 1,9 kg CO₂ ekv per teuras-kg. Toinen merkittävästi tilojen välillä vaihteleva tekijä oli teollisten rehuvalmisteiden aiheuttama kuormitus. Korkeimmat teollisten rehujen aiheuttamat päästöt havaittiin lihasikatioilla LS3, LS15 ja LS13 sekä YH2 ja YH1, vaihdellen kaikkiaan välillä 0,1–1,7 kg CO₂ ekv per teuras-kg. Porsastuotannon ja karjasuojien, kuljetuksen ja lannan käsittelyn aiheuttama kuormitus vaihteli huomattavasti vähemmän tilojen välillä, kun tarkasteltiin yhdistelmätuotantotiloja ja erikoistuneita lihasikatuotantotiloja erikseen. Erikoistuneiden lihasikatuotantotilojen porsastuotannon osuus oli välillä 1,15–1,24 kg CO₂ ekv per teuras-kg. Vähäinen vaihtelu selittyi kuitenkin mallinnuksessa käytetyllä keskimääräisellä porsastuotannolla. Lihasikatuotantoa tarkasteltiin myös erillisenä, ilman porsastuotannon vaikutuksia. Tulokset vaihtelivat välillä 1,6–4,2 kg CO₂ ekv per teuras-kg (Kuva 20).

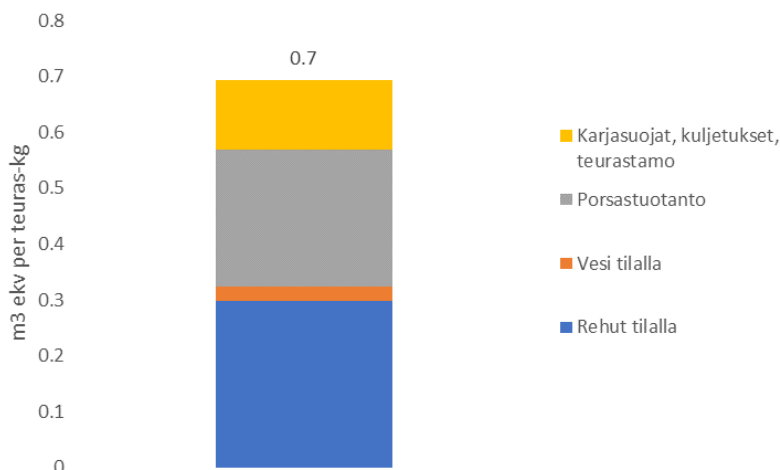


Kuva 20. Tulokset tiloittain ilman porsastuotannon osuutta.

Tyypillisen sianlihatuotannon sekä tiloittain tehdyn tarkastelun lisäksi ympäristövaikutuksia tarkasteltiin lihasikojen pääasiallisen valkuaislähteen mukaan jaoteltuina. Jaottelu tehtiin erottelemalla pääasiallisena valkuaislähteenä OVR, kotimaiset palkokasvit, soija ja teolliset rehuvalmisteet. Tuloksia tarkasteltiin erikseen koko ketjun osalta sekä ilman porsastuotantoa. Pääasiallisen valkuaislähteen mukaan luokiteltujen tilojen tuotantomäärillä painotetut keskimääräiset ilmastovaikutukset vaihtelivat välillä 3,4–4,2 kg CO₂ ekv per teuras-kg (keskihajonta 0,06–0,8 kg CO₂ ekv per teuras-kg) koko ketjun osalta ja ilman porsastuotantoa tarkasteltuna 2,2–3,2 kg CO₂ ekv per teuras-kg (keskihajonta 0,1–0,8 kg CO₂ ekv per teuras-kg). Pienin ilmastovaikutus havaittiin kotimaisia palkokasveja pääasiallisena valkuaisena hyödyntävillä tiloilla (3,4 kg CO₂ ekv per teuras-kg, lihasikavaihe 2,2 kg CO₂ ekv per teuras-kg) muiden ollessa hyvin samaa suuruusluokkaa (4,0–4,2 kg CO₂ ekv per teuras-kg ja lihasikavaihe 2,9–3,2 kg CO₂ ekv per teuras-kg). Huomattava on kuitenkin hyvin alhaiset otoskoot, mikä tuo epävarmuutta vertailuun. Palkokasveja pääasiallisesti hyödyntäviä tiloja oli 2, samoin soijaa pääosin hyödynsi 2 tilaa, rehuvalmisteet olivat pääasiallinen valkuaislähte 6 tilalla ja OVR oli yleisin 8 tilalla.

5.3. Sianlihatuotannon vesiniukkuusvaikutukset

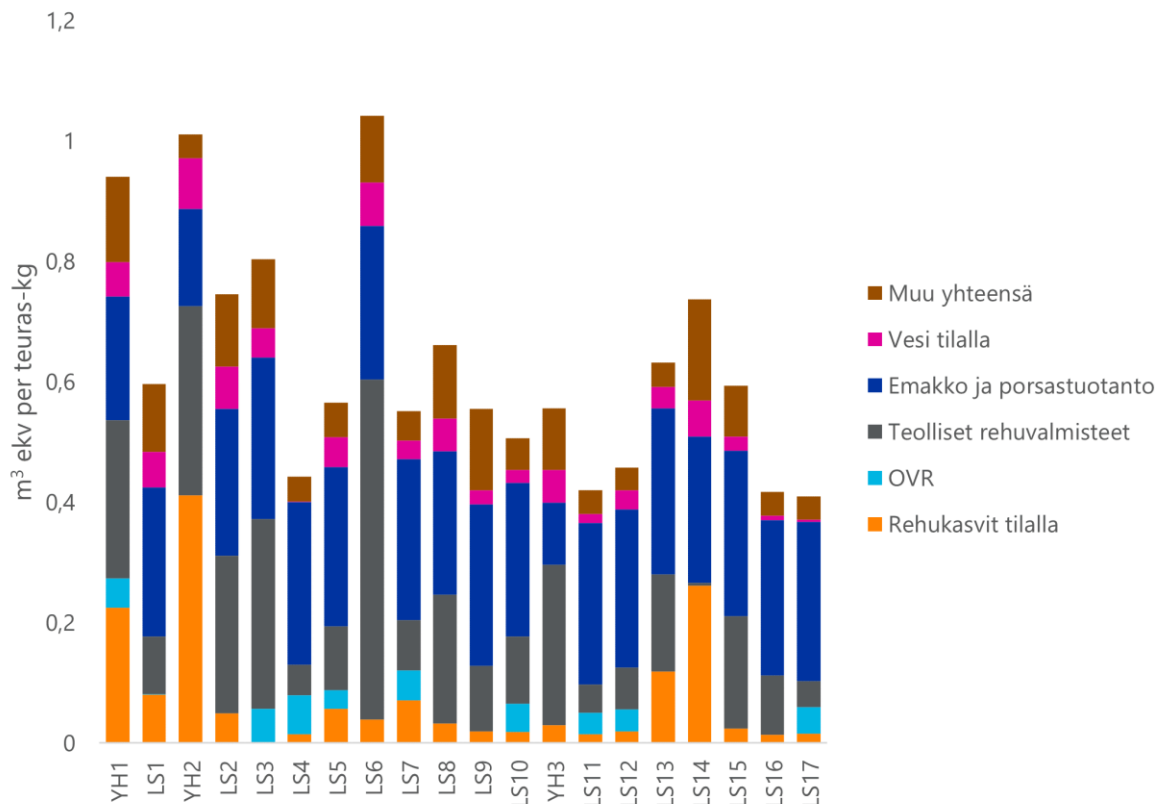
Suomalaisen sianlihatuotannon vesiniukkuusvaikutukset arvioitiin vastaavasti 20 sianlihaa tuotavalle tilalle, ja niiden edeltävälle tuotantoketjulle porsastuotannon osalta. Tyypillisen sianlihan vesiniukkuusvaikutuksen tulokset on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Tyypillisen suomalaisen sianlihan vesiniukkuusvaikutus ja muodostuminen päästölähteittäin. Tuotannon vesiniukkuusvaikutus oli 0,7 m³ ekv per teuras-kg.

Tyypillisen suomalaisen sianlihatuotannon tarkastelussa havaittiin, että merkittävin tulokseen vaikuttava kuormitus tuli rehuuotannosta. Sen osuus koko vesiniukkuusvaikutuksen muodostumisesta oli 41 %. Porsastuotannon vesiniukkuusvaikutuksen muodostumista on käsitelty erikseen omassa kappaleessa 5.4, sen osuus oli 38 % ja selkein yksittäinen tekijä oli teollisten rehujen raaka-aineiden vaikutus. Teollisiin rehuvalmisteisiin laskettiin kaikki valmiit rehuseokset ja prosessoidut valmisteet, kuten rypsiöljy tai soijarouhe. Teollisten rehuvalmisteiden vesiniukkuusvaikutuksen muodostavista tekijöistä merkittävimmät olivat ulkomaisten rehuraaka-aineiden panokset ja kastelu, erityisesti pohjoisamerikkalaisten ja aasialaisten raaka-aineiden osalta. Selvästi pienemmät osuudet vesiniukkuusvaikutukseen muodostui tilan omasta veden käytöstä, johon laskettiin karjasuojissa ja omassa viljelyssä kulutettu vesijohtovesi ja kaivovesi, nämä vastasivat 4 % vesiniukkuusvaikutuksesta. 18 %, muodostui muista ketjun toiminnoista. Näihin laskettiin kuljetukset (pl. rehut), karjasuojat ja teurastamo.

Tiloittain tehdyssä tarkastelussa vesiniukkuusvaikutus vaihteli välillä 0,41–1,04 m³ ekv (Kuva 22). Suurin vaihtelu havaittiin teollisten rehujen muodostamassa vesiniukkuusvaikutuksesta, vaihtelun ollessa välillä 0,01–0,55 m³. Suurimmat teollisten rehujen aiheuttamasta kuormituksesta havaittiin lihaskatiloilla LS6, LS3 ja LS2. Yhdistelmätuotannossa korkein teollisten rehujen vaikutus havaittiin tilalla YH2. Näiden tilojen käyttämät pääasialliset valkuaislähteet olivat OVR-liemi, rehuvalmisteet ja soija. Toiseksi suurin vaihtelu havaittiin rehukasvien käytössä tilalla. Rehukasvien osalta vaihtelu oli välillä 0,002–0,41 m³. Suurimmat rehukasvien aiheuttamasta kuormituksesta nähtiin tiloilla YH2 ja YH1 sekä lihaskatiloilla LS13 ja LS14. Näiden tilojen käyttämät pääasialliset valkuaislähteet olivat soija, OVR-liemi, kotimaiset palkokasvit ja rehuvalmisteet. Merkittävimmät vesiniukkuusvaikutukseen vaikuttavat tekijät näillä tiloilla olivat hankitut kotimainen ohra, vehnä, härkäpapu ja näiden tuotannon panokset. Rehujen yhteenlaskettu vesiniukkuusvaikutus vaihteli tiloittain välillä 0,1–0,7 m³, suurin kuormitus havaittiin yhdistelmätuotanto tilojen osalta tilalla YH2 ja lihaskatilojen osalta tilalla LS6. Pienimmät vaikutukset rehujen osalta havaittiin tiloilla LS11 ja LS17. Näiden molempien pääasialliseksi valkuaiseksi oli määritetty rehuannoksen perusteella OVR-liemi.



Kuva 22. Lihaskoja tuottavien lihasika- ja yhdistelmätuotantotilojen vesiniukkuusvaikutukset tiloittain ja jaoteltuna kuormituksen aiheuttaviin elinkaaren vaiheisiin, vesikuutioekvivalentteja (m^3 ekv) per teuras-kg. LS = lihasikatala, YH = yhdistelmätuotantotila. Yhdistelmätuotantotilojen porsastuotanto on sulautettu vastaaviin elinkaaren vaiheisiin kuin lihasika (rehukasvit, teolliset rehuvalmisteet, muu yhteensä), ainoastaan emakko erillisenä.

Myös vesiniukkuusvaikutusta tarkasteltiin jakamalla tilat pääasiallisen valkuaislähteen mukaisiin luokkiin. Tuloksista havaittiin, että OVR-liemeä pääasiallisena valkuaislähteenä käyttävien tilojen vesiniukkuusvaikutus oli muita ryhmiä pienempi, $0,55 m^3$ ekv per teuras-kg, keskihajonta $0,15$. Rehuvalmisteita pääasiallisena valkuaislähteenä käyttävien tilojen vesiniukkuusvaikutus oli toiseksi pienin, $0,66 m^3$ ekv per teuras-kg, keskihajonta $0,17$. Soijaa tai kotimaisia palkokasveja käyttävien tilojen tulokset olivat samaa suuruusluokkaa; $0,73 m^3$ ekv per teuras-kg soijaa käyttäville, keskihajonta $0,21$ ja kotimaisia palkokasveja käyttävien $0,74 m^3$ ekv per teuras-kg, keskihajonta $0,00$. Myös vesiniukkuusvaikutuksien osalta on huomioitava pienet otosmäärät, jotka aiheuttavat huomattavan epävarmuuden vertailuihin.

5.4. Porsastuotannon ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutus

Porsastuotannon ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutusta tarkasteltiin myös erillisenä, sillä sen osuus sianlihan elinkaariin vaikutuksiin oli merkittävä. Tarkastelu tehtiin ainoastaan erikoistuneille porsastuotantotiloille, sillä yhdistelmätuotantotilojen porsastuotannon rajaamiseen liittyy epävarmuutta. Porsastuotanto rajattiin noin 30 kg painoiseen porsaaseen. Tarkastelussa oli 5 porsastuotantotilaa, joista yksi oli välikasvatustila ja yksi pikkuporsaiden tuotantoa vieroitukseen asti (noin 8 kg). Välikasvatustila ja vieroitettujen porsaiden tuotanto yhdistettiin tarkastelussa yhdeksi tilaksi (T1). Erikoistuneiden porsastuotantotilojen lähtötiedot vastasivat hyvin tuotantoa. Huomattavaa on kuitenkin alhainen otoskoko ja siihen liittyvät epävarmuustekijät. Erikoistuneille porsastuotantotiloille määritettiin yhteinen keskimääräinen vaikutus sekä tilakohtaiset vieroitetun, 30 kg porsaan vaikutus (Kuva 23 ja Kuva 24). Erillisten tilojen porsaskohtaiset ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutukset painotettiin keskimääräisen vaikutuksen saamiseksi kunkin tilan porsastuotantomäärillä. Kahdesta tilasta yhdistetyn tilan T1 tuotantomäärissä oli huomattava ero, jolloin tätä tilaa painotettiin kertoimella $\frac{1}{4}$, kun erillisten kolmen tilan tuotantomäärillä painotettua keskiarvoa painotettiin kertoimella $\frac{3}{4}$.

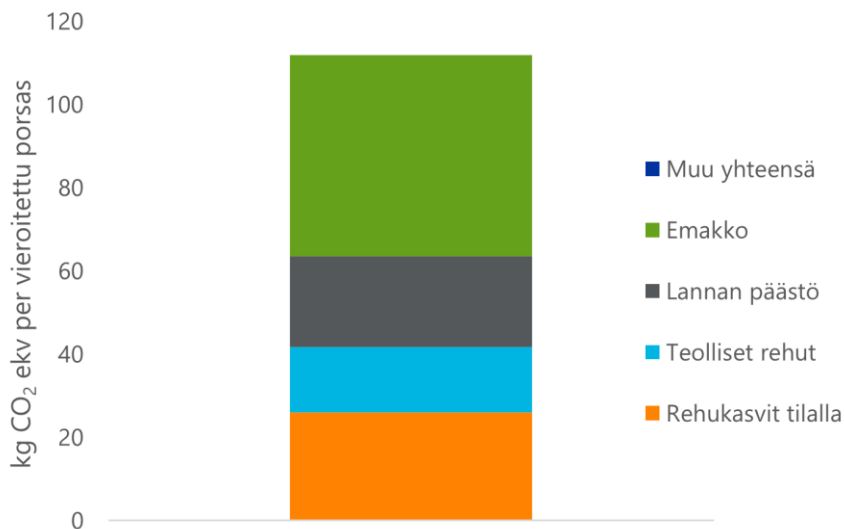
Keskimääräisen, noin 30 kg painoisen vieroitetun porsaan ilmastovaikutus oli 112 kg CO₂ ekv ja vesiniukkuusvaikutus 23,9 m³ ekv.

Tilakohtaisissa tarkasteluissa havaittiin huomattava ero kahdesta tilasta yhdistellyn ja muiden tilojen välillä. Merkittävin ero aiheutui rehukasvien tuotannosta tilalla, jota oli ainoastaan välikasvatustilalla, mutta sen vaikutus oli merkittävää (Kuva 25 ja Kuva 26).

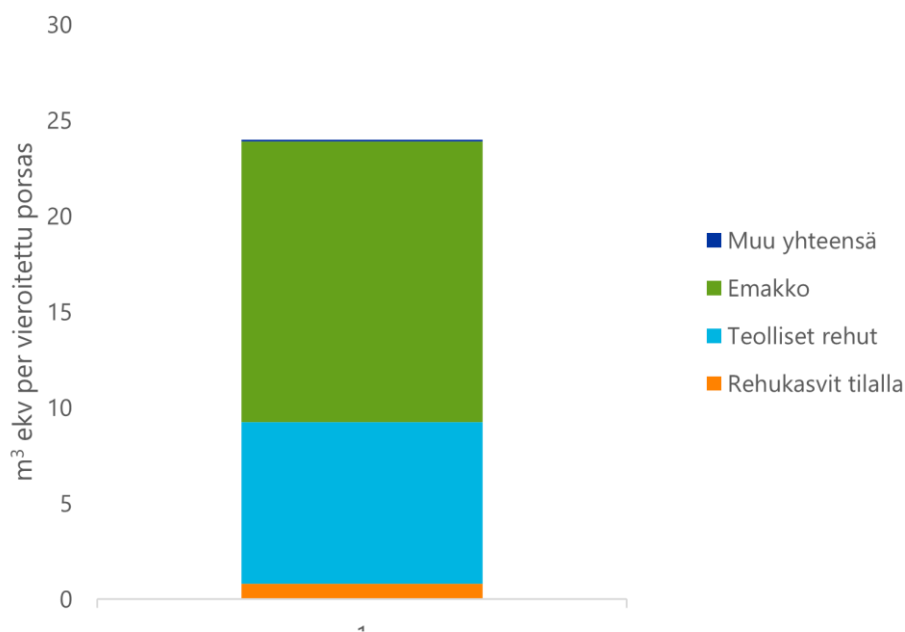
Erikoistuneen porsastuotannon ilmastovaikutuksen merkittävin tekijä oli emakon kuormitus (43 %), joka muodostui pääosin rehukasvien tuotannosta ja lannan päästöistä. Toiseksi merkittävin osuus muodostui rehukasveista (23 %) ja seuraavaksi suurin lannan päästöistä (19 %), teollisista rehuista aiheutui 14 % päästöistä.

Tiloittain tehdyissä tarkasteluissa suurin vaihtelu havaittiin rehukasvien osalta (0–49 % päästöistä) ja toiseksi suurin emakon aiheuttaman kuormituksen osalta (29–61 % päästöistä). Erikoistuneilla porsastuotantotiloilla lannan päästöjen osuus vaihteli välillä 10–31 %. Teollisten rehuvalmisteiden osuus vaihteli välillä 12–21 %.

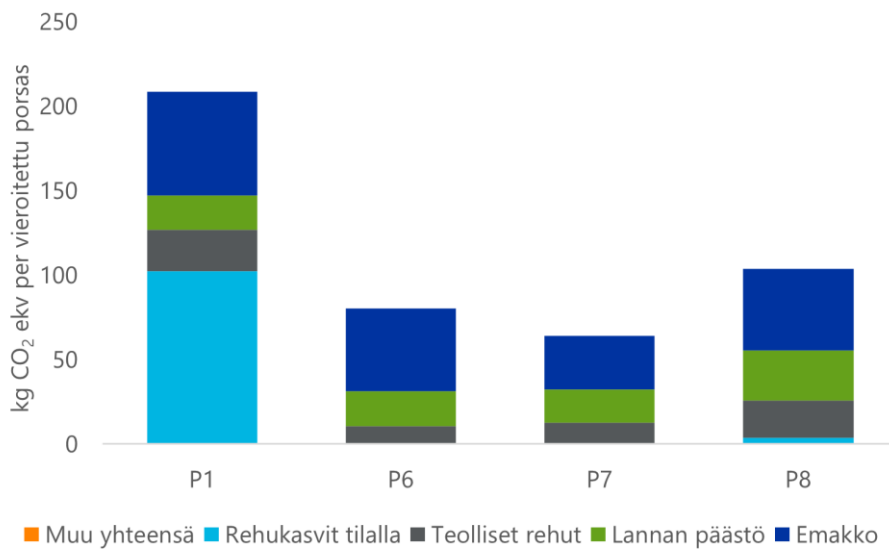
Vesiniukkuusvaikutuksen osalta emakon vaikutus nousi merkittävimmäksi erikoistuneen tuotannon osalta (61 % vaikutuksesta, vaihdellen 56–67 % välillä). Teolliset rehut nousivat toiseksi suurimmaksi vaikutukseksi, 35 % kokonaisvaikutuksesta, vaihdellen välillä 33–36 %. Teollisissa rehuissa vaikuttivat erityisesti rehuvalmisteiden ulkomaiset raaka-aineet, niiden tuotannossa käytetty kastelu ja tuotantopanokset. Erityisesti ulkomaisista raaka-aineista nousivat esille aasialaiset, pohjoisamerikkalaiset ja eurooppalaiset raaka-aineet, joiden tuotantoon liittyi kasteluvesiä ja muita tuotantopanoksia. Kotimaisista raaka-aineista ohra, kaura ja rypsi korostuivat teollisten valmisteiden vesiniukkuusvaikutuksen muodostumisessa. Rehukasvien käyttö tilalla muodosti hyvin pienen osuuden erikoistuneiden porsastuotantotilojen vesiniukkuusvaikutuksesta, 3 %, vaihdellen välillä 0–7 %.



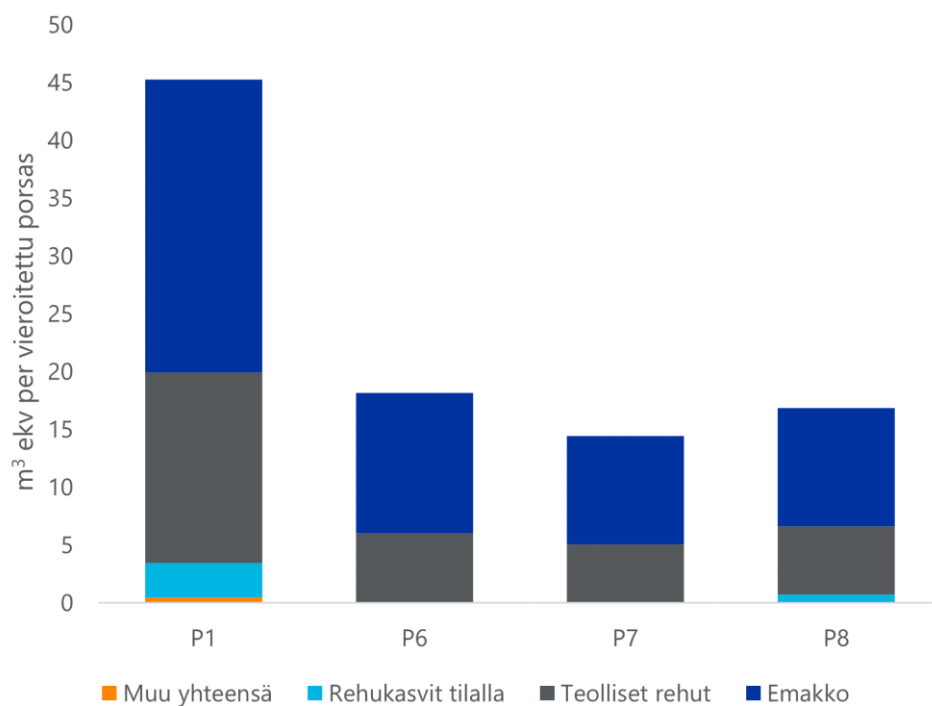
Kuva 23. Porsastuotannon ilmastovaikutus, per vieroitettu porsas. Erikoistuneet porsastuotantotilat.



Kuva 24. Porsastuotannon vesiniukkuusvaikutus, keskimäärin per vieroitettu (noin 30 kg) porsas. Erikoistuneiden porsastuotantotilojen perusteella.



Kuva 25. Ilmastovaikutuksen muodostuminen tiloittain, per vieroitettu 30 kg porsas



Kuva 26. Vesiniukkuusvaikutuksen muodostuminen tiloittain, per vieroitettu 30 kg porsas.

5.5. Sianlihatulosten tarkastelu

Tässä tutkimuksessa arvioitiin kotimaisen sianlihan ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutuksia. Arvio perustui kaikkiaan 20 lihasikoja tuottavan tilan ja 5 erikoistuneen porsastuotantotilan aineistoon, joiden perusteella mallinnettiin ketjun merkittävimmät elinkaaren vaiheet; ruokinnan raaka-aineiden laatu ja määrät, oma rehun viljely ja lantajärjestelmät. Otoksen osalta lihasikoja tuottavien tilojen otos oli kohtalaisen kattava, porsastuotannon osalta otos jäi pieneksi, mikä lisää epävarmuutta tulokseen. Tyypillisen suomalaisen sianlihan arviointiin voitiin kuitenkin ottaa huomioon laajemman tilakyselyn tulos lihasikojen pääasiallisista valkuaisainelähteistä, joilla voitiin painottaa lihasikatuotannon otosta. Tämä aineisto perustui 147 lihasikatilan vastaukseen ja on erittäin kattava. Tulosta voidaan pitää näin ollen kohtalaisen hyvin suomalaista tyypillistä sianlihaa kuvaavana.

5.5.1. Sianlihan ilmastovaikutus

Tyypillisen suomalaisen sianlihan ilmastovaikutus oli 3,6 kg CO₂ ekv per teuras-kg.

Tiloittain tehdyssä tarkastelussa voitiin havaita eroja tilojen välillä. Korkeimmat teollisten rehujen aiheuttamat päästöt havaittiin lihasikatiloilla LS3, LS13 ja LS15 sekä yhdistelmätuotantotiloilla YH2 ja YH1.

Näiden tilojen pääasialliset valkuaiset ruokinnassa olivat OVR-liemi tai teolliset rehut. Tiloilla, joiden pääasiallinen valkuainen oli teollinen rehu, myös sen osuus ruokinnassa oli merkittävä, nostaten myös osaltaan kyseistä päästöä. Päästö aiheutui pääosin kotimaisista rehukasveista sekä rypsiöljystä. OVR-liemiruokinnan lisänä annetuilla tiivisteillä oli puolestaan kuormittava vaikutus. Tiivisteiden merkittävin kuormitus aiheutui kotimaisten rehukasvien, kuten ohran peltoviljelystä. Yhdistelmätuotantotilalla YH2 oli myös pääasiallisena valkuaislähteenä soija. Teollisten rehujen merkittävimmät päästölähteet olivat vastaavasti soijarouhe sekä tiivistevalmistet, joiden sisältämä soija oli osin myös eteläamerikkalaista alkuperää, johon liittyi maankäytönmuutoksista, kuten metsän raivaamisesta aiheutuvia päästöjä.

Korkeimmat tilalla käytettyjen rehukasvien päästöt havaittiin tiloilla LS4, LS8 ja LS9. Päästöistä suuri osa muodostui omasta ohran viljelystä tilalla sekä tilalle hankituista rehuviljoista sekä rypsiä. Korkeaan rehujen viljelyn päästöön vaikutti tilalla viljelyjen viljojen tuotannon resurssitehokkuuden ja keskimääräistä matalampien satotasojen lisäksi, korkea turvemaiden osuus viljelyssä (LS4). Rehujen kulutusmääriä voitiin tarkastella kuiva-ainesyöntimäärien avulla. Keskimääräinen teuraskilokohtainen kuiva-ainesyöntimäärä oli 2,9 kg / teuras-kg, joka ylittyi tilalla LS4 ja alittui tiloilla LS8 ja LS9. Selkeimmäksi selittäväksi tekijäksi jäi korkea tilakohtainen oman viljan viljelyn päästö.

Pääasiallisen valkuaislähteen mukaisesti luokiteltujen tilojen välillä havaittiin jonkin verran eroja. Tilastollisesti merkitsevien erojen havaitseminen ei kuitenkaan ollut mahdollista ja keskihajontojen ulottuessa toistensa yli ei voitu havaita merkittäviä eroja eri valkuaislähteitä käyttävien tilojen välillä. Alhaisimman ilmastovaikutuksen saavuttivat kuitenkin kotimaisia palkokasveja pääasiallisena valkuaisena hyödyntävät tilat, muiden ollessa hyvin samaa suuruusluokkaa.

5.5.2. Sianlihan vesiniukkuusvaikutus

Tyypillisen suomalaisen sianlihan vesiniukkuusvaikutus oli 0,7 m³ ekv per teuras-kg.

Tiloittain tehdyssä tarkastelussa havaittiin tilojen välillä vaihtelua. Suurimmat teollisten rehujen aiheuttamasta kuormituksesta nähtiin tiloilla LS6, LS3 ja LS2. Näiden tilojen käyttämät pääasialliset valkuaislähteet olivat OVR-liemi, rehuvalmisteet ja kotimaiset palkokasvit. Merkittävimmät vesiniukkuusvaikutukseen vaikuttavat tekijät näillä tiloilla olivat rehuvalmisteiden ulkomaisten raaka-aineiden kastelu ja panokset, erityisesti USA, Aasia, EU alkuperää, mutta myös kotimaisen ohran ja rypsin tuotanto. Kotimaisten rehukasvien tuotannossa vesiniukkuusvaikutus muodostuu lähinnä panosten käytön kautta.

Suurimmat rehukasvien aiheuttamasta kuormituksesta nähtiin tiloilla YH2 ja YH1, sekä LS13 ja LS14. Näiden tilojen käyttämät pääasialliset valkuaislähteet olivat soija, OVR-liemi, kotimaiset palkokasvit ja rehuvalmisteet. Merkittävimmät vesiniukkuusvaikutukseen vaikuttavat tekijät näillä tiloilla olivat hankitut kotimainen ohra, joko hankittu tai itse tuotettu, vehnä, härkäpapu ja erityisesti näiden tuotantoon käytetyt työkoneet ja panokset.

Rehuista aiheutuvaa vesiniukkuusvaikutusta tarkasteltiin myös yhteenlaskettuna, rehujen kokonaisvaikutuksena. Yhdistelmätuotantotiloista tila YH2 sai näin korkeimman kuormituksen, joka aiheutui pääosin kotimaisesta ohrasta ja soijarouheesta. Lihasikatiloista LS6 nousi korkeimmaksi, merkittävimmän kuormittajan ollessa teolliset rehut.

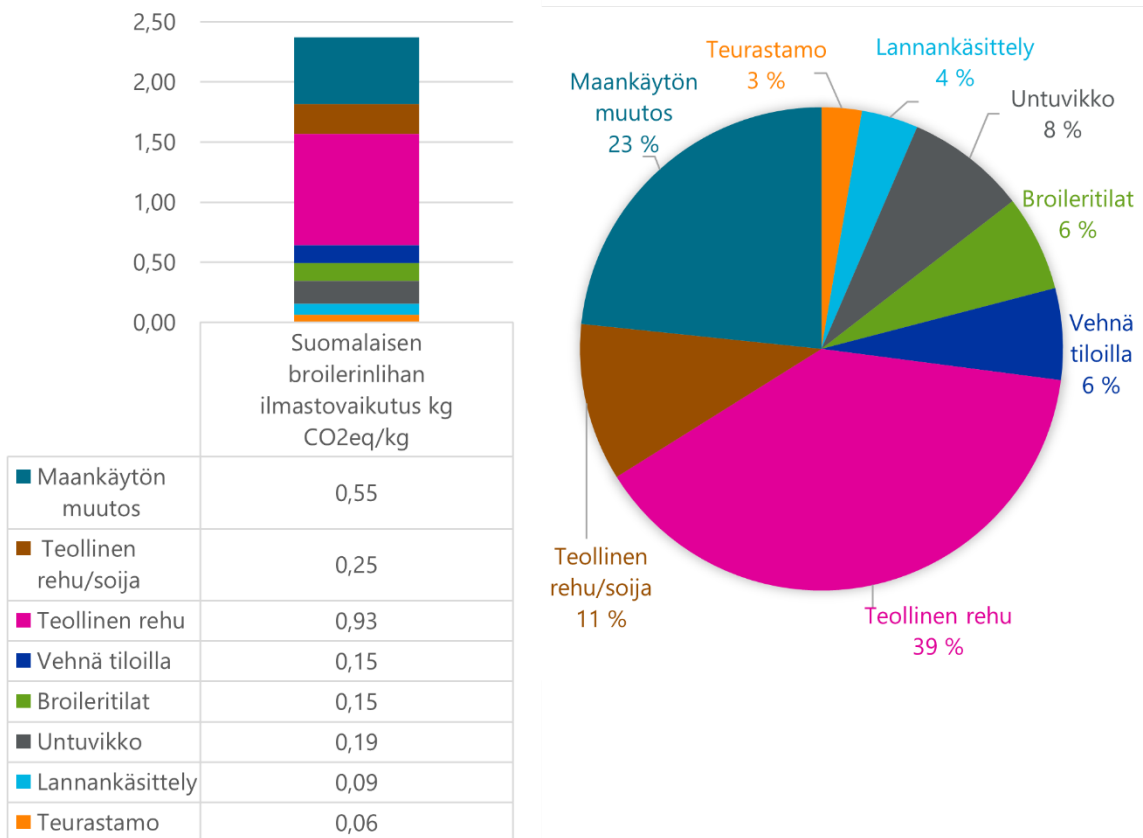
Vesiniukkuusvaikutuksen osalta eri pääasiallista valkuaislähdettä käyttävillä tiloilla pienimmät vaikutukset saatiin OVR-liemeen tai rehuvalmisteisiin pohjautuvalla rehukoostumuksella, kun palkokasvi- ja soijapohjaiset kuormittivat eniten. Ilmastovaikutuksien osalta palkokasvi- ja soijapohjainen ruokinta vaikuttivat kuormittavan vähemmän. Huomattavaa on kuitenkin myös tässä, että pienen otoskoon vuoksi merkitsevien erojen havaitseminen ei ollut mahdollista ja pieni otos voi sattumalta olla poikkeava.

5.6. Broilerinlihan ilmastovaikutukset

Broilerituotannon ilmastovaikutus oli keskimäärin 2,37 kg CO₂ ekv per teuras-kg sisältäen maankäytön muutoksen aiheuttaman vaikutuksen ja 1,82 kg CO₂ ekv per teuras-kg ilman maankäytön muutosta (Kuva27). Valtaosa vaikutuksista muodostui rehuotuotannossa. Maankäytön muutoksen osuus tuloksesta on neljäsosa eli 0,55 kg CO₂ ekv per teuras-kg, ja tästä suurin osa (95 %) tulee broilerinrehujen soijaraaka-aineen tuotannosta etupäässä Brasiliassa.

Kun maankäytön muutos otetaan huomioon, koko rehuotuotannossa suhteellinen osuus suomalaisen broilerinlihan ilmastovaikutuksesta oli noin 79 %. Ilman maankäytön muutoksia rehuotuotannon osuus vaikutuksista oli noin 73 %, broileritilojen muiden panosten ja toimintojen osuus noin 24 % ja teurastamon osuus (huom. ainoastaan teurastusvaihe) noin 4 %. Rehujen osalta teollisten rehujen valmistus vastasi suurimmasta osasta ilmastovaikutuksia, vehnän osuuden ollessa pienempi.

Rehujen lisäksi broileritilan ilmastovaikutuksista muiden panosten hankinta oli merkittävin ilmastovaikutusten aiheuttaja, ja näistä untuvikot yksittäisenä panoksena oli tärkein, 10 % koko ketjun tasolla. Lannankäsittelyn merkitys ilmastovaikutuksesta oli noin 5 % koko ketjusta. Broileritilan panoksista sähkö, lämpö, vesi ja kuivikkeet sisältyvät broileritilaan; untuvikko ja lannankäsittely ovat erikseen.



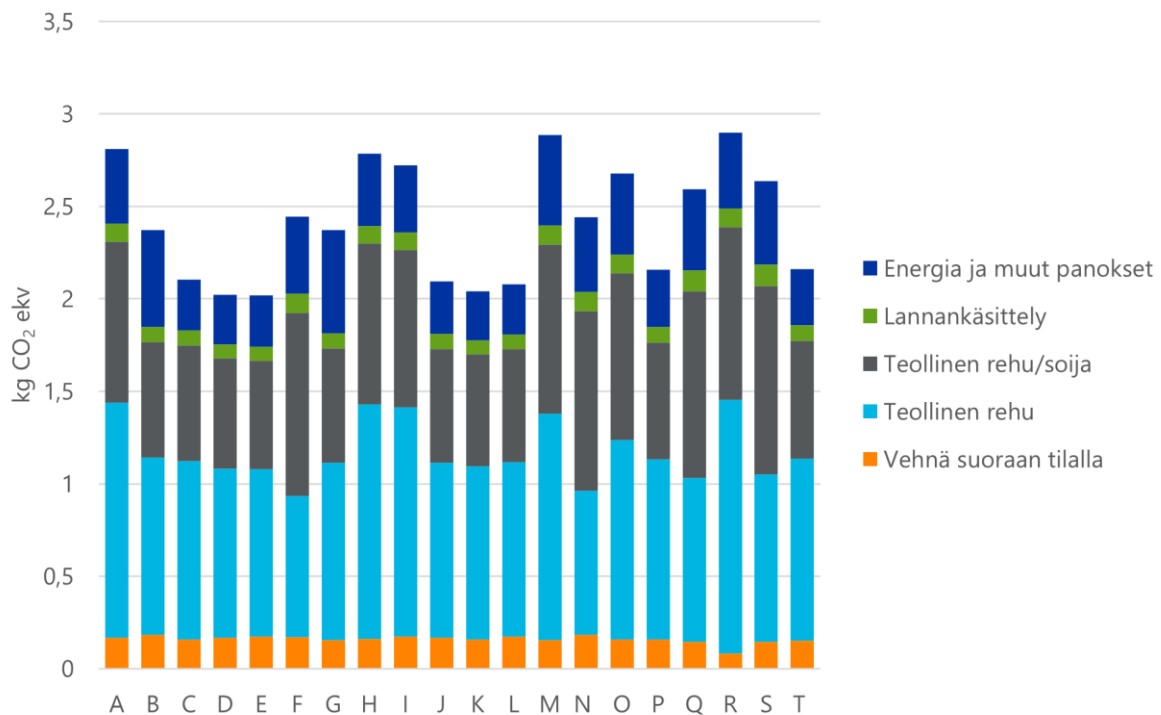
Kuva 27. Teurastetun broilerin ilmastovaikutukset kg CO₂ ekv per teuras-kg (vasemmalla) sekä ketjun vaiheiden suhteelliset osuudet (oikealla) sisältäen maankäytön muutoksen (Usva ym 2023).

Broileritilojen tuloksia tarkasteltaessa nähdään tilojen välinen hajonta (Kuva 28). Suurimmat erot liittyivät rehunkulutukseen. Aineistossa oli mukana kolmen rehutehtaan rehuja käyttäviä tiloja. Rehutehtaiden resepteissä oli jonkin verran eroja mm. soijan määrässä ja alkuperässä.

Tilojen välillä oli eroja panosten käytössä, erityisesti energiankäytössä. Energiankäytön mittaamiseen liittyy suuria haasteita, ja yksi selitys eroihin nimenomaan sähkön ja polttoaineiden kulutuksessa onkin nimenomaan niiden määrän arviointiin liittyvät epätarkkuudet. Neljällä tilalla (C, E, I ja T) oli käytössä oma aurinko ja/tai tuulisähköä. Näillä tiloilla panosten käyttö ilman untuvikkoa ilmastovaikutus olikin kaikilla alle 0,14 CO₂ ekv / kg, mediaanin ollessa noin 0,17 CO₂ ekv / kg. Oman uusiutuvan sähkön tuotanto voi tukea hyvää ympäristösuorituskykyä tilalla, mutta ei takaa sitä.

Lämmityspolttoaineista puuhake oli tärkein, mutta myös turvetta ja kaurankuorta käytettiin.

Tiloilla erot kuolleisuudessa ovat niin pieniä, ettei se juurikaan näy tuloksissa. Myös lannan päästöt olivat suhteellisen pieniä, eikä niissä ollut juurikaan hajontaa, koska typpeneritysten hajonta oli maltillista johtuen hyvin ohjatusta ja samankaltaisesta ruokinnasta (Kuva 28).

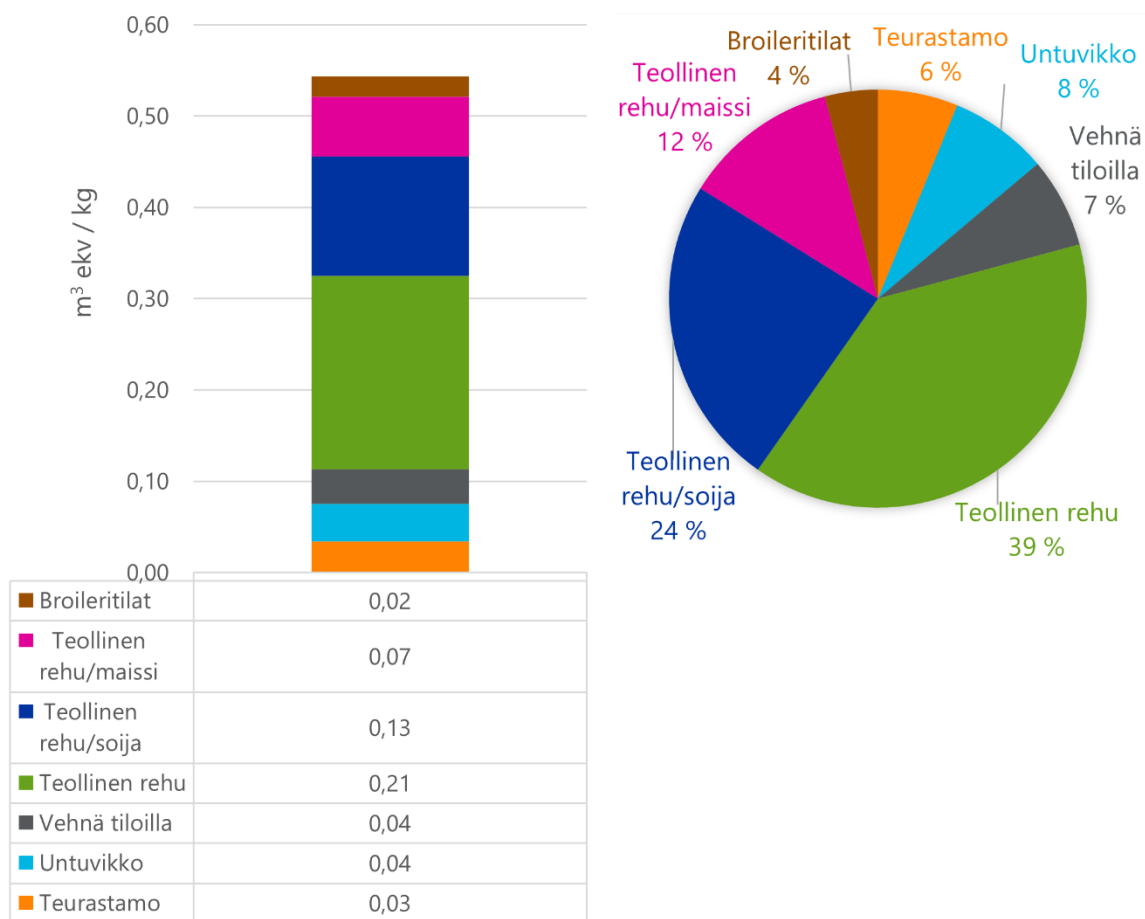


Kuva 28. Broilerin ilmastovaikutukset broileritiloilla (ilman teurastusvaihetta) kg CO₂ ekv per teuras-kg (sisältäen maankäytön muutoksen) (Usva ym. 2023).

5.7. Broilerinlihan vesiniukkuusvaikutukset

Suomalaisen broilerinlihan vesiniukkuusvaikutus oli 0,54 m³ ekv per teuras-kg AWARE-menetelmällä laskettuna (Kuva 29). Broilerituotannon vesiniukkuusvaikutuksesta 82 % muodostuu rehuuotannossa. Teollisten rehujen raaka-aineista soijalla ja erityisesti maissilla on merkitystä. Maissin osuus vaikutuksista oli 12 % koko ketjun tasolla, vaikka maissin osuus teollisista rehuista oli koko otosjoukossa suhteellisen pieni, alle 2 %. Maissi oli rehuksveista ainoa kasteltu kasvi. Muiden rehuksvien tuotannon osalta, ml. kotimaiset rehuksvit, vesiniukkuusvaikutus syntyy viljelyn panostuotannon kautta.

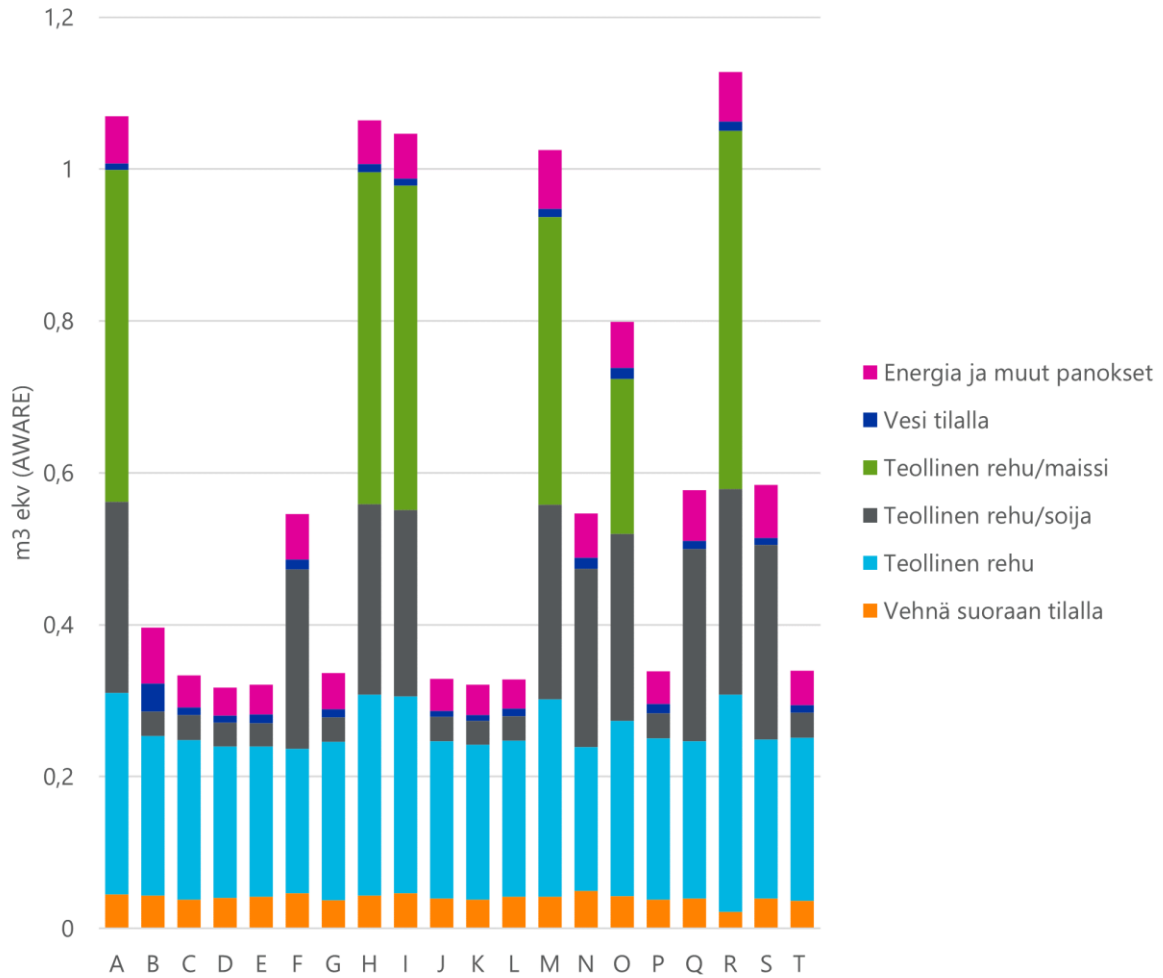
Broileritilojen panosten käytöstä untuvikot oli merkittävin (8 %). Muut tilan panokset vastasivat yhteensä 4 % vesiniukkuusvaikutuksista, josta tilojen suora vedenkäyttö oli noin puolet. Teurastamon osuus oli 6 %.



Kuva 29. Teurastetun broilerin vesiniukkuusvaikutukset m³ ekv per teuras-kg (Usva ym 2023).

Tilakohtainen tulosjakauma näyttää selkeästi maissin käytön vaikutuksen vesiniukkuuteen niillä tiloilla, jotka maissipitoista rehua käyttivät (Kuva 30). Myös soijan osuus näkyy selvästi tiloilla, joiden käyttämässä teollisessa rehussa soijan osuus on suurempi, ja soijaa tulee enemmän Yhdysvalloista verrattuna Brasiliaan. Yhdysvalloissa vesiniukkuustilanne on selvästi heikompi kuin Brasiliassa (Taulukko 14).

Suora vedenkäyttö broileritiloilla oli keskimäärin 4,6 l per teuras-kg. Teurastamoiden vedenkäyttö oli enemmän.



Kuva 30. Broilerin vesiniukkuusvaikutukset broileritiloilla (ilman teurastusvaihetta) m³ ekv per teuras-kg (Usva ym 2023).

5.8. Broilerinlihan tulosten tarkastelu

Suomalaisen broilerinlihan arviointi perustuu tärkeimmiltä osiltaan (rehut ja tuotot) hyvin laajaan ja Suomen mittakaavassa kattavaan teurastamoiden aineistoon. Muilta osin dataa pystyttiin täydentämään 20 broileritilan kyselyaineistoon pohjautuen. Tulosta voidaan pitää suomalaista broilerituotantoa erittäin hyvin kuvaavana.

Suomalaisen broilerinlihan ilmastovaikutus on matala. Broilerinlihalla on yleisesti ottaen liha-tuotteiden joukossa yksi pienimmistä ilmastovaikutuksista. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että jalostuksen ansiosta broileri on tuotantoeläimenä hyvin nopeakasvuinen ja tehokas rehunkäyttäjä.

Broilerituotanto on Suomessa hyvin vahvasti ohjattua ja tilojen väliset erot tuotannossa ovat pienet. Parhaat käytännöt mm. ruokintaan liittyen on jaettu. Ketjut toimivat hyvin tehokkaasti yhteen. Tilat käyttävät myös paljon uusiutuvaa energiaa.

Vesiniukkuusvaikutusta on maailmanlaajuisestikin arvioitu paljon vähemmän. Tässä tutkimuksessa haasteena oli erityisesti saatavilla olevan datan vähäisyys. Siinä missä ilmastovaikutus erilaisille raaka-aineille ja panoksille on hyvin saman tyyppinen eri puolilla maailmaa, on vesiniukkuusvaikutus hyvin vahvasti paikkaan sidottu. Vain murto-osa vesiniukkuusvaikutuksesta muodostui suorasta vedenkäytöstä broileriketjussa, ja valtaosaltaan vaikutus tuli panosten, erityisesti rehujen, mutta myös muiden panosten kautta.

Tuloksen luotettavuuden kannalta välituotteen ja panoksen tuotantopaikka on vesiniukkuusarvioinneissa kriittinen, ja rehuraaka-aineiden alkuperämaat olivatkin hyvin tiedossa. Muiden panosten osalta tieto oli osittain pääteltävissä, mutta ei läheskään aina. Niiltäkin osin, kun panosten alkuperä tunnettiin, käytettävissä oleva tietokantatieto ei kuitenkaan aina ollut paikkaan sidottua inventaariotietoa, vaan olemassa olevaa dataa jouduttiin regionalisoimaan. Niiltä osin, kun ketjujen häntäpäiden alkuperä ei enää tunnettu, käytettiin valtaosin globaalitasolle sidottua dataa. Globaalidatan vesiniukkuuden karakterisointikertoimet ovat hyvin korkeat (taulukko 14), ja näitä arvioita voidaankin pitää ns. konservatiivisina arvoina. Tämän LCA-laskennassa käytetty periaate tarkoittaa, että mikäli joudutaan mallintamaan puutteellisen tiedon varassa, pyritään käyttämään ns. konservatiivista eli keskitasoa korkeampaa, mutta ei kuitenkaan täysin ääripään arviota. Tuotantoketjujen jäljitettävyyden parantua ja laajentuessa myös tuotantopanoksiin, voidaan arviointia jatkossa tarkentaa.

Maissi teollisen rehun raaka-aineena nostaa merkittävästi broilerin vesiniukkuusvaikutusta, koska se on kasteltu rehuksi. Maissia käytettiin tutkimusvuonna jonkin verran teollisten rehujen raaka-aineena tiettyjen muiden raaka-aineiden saatavuusongelmien vuoksi. Maissi ei siis ole normaalisti osa broilerin ruokavaliota. Vertailukelpoisia broilerin vesiniukkuusvaikutustutkimuksia ei olekaan saatavilla. Maissin aiheuttaman vaikutuksen suuruudesta voidaan arvioida, että mikäli broilerin ruokavaliota sisältäisi enemmän kasteltuja rehuksia, olisi broilerin vesiniukkuusvaikutus helposti moninkertainen tämän tutkimuksen tulokseen nähden. Toisaalta maissi toimii varoittavana esimerkkinä: jos ja kun rehuseptiikkaa kehitetään jatkuvasti, on muistettava, että ulkomaiset kastellut rehuksia-aineet ovat aina riski vesiniukkuusvaikutuksen suhteen. Broilerituotannon ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutusten arviointi on kuvattu yksityiskohtaisesti Usva ym. (2023) artikkelissa.

5.9. Rehukasvien tuotannon ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutukset

Tilalle hankittujen ja rehuvalmisteissa käytettyjen Suomessa viljeltyjen rehuraaka-aineiden ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutukset määritettiin noudattaen rehuvalmisteiden PEFCR-ohjeistusta kasvinviljelyn osalta. Tulokset ilmastovaikutuksen osalta on esitetty alla (Taulukko 21). Vehnälle ja herneelle laskettiin maankäytön muutoksista aiheutuvaa päästöä PAS2050-menetelmän mukaisesti (BSI 2011). Tässä toteutettu rehukasvien ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutusten arviointi on kuvattu yksityiskohtaisesti Hietala ym. (2022) artikkelissa.

Taulukko 21. Kotimaisten rehukasvien ilmastovaikutukset, sisältäen maankäytön muutoksesta aiheutuvan päästön. Yksikkönä kg CO₂ ekv per kg (ilmakuivaa).

	Härkäpapu	Ohra	Kaura	Vehnä	Herne
Rehukasvin ilmastovaikutus kg CO ₂ ekv per kg (ilmakuivaa)	0.31	0.42	0.59	0.42	0.43

5.10. Vertailu muihin tutkimuksiin

Kansainvälisellä tasolla sian- ja broilerinlihan ilmastovaikutuksia on tutkittu laajasti. Sen sijaan vesiniukkuusvaikutuksia ei juuri ole julkaistu, koska käytetty AWARE-konsensusmenetelmä on suhteellisen uusi.

Vaikka tutkimuksia olisikin, niiden vertailtavuus ei kuitenkaan ole itsestään selvää. Vertailtavuuden parantamiseksi tässä tutkimuksessa on pyritty pitkälti noudattamaan PEF-ohjeistuksia. Se ei kuitenkaan vielä paranna tilannetta, koska sianlihalle käytetty punaisen lihan PEF on vielä hyväksymätön luonnosversio, ja siipikarjalle ei toistaiseksi ole ohjeistusta tuotettu. Toisaalta vertailtavuutta rajoittaa muiden, harmonisoituja menetelmiä käyttäen toteutettujen julkaistujen tutkimuksien vähyys.

Poore ja Nemecek (2018) julkaisivat laajan meta-analyysin ruoka-aineiden ympäristövaikutuksista. Meta-analyysissä käsiteltiin eri julkaisuista irrotettua alkuperäisdataa ja tehtiin niille yhdenmukainen rajausta ja karakterisointi yleisimmässä vaikutusluokissa sisältäen ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutuksen. Rajausta on kaupan hyllyyn (kuluttajan valintaan) saakka eli laajemmin kuin tässä tutkimuksessa. Tulokset on ilmoitettu luutonta lihaan kohden (sisältäen myös ihmisravinnoksi käytettävät elimet) (RW+EO). Meta-analyysissä keskimääräinen luuttoman lihan (RW+EO) suhde teuraspainoon (HSCW) on siipikarjalla 72 % ja sianlihalla 68 %.

On kuitenkin edelleen muistettava, että tämä aineisto sisältää myös tuotteen valmistuksen, logistiikan ja kaupan prosessit (sis. hävikin), jolloin sen antamat tulokset luonnollisesti ovat suurempia. Erittäin karkeasti arvioiden kuljetus, pakkaus, kaupan prosessit sekä hävikki muodostavat aineistossa noin 25 % koko ketjun ilmastovaikutuksista (Poore & Nemecek 2018, Kuva s.13). Vesiniukkuusvaikutuksen suhteen ketjunvaihekohtaista jakoa ei ole ilmoitettu.

Jos käytetään RW+EO / HSCW-suhteena 68 %, saadaan tämän tutkimuksen tulokseksi sianlihan ilmastovaikutukseksi 5,1 kg CO₂ ekv / kg RW+EO. Tätä voi tarkastella rinnakkain Poore ja Nemecek:n (2018) meta-analyysin aineiston kanssa, jonka mukaan sianlihan keskiarvot olivat 12,3 kg CO₂ ekv / kg RW+EO (mediaani 10,6 kg). Kun näistä ilmastovaikutuksesta huomioidaan vain 75 %, saadaan tulokseksi 9,2 kg CO₂ ekv / kg RW+EO (mediaani 7,8).

Vastaavasti tämän tutkimuksen broilerinlihalle saadaan ilmastovaikutukseksi 3,3 kg CO₂ ekv / kg RW+EO, kun käytetään RW+EO / HSCW-suhteena 72 %. Poore & Nemecek:n (2018) meta-analyysin aineiston tulokset ovat vastaavasti siipikarjalle 9,9 kg CO₂ ekv / kg RW+EO (mediaani 7,5 kg). Kun näistä ilmastovaikutuksesta huomioidaan vain 75 %, saadaan tulokseksi 7,4 kg CO₂ ekv / kg RW+EO (mediaani 5,6).

Molemmat tämän tutkimuksen ilmastovaikutustulokset jäävät selvästi alle Poore ja Nemecek:n (2018) meta-analyysin aineiston keskiarvon ja mediaanin. Poore ja Nemecek:n (2018) aineistossa lähes 20 % sianlihan ja yli 30 % siipikarjanlihan ilmastovaikutuksesta johtuu maankäytön muutoksesta. Tässä tutkimuksessa maankäytön muutoksen suhteellinen (ja myös absoluuttinen) oli pienempi: sianlihalla ainoastaan 2 % ja broilerinlihalla 23 %. Suomalaisen sianlihan etu on selvästi vähäinen eteläamerikkalaisen soijan käyttö. Broilerin osalta tällaista yksittäistä syytä on vaikeampi nähdä. Maankäytön muutoksessa on pieni ero. Lisäksi Poore ja Nemecek:n (2018) aineistossa on yhdistetty kaikki siipikarjan lihan tuotanto samaan luokkaan.

Poore ja Nemecek (2018) meta-analyysin RW+EO / HSCW-suhdetta käyttämällä saadaan tämän tutkimuksen tulokseksi sianlihan vesiniukkuusvaikutus 1,0 m³ ekv (AWARE) / kg RW+EO ja broilerinlihan vesiniukkuusvaikutus 0,8 m³ ekv (AWARE) / kg RW+EO. Vesiniukkuuden suhteen Poore ja Nemecek:n (2018) aineistosta ei pystytä irrottamaan ketjun loppuvaiheita, jolloin suora vertailu ei ole mielekäästä.

Poore ja Nemecek:n (2018) meta-analyysin aineiston mukaan sianlihan keskiarvo oli 66,9 m³ ekv (AWARE) / kg RW+EO (mediaani 54,2 m³) (huom. rajausta kaupan hyllylle saakka). Paras ja heikoin kvantiili, 10 % ja 90 % olivat 0,05 m³ ja 134 m³. Vastaavat luvut broilerille olivat siipikarjalle 14,2 m³ ekv (AWARE) / kg RW+EO (mediaani 0,3 m³) (huom. rajausta kaupan hyllylle saakka). 10 % ja 90 % kvantiilit olivat 0,02 m³ ja 50 m³.

Voidaan havaita, että Poore ja Nemecek:n (2018) aineistossa vaihtelu vesiniukkuusvaikutuksissa on todella suurta. Sama havainto tehtiin tässä tutkimuksessa: pienet vaihtelut broilerirehureseptissä aiheuttivat kymmenien prosenttien vaihtelun vesiniukkuustuloksiin. Poore ja Nemecek:n (2018) aineistossa sian- ja siipikarjanlihan aineistossa mediaanit ovat myös todella kaukana toisistaan. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että AWARE-menetelmä on vielä uusi, ja eri tutkimusten tulokset heilahtelevat vielä johtuen mm. datahaasteista. Näin ollen kaikkiin vesiniukkuusarviointeihin tulee suhtautua toistaiseksi varauksella, mutta tutkimusten lisääntyessä vertailtavuus paranee.

6. Vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

6.1. Vertailu aikaisempiin arvioihin suomalaisen sianlihan ilmastovaikutuksista

Sianlihan hiilijalanjälkeä ei ole Suomessa aikaisemmin arvioitu kattavaan tiedonkeruuseen pohjautuen. Paras laajamittainen arviointi on tehty MTT:n vetämässä ConsEnv-hankkeessa. Siinä tuotettu eläinmalli on kuitenkin huomattavasti teoreettisempi kuin tässä hankkeessa, ja perustuu pitkälti tilastotietoihin, sekä asiantuntija-arvioihin. Koska projektin pääasiallinen fokus oli laajempi, ei menetelmiä ole myöskään avattu kovin yksityiskohtaisesti raportoinnissa. Mallissa käytetyt tärkeimmät tietolähteet on kuitenkin julkaistu (Saarinen, ym. 2011). Ilmastovaikutustulos on 4,4 kg CO₂ ekv / kg sianlihaa (Usva, ym. 2012) sekä julkaisemattomat Luken aineistot), mikä vastaa nykyisillä karakterisointikertoimilla 4,7 kg CO₂ ekv / kg sianlihaa.

ConsEnv-hankkeessa julkaistu sianlihan tulos kuvaa teurastamon ulosmyymien tuotteiden kokonaisuutta, joka sisältää sekä luullista, että luutonta lihaa. Sitä ei siis ole mahdollista suoraan verrata SBYM-hankkeessa tuotettuun tulokseen, joka kuvaa ruhon ympäristöjalanjälkiä. Teuraskiloa kohden laskettu tulos olisi vähemmän kuin yllä esitetty 4,7 kg CO₂ ekv / kg sianlihaa.

Vaikka absoluuttisia lukuja ei päästäkään tarkastelemaan, osoittaa suuruusluokkatason tarkastelu, että ConsEnv-hankkeessa julkaistussa sianlihan tuloksessa suurimmat erot liittyvät eläimen ruuansulatuksen sekä lannankäsittelyn päästöihin. Ruuansulatuksen ja lannankäsittelyn metaanipäästöt ovat aikaisemmassa tutkimuksessa lähes kolmin- ja lannankäsittelyn typpioksiduulipäästöt yli 6-kertaiset nykyisiin päästöihin nähden. Nämä erot selittyvät menetelmällisillä eroilla mm. erilaiset laskentamenetelmät metaanille ja typpioksiduulille sekä erilainen lannan typpenerityksen laskentamenetelmä. Lisäksi mukana voi olla myös todellisia eroja esimerkiksi typpenerityksessä.

Kuten broilerinkin osalta, sianlihan tuotannon ympäristösuorituskykyä on parantanut energiantuotannon ja kulutuksen kehittyminen. Energiamurros tiloilla on nostanut puuhakkeen yleisimmäksi lämmityspolttoaineeksi, ja aikaisemmin yleisimmän kevyen polttoöljyn osuus on pudonnut reilusti. Suomessa saatavilla olevan verkkosähkön ominaispäästöt ovat myös pudonneet yli puoleen noin kymmenessä vuodessa, mikä vähentää vaikutuksia kaikkialla tuotantoketjussa.

6.2. Vertailu aikaisempiin arvioihin suomalaisen broilerinlihan ilmastovaikutuksista

Broilerituotanto on nopeasti kehittyvä eläintuotannon ala, ja onkin kiinnostavaa tarkastella, onko tuotannon ympäristöjalanjälki muuttunut vuosien saatossa. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT julkaisi vuonna 2006 tutkimustuloksensa broilerin fileesuikaleiden tuotannon ympäristövaikutuksista ja kehittämismahdollisuuksista (Katajajuuri, ym. 2006). Työ tehtiin maa- ja metsätalousministeriön rahoituksella ja siinä tarkasteltiin HK Ruokatalon (nyk. HKScan) hunajamarinoidun broilerin fileesuikaleen ympäristövaikutuksia. Tutkimuksessa tarkasteltiin ilmastovaikutusta, rehevöittävää ja happamoittavaa vaikutusta, alailmakehän otsonin muodostumista sekä primäärienergian kulutusta. Tutkimuksia voidaan vertailla tietyin reunaehdoin ilmastovaikutuksen suhteen.

6.2.1. Yhteensopivuuden varmistaminen

Jotta tutkimustuloksia voidaan luotettavasti vertailla, tulee niiden olla menetelmällisesti yhteensopivia. Vuoden 2006 (Katajajuuri ym.) tulosta ei voida suoraan verrata tämän tutkimuksen tulokseen. Vanhaa tulosta muokattiin vertailtavuuden parantamiseksi (Taulukko 22).

Taulukko 22. Vuonna 2006 (Katajajuuri ym.) ja 2021 (tämä tutkimus) julkaistujen broilerin ilmastovaikutusarvioiden muokkaaminen keskenään vertailukelpoiksi.

Elinkaariarvioinnin vaihe/metelmä	Toimenpide
Karakterisointi	Karakterisoinnissa on molemmissa tutkimuksissa käytetty IPCC:n karakterisointikertoimia. Koska kertoimet ovat ajan myötä muuttuneet jonkin verran, vanhan tutkimuksen päästöt karakterisoitiin uudelleen uusilla kertoimilla. Uusimmassa IPCC:n menetelmässä on erotettu biogeeninen ja fossiilinen metaani, mitä erottelua ei aikaisemmin ollut. Ketjussa eläimeen ja lantaan liittyvät metaanipäästöt ovat biogeenisiä, muut fossiilisia. Tässä tehtiin karkeasti jako niin, että broilerintuotantovaiheen metaanipäästö oletettiin kokonaisuudessaan biogeeniseksi, ja muissa vaiheissa fossiiliseksi.
Rajaus	Vanhempi tutkimus oli nykyistä laajempi kattaen tuoteketjun aina kauppaan saakka. Lisäksi kyseessä oli myytävä tuote, jonka elinkaarivaihe sisälsi myös muita raaka-aineita (marinadi) sekä tuotepakkauksen. Teurastamon osalta vanhemmassa tutkimuksessa tarkasteltiin teurastuksen lisäksi kaikki teurastamon toiminnot ml. leikkuu, marinadin valmistus ja pakkuu. Vertailuun otettiin vain tuotantoketjun alkupää teurastamon tuloportille saakka, koska näitä voidaan pitää keskenään vertailukelpoisina vaiheina. Aikaisemmassa tutkimuksessa ei niin ikään huomioitu maankäytön muutoksen vaikutusta, joten se rajattiin tästä vertailusta pois.
Toiminnallinen yksikkö	Vanhemman tutkimuksen toiminnallinen yksikkö, joka oli alun perin hunajamarinoitu broilerin fileesuikale (kg) muutettiin teuraskiloksi (teuras-kg), kuten uudessa tutkimuksessa. Muutos tehtiin käyttämällä kerrointa, joka oli tuotettu vanhan hankkeen massataselaskelmien perusteella.

6.2.2. Vertailun tulos ja sen tulkinta

On huomattava, että vertailtavuutta parantavia muokkauksia ei pystytty tekemään kauttaaltaan. Suurimmat menetelmälliset erot, jotka tulee edelleen ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa, liittyvät erityisesti lannankäsittelyn päästöjen arviointiin ja myös peltoviljelyyn.

Broilerituotannon ilmastovaikutus 15 vuotta sitten edellisen mallinnuksen muokkausten jälkeen, oli 3,1 kg CO₂ ekv / teuras kg, kun ne se nyt oli 1,8 kg CO₂ ekv / teuras kg (ilman maankäytön muutosta). Pienenemistä oli tapahtunut kaikissa vaiheissa, eniten kuitenkin broilerin kasvatusvaiheessa (sis. tilan energiat, panokset lukuun ottamatta untuvikkoja ja rehuja, raatojen käsittelyn sekä lannan käsittelyn ja varastoinnin). Vaiheen ilmastovaikutus oli aikaisemmin 1,3 ja nyt 0,2 kg CO₂ ekv / teuras kg.

Lannankäsittelyn päästökertoimissa on tapahtunut huomattava muutos. Aiemmassa tutkimuksessa käytettiin IPCC:n 1997 julkaisemia Tier 1 -tason kertoimia, kun tässä tutkimuksessa käytettiin IPCC 2006 julkaisussa ja sen 2019 päivitysversiona esitettyjä Tier 2-tasolla laskettuja kertoimia. Lannankäsittelyn N₂O -päästöt eritettyä typpikiloa kohden ovat tässä tutkimuksessa puolen prosenttiyksikön luokkaa, ja vanhassa tutkimuksessa yli nelinkertaiset. Teuraskiloa kohden laskettuna aikaisempi N₂O -päästö oli lähes kuusinkertainen nykyiseen verrattuna.

Metaanin kertoimet ovat myös pienentyneet siipikarjan osalta. Teuraskiloa kohden laskettuna ero on mahdollisesti jopa suurempi kuin N₂O:n osalta. Lannankäsittelyn päästöt näkyvät erityisesti broilerikasvatusvaiheen tuloksessa, mutta myös untuvikon tuloksessa. Tämä tarkoittaa, että pienenevä broilerikasvatusvaiheen osalta ei ole täysin todellinen, vaan suuri osa erosta johtuu laskentamenetelmän kehittymisestä.

Rehuntuotannossa oli tapahtunut pieni muutos (vaiheen ilmastovaikutus ennen 1,4 ja nyt 1,3 kg CO₂ ekv / teuras kg). Tosiasiassa muutos lienee kuitenkin suurempi, koska myös peltoviljelyn päästöjen arvioinnissa on tapahtunut muutoksia. Molemmista tutkimuksista on arvioitu typpi-lannoituksesta aiheutuvat typpioksiduulipäästöt, sekä suorat, että epäsuorat, ja vaikka laskentamenetelmä on aavistuksen muuttunut, ei ero ole suuri. Nykyään kuitenkin lasketaan lisäksi orgaanisten maiden hajoamisesta aiheutuva N₂O-päästö myös, mitä ei aikaisemmin tehty, ja mikä kasvattaa selvästi uutta tulosta vanhaan nähden.

Laskennallisten erojen lisäksi vuonna 2006 (*Katajajuuri ym. 2006*) ja 2021 (tämä tutkimus) toteutettujen broilerin ilmastovaikutusarvioiden kohteena olevissa tuotantojärjestelmissä on useita eroavaisuuksia, mitkä aiheuttavat eroja tuloksissa.

Erittäin merkittävä tekijä on rehuhyötysuhteen kehittyminen. Rehuhyötysuhde oli tässä tutkimuksessa 2,19 kg rehua / teuras -kg, kun se aikaisemmassa tutkimuksessa oli 2,55 kg rehua /teuras-kg. Samalla linnun koko on kasvanut. Tämä on laskenut rehutarvetta siten, että jos rehuhyötysuhde olisi edelleen samalla tasolla, olisi rehuntuotantovaiheen ilmastovaikutus karkeasti laskien yli 1,5 kg CO₂-ekvivalenttia / teuras-kg, kun se nyt oli 1,3 kg.

Vaikka lantaan liittyvä päästölaskenta on muuttunut paljon, perustuvat typpioksiduulipäästöt kuitenkin aina lannan sisältämään tyyppiin. Eläinten typeneritys näyttää laskeneen, mikä laskee menetelmästä riippumatta typpioksiduulipäästöjä.

Broilerinrehujen tärkein viljaraaka-aine on vehnä ja sen satotaso on uudessa aineistossa hieman korkeampi kuin aikaisemmin ja typenkäyttö vähäisempää. Kaikkien viljojen osalta muutokset ovat hyvin maltillisia.

Broileritilojen energiankäytössä on tapahtunut kauttaaltaan suuri muutos. Vuoden 2006 julkaistun tutkimuksen aikaan tilat käyttivät lämmitykseen valtaosin kevyttä polttoöljyä, ja siirtyminen hakelämmitykseen oli vasta alkamassa. Nyt hakelämmitys ja muut vaihtoehtoiset polttoaineet ovat valtavirtaa. Myös omaa uusiutuvaa sähköntuotantoa alkaa olla verkkosähkön rinnalla. Julkaisussa Katajajuuri ym. (2006) ennakoitiin muutosta ja laskettiin skenaario, jonka mukaan siirtyminen tiloilla uusiutuviin polttoaineisiin lämmityksessä, vähenisi koko ketjun ilmastovaikutus 6 % (huom. koko ketju kauppaan saakka), ja kasvattamovaiheen saisi pudotettua 70 %.

Yleisesti ottaen Suomen verkkosähkön ominaispäästöt ovat maailman mittakaavassa pienet. Viime vuosina sähkönkulutuksen profiilissa uusiutuvien energialähteiden osuus on kasvanut ja fossiilisten ja turpeen vähentynyt, jolloin ominaispäästö on edelleen pienentynyt. Niin ikään kuljetusten ominaispäästöt ovat pienentyneet polttoaineiden ja tekniikan kehittyessä.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tutkimusten tuloksia ei voida suoraan verrata edes osin muokattuina. Suurin muutos näyttää tapahtuneen broilerikasvatusvaiheessa, mitä selittävät erityisesti kaksi tekijää: muutos lannankäsittelyn päästölaskennan menetelmissä (tekninen muutos) ja tilojen energiamurros (todellinen muutos). Broilerin ilmastovaikutustulosta pienentää kaikissa vaiheissa (untuvikon tuotanto, rehuntuotanto ja broilerikasvatus) linnun teuraspainon kasvu samaan aikaan kun rehuhyötysuhde on parantunut vuosien saatossa. Tässä vertailussa ei tarkasteltu maankäytön muutoksen vaikutuksia, koska niitä ei aikaisemmassa tutkimuksessa ollut arvioitu.

7. Johtopäätökset

Suomalaisen sianlihan ympäristösuorituskykyä ei ollut ennen tätä tutkimusta kattavasti tutkittu lainkaan ja broilerinlihan osalta tutkimus oli yli 15 vuotta vanha. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää suomalaisen sian- ja broilerinlihan ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutukset. Tarkastettava järjestelmä rajattiin koskemaan teurastettua eläintä, ennen lihatuotteiden valmistusta. Systemiin sisällytettiin teurastuksen lisäksi eläintuotanto, ml. vanhempaispolvi, eläintuotannon panokset, rehujen tuotanto, rehuntuotannon panokset, kuljetukset sekä sivuvirtojen käsittely niiltä osin kuin sen katsotaan kuuluvan lihantuotantoon. Laskentamenetelmien suhteen pyrittiin noudattamaan EU:n PEF-ohjeistusta soveltuvin osin.

Aineistona käytettiin Suomen kahdelta suurimmalta sian- ja broilerinlihaa tuottavan yritykseltä eli Atrialta ja HKScanilta kerättyä aineistoa sekä niiden sopimustiloilta kerättyä aineistoa. Yrityksiltä kerätty aineisto kattoi broilerinlihan osalta noin 89 % ja sianlihan osalta noin 77 % koko Suomen tuotannosta. Lisäksi kerättiin aineistoa mm. kuudelta rehuntuottajalta, kotimaisen viljelyn osalta ProAgrian laajasta lohkotietokanta-aineistosta sekä lukuisista muista sekundäärisistä tietolähteistä.

PEF-ohjeistus määrittelee kriteerit, joiden perusteella lihatuotteen ympäristöjalanjälkien arviota voi pitää kansallista tasoa kuvaavana. Broilerinlihan osalta saatiin käyttöön lihatalojen koko niiden sopimustuotantotiloja koskeva aineisto tärkeimpien muuttujien (mm. rehustus) osalta. Broilerinlihan arviota voidaan pitää PEF:n kriteerien mukaisesti suomalaista broilerinlihan tuotantoa kuvaavana. Sianlihan osalta vastaavaa aineistoa rehukoostumuksista ei ollut käytössä. Sianlihan tuotanto tiloilla on myös monimuotoisempaa, ja eri tuotanto- ja rehustustavat olisi pitänyt ottaa tasapainoisesti mukaan aineistoon. Tämän tutkimuksen tila-aineiston havaintojoukko ei riittänyt siihen, että PEF:n kriteerien mukainen otos täyttyisi. Tehty tutkimus on kuitenkin pyritty toteuttamaan huolellisesti ja parhaita mahdollisia käytäntöjä noudattaen, saatu tila-aineisto on laadukasta ja yhdistettynä laajempaan, PEF-kriteerit kattavaan tila-aineistoon pääasiallisista valkuaislähteistä, tulosta voidaankin pitää parhaana saatavilla olevana arviona suomalaisen sianlihan ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutuksista.

Tyypillisen suomalaisen sianlihantuotannon ilmastovaikutukseksi saatiin tässä tutkimuksessa 3,6 kg CO₂ ekv per teuras-kg. Tulos sisältää maankäytön muutoksen aiheuttamat ilmastovaikutukset, mutta niiden osuus oli hyvin pieni, vain 4 %. Rehujen tuotannon osuus vaikutuksista oli hieman alle puolet (42 %). Lannan käsittelyn ja ruuansulatuksen osuus oli 17 % ja porsastuotannon osuus kolmannes (33 %). Loput päästöistä muodostuivat kuljetuksista ja teurastamosta.

Suomalaisen broilerinlihan ilmastovaikutus on tämän tutkimuksen mukaan 2,4 kg CO₂ ekv per teuras-kg sisältäen maankäytön muutoksen aiheuttaman vaikutuksen ja 1,8 kg CO₂ ekv per teuras-kg ilman maankäytön muutosta. Rehun suhteellinen osuus suomalaisen broilerinlihan ilmastovaikutuksesta oli lähes neljä viidesosaa (79 %). Untuvikontuotannon osuus koko tarkastellussa ketjussa oli 8 % ja lannan osuus vain 4 %.

Tyypillisen suomalaisen sianlihantuotannon vesiniukkuusvaikutus oli 0,7 m³ ekv (AWARE) per teuras-kg. Vesiniukkuusvaikutuksesta merkittävin osa, 43 % syntyy lihasikojen rehuuotannossa. 35 % muodostuu porsastuotantoketjussa, ja erityisesti porsasrehujen valmistuksessa.

Suomalaisen broilerinlihan vesiniukkuusvaikutus oli 0,54 m³ ekv (AWARE) per teuras-kg. Broilerituotannon vesiniukkuusvaikutuksesta yli neljä viidesosaa (82 %) muodostuu rehuuotannossa. Teollisten rehujen raaka-aineista soijalla ja erityisesti maissilla on merkitystä, vaikka maissin osuus teollisten rehujen raaka-aineista oli pieni, eikä maissia normaalitilanteessa edes käytetä rehuraaka-aineena.

Tulosten tarkastelussa on huomattava, että tulokset ovat teuraskiloja kohden, ja luvut olisivat suurempia, mikäli ne esitettäisiin valmista tuotetta kohden, jolloin ruhosta on edelleen poistettu mm. luita. Tästä huolimatta molempien eläinryhmien osalta tuloksia voidaan pitää hyvinä. Kansainväliseen tasoon verrattuna sekä suomalainen sian- että broilerinlihan tuotanto on ympäristösuorituskyvyllään tehokasta, kun tarkastellaan ilmasto- ja vesiniukkuusvaikutuksia. Myös verrattuna historiallisesti 15 vuoden takaista broilerinlihan tuotantoa Suomessa nykyiseen, voidaan havaita kehitystä tapahtuneen.

Yksi sianlihan tuotannon vahvuuksista Suomessa on sivuvirtojen hyödyntäminen rehustuksessa. Sianlihan tuotanto hyödyntää valkuaisen lähteenä ohravalukuaisrehua, heraa ja mäskiä. Sivuvirroilla on lähes poikkeuksetta pienemmät ympäristövaikutukset kuin neitseellisillä materiaaleilla. Tuloksista havaittiin, että OVR-liemi pääasiallisena tai tärkeänä valkuaislähteenä vaikuttaisi linkittyvän myös verrattain pienempään vesiniukkuusvaikutukseen. Lisäksi sikojen rehustuksessa käytetään vähäisemmin sellaisia rehuraaka-aineita, joiden katsotaan aiheuttavan maankäytön muutosta. Osalla sikatiloista on jo käytössä biokaasulaitoksia lannan päästöjen vähentämiseksi ja energian hyödyntämiseen.

Broilerinlihan tuotannon vahvuus Suomessa on se, että se on vahvasti ohjattua ja optimoitua mm. rehustuksen ja kasvatusaikojen suhteen. Broilerin rehuhyötysuhde on erittäin hyvä, eläin kasvaa nopeasti ja tuotanto on kaikin puolin hyvin tehokasta, mikä parantaa ympäristösuorituskykyä.

Energian osalta suomalaiset maatilat ovat kaiken kaikkiaan käyneet läpi ison muutoksen: sekä broileri- että sikatilat lämmittävät tiloja pitkälti uusiutuvilla polttoaineilla, joista tärkein on puuhake. Kevyestä polttoöljystä lämmityksessä on lähestulkoon luovuttu. Huomattavalla osalla tiloista on myös omaa sähköntuotantoa, kuten aurinkovoimaa.

Vaikka tulokset ovat hyviä, voidaan ympäristösuorituskykyä edelleen parantaa. Ilmastovaikutuksen pienentämiseksi sianlihan tuotannossa tulisi kiinnittää huomiota erityisesti kotimaisten rehukasvien tuotannon kehittämiseen edelleen. Tilakohtaisissa tarkasteluissa havaittiin osin korkeita turvemaiden osuuksia rehukasvien tuotannossa. Turvemaiden viljelyn päästöjä pystytään mahdollisesti jonkin verran hillitsemään mm. viljelytekniisin toimin, joiden tarkastelua ei tähän tutkimukseen sisällytetty. Mahdollisuuksia turvemaiden viljelyn vähentämiseen sekä päästöjä hillitsevien toimien käyttöönottoon tulisikin selvittää. Sianlannan käsittelyn ja varastoinnin päästöjä voitaisiin edelleen pienentää erilaisin teknisin ratkaisuin, esimerkiksi biokaasutuotantoa lisäämällä. Sianlihan osalta huomattavaa epävarmuutta tuloksiin aiheutuu myös pienestä otoksesta erityisesti porsastuotannossa. Tätä tulisi tarkentaa laajemmalla erikoistuneen porsastuotannon tutkimuksella. Lisäksi OVR-liemirehun elinkaariarviointia tulisi tarkentaa taloudellisilla allokaatiokertoimilla. Tällä olisi suuri merkitys OVR-liemirehun sekä prosessista syntyvän ohrarehujakeen täsmällisemmälle arvioinnille.

Broilerituotannossa maankäytön muutoksella on suuri merkitys ilmastovaikutuksen muodostumisessa: soijan korvaaminen muilla valkuaislähteillä pienentäisi tätä vaikutusta, ellei rehuanoksen koostumuksen muutoksella ole muita vaikutuksia tuotantoon. Kuten sianlihan tuotannonkin osalta, myös kotimaisen viljelyn ympäristösuorituskyvyn parantaminen pienentäisi broilerinlihan vaikutuksia edelleen. Maatilojen energiamurroksen seuraava vaihe lämmityksen muutoksen jälkeen saattaa olla tilakohtaisen sähköntuotannon lisääntyminen, mistä tässä aineistossakin oli jo viitteitä. Vaikka Suomen verkkosähkön ominaispäästöt ovat matalat verrattuna moneen muuhun maahan, voi omalla uusiutuvalla sähköntuotannolla silti saavuttaa edelleen päästövähennyksiä.

Vesiniukkuuden osalta päähuomio tulee ehdottomasti kiinnittää rehujen raaka-aineisiin. Broilerinrehujen maissista havaittiin että, myös massaltaan vähäisen rehuraaka-aine-erät voivat olla olennaisia vesiniukkuusvaikutuksen kannalta. Pelkillä raaka-ainevalinnoilla sekä sian että broilerinlihantuotannossa, voidaan vesiniukkuusvaikutusta edelleen pienentää.

Viitteet

- Bioenergianeuvoja 2020. Energia-arvot ja muuntokertoimet. <https://www.bioenergia-neuvoja.fi/faktaa/biopolttoaineiden-muuntokertoimia/>.
- Blonk Consultants 2017. Methodology of the EC feed database. Blonk Consultants in cooperation with Quantis, Ademe and Agroscope. Place Gouda, Netherlands.
- Boulay, A.-M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M.J., Manzardo, A., Margni, M., Motoshita, M., Núñez, M., Pastor, A.V., Ridoutt, B., Oki, T., Worbe, S. & Pfister, S. 2018. The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23: 368–378.
- BSAS, British Society of Animal Science 2003. Nutrient Requirement Standards for Pigs. Penicuik, Midlothian, United Kingdom.
- British Standards Institution 2011. PAS 2050 - Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. London, United Kingdom.
- Clark, G., Feiner, A. & Viehs, M. 2015. From stockholder to the stakeholder How sustainability can drive financial outperformance. University of Oxford & Arabesque Partners.
- Federatie Nederlandse Diervoederketen 2018. CVB Feed Table. Chemical composition and nutritional values of feedstuffs. 621 p.
- Energiateollisuus ry 2020. Sähkötalastot. <https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot> (haettu 12.05 2021).
- European Commission 2018. PEFCR Feed for food producing animals.
- European Commission 2017. PEFCR Guidance document - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs). version 6.3, December 2017.
- European Commission 2018. PEFCR Red Meat Version 0.6. Technical Secretariat for the Red Meat Pilot.
- FAO, LEAP Partnership 2015. Environmental performance of animal feeds supply chains - Guidelines for assessment.
- Heuzé, V., Tran, G., Bastianelli, D., Archimede, H & Sauvant, D. 2013. Feedipedia: an open access international encyclopedia on feed resources for farm animals.
- Hietala, S., Usva, K., Nousiainen, J., Vieraankivi, M. L., Vorne, V. & Leinonen, I. 2022. Environmental impact assessment of Finnish feed crop production with methodological comparison of PEF and IPCC methods for climate change impact. *Journal of Cleaner Production* 379: 134664.
- Hietala, S., Usva, K., Nousiainen, J., Vieraankivi, M.L., Vorne, V. & Leinonen, I. 2023. Environmental life cycle assessment of pork production – Focus on climate change and water scarcity impacts. [käsikirjoitus]

- IPCC 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. <https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2019rf/-vol4.html>.
- IPCC 2006. Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf.
- IPCC 2013. Climate change 2013: The physical science basis. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M.M.B., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P.M. (eds.). Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. 1535 p. Cambridge University Press, USA.
- Joos, F., Roth, R., Fuglestedt, J.S., Peters, G.P., Enting, I.G., von Bloh, W., Brovkin, V., Burke, E.J., Eby, M., Edwards, N.R., Friedrich, T., Frölicher, T.L., Halloran, P.R., Holden, P.B., Jones, C., Kleinen, T., Mackenzie, F.T., Matsumoto, K., Meinshausen, M., Plattner, G.-K., Reisinger, A., Segschneider, J., Shaffer, G., Steinacher, M., Strassmann, K., Tanaka, K., Timmermann, A. & Weaver, A.J. 2013. Carbon dioxide and climate impulse response functions for the computation of greenhouse gas metrics: a multi-model analysis. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13(5): 2793–2825.
- Katajajuuri, J.-M., Grönroos, J., Usva, K., Virtanen, Y., Sipilä, I., Venäläinen, E., Kurppa, S., Tanskanen, R., Mattila, T. & Virtanen, H. 2006. Broilerin fileesuikaleiden tuotannon ympäristövaikutukset ja kehittämismahdollisuudet. Maa- ja elintarviketalous, Jokioinen: MTT. 118 s.
- Kaustell, K., Huitu, H., Kivinen, T., Laajalahti, M., Nikander, J., Näkkilä, J., Palmio, A., Pastell, M., Suokannas, A., Tuhkanen, E.-M., Tuunainen, P. & Vasara, E. 2017. Sähkönjakeluhäiriöiden vaikutukset elintarviketuotannon jatkuvuuteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 60/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 69 s.
- Lihatiedotus 2021. Alkutuotanto. Lihatiedotusyhdistys ry. <https://www.lihatiedotus.fi/tilalta-kauppaan/alkutuotanto.html> (haettu 6. 3. 2021).
- Lihatiedotus 2018. Kuljetukset. Lihatiedotusyhdistys ry. <https://www.lihatiedotus.fi/tilalta-kauppaan/teurastus/kuljetukset.html> (haettu 4. 3. 2021).
- Luonnonvarakeskus (Luke) 2014. Rehutaulukot: Siat. <https://portal.mtt.fi/portal/-page/portal/Rehutaulukot>.
- Luonnonvarakeskus (Luke) 2020. Alueittainen lihantuotanto. Tilastopalvelu 1.9.2020. https://stat.luke.fi/kuvaus-alueittainen-lihantuotanto_fi (haettu 4. 3. 2021).
- Luonnonvarakeskus (Luke) 2020. Broilerit - Integroitu ketju. <https://www.luke.fi/ruokafakta/liha-ja-kala/elainten-hyvinvointi-ja-terveys/broilerit/> (haettu 20. 3. 2021).
- Luonnonvarakeskus (Luke) 2021. Kotieläinten lukumäärä. Sikojen lukumäärä 1.4. 2021. Luke Tilastopalvelu. 2021. <https://statdb.luke.fi:443/PXWeb/sq/a12ee8eb-8022-4987-b0d0-eef63ee05891> (haettu 2. 9. 2021).
- Luonnonvarakeskus (Luke) 2021. Ravintotase. Elintarvikkeiden kulutus henkeä kohti (kg/vuosi). Luke Tilastopalvelu. 2021. <https://statdb.luke.fi:443/PXWeb/sq/0d1c8878-0984-43c3-bc5a-9ae069740016> (haettu 2. 9. 2021).

- Luonnonvarakeskus (Luke) 2021. Siipikarjan määrä keskimäärin ELY-keskuksittain. Luke Tilastopalvelu. 2021. <https://statdb.luke.fi:443/PXWeb/sq/023f94d4-4b65-4a4e-976a-56bbe-18fb7d> (haettu 2. 9. 2021).
- Luostarinen, S., Grönroos, J., Hellstedt, M., Nousiainen, J. & Munther, J. 2017. SUOMEN NORMILANTA-laskentajärjestelmän kuvaus ja ensimmäiset tulokset.
- Mikkola, H. & Ahokas, J. 2009. Energy ratios in Finnish agricultural production. 18: 332–346.
- Mosnier, E., Van der Werf, H.M.G., Boissy, J. & Dourmad, J.Y. 2011. Evaluation of the environmental implications of the incorporation of feed-use amino acids in the manufacturing of pig and broiler feeds using Life Cycle Assessment. *Animal* 5(12): 1972–1983.
- Motiva. Vedenkulutus. 26. 2. 2019. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/-vedenkulutus (haettu 16. 4. 2020).
- Poore, J. & Nemecek, T. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* Vol. 360(6392): 987–992.
- Posio, M. 2010. Kotieläintilojen energiankulutus. Pro-Gradu tutkielma, Maataloustieteiden laitos, Helsingin Yliopisto.
- Ruokatiето 2021. Sika. Ruokatiето Yhdistys ry. <https://www.ruokatiето.fi/ruokakasvatus/-ruokaketju-ruuan-matka-pelloilta-poytaan/maatila/kotielaimet/sika> (haettu 18.11.2020).
- Ruokavirasto 2021. Hyväksytyt elintarvikehuoneistot. 2.3.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/-yrietykset/elintarvikeala/elintarvikeyrietyksenperustaminen/elintarvikehuoneistot/-hyvak-sytyt-elintarvikehuoneistot/>.
- Saarinen, M., Kurppa, S., Nissinen, A. & Mäkelä, J. (toim.) 2011. Aterioiden ja asumisen valinnat kulutuksen ympäristövaikutusten ytimessä. ConsEnv-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristö 14. Ympäristöministeriö.
- Sauvant, D., Perez, J.M. & Tran, G. 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials. Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. Wageningen Academic Publishers, INRA.
- Sevón-Aimonen, M.-L. Suomalaisen sika-aineksen kasvukäyrä ja kasvun koostumus. Maataloustieteen Päivät, Kotieläintiede, 9.-10.1.2002 Viikki, Helsinki. Teoksessa Rinne, M. (Toim.) 2002. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 977: 63–65.
- Soimakallio, S., Sankelo, P., Kopsakangas-Savolainen, M., Sederholm, C., Auvinen, K., Heinonen, T., Johansson, A., Judl, J., Karhinen, S., Lehtoranta, S., Räsänen, S. & Savolainen, H. 2020. Turpeen rooli ja sen käytöstä luopumisen vaikutukset Suomessa. Sitra. Helsinki.
- Statistics Finland. 2021. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2019. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol, Submission to the European Union.
- Teknologian tutkimuskeskus VTT. 2017. LIPASTO – Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. <http://lipasto.vtt.fi/>.
- Tilastokeskus 2020. Energian hankinta ja kulutus. 17.4.2020. https://www.stat.fi/til/ehk/-2019/04/-ehk_2019_04_2020-04-17_tie_001_fi.html (haettu 12. 5. 2021).

- UECBV 2019. Footprint Category Rules Red Meat. Rev. Version 1.1 (1/2020), Technical Secretariat for the Red Meat Pilot, The European Livestock and Meat Trades Union (UECBV).
- Usva, K., Nousiainen, J., Hyvärinen, H. & Virtanen, Y. 2012. LCAs for animal products pork, beef, milk and eggs in Finland." In: Van der Werf, M.S. & Corson, H.M.G. Book of Abstract of the 8th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2012), GROUP 5(B): 850–851. 1–4 October 2012, Saint Malo, France: Rennes, France: INRA.
- Usva, K., Hietala, S., Nousiainen, J., Vorne, V., Vieraankivi, M. L., Jallinoja, M., & Leinonen, I. 2023. Environmental life cycle assessment of Finnish broiler chicken production—Focus on climate change and water scarcity impacts. *Journal of Cleaner Production*, 137097.
- Vesilaitosyhdistys 2016. Välttämätön vesi. https://www.vvy.fi/site/assets/files/1088/-valttamaton_vesi_vvy_2016_netti.pdf.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000