SIKALARAKENNUKSEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT JA NIIDEN VÄHENTÄMISKEINOT

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Ympäristötekniikan kandidaatintyö

2022

Leena Heikinmaa

Tarkastaja: Tutkijaopettaja, TkT Mika Luoranen

Ohjaaja: Tutkijaopettaja, TkT Sanni Väisänen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Ympäristötekniikka

Leena Heikinmaa

Sikalarakennuksen kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentämiskeinot

Ympäristötekniikan Kandidaatintyö

2022

40 sivua, 4 kuvaa, 5 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastaja: Tutkijaopettaja, TkT Mika Luoranen

Ohjaaja: Tutkijaopettaja, TkT Sanni Väisänen

Avainsanat: kasvihuonekaasupäästöt, maatalous, lihankulutus, sikala

Tässä kandidaatintyössä tavoitteena on laskea kasvihuonekaasupäästöt Heikki Heikinmaan maatilan yhdistelmäsikalalle. Työn teoriaosuudessa käsitellään maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä ja sianlihan kulutusta Suomessa. Lisäksi esitellään kaksi eri laskenta- ja raportointiohjetta kasvihuonekaasupäästöjen laskennalle, GHG-protokolla ja ISO 14067 -standardi. Työn lopussa pohditaan vähennyskeinoja sikalan kasvihuonekaasupäästöille.

Laskennassa otetaan huomioon seuraavat osa-alueet: sikalan lämmön- ja sähkönkulutus, rehu ja rehun ostettujen raaka-aineiden kuljetukset, lanta sekä sikalalla syntyvät jätteet. Laskennan ulkopuolelle on jätetty lämmityksessä käytettävän puuhakkeen tuotanto, oman rehutuotannon kuljetukset, sikojen kuljetukset sekä jätteiden kuljetukset.

Sikalan kasvihuonekaasupäästöiksi saatiin 394 183 kgCO_2-ekv/a. Kasvihuonekaasupäästöt ovat enimmäkseen peräisin rehuntuotannosta, sikojen lannasta sekä lämmönkulutuksesta. Rehun osuus sikalan kasvihuonekaasupäästöistä on noin 37 % ja sikojen lannan 31 %. Lämmönkulutuksen osuus on noin 24 %, sähkönkulutuksen 8 % ja jätteiden osuus alle prosentti.

Vähentämiskeinoina esitetään aurinkopaneelien asentaminen sikalan katolle, rehussa olevan soijan korvaaminen herneellä sekä lämmityksen toteuttaminen maalämmöllä hakelämmityksen sijaan. Aurinkopaneeleilla kasvihuonekaasupäästöjä saataisiin vähennettyä 12 %, soijan korvaamisella herneellä 5 % ja maalämmöllä 18 % alkuperäisistä päästöistä.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Environmental Technology

Leena Heikinmaa

Greenhouse gas emissions from a piggery and measures to reduce them

Bachelor's thesis

2022

40 pages, 4 figures, 5 tables and 2 appendices

Examiner: Associate Professor Mika Luoranen

Instructor: Associate Professor Sanni Väisänen

Keywords: greenhouse gas emissions, agriculture, meat consumption, piggery

The aim of this bachelor's thesis is to calculate the greenhouse gas emissions of Farm Heikki Heikinmaa's combination piggery. The theoretical part of this thesis explores greenhouse gas emissions from agriculture and the consumption of pork in Finland. In addition, two different calculation and reporting guidelines for greenhouse gas emissions are presented, GHG protocol and ISO 14067 -standard. At the end of the work, reduction measures for emission from the piggery are considered.

The following areas are considered in the calculation: heat and electricity consumption in the piggery, feed and transportation of raw materials for feed, manure and waste. The production of wood chips used for heating, transportation for own feed production, transportation of pigs and transportation of waste are excluded from the calculation.

The greenhouse gas emissions of the piggery were 394 183 kgCO_2-eq/a. The emissions were mostly from feed production, pig manure and heat consumption. Feed accounts for 37 %, pig manure for 31 %, heat consumption for 24 % of the emissions. The share of electricity consumption was 8 % and the share of waste less than one percent.

Proposed reduction measures for the emissions are the installation of solar panels, replacing soy in the feed with peas and the implementation of heating with geothermal energy. Solar panels would reduce the emissions by 12 %, replacing soy with peas by 5 % and geothermal energy by 18 %.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Yhdisteet

CO_2	Hiilidioksidi
CH_4	Metaani
N_2O	Dityppioksidi

Yksiköt

a	vuosi
CO_2-ekv	hiilidioksidiekvivalentti
g	gramma
J	joule
kg	kilogramma
km	kilometri
kpl	kappale
kW	kilowatti
kWh	kilowattitunti
m^2	neliömetri
m^3	kuutiometri
MWh	megawattitunti
TJ	terajoule
%	prosentti

Lyhenteet

CAP	Common Agricultural Policy, Euroopan unionin yhteinen maatalouspol tiikka
EU	Euroopan unioni
GWP	Global Warming Potential
Hlö	Henkilö
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, hallitustenvälinen ilmaston-muutospaneeli
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardiso-misjärjestö

SFS	Suomen Standarsoimisliitto SFS ry
VTT	Teknologian tutkimuskeskus
WAM	With Additional Measures
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development, Maailman elinkeinoelämän kestävän kehityksen neuvosto
WEM	With Existing Measures
WRI	World Business Institute, Maailman luonnonvarainstituutti

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Symboli- ja lyhenneluettelo

1. Johdanto 7
2. Maatalouden vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin Suomessa 9
   2.1. Lihankulutus Suomessa 9
      2.1.1. Sianliha 11
   2.2. Tulevaisuudennäkymät 11
3. Kasvihuonekaasupäästöjen laskenta 14
   3.1. ISO 14067 -standardi 14
   3.2. GHG-protokolla 15
4. Yrityksen sikalarakennuksen kasvihuonekaasupäästöt 17
   4.1. Maatila Heikki Heikinmaa 17
   4.2. Rajaukset 18
   4.3. Kasvihuonekaasupäästöjen laskenta 19
      4.3.1. Sähkönkulutus 19
      4.3.2. Lämmönkulutus 20
      4.3.3. Rehu 21
      4.3.4. Sian lanta 25
      4.3.5. Jätteet 25
5. Kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentämiskeinot 27
6. Johtopäätökset 31
7. Yhteenveto 33

Lähteet 35

Liitteet

Liite 1. Ostettujen rehun raaka-aineiden kuljetusmatkat.

Liite 2. Kasvihuonekaasupäästöjen vähennyskeinoissa käytetyt lähtöarvot ja laskut.

1. Johdanto

Vuonna 2020 Suomen kasvihuonekaasupäästöistä 14 prosenttia oli peräisin maataloudesta (SVT 2021). Maataloudesta peräisin olevat kasvihuonekaasupäästöt eivät ole vähentyneet vuoden 2005 jälkeen, kun taas kaikkien muiden alojen päästöt ovat olleet laskussa (Lounasheimo et al. 2021, 24). Kasvihuonekaasuja ovat esimerkiksi vesihöyry, hiilidioksidi ja metaani. Kasvihuonekaasut kykenevät imemään auringon lämpösäteilyä ja estävät lämpöenergiaa karkaamasta takaisin avaruuteen. Tätä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi. Ihmiskunnan toiminta, esimerkiksi maatalous ja teollisuus, lisää kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin, määrää ilmakehässä, jolloin kasvihuoneilmiö voimistuu ja ilmasto lämpenee. (IPCC 2013, 126–127.) Ilmaston lämpenemisellä on monia vaikutuksia maapallolla: esimerkiksi merenpinta nousee, jäätiköt sulavat ja ilmaston ääri-ilmiöt, kuten lämpöaallot ja trooppiset syklonit lisääntyvät (IPCC 2021, 8).

Ilmastotietoisuus on lisääntynyt maailmanlaajuisesti muun muassa uutisoinnin myötä. Kuluttajat ottavat tyypillisesti valinnoissaan huomioon ympäristömerkinnät tuotteessa, joista yksi on hiilijalanjäljen suuruus. (Groening et al. 2015, 263, 290.) Tämän vuoksi yrityksille on kannattavaa selvittää kasvihuonekaasupäästöjensä suuruutta. Tässä työssä selvitetään Maatila Heikki Heikinmaan sikalan kasvihuonekaasupäästöt ja samalla mietitään kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinoja. Heikinmaan sikalassa kasvatetaan emakoita, porsaita ja lihasikoja. Sikalassa on keskimäärin noin 650 sikaa. Punaisen lihan syöntiä pitäisi vähentää, mutta verrattuna naudanlihaan, sianlihan ympäristökuormitus on huomattavasti pienempi (Ilmasto-opas 2020). Kyseinen maatilayritys voi hyödyntää tässä työssä selvitettyjä tuloksia mainonnassaan ja myös vähentää sikalan päästöjä toteuttamalla vähentämiskeinoja.

Tässä kandidaatintyössä tavoitteena on selvittää maatalouden tulevaisuudennäkymiä Suomessa ja laskea kasvihuonekaasupäästöt sikalalle. Tämän työn tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1) Mitkä ovat maatalouden ja lihansyönnin vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin Suomessa?

2) Miten sikalan kasvihuonekaasupäästöt lasketaan hyödyntäen GHG-protokollaa ja ISO 14067-standardia?

3) Mitkä ovat pientilan sikalan kasvihuonekaasupäästöt ja miten niitä voitaisiin vähentää?

Tämän työn teoriaosuudessa selvitetään maataloussektorin vaikutusta ilmastonmuutokseen ja sektorin muutoksia tulevaisuudessa. Teoriaosuudessa keskitytään erityisesti kotieläintuotantoon. Sen lisäksi selvitetään kasvihuonekaasujen laskenta GHG-protokollan (Greenhouse gas protocol) ja ISO 14067-standardin mukaan. Teoriaosuudessa tutkimusmenetelmänä on kirjallisuuskatsaus. Teoriaosuuden jälkeen lasketaan kasvihuonekaasupäästöt pientilan sikalarakennukselle. Laskennassa huomioidaan tuotantorakennuksen sähkön- ja lämmönkulutus sekä sikojen rehu ja lanta sekä muut sikalalla syntyvät jätteet. Laskenta kohdistuu Maatila Heikki Heikinmaan sikalaan, joka sijaitsee Pohjois-Savossa Kiuruvedellä. Maatilan omistajilta saatiin laskentaan tarvittavat lähtötiedot, kuten sähkönkulutus ja rehun koostumus. Kasvihuonekaasupäästöjen laskennan jälkeen pohditaan ja lasketaan kasvihuonekaasupäästöjen realistisia vähentämiskeinoja kyseisellä tilalla. Laskelmien perusteella pohditaan myös vähentämiskeinojen toteuttamisen kannattavuutta.

2. Maatalouden vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin Suomessa

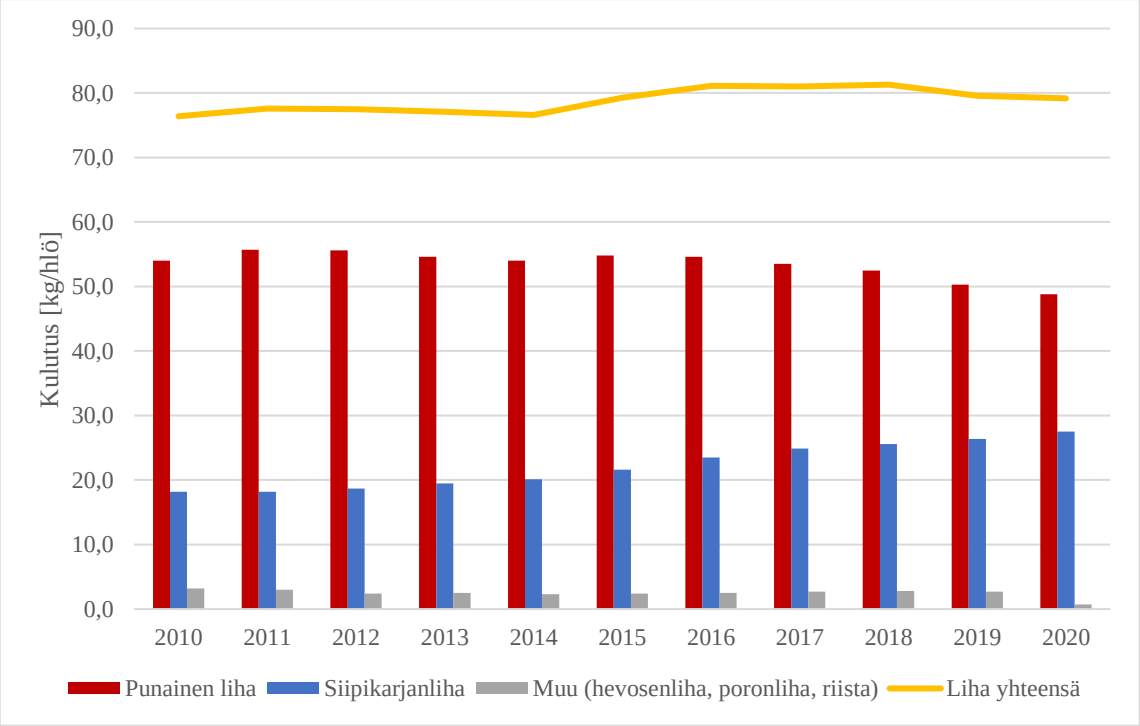
Tilastokeskuksen mukaan maataloussektorin kasvihuonekaasupäästöt Suomessa olivat 6,5 milj. tCO_2-ekv vuonna 2020. (SVT 2021). Maataloussektorin kasvihuonekaasupäästöihin lasketaan kotieläinten ruoansulatuksen metaanipäästöt, lannankäsittelyn metaani- ja typpidioksidipäästöt, maaperän typpidioksidipäästöt sekä kalkituksen ja urealannoituksen hiilidioksidipäästöt (SVT n.d.). Maataloussektorin lisäksi osa maatalouden päästöistä raportoidaan maankäyttö- eli LULUCF-sektorilla ja energiasektorilla. Maankäyttösektorin piiriin maatalouden päästöistä luokitellaan viljelysmaiden ja ruohikkoalueiden hiilidioksidipäästöt ja energiasektorin piiriin maatalouden työkoneiden, kiinteistökohtaisen lämmityksen sekä viljankuivureiden polttoaineiden käytön päästöt. Maataloussektorin on arvioitu kattavan vain 40 % kaikista maatalouden aiheuttamista päästöistä. LULUCF- sektori kattaa 54 % ja energiasektori loput 6 % maatalouden kokonaispäästöistä. Kun sekä maankäytön että energiankulutuksen päästöt sisällytetään maatalouuden päästöihin, olivat maatalouden päästöt vuonna 2020 noin 16 milj. tCO_2-ekv. (Lounasheimo et al. 2021, 43.)

Suomen maataloutta ohjaa Euroopan Unionin yhteinen maatalouspolitiikka (Common Agricultural Policy CAP). Euroopan Unionissa on harjoitettu yhteistä maatalouspolitiikkaa vuodesta 1962 lähtien. CAP:n keskeisiä tavoitteita ovat maataloustuottajien tukeminen, maatalouden tuottavuuden parantaminen, maaseutualueiden säilyttäminen sekä ilmastonmuutoksen torjuminen ja luonnonvarojen kestävän käytön varmistaminen. Käytännössä CAP:n avulla tuetaan maatalousyrittäjien toimeentuloa ja kannustetaan ympäristöystävälliseen maatalouteen maataloustuilla. CAP:a ollaan uudistamassa alkaen vuodesta 2023. Uudistuksessa kestävä ja ympäristöä säästävä maatalous tulee olemaan entistä keskeisemmässä osassa. (Euroopan komissio n.d.)

2.1. Lihankulutus Suomessa

Vuonna 2020 Suomessa tuotettiin naudan-, sian-, lampaan- ja siipikarjanlihaa noin 410 miljoonaa kiloa. Suomen lihantuotannosta viennin osuus oli noin 65 miljoonaa kiloa, ja

Suomeen tuotiin yhteensä noin 73 miljoonaa kiloa lihaa. Tuotantoluvut koskevat luullisen lihan määriä. (Luonnonvarakeskus 2021a.) Keskivertosuomalainen söi noin 79 kiloa lihaa vuonna 2020 riistanliha mukaan lukien. Vuonna 2020 Suomen lihankulutuksen jakauma oli seuraavanlainen: 38 % sianlihaa, 35 % siipikarjanlihaa, 23 % naudanlihaa ja loput 4 % muuta lihaa (lampaanliha, riista). Suomalaisten kokonaislihankulutus on pysynyt suhteellisen tasaisena 2010-luvulla, mutta punaisen lihan eli naudan-, lampaan- ja sianlihankulutus on ollut laskussa, siipikarjanlihan kulutus taas nousussa. (Luonnonvarakeskus 2021b.)



Kuva 1. Lihankulutus henkilöä kohti Suomessa (tiedot: Luonnonvarakeskus 2021b).

Lihantuotannolla on paljon negatiivisia ympäristövaikutuksia. Lihaperäisen ruokavalion kasvihuonekaasupäästöt ovat korkeammat verrattuna kasvisperäiseen ruokavalioon. Sen lisäksi liha on ympäristön kannalta tehoton proteiinin lähde. Lihantuotanto käyttää huomattavasti enemmän maata, vettä, polttoaineita, lannoitteita ja tuholaistorjunta-aineita verrattuna esimerkiksi kidney-papujen tuotantoon. (Gonzalez et al. 2020, 2-3.)

2.1.1. Sianliha

Vuonna 2020 Suomessa tuotettiin noin 176 miljoonaa kiloa sianlihaa luullisena. Sianlihan osuus koko Suomen lihantuotannosta oli noin 43 %. Suomen lihantuotannosta lähes puolet on siis sianlihantuotantoa. (Luonnonvarakeskus 2021a.) Sianlihan keskimääräiseksi, globaaliksi hiilijalanjäljeksi teuraskiloa kohden on arvioitu 4,9 kgCO_2-ekv. (Philippe, Nicks 2015, 10). Suomessa sianlihan hiilijalanjälki on globaalia keskiarvoa pienempi, johtuen lähinnä rehun paikallisuudesta ja soijan vähäisestä käytöstä rehussa (MTK 2019). Luonnonvarakeskuksen tutkimuksen mukaan suomalaisen sianlihan kasvihuonekaasupäästöt teuraskiloa kohden ovat noin 3,5 kgCO_2-ekv. (Hietala 2021).

Verrattuna naudanlihaan, sianliha on ympäristöystävällisempää. Naudan ruoansulatuksessa muodostuva metaanikaasu on suurin syy naudan suurempaan hiilijalanjälkeen. Naudan hiilijalanjäljeksi Suomessa on laskettu Teknologian tutkimuskeskus VTT:n toimesta 8,2 kgCO_2-ekv. teuraskiloa kohti (HKScan Oyj 2020). Broilerinlihaan verrattuna sian hiilijalanjälki taas on korkeampi. Suomalaisen broilerin hiilijalanjäljeksi on arvoitu 2,4 kgCO_2-ekv. teuraskiloa kohti (Hietala 2021). Lihatuotteiden hiilijalanjälki on myös korkeampi kuin esimerkiksi proteiinipitoisen härkäpavun, jonka hiilijalanjälki on kiloa kohti noin 0,8 kgCO_2-ekv. (Tarhurin papu n.d.).

2.2. Tulevaisuudennäkymät

Euroopan yhteistä maatalouspolitiikkaa ollaan uudistamassa vuosille 2023–2027. Kyseessä on CAP-uudistus. Keskeisessä osassa CAP-uudistusta on ympäristö ja ilmasto, oikeanmukaisuus ja tuloksellisuus. Vähintään 25 % suorista tuista ohjataan ekojärjestelmiin, jotta ympäristöystävällisempiä viljelykäytäntöjä, kuten luomutuotantoa ja hiiliviljelyä sekä eläinten hyvinvointia, saataisiin lisättyä. CAP-uudistus siis lisää Euroopan Unionin maataloustukien ympäristöpainotteisuutta. Tällä hetkellä, vuonna 2022, CAP:ssa on menossa siirtymävaihe. Uuden CAP:n on tarkoitus tulla voimaan vuoden 2023 alussa, kun Euroopan komissio on hyväksynyt jäsenmaidensa CAP:n strategiset toteutussuunnitelmat. (Euroopan komissio 2022, 5, 12.)

Luonnonvarakeskus on luonut yhteistyössä Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliiton kanssa Suomen maataloudelle ilmastotiekartan. Ilmastotiekartassa oletetaan, että maataloustuotteiden ulkomaantuontia ei lisätä. Lisäksi on arvioitu, että naudan- ja sianlihankulutus vähenee noin 20 % ja siipikarjanlihan kulutus kasvaa noin 20 % vuoteen 2035 mennessä. Ilmastotiekartassa on luotu kolme eri skenaariota päästövähennyksien toteuttamiseen Suomen maataloudessa. Ensimmäinen skenaario on perusskenaario WEM (With Existing Measures), joka kuvaa maatalouden kehitystä nykyisillä politiikkatoimilla. Tämän lisäksi ilmastotiekartassa on kaksi WAM (With Additional Measures) -skenaariota, jotka sisältävät lisätoimia ja -tukia. (Lehtonen et al. 2020, 5, 9.)

WEM-skenaariossa ei oleteta tapahtuvan muutosta pellonkäytössä tai pellonkäytön ohjauskeinoissa. WAM-skenaarioissa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä keskeisessä osassa ovat maaperän päästövähennykset. Turvemailla pyritään muun muassa vähentämään yksivuotisten kasvien viljelyä ja lisäämään nurmialaa, kivennäismailla lisäämään hiilensidontaa esimerkiksi viherlannoitus- ja biokaasunurmien alan kasvulla. WAM-skenaarioissa biokaasutuotantoa ja aurinkoenergiaa tuettaisiin nykyistä enemmän. Lisäksi WAM-skenaarioissa oletetaan kasvien satotasojen nousevan 10 % vuoteen 2035 johtuen muun muassa peltojen kasvukunnon parantumisesta ja uusien kasvilajikkeiden käyttöönottamisesta. (Lehtonen et al. 2020, 91–92.)

WAM1-skenaariossa kasvihuonekaasupäästöt alenevat 29 % vuoteen 2035 mennessä verrattuna vuoden 2018 päästötasoon. WAM1-skenaariossa päästövähennykset jakautuvat tasaisesti turve- ja kivennäismaiden välillä. Tätä pidetään saavutettavissa olevana skenaariona, mutta se vaatii ohjauskeinojen ja maataloustukien lisäämistä. WAM2-skenaariossa kasvihuonekaasupäästöt alenevat 42 % vuoteen 2035 mennessä. Olennaisessa osassa WAM2-skenaariossa on kivennäismaiden hiilensidonta. Toisen skenaarion laskennalliset tulokset ovat hyvin epävarmoja, ja skenaarion toteutuminen vaatisi huomattavia tukitoimia ja viljelyuudistuksia. (Lehtonen et al. 2020, 92.)

Sianlihan kulutus Suomessa tulee laskemaan vuoteen 2035 mennessä, johtuen ruokavalion muuttumisesta kasvispainotteisemmaksi. Sianlihantuotanto tulee kuitenkin todennäköisesti pysymään samansuuruisena johtuen viennin lisääntymisestä. Viennin lisääntymiselle Suomessa syynä on globaalin lihankulutuksen kasvu. Sikatilojen määrän on ennustettu laskevan nykyisestä 900 tilasta 350–400 tilaan, ja tuotannon keskittyvän jo nyt sikatiheisiin Lounais-Suomeen ja Pohjanmaalle. Tilojen väheneminen on ollut Suomen sikataloudessa trendinä koko 2000-luvun ajan. (Lehtonen et al. 2020, 11–19.)

3. Kasvihuonekaasupäästöjen laskenta

Eri kasvihuonekaasuilla on erilainen potentiaali lämmittää ilmakehää, johtuen eroista niiden pysyvyydestä ilmakehässä sekä energian absorbointikyvyssä (EPA 2016). Tämän vuoksi kasvihuonekaasupäästöjen määrä ilmoitetaan tyypillisesti hiilidioksidiekvivalenttina (CO_2-ekv). Hiilidioksidiekvivalentti kuvaa sitä hiilidioksidin määrää, joka vastaisi kasvihuonekaasun/kaasuseoksen aiheuttamaa säteilypakotetta. Hiilidioksidiekvivalentti saadaan kertomalla kasvihuonekaasupäästö kyseistä kaasua vastaavalla lämmityspotentiaalia kuvaavalla GWP-kertoimella (Global Warming Potential) tietylle aikavälille. Tämä mahdollistaa päästöjen vertailun keskenään. Laskennassa käytetään yleensä GWP100-kerrointa, eli GWP kerrointa 100 vuoden aikavälille. (IPCC 2013, 710–711.) GWP100-kertoimet IPCC:n viidennen arviointiraportin mukaan ovat hiilidioksidille (CO_2) 1, metaanille (CH_4) 28 ja dityppioksidille (N_2O) 265 (IPCC 2013, 714).

Kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan on erilaisia ohjeita ja menetelmiä. Tässä kappaleessa kasvihuonekaasupäästöjen laskenta- ja raportointiohjeista esitellään kaksi, GHG-protokolla ja ISO 14067 -standardi. (SFS-EN ISO 14067:2018; WRI & WBCSD 2004.)

3.1. ISO 14067 -standardi

ISO 14067 on osa ISO 14060 -standardisarjaa. ISO 14060 -sarja on luotu tuomaan selkeyttä ja johdonmukaisuutta kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan, seurantaan, raportointiin ja todentamiseen. Sarja sisältää esimerkiksi standardin koskien organisaation kasvihuonekaasuinventaarioita (ISO 14064-1) ja standardin koskien tuotteiden hiilijalanjäljen laskemista (ISO 14067). ISO 14060 -sarjan avulla kasvihuonekaasujen laskenta on yhtenäisempää ja raportointi uskottavampaa, johdonmukaisempaa ja läpinäkyvämpää. Se myös mahdollistaa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistoimenpiteiden laatimista ja toteuttamista. (SFS-EN ISO 14067:2018, 5–6.)

ISO 14067 -standardi korostaa laskennassa tehtyjen rajausten esilletuontia raportoinnissa. Lisäksi standardin mukaan olennaista on tunnistaa suorat ja epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt, joita yrityksen toiminnasta aiheutuu. Suorilla kasvihuonekaasupäästöillä tarkoitetaan kasvihuonekaasupäästöjä, jotka ovat peräisin yrityksen omistamista tai kontrolloimista lähteistä. Epäsuorilla kasvihuonekaasupäästöillä tarkoitetaan kasvihuonekaasupäästöjä, jotka aiheutuvat yrityksen toiminnasta, mutta niiden lähteet eivät ole yrityksen omistamia tai kontrolloimia. On tärkeää arvioida, mitkä epäsuorista päästölähteistä ovat merkittäviä, ja mitkä voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle. Raportoinnissa on tärkeää tuoda esille nämä tehdyt rajaukset. (SFS-EN ISO 14064-1:2019, 15–16.)

ISO 14067 -standardi sisältää hiilijalanjäljen laskemisen ja raportoinnin periaatteet ja vaatimukset. Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan hiilidioksidiekvivalenttina ilmoitettavaa tuotteen tai palvelun kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien summaa. Hiilijalanjälki perustuu elinkaariarviointiin, jossa vaikutusluokkana on ilmastonmuutos. Hiilijalanjälkilaskelma ei siis huomioi muita organisaation toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia, kuten biodiversiteetin muutoksia tai veden kulutusta. Elinkaariarvioinnissa tuotejärjestelmän ympäristövaikutukset koostetaan ja arvioidaan sen elinkaaren ajalta. Hiilijalanjälkiselvitys sisältää neljä vaihetta, jotka ovat tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, elinkaari-inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi ja tulosten tulkinta. (SFS-EN ISO 14064-1:2019, 10, 16–17.)

3.2. GHG-protokolla

GHG-protokolla (Greenhouse Gas Protocol) on kansainvälisesti laajimmin käytössä oleva kasvihuonekaasupäästöjen raportointiprotokolla (EMAS 2016). Protokollan on luonut yhteistyössä Maailman luonnonvarainstituutti WRI (World Resources Institute) ja Maailman elinkeinoelämän kestävän kehityksen neuvosto WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). GHG-protokollassa laskelmissa ja raportoinnissa tärkeää on relevanssi, johdonmukaisuus, läpinäkyvyys ja tarkkuus. Lisäksi on olennaista huomioida kaikki rajauksien sisäpuolella olevat päästöt ja tuoda esille mahdolliset laskennan ulkopuolelle jätetyt päästöt. (WRI & WBCSD 2004, 2, 8–9.)

GHG-protokollassa kasvihuonekaasupäästöt on jaettu kolmeen luokkaan eli scopeen. Jako on tehty epäsuorien ja suorien päästöjen tunnistamisen avuksi, läpinäkyvyyden parantamiseksi ja käyttökohteiden laajentamiseksi. Scope 1 sisältää suorat kasvihuonekaasupäästöt, jotka ovat peräisin yrityksen omistamista tai kontrolloimista lähteistä. Scope 2 sisältää epäsuorat päästöt, jotka aiheutuvat yrityksen ostamasta energiasta (sähkö, höyry, lämmitys, viilennys). Scope 3 kattaa loput epäsuorat päästöt, joita yrityksen toiminnasta aiheutuu. Scope 3 sisältää esimerkiksi materiaalien, polttoaineiden ja tuotteiden kuljetuksen, ostettujen tuotteiden tuotannon ja jätehuollon. Se on vapaaehtoinen raportointikategoria. Kaikkien scope 3-luokkaan kuuluvien päästöjen laskenta ei välttämättä ole toteutettavissa, tai ne on perusteltua jättää laskennan ulkopuolelle. (WRI & WBCSD 2004, 25–29.)

4. Yrityksen sikalarakennuksen kasvihuonekaasupäästöt

Tässä luvussa kerrotaan Maatila Heikki Heikinmaan toiminnasta. Lisäksi esitellään laskennassa tehdyt rajaukset, sekä suoritetaan laskenta sikalarakennuksen eri päästölähteiden kasvihuonekaasupäästöille.

4.1. Maatila Heikki Heikinmaa

Maatila Heikki Heikinmaa sijaitsee Ylä-Savossa, Kiuruveden kaupungissa. Tila on perustettu 1910-luvulla tilan nykyisen isännän isoisän Paavo Ruthin toimesta. Tuolloin tila oli kooltaan noin 1 300 hehtaaria peltoineen ja metsineen. Ruth rakennutti tilan rakennukset ja perusti vilja- ja maitotilan. Myöhemmin Ruth menetti valtaosan tilastaan 1930-luvun lamassa maksaessaan muiden tilojen lainatakauksia, jolloin Ruthin nimiin jäi noin 100 ha joista 25 ha oli peltoalaa. Ruth myös muutti sukunimensä Heikinmaaksi, sillä se oli helpompi lausua. (Heikinmaa 2022.)

1950-luvulla tapahtui ensimmäinen sukupolvenvaihdos, kun tila siirtyi Paavon pojan, Kallen nimiin. Vuonna 1976 tila muutettiin sikatilaksi, ja vanha navettarakennus muutettiin sikalaksi. Alussa sikalassa oli noin 20 emakkoa ja 100 lihasikaa. Pikkuhiljaa tilan koko kasvoi, kun peltoa raivattiin ja ostettiin lisää maata. Vuonna 1985 Heikki ja Maija Heikinmaa ostivat neljän kilometrin päästä päätilasta toisen maatilan, joka sisälsi toisen sikalan, sekä n. 12 ha peltoa ja 50 ha metsää. Toisen sikalan yhteyteen he perustivat tilateurastamon sekä yrityksen, Remeskylän Kotiliha. Kyseinen teurastamo on edelleen tilan käytössä. (Heikinmaa 2022.)

Vuonna 1992 sukupolvenvaihdoksen yhteydessä alkuperäinen tila ja Heikinmaiden ostama tila yhdistettiin yhdeksi tilaksi. 2000-luvulla tilan toiminta on laajentunut entisestään. Vuonna 2000 Heikki ja Maija laajensivat tuotantoa lihanjalostukseen, kuten palvilihaan, lihahyytelöön ja makkaraan perustaessaan toisen yrityksen, Remeskylän Palvi. 2000-luvulla

tilanomistajat ostivat, raivasivat ja vuokrasivat lisää peltoalaa. Vuonna 2021 tilan hallinnassa oleva peltopinta-ala on noin 136 ha, joista 90 ha oli ohraa, 20 ha vehnää ja ruisvehnää, 15 ha hernettä ja 11 ha kauraa ja nurmea. Lisäksi vuosina 2010–2014 tilanomistajat rakennuttivat uuden 1 500 m^3 sikalan. Peltojen ja kahden sikalan lisäksi tilaan kuuluu oma viljakuivuri, konevarastot, konekorjaamo, omat työkoneet sekä asuinrakennus. (Heikinmaa 2022.)

Tässä laskennassa keskitytään vuonna 2014 valmistuneen sikalan kasvihuonekaasupäästöihin. Kyseinen sikala on tyypiltään yhdistelmäsikala, eli sikalassa on emakoita, porsaita, lihasikoja ja karjuja. Emakolla tarkoitetaan emäsikaa, eli se porsii tai on porsinut. Emakko painaa keskimäärin noin 200 kg. Porsas on alle kahden kuukauden ikäinen sika. Parin kuukauden jälkeen porsaat painavat noin 20 kg, jolloin ne erotellaan lihasioiksi ja siitoseläimiksi. Lihasiat lähetetään teuraaksi, kun ne ovat noin 4,5 kuukauden ikäisiä ja painavat hieman yli 100 kg. Karjulla tarkoitetaan urospuolista sikaa, ja ne painavat keskimäärin noin 300 kg. (Ruokatieto n.d.) Heikinmaan sikalassa oli sikoja vuonna 2021 keskimäärin 659 kappaletta, joista porsaita oli 275 kpl, lihasikoja 318 kpl, emakkoja 62 kpl ja karjuja 4 kpl. Sikoja menee teuraaksi tilan omalle teurastamolle, Oy Snellman Ab:lle sekä Iisalmeen pienteurastamolle. (Heikinmaa 2022.)

4.2. Rajaukset

Laskennan rajaukset on tärkeä tuoda esille kasvihuonekaasupäästöjen raportoinnissa (SFS-EN ISO 14064-1:2019, 15–16). Laskenta suoritetaan Heikinmaan maatilan yhdistelmäsikalalle. Tässä laskennassa on huomioitu sikalan sähkön- ja lämmönkulutuksen päästöt, rehun ja rehun kuljetuksen päästöt, sikojen tuottaman lannan päästöt sekä sikalassa syntyvien jätteiden päästöt. Tarkasteluvuotena käytetään vuotta 2021.

Taulukko 1. Laskennassa huomioidut osa-alueet. Osa-alueet on jaoteltu suoriin päästöihin, energian päästöihin ja epäsuoriin päästöihin scope-jakoa mukaillen.

Suorat päästöt	**Energian päästöt**	**Epäsuorat päästöt**
Sikojen tuottama lanta	Sähkönkulutus	Rehun tuotanto
	Lämmönkulutus	Rehun kuljetus
		Jätteet

Laskennan ulkopuolelle jätetään hakkeen tuotannon, jätteiden kuljetuksen, sikojen kuljetuksen sekä tilan itsetuotetun viljan kuljetuksen kasvuhuonekaasupäästöt. Hakkeen tuotannosta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt jätetään laskennan ulkopuolelle, sillä niitä on vaikea arvioida johtuen esimerkiksi puulajien, haketuksen tehokkuuden sekä puun kuljetusmatkojen vaihtelevuudesta. Jätteiden kuljetuksen kasvihuonekaasupäästöt jätetään laskennan ulkopuolelle, sillä sikalan jätteiden osuus tilan kokonaisjätteiden kuljetuksesta on hyvin pieni. Oman viljantuotannon kuljetusmatkat ovat hyvin lyhyitä, sillä kaikki tilan pellot sijaitsevat lähellä sikalaa. Tämän takia sen kasvihuonekaasupäästöt jätetään myös huomioimatta laskelmissa. Lisäksi sikojen kuljetuksista koituvia päästöjä ei huomioida laskelmissa, sillä sika on myyty eteenpäin siinä kohtaa, kun sitä aletaan siirtämään. Tällöin sikojen kuljetuksen päästöt lasketaan kuuluvaksi ostajan päästöihin, eikä sikalan päästöihin.

4.3. Kasvihuonekaasupäästöjen laskenta

Tässä alaluvussa lasketaan kasvihuonekaasupäästöt Heikinmaan sikalalle. Laskenta on jaoteltu osa-alueisiin päästölähteiden mukaan. Osa-alueita ovat sähköntuotanto, lämmöntuotanto, rehu, sikojen lanta sekä jätteet.

4.3.1. Sähkönkulutus

Sikalarakennus kuluttaa paljon sähköä. Sähköä kuluu esimerkiksi valaistukseen, lämpölamppuihin, kiertovesipumppuihin sekä ruokintalaitteistoon. Sähkönkulutus vaihtelee sekä vuorokausitasolla että kuukausitasolla. Vuorokausitasolla vaihtelua aiheuttaa valaistuksen käyttö ja ruokintalaitteiden toiminta. Ruuansekoituksen ja ruuanjaon aikana pyörii kaksi

4 kW sähkömoottoria. Molemmat sähkömoottorit pyörivät päivässä viisi kertaa noin tunnin ajan, sillä ruokinta tapahtuu vuorokaudessa viisi kertaa. Kuukausitasolla vaihtelua aiheuttaa varsinkin käytössä olevien lämpölamppujen määrä. Lämpölamppujen teho on 250 W, ja niitä on tyypillisesti päällä 25–40 kappaletta riippuen porsaiden määrästä. (Heikinmaa 2022.)

Pelkän sikalan sähkönkulutustietoja ei ole saatavissa. Tämä johtuu siitä, että samaan sähkönkulutuksen mittaukseen sisältyy sikalan lisäksi tilan asuinrakennuksen, viljankuivurin sekä konepajan sähkönkulutus. Vuonna 2021 kokonaissähkönkulutus näille rakennuksille oli 132 388 kWh. Suurin osa tilan kokonaissähkönkulutuksesta aiheutuu sikalarakennuksesta. Arvioidusti sikalarakennus kuluttaa vuodessa noin 100 000 kWh sähköä, mikä vastaa noin 75 %:a tilan koko sähkönkulutuksesta. Tilan sähkö ostetaan Fortumilta. (Heikinmaa 2022.)

Fortumin energiantuotannosta lähes 50 % perustui maakaasuun vuonna 2021. Muita suuria lähteitä olivat ydinvoima (19 %), vesivoima (19 %) sekä kivi- ja ruskohiili (13 %). Vuonna 2021 Fortumin kokonaisenergiantuotannon hiilidioksidipäästöt olivat 0,312 kgCO_2/kWh. (Vattulainen & Jaatinen 2022, 6, 22.) Tällöin sikalarakennuksen sähkönkulutuksen päästöiksi saadaan 31 200 kgCO_2-ekv/a.

4.3.2. Lämmönkulutus

Heikinmaan tilalla on oma lämpökeskus, jolla koko tilan lämmitys on toteutettu. Lämmityksen kohteita tilalla ovat asuinrakennus sekä sikalarakennus. Lämmitys perustuu teholtaan 160 kW biomassakattilaan, jossa poltetaan tilalla itse haketettua puuhaketta. Vuonna 2021 puuhaketta kului sikalan lämmitykseen arviolta noin 250 irto-m^3, mikä vastaa 100 kiinto-m^3 puuta. (Heikinmaa 2022.)

Metsähakkeen lämpöarvo on 857,5 kWh/irto-m^3 (WWF 2011, 4). Tällöin sikalan lämmöntarve oli 214 375 kWh eli 0,771750 TJ vuonna 2021. IPCC:n ohjeistuksen mukaan puun polton päästökerroin on 0 kgCO_2-ekv/kWh, vaikka todellisuudessa puun poltossa vapautuu

kasvihuonekaasuja. Tämä on sovittu puun päästökertoimeksi tuplalaskennan välttämiseksi, sillä puunkäytöstä aiheutuvat päästöt luetaan jo osaksi maankäyttösektorin päästöjä. Todellisuudessa puun polttamisesta aiheutuvat päästöt ovat 112 000 kgCO_2/TJ, 300 kg CH_4/TJ ja 4 kg N_2O/TJ. (IPCC 2006, 33.) Näin puun polton todellinen päästökerroin on 121 460 kgCO_2-ekv/TJ. Tällä kertoimella puun polttamisen päästöiksi muodostuu 93 736,8 kgCO_2-ekv/a. Koska tässä työssä ei huomioida maankäyttösektorin päästöjä, käytetään tätä tulosta lämmityksen vuosipäästöinä. Laskennan ulkopuolelle jätetään puun kasvatuksen, varastoinnin, haketuksen ja kuljetuksen päästöt johtuen niiden arvioinnin vaikeudesta ja vaihtelevuudesta.

4.3.3. Rehu

Ravintona sioille syötetään rehua, joka koostuu useista eri raaka-aineista. Sioille syötettävä rehu sisältää valkuaistiivistettä, hernettä, ohraa, vehnää, kauraa ja heraa. Heikinmaan sikalalla käytössä on liemiruokinta, eli raaka-aineet jauhetaan ja sekoitetaan heraan ja veteen. Lihasioilla ja emakoilla on erillinen ruokinta. Raaka-aineiden jauhaminen ja sekoittaminen on automatisoitu ruokintalaitteistolla. (Heikinmaa 2022.) Taulukossa 2 on lueteltu rehun eri raaka-aineiden määrät, päästökertoimet sekä niistä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt.

Rehun tarvittavasta energiapitoisuudesta vastaa hiilihydraatit ja rasvat. Nämä ovat peräisin pääosin rehussa olevasta viljasta, kuten ohrasta ja vehnästä. Viljassa on myös sikojen tarvitsemia mineraaleja, kuten kalsiumia ja fosforia. Mineraalien sekä vitamiinien riittävä saatavuus taataan tyypillisesti kaupallisilla täydennysrehuilla. Vitamiinien riittävä saanti on tärkeää, sillä vitamiinit vaikuttavat esimerkiksi sikojen hermostojärjestelmään, metabolismiin ja näköön. Myös riittävä vedensaanti on tärkeää, mikä voidaan taata erillisillä sikalaan asennettavilla juomanipoilla. (Reese et al. 2000, 3–19.) Tyypillisesti tarvittava proteiinipitoisuus rehussa on toteutettu soijan avulla. Herne on kuitenkin potentiaalinen korvaaja soijalle lähes yhtä korkean proteiinipitoisuutensa ansiosta. (Ploegmakers 2020.) Soijan ja herneen lisäksi hera on proteiininlähde rehussa. Hera myös parantaa rehun maistuvuutta sioille. (Mavromichalis 2009.)

Rehulta vaadittavat ominaisuudet vaihtelevat riippuen siitä, onko kyseessä lihasika, emakko vai porsas. Lihasian ravinnossa olennaista on korkea energia- ja valkuaispitoisuus sekä riittävä aminohappojen määrä, jotta kasvu olisi optimaalista. Emakon ravinnossa tärkeää on maittava sekä energia- ja kuitupitoinen ravinto. Porsaan ravinnossa taas olennaista on korkea energia- ja valkuaisainepitoisuus, oikea aminohappokoostumus sekä hyvä sulavuus. (Feedex n.d.)

Taulukko 2. Rehun koostumus Heikinmaan tilalla 2021 ja raaka-aineiden päästökertoimet.

Raaka-aine	**Määrä [kg/a]**	**Päästökerroin [kgCO_2-ekv/kg]**	**Päästökertoimen lähde**	**Päästö [kgCO_2-ekv/a]**
Ohra	67 500	0,57	Rajaniemi et al. 2011	38 475
Vehnä	67 500	0,59	Rajaniemi et al. 2011	39 825
Kaura	30 000	0,57	Rajaniemi et al. 2011	17 100
Herne	15 000	0,225	Sonesson et al. 2009	10 200
Hera (kuiva-aine)	10 200	2,03	HEALabel n.d.	20 706
Valkuaistäydennysrehu: soija	14 000	1,5	Sonesson et al. 2009	21 000
Valkuaistäydennysrehu: rypsi	4 000	0,46	Sonesson et al. 2009	1 840
Valkuaistäydennysrehu: muu (vitamiinit, lisäaineet)	2 000	-	-	-
Yhteensä	210 200	-	-	**142 321**

Laskennassa ei ole eritelty eri sikatyyppien vaatiman rehun koostumusta, vaan tarkasteltu rehun kokonaiskulutusta sikalassa. Kaikki rehussa käytetty kaura, vehnä sekä herne olivat tilan omaa tuotantoa. Ohraa tila osti oman tuotannon lisäksi noin 30 000 kg Lapinlahdelta. Ohraa haettiin maansiirtoautolla neljä kertaa vuoden 2021 aikana. Lapinlahden ja tilan välinen etäisyys on noin 85 km. Tällöin matkaa kertyy yhteensä 640 km/a. Maansiirtoauton päästökerroin VTT:n (2018) mukaan tyhjänä kg 0,549 CO_2-ekv/km ja täytenä 0,761 kgCO_2-ekv/km. Otetaan huomioon edestakaiset matkat, sekä se, että menomatkalla maansiirtoauto ajaa tyhjällä kuormalla. Tällöin ohran hausta päästöjä syntyi 448,46 kgCO_2-ekv/a päästöjä.

Tila käyttää Feedex Oy Ab:n Teho Sikatiiviste Standard -valkuaistäydennysrehua, minkä päävalkuaisraaka-aine on soijarouhe. Lisäksi täydennysrehu sisältää muun muassa rypsirouhetta ja vehnää. (Feedex n.d.) Täydennysrehun eri ainesosien pitoisuuksien suhteen joudutaan tekemään oletuksia. Oletetaan, että täydennysrehusta noin 70 % on soijaa, 20 % rypsirouhetta ja loput muita raaka-aineita, jotka rajataan laskennan ulkopuolelle tiedonpuutteen vuoksi. Vuonna 2021 tilalle tuotiin valkuaistäydennysrehua yhteensä 12 kertaa täysperävaunuyhdistelmällä, ja yksi tilalle tuotava kuorma sisälsi noin 1700 kg täydennysrehua. Kun täyteen kuormaan mahtuu 40 000 kg täydennysrehua, voidaan olettaa, että täydestä kuormasta riittäisi noin 24 tilalle ja jakaa kuljetuspäästöt niiden välille. Täydennysrehu tuotiin tilalle Feedex Oy Ab:n tehtaalta Kolpista. Tilan ja tehtaan välinen etäisyys on noin 230 km. Huomioidaan että täysperävaunuyhdistelmä ajaa tyhjällä kuormalla paluumatkallaan VTT (2017) arvioi, että tyhjän täysperävaunuyhdistelmän päästökerroin on 0,796 kgCO_2-ekv/km ja täyden 1,205 kgCO_2-ekv/km. Tällöin valkuaistäydennysrehun kuljetuksen päästöt olivat vuonna 2021 yhteensä 5 522,76 kgCO_2-ekv/a, joista Heikinmaan sikalan osuus oli noin 230,12 kgCO_2-ekv/a.

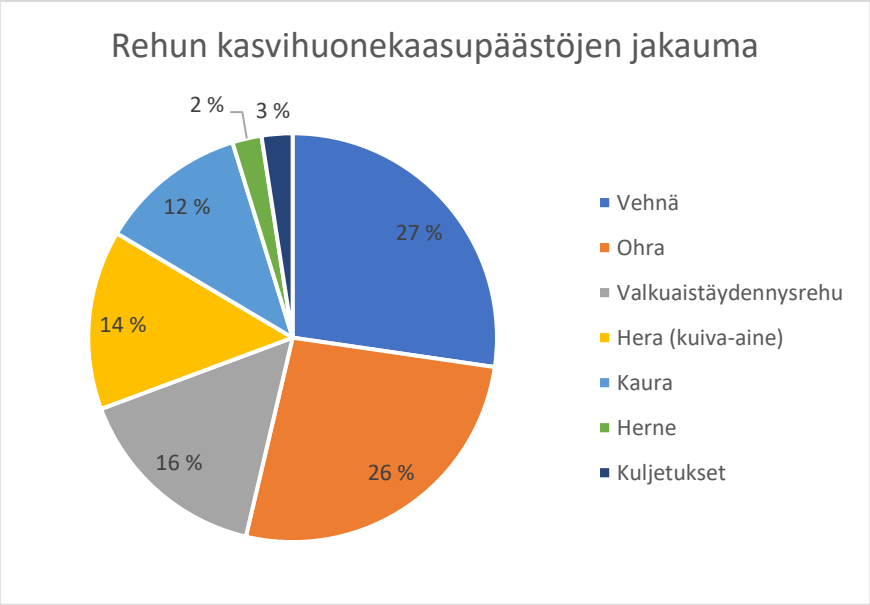
Heikinmaan tila ostaa rehussa käytettävän heran Kuusamon meijeriltä. Hera tuodaan sikalalle kuiva-aineen ja veden sekoituksena täysperävaunuyhdistelmällä. Kuusamon meijerin ja tilan välinen etäisyys on noin 360 km. Heraa kului vuonna 2021 noin 34 000 kg. Kuiva-ainetta herassa on keskimäärin 30 %, joten kuiva-ainetta kului 10 200 kg. Heraa tuotiin tilan sikalalle 12 kertaa. Yksi tilalle tuotava kuorma oli siis noin 5 700 kg heraa. Huomioidaan täysperävaunuyhdistelmän edestakainen matka Kuusamosta Kiuruvedelle, jolloin vuodessa kilometrejä kertyy vuodessa 8 640 km. Huomioidaan, että paluumatkalla Kuusamoon täysperävaunuyhdistelmä ajaa tyhjällä kuormalla. Yhden täysperävaunullisen hera viedään kolmelle eri sikalalle, joten jaetaan kuljetuksesta koituvat päästöt kolmella. Käytetään samoja VTT:n (2018) päästökertoimia täysperävaunulle kuin valkuaistiivisteen päästölaskennassa. Kokonaisuudessaan heran kuljetuksesta päästöjä aiheutuu 8 644,32 kgCO_2-ekv/a, joista Heikinmaan sikalan osuus on 2 881,44 kgCO_2-ekv/a.

Taulukossa 3 on eritelty ostettujen raaka-aineiden kuljetuksista aiheutuvat päästöt. Liitteessä 1 on esitelty tarkemmat etäisyydet kuljetuksille. Rehusta päästöjä kertyy yhteensä 142 321

$kgCO_2$-ekv/a ja raaka-aineiden kuljetuksista 3 560,02 $kgCO_2$-ekv/a. Yhteensä rehun aiheuttamat päästöt ovat siis noin 145 881 $kgCO_2$-ekv/a. Kasvihuonekaasupäästöjen jakauma on havainnollistettu kuvassa 2.

Taulukko 3. Ostettujen rehun raaka-aineiden kuljetuksien kasvihuonekaasupäästöt.

Raaka-aine	**Matka [km/a]**	**Ajoneuvo**	**Päästökerroin [$kgCO_2$-ekv/km]**	**Päästökertoimen lähde**	**Päästö [$kgCO_2$-ekv/a]**	**Heikinmaan tilan osuus [$kgCO_2$-ekv/a]**
Ohra	340	Maansiirto-auto (täysi)	0,761	VTT 2018	258,74	258,74
	340	Maansiirto-auto (tyhjä)	0,558	VTT 2018	189,72	189,72
Yhteensä					448,46	**448,46**
Valkuaisrehu	2760	Täysperä-vaunu (täysi)	1,205	VTT 2017	3 325,8	138,58
	2760	Täysperä-vaunu (tyhjä)	0,796	VTT 2017	2 196,96	91,54
Yhteensä					5 522,76	**230,12**
Hera	4320	Täysperä-vaunu (täysi)	1,205	VTT 2017	5 205,6	1 735,2
	4320	Täysperä-vaunu (tyhjä)	0,796	VTT 2018	3 438,72	1 146,24
Yhteensä					8 644,32	**2 881,44**
Kaikki yhteensä						**3 560,02**



Kuva 2. Sikalassa tarvittavan rehun kasvihuonekaasupäästöjen jakauma raaka-aineittain sekä kuljetukset huomioiden.

4.3.4. Sian lanta

Sioista aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä niiden tuottaman lannan kautta. Lannasta vapautuu hiilidioksidia, metaania sekä typpidioksidia. Hiilidioksidipäästöt ovat peräisin lannan hajoamisprosesseista. Metaania muodostuu lannassa tapahtuvissa mikrobiprosesseissa, joiden tapahtumista edistävät muun muassa hapen puute, korkea lämpötila, korkea orgaanisen aineen pitoisuus, korkea kosteuspitoisuus sekä neutraali pH. Typpidioksidia muodostuu lähinnä mikro-organismien suorittaman epätäydellisen nitrifikaation tai denitrifikaation seurauksena. (Philippe & Nicks 2014, 11–13.)

Kaikki sikojen tuottama lanta hyödynnetään Heikinmaan maatilalla levittämällä se pelloille lannoitteena (Heikinmaa 2022). Sian lanta sisältää runsaasti fosforia ja typpeä, jota kasvit tarvitsevat. Tyypillisesti fosforipitoisuus on korkeampi kuin typpipitoisuus, joten lannanlevityksen yhteydessä suositellaan käytettäväksi typpipitoisia kaupallisia lannoitteita, jotta fosforia ei kertyisi maahan. Lannan hyödyntäminen lannoitteena perustuukin hyvään lannoitussuunnitelmaan, joka huomioi muun muassa lannan ravinnemäärät ja pellon kasvukunnon sekä lannan oikea-aikaisen levittämisen pelloille. (Torkkeli 2017, 3.)

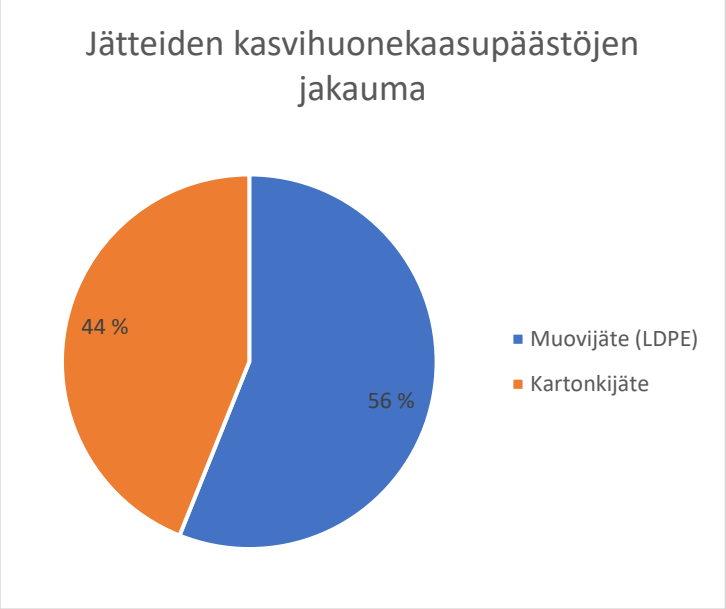
Sikojen lannasta aiheutuvien päästöjen suuruudeksi on arvioitu Tanskassa tehdyn tutkimuksen mukaan 186,9 kgCO_2-ekv/sika vuodessa. (Dennehy et al. 2017, 4.) Vuonna 2021 Heikinmaan sikalassa oli keskimäärin 659 sikaa. Sikojen lannasta aiheutuvat päästöt olivat siis keskimääräisestä sikamäärästä laskettuna noin 123 152 kgCO_2-ekv/a vuonna 2021. Päästöarvio on suuntaa antava, sillä esimerkiksi metaanipäästöihin vaikuttavat tekijät vaihtelevat kuukausitasolla. Myös sikamäärät Heikinmaan sikalalla vaihtelevat kuukausittain.

4.3.5. Jätteet

Heikinmaan sikalassa jätettä syntyi suhteellisen vähän vuoden 2021 aikana. Kartonkijätettä syntyi noin 100 kg. Kartonkijäte oli peräisin pääosin rehupakkauksista sekä pahvilaatikoista. Muovia syntyi yhteensä noin 60 kg. Sikalalla syntyvä muovijäte oli pakkausjätettä. Muovi

oli pääasiassa laadultaan LDPE-muovia. Muuta jätettä ei syntynyt merkittäviä määriä. Kaikki sikalalla syntynyt jäte kierrätettiin. (Heikinmaa 2022.)

Kartongin päästöiksi on arvioitu kierrätetylle materiaalille 0,82 kgCO_2-ekv/kg ja neitsytmateriaalille 1,14 kgCO_2-ekv/kg (Brogaard et al. 2014, 34). Käytetään laskennassa näiden keskiarvoa, eli 0,92 kgCO_2-ekv/kg. Oletetaan siis, että puolet materiaalista on kierrätettyä. Tällöin kartongista aiheutuvat päästöt olivat 98 kgCO_2-ekv/a vuonna 2021. LDPE-muovin päästöiksi on arvioitu kierrätetylle materiaalille 0,89 kgCO_2-ekv/kg ja neitsytmateriaalille 3,11 kgCO_2-ekv/kg (Brogaard et al. 2014, 34). Käytetään laskennassa näiden keskiarvoa, eli 2,00 kgCO_2-ekv/kg. Oletetaan siis, että puolet materiaalista on kierrätettyä. Tällöin muovista aiheutuvat päästöt olivat 120 kgCO_2-ekv/a vuonna 2021. Jätteiden päästöt olivat yhteensä 218 kgCO_2-ekv/a.



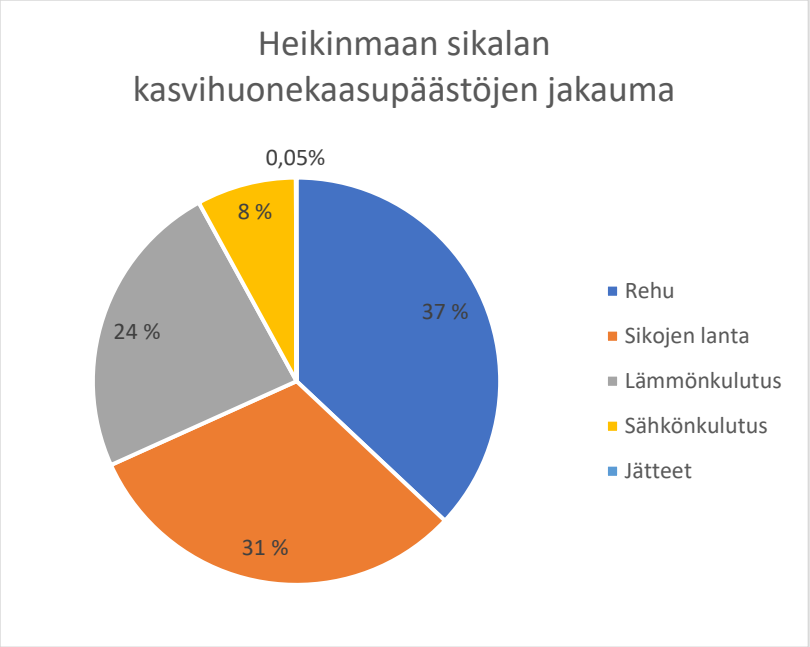
Kuva 3. Sikalalla syntyvien jätteiden kasvihuonekaasupäästöjen jakauma.

5. Kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentämiskeinot

Heikinmaan sikalan kasvihuonekaasupäästöt ovat 394 183 kgCO_2-ekv/a, kun laskennassa on huomioitu sikalan sähkön- ja lämmönkulutus, rehu ja ostettujen rehun raaka-aineiden kuljetukset, sikojen lanta sekä sikalassa syntyvät jätteet. Taulukossa 4 esitetään kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen eri osa-alueiden kesken. Suurin sikalan päästölähde on rehu ja sen kuljetukset, mikä vastaa n. 37 % sikalan päästöistä. Myös sikojen tuottaman lannan päästöt ovat merkittävässä osassa, n. 31 % sikalan päästöistä. Lämmönkulutuksen eli puuhakkeen polton aiheuttamat bioperäiset päästöt vastaavat n. 24 % kokonaispäästöistä. Sähkönkulutuksen osuus päästöistä on noin 8 %. Jätteistä aiheutuvat päästöt jäävät alle yhteen prosenttiin, eli niiden osuus on hyvin pieni.

Taulukko 4. Heikinmaan sikalan kasvihuonekaasupäästöt osa-alueittain.

Päästölähde	**Kasvihuonekaasupäästön suuruus [kgCO_2-ekv/a]**
Rehu	145 881
Sikojen lanta	123 152
Lämmönkulutus (puuhake)	93 737
Sähkönkulutus	31 200
Jätteet	214
Yhteensä	394 183



Kuva 4. Sikalalla syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen jakauma eri osa-alueisiin.

Sähkön ostosta peräisin olevia kasvihuonekaasupäästöjä kyettäisiin vähentämään asentamalla aurinkopaneeleita sikalan katolle. Aurinkopaneelien takaisinmaksuaika energiassa on arvioitu olevan alle kolme vuotta (Wu et al. 2017, 73). Pohjois-Suomessa noin viiden neliömetrin paneelijärjestelmällä saadaan tuotettua noin 800 kWh/a sähköä. Tuottoon vaikuttaa muun muassa aurinkopaneelien suuntauskulma, lämpötila, puhtaus sekä mahdolliset varjostukset. (Motiva 2021a.) Lasketaan kasvihuonekaasupäästöjen vähennys kolmen vuoden kuluttua paneelien asentamisesta. Sikalan kattopinta-ala on noin 1500 m^2. Jotta vuoden 2021 sähkönkulutus saataisiin tuotettua aurinkopaneeleilla, tarvittaisiin 625 m^2 aurinkopaneeleita. Tällöin sikalan sähkönkulutuksesta ei koituisi päästöjä, ja päästövähennys olisi 31 200 $kgCO_2$-ekv/a. Tämä vastaa noin 8 % koko sikalan päästöistä. Jos sikalan koko kattopinta-ala täytettäisiin aurinkopaneeleilla, saataisiin niistä sähköenergiaa 240 000 kWh/a. Näin tila voisi myydä hiilineutraalia sähköä yleiseen sähköverkkoon noin 140 000 kWh/a. Sähköntuotannon päästökerroin oli Suomessa vuonna 2018 keskimäärin 0,101 $kgCO_2$/kWh (Fingrid 2022.). Tällä kertoimella sikalan päästöjen voidaan ajatella vähenevän vielä 14 140 $kgCO_2$-ekv/a. Näin aurinkopaneeleilla sikalan päästöjä voitaisiin vähentää yhteensä 45 340 $kgCO_2$-ekv/a, mikä vastaa 12 % koko sikalan päästöistä.

Rehun osalta realistinen kasvihuonekaasujen vähennyskeino sikalalla on rehun koostumuksen muuttaminen. Koska soijan ja herneen ravinnepitoisuus on hyvin samankaltainen, tulevaisuudessa rehussa käytettävä soija voitaisiin korvata herneellä (Ploegmakers 2020). Tämä vaatisi tilan peltopinta-alan lisäämistä, jotta hernettä ei tarvitsisi ostaa. Näin kuljetuksesta aiheutuvat päästöt pysyisivät myös minimaalisina. Jos kaikki rehussa tällä hetkellä käytettävä soija korvattaisiin herneellä, vähenisivät rehun kasvihuonekaasupäästöt 17 850 kgCO_2-ekv/a**,** mikä vastaa 12 % rehun päästöistä, ja 5 % sikalan kokonaispäästöistä. Vitamiini- ja mineraalilisää olisi rehuun kuitenkin edelleen ostettava, joten oletetaan täydennysrehun kuljetukset samansuuruisiksi.

Lämmönkulutuksen päästöt ovat peräisin puun poltosta aiheutuvista päästöistä. Lämmityksen päästöjä voitaisiin vähentää muuttamalla lämmitysmuotoa. Lämmityksen päästöt vähenisivät, jos se toteutettaisiin maalämmöllä. Jätetään maalämpösysteemin valmistus- ja asennuspäästöt huomioimatta. Maalämpöpumppu kerää auringonlämpöä, joka on varastoitunut maaperään, kallioon tai veteen (Motiva 2021b). Maalämpö tuottaa noin 3 kWh lämpöä jokaista 1 kWh sähköä kohti (WWF 2011, 3). Jotta koko sikalan lämmöntarve, 214 375 kWh, saataisiin toteutettua maalämmöllä, vaatisi tämä noin 71 500 kWh sähköä. Jos sähkö ostettaisiin Fortumilta, kuten muukin tilan sähkö, aiheutuisi tästä päästöjä 22 308 kgCO_2-ekv/a. Päästövähennys olisi siis 71 429 kgCO_2-ekv/a**,** mikä vastaa 76 % sikalan alkuperäisistä lämmityspäästöistä. Sikalan kokonaispäästöistä vähennys olisi noin 18 %.

Osa sikalan sähkön- ja lämmöntarpeesta olisi myös mahdollista täyttää biokaasulaitoksella, joka hyödyntäisi sian lantaa. Tämä vaatisi biokaasulaitoksen rakentamisen sikalan yhteyteen. Ensin laitoksessa lanta tulisi lämmittää, ja sijoittaa hapettomaan säiliöön. Sitten lantaan sekoitetaan orgaanista ainesta, ja tuotteena saadaan biokaasua. Biokaasua voitaisiin käyttää tämän jälkeen sähkön- ja lämmöntuotantoon ja lanta voitaisiin levittää pelloille. Tyypillisesti biokaasulaitokset vaatisivat kuitenkin suuremman kokoluokan sikalan, jotta laitoksen rakentaminen olisi kannattavaa. Tämä johtuu siitä, että niiden alkuinvestointi on suuri, ja sähkön ja lämmön tuotantomäärät melko alhaisia lantakuutiota kohden. (Nielsen 2004.)

Jätteiden osuus sikalan kasvihuonekaasupäästöistä on vain 0,05 %. Jätettä sikalalla syntyy vuodessa suhteellisen vähän, joten vähennystä on vaikea suorittaa. Vaikka vähennys olisi mahdollinen, sen vaikutus sikalan kokonaispäästöihin olisi käytännössä merkityksetön.

Toteuttamalla edellä mainitut vähennyskeinot biokaasulaitosta lukuun ottamatta, sikalan kasvihuonekaasupäästöjä saataisiin vähennettyä yhteensä 134 619 kgCO_2-ekv/a. Tämä vastaa noin 35 % sikalan lasketuista kokonaispäästöistä. Taulukossa 5 kasvihuonekaasupäästöjen vähennyskeinot ja niiden osuus sikalan alkuperäisistä kasvihuonekaasupäästöistä ovat koottuna yhteen. Liitteessä 2 on tarkemmin esiteltynä vähennyskeinoissa käytetyt lähtötiedot ja päästökertoimet.

Taulukko 5. Muutosehdotukset kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi.

Muutosehdotus	**Vaikutus alkuperäisiin kasvihuonekaasupäästöihin**
Aurinkopaneelien asennus sikalarakennuksen katolle	12 %
Rehussa olevan soijan korvaaminen herneellä	5 %
Lämmityksen toteuttaminen maalämmöllä	18 %
Yhteensä	**35 %**

6. Johtopäätökset

Suomen maatalouteen tulee vaikuttamaan huomattavasti Euroopan Unionin CAP-uudistus, minkä myötä maatalouden tuet painottuvat ympäristötoimiin vuodesta 2023 alkaen. Lisäksi lihankulutuksen arvioidaan vähentyvän Suomessa vuoteen 2035 mennessä, ja siipikarjanlihan osuuden lisääntymään lihankulutuksessa. Sianlihan viennin on kuitenkin ennustettu lisääntyvän, joten tuotantomäärät tulevat pysymään lähes samansuuruisina. Tuotanto tulee kuitenkin todennäköisesti painottumaan entistä enemmän suuriin sikaloihin johtuen muun muassa tehokkuudesta, joten pientilojen kannattavuus voi vähentyä.

Työssä saadut laskentatulokset ovat suuntaa antavia saman kokoluokan sikaloille. Kasvihuonekaasupäästöistä yli kolmasosa oli peräisin rehuntuotannosta ja rehun raaka-aineiden kuljetuksista. Yli 30 % kasvihuonekaasupäästöistä oli peräisin sikojen lannan aiheuttamista päästöistä. Tuloksista voidaan päätellä, että rehu ja sikojen tuottama lanta ovat suuria päästölähteitä todennäköisesti kaikilla sikaloilla. Sähkön- ja lämmönkulutuksen päästöt vaihtelevat riippuen niiden tuotantotavasta.

Tässä kandidaatintyössä huomioitiin vain sikalarakennuksen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Laskentaa voisi tulevaisuudessa tarkentaa oman tuotannon osalta huomioimalla esimerkiksi rehun oman tuotannon kuljetukset ja viljan kuivaamisen. Lisäksi laskentaa voisi laajentaa sikojen kuljetukseen teurastamolle, teurastamoon, lihanjalostukseen sekä tuotteiden kuljetuksiin. Tällöin saataisiin laskettua kasvihuonekaasupäästöt koko tuotantoketjulle, jolloin yritys voisi hyödyntää laskelmia tehokkaasti markkinoinnissaan sekä laajentaa kasvihuonekaasupäästöjen vähennyskeinoja.

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinoina on esitetty aurinkopaneelien asentaminen, rehussa olevan soijan korvaaminen herneellä sekä hakelämmityksen korvaaminen maalämmöllä. Kaikki näistä vähennyskeinoista vaativat alkuinvestointeja toteutuakseen. Aurinkopaneelit vaativat valmistuksen ja asennuksen, kuten myös maalämpösysteemi. Jotta soija

voitaisiin korvata itsetuotetulla herneellä, olisi maatilan ostettava lisää peltoa. Vähennyskeinot vaativat siis suuria rahallisia investointeja, ja näiden takaisinmaksuaikaa olisi mahdollista selvittää tulevaisuudessa. Työssä esitetyt vähennyskeinot ovat päteviä vastaaville muillekin tiloille.

7. Yhteenveto

Tässä kandidaatintyössä teoriaosuudessa selvitettiin maatalouden vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin Suomessa, lihankulutusta, sekä niiden tulevaisuudennäkymiä. Lisäksi työssä laskettiin Maatila Heikki Heikinmaan sikalarakennuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt vuodelta 2021. Laskennan suorittamiseksi työssä selvitettiin, mistä eri osa-alueista sikalalla aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä. Laskentatuloksen pohjalta mietittiin realistisia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinoja sikalalle.

Euroopan Unionissa tulee voimaan uusi yhteinen maatalouspolitiikka vuonna 2023. Uusi politiikka painottaa ympäristöä ja ilmastoa sekä oikeudenmukaisuutta ja tuloksellisuutta. Jopa 25 % jäsenmaiden tuista täytyy suunnata ympäristötoimiin maataloudessa. Ympäristön tärkeys kaikessa maataloudessa tulee siis lisääntymään tulevaisuudessa.

Maatila Heikki Heikinmaahan kuuluu 136 ha peltoa, viljakuivuri, konevarastot, konekorjaamo, omat työkoneet, asuinrakennus sekä kaksi sikalaa. Sikala, jolle laskenta suoritettiin, on vuonna 2014 valmistunut yhdistelmäsikala, eli siellä kasvatetaan emakkoja, lihasikoja sekä porsaita. Lisäksi sikalassa on neljä karjua.

Laskennassa on otettu huomioon viisi eri osa-aluetta, jotka ovat seuraavat: sähkönkulutus, lämmönkulutus, rehu, sikojen tuottama lanta ja sikalalla syntyvät jätteet. Laskennassa tarvittavat lähtötiedot, kuten sähkönkulutus ja eläinmäärät, saatiin tilan omistajilta. Laskennan ulkopuolelle on rajattu lämmityksessä käytettävän hakkeen tuotanto, jätteiden kuljetukset, tilan oman viljantuotannon kuljetukset sekä sikojen kuljetukset. Laskennassa käytetyt päästökertoimet ovat etsittyä dataa, eli niitä ei ollut saatavilla suoraan kyseiselle maatilalle.

Maatila Heikki Heikinmaan sikalan kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 394 183 kgCO_2-ekv/a. Suurin kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja sikalalla on rehu, joka vastaa noin 37 %

sikalan päästöistä. Sikojen lannasta aiheutuu 31 %, lämmönkulutuksesta 24 % ja sähkönkulutuksesta 8 % sikalarakennuksen kasvihuonekaasupäästöistä. Jätteiden osuus päästöistä on alle prosentti.

Kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää realistisesti rehun, lämmönkulutuksen sekä sähkönkulutuksen osalta. Rehussa käytettävä soija voitaisiin korvata herneellä, jonka kasvihuonekaasupäästöt ovat pienemmät. Tällöin sikalan kasvihuonekaasupäästöjä saataisiin vähennettyä 5 % alkuperäisestä. Lämmönkulutus voitaisiin toteuttaa hakkeenpolton sijaan maalämmöllä, jolloin päästöt vähenisivät 18 %. Tila voisi tuottaa sähköä asentamalla aurinkopaneeleita sikalan katolle. Tällöin tilan koko sähkönkulutus saataisiin tuotettua päästöttömällä sähköllä, ja lisäksi saataisiin tuotettua sähköä yleiseen sähköverkostoon. Aurinkopaneeleiden avulla sikalan kasvihuonekaasupäästöt vähenisivät 12 %.

Lähteet

Brogaard L., Damgaard A., Jensen M., Barlaz M., Christensen T. 2014. ’Evaluation of life cycle inventory data for recycling systems’. *Resources, Conservation and Recycling.* Vol 87. [verkkodokumentti]. Technical University of Denmark. [viitattu 8.4.2022]. 30–45 s. Saatavissa: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.03.011

Dennehy C., Lawlor P., Jiang Y., Gardiner G., Xie S., Nghiem L., Zhan X. 2017. ‘Greenhouse gas emissions from different pig manure management techniques: a critical analysis’. *Frontiers of Environmental Science & Engineering.* Vol 11. [verkkodokumentti]. Australia: University of Wollongong. [viitattu 8.4.2022]. 3–18 s. Saatavissa: https://doi.org/10.1007/s11783-017-0942-6

EMAS. 2016. Climate reporting along the value chain. [verkkosivu]. European Comission. [viitattu 4.3.2022]. Saatavissa: https://ec.europa.eu/environment/emas/emas_for_you/news/news21_en.htm

EPA. 2016. Understanding Global Warming Potentials. [verkkosivu]. United States Environmental Protection Agency. [viitattu 4.3.2022]. Saatavissa: https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials

Euroopan komissio. 2022. Factsheet – a greener and fairer CAP. [verkkodokumentti]. [viitattu 24.2.2022.] Saatavissa: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/factsheet-newcap-environment-fairness_en.pdf

Euroopan komissio. The common agricultural policy at glance. [verkkosivu]. [viitattu 24.2.2022]. Saatavissa: https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance_fi

Feedex. Sika. [verkkosivu]. [viitattu 4.4.2022]. Saatavissa: https://www.feedex.fi/fi/sika

Fingrid. 2022. Sähköntuotannon CO2-päästöarvio. [verkkosivu]. [viitattu 10.4.2022]. Saatavissa: https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/

González N., Marqués M., Nadal M., Domingo J. 2020. ‘Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010-2020) evidences’. *Food Research*

International. Vol 137. [verkkodokumentti]. Spain: Universitat Rovira i Virgili. [viitattu 24.2.2022]. 8 s. Saatavissa: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109341

Groening C., Inman J., Ross Jr W. 2015. ’The role of carbon emissions in consumer purchase decisions’. *International Journal of Environmental Policy and Decision Making.* Vol 1. [verkkodokumentti]. USA: Kent State University. [viitattu 15.2.2022]. 261–296 s. Saatavissa: http://dx.doi.org/10.1504/IJEPDM.2015.074719

HEALabel. What are whey benefits? What are whey side effects? [verkkosivu]. [viitattu 6.4.2022]. Saatavissa: https://healabel.com/w-ingredients/whey

Heikinmaa H., Heikinmaa M. 2022. Heikinmaan maatilan omistajat. Haastattelu Kiuruvedellä 19.3.2022.

Hietala S. 2021. Uutta tietoa suomalaisen sian- ja broilerinlihan ympäristövaikutuksista. [verkkosivu]. Luonnonvarakeskus. [viitattu 24.2.2022]. Saatavissa: https://www.luke.fi/uutinen/uutta-tietoa-suomalaisen-sian-ja-broilerinlihan-ymparistovaikutuksista/

HKScan Oyj. 2020. HKScanin suomalaisen naudanlihan hiilijalanjälki on 35 prosenttia eurooppalaista pienempi. [verkkosivu]. [viitattu 24.2.2022]. Saatavissa: https://www.hkscan.com/fi/uutishuone/press-releases/2020/06/hkscanin-suomalaisen-naudanlihan-c3701217/

Ilmasto-opas. 2020. Ilmastonmuutosta voi hillitä ilmastoystävällisellä ruokavaliolla. [verkkosivu]. Päivitetty: 12.5.2020. Luonnonvarakeskus. [viitattu 15.2.2022]. Saatavissa: https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/ab196e68-c632-4bef-86f3-18b5ce91d655/ilmastonmuutosta-voi-hillita-ilmastoystavallisella-ruokavaliolla.html

IPCC. 2006. ‘Chapter 2: Stationary Combustion’. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Vol 2. [verkkodokumentti]. 47 s. [viitattu 2.4.2022]. Saatavissa: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf

IPCC. 2013. ‘Climate Change 2013: The Physical Science Basis’. *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [verkkodokumentti]. New York, USA: Cambridge University Press. 1535 s. [viitattu 15.2.2022]. Saatavissa: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf

IPCC. 2021. ‘Climate Change 2021: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers)’. *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [verkkodokumentti]. Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. 40 s. [viitattu 15.2.2022]. Saatavissa: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf

Lehtonen H., Saarnio S., Rantala J., Luostarinen S., Maanavilja L., Heikkinen J., Soini K., Aakkula J., Jallinoja M., Rasi S., Niemi J. 2020. Maatalouden ilmastotiekartta. [verkkodokumentti]. Luonnonvarakeskus. 126 s. [viitattu 28.2.2022]. Saatavissa: https://www.mtk.fi/documents/20143/0/Ilmastotiekartta+-raportti+15072020+%281%29.pdf/bc1197e3-6844-62e3-0259-931da255072b?t=1594791153902

Lounasheimo J., Cederlöf M., Mäntylä I. 2021. ’Ilmastovuosikertomus 2021’. *Ympäristöministeriön julkaisuja*. Vol 2021:19. [verkkodokumentti]. Helsinki: Ympäristöministeriö. 129 s. [viitattu 15.2.2022]. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163257/YM_2021_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Luonnonvarakeskus. 2021a. Tilastotietokanta: Ravintotase. [verkkosivu]. [viitattu 24.2.2022]. Saatavissa: https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__08%20Muut__02%20Ravintotase/02_Ravintotase.px/?rxid=a24533f4-a7a8-46ec-b792-9040b7d6c487

Luonnonvarakeskus. 2021b. Tilastotietokanta: Elintarvikkeiden kulutus henkeä kohti. [verkkosivu]. [viitattu 24.2.2022]. Saatavissa: https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__08%20Muut__02%20Ravintotase/01_Elintarvikkeiden_kulutus.px/?rxid=a24533f4-a7a8-46ec-b792-9040b7d6c487

Mavromichalis I. 2009. Whey protein concentrate: Tasty ingredient for pigs. [verkkosivu]. [viitattu 6.4.2022]. Saatavissa: https://www.allaboutfeed.net/home/whey-protein-concentrate-tasty-ingredient-for-pigs/

Motiva. 2021a. Aurinkosähköjärjestelmän teho. [verkkosivu]. [viitattu 10.4.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho

Motiva 2021b. Maalämpöpumppu. [verkkosivu]. [viitattu 10.4.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu

MTK. 2019. Sianlihantuotanto. [verkkosivu]. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto. [viitattu 24.2.2022]. Saatavissa: https://www.mtk.fi/-/sianlihantuotanto-1

Nielsen P. 2004. Heat and power production from pig manure. [verkkosivu]. [vittattu 10.4.2022]. Saatavissa: http://www.lcafood.dk/processes/energyconversion/heatandpowerfrommanure.htm

Ploegmakers M. 2020. Field pea can replace soybean meal diets for pigs. [verkkosivu]. [viitattu 6.4.2022]. Saatavissa: https://www.pigprogress.net/pigs/field-pea-can-replace-soybean-meal-diets-for-pigs/

Rajaniemi M., Mikkola M., Ahokas J. 2011. ’Greenhouse gas emissions from oats, barley, wheat and rye production’. *Agronomy Research*. Vol 9. [verkkodokumentti]. University of Helsinki. 189–195 s. [viitattu 6.4.2022]. Saatavissa: https://agronomy.emu.ee/vol09Spec1/p09s123.pdf

Reese D., Thaler R., Brumm M., Lewis A., Miller P., Libal G. 2000. Swine nutrition guide. [verkkodokumentti]. USA: South Dakota State University and University of Nebraska. 44 s. [viitattu 6.4.2022]. Saatavissa: https://animalscience.unl.edu/Extension/Swine/swinenutrition.pdf

Ruokatieto. Kotieläimet: Sika. [verkkosivu]. [viitattu 3.4.2022]. Saatavissa: https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pellolta-poytaan/maatila/kotielaimet/sika

SFS-EN ISO 14064-1. 2019. Kasvihuonekaasut. Osa 1: Määrittelyt ja opastusta kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistojen laskennasta ja raportoinnista organisaatiotasolla. 2. painos. Suomen standardoimisliitto. 56 s.

SFS-EN ISO 14067. 2018. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet. Suomen standardoimisliitto. 110 s.

Sonesson U., Cederberg C., Berglund M. 2009. ‘Greenhouse Gas Emissions in Animal Feed Production’. *Klimatmärkning för mat*. Vol 2009:2. [verkkodokumentti]. [viitattu 6.4.2022]. Saatavissa: https://www.klimatmarkningen.se/wp-content/uploads/2009/12/2009-2-feed.pdf

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2021. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2020. [verkkosivu]. Päivitetty: 16.12.2021. Helsinki: Tilastokeskus. [viitattu: 15.2.2022]. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-12-16_kat_001_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). Kasvihuonekaasut: Käsitteet ja määritelmät. [verkkosivu]. Helsinki: Tilastokeskus. [viitattu 23.2.2022]. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/khki/kas.html

Tarhurin papu. Ainutlaatuisen fermentoidun paputuotteen valmistaja. [verkkosivu]. [viitattu 24.2.2022]. Saatavissa: https://tarhurinpapu.fi/

Torkkeli M. 2017. Lannan käytön tehostaminen yhteistyöllä. [Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö]. Hämeen ammattikorkeakoulu. 22 s. [viitattu 10.4.2022]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125609/Torkkeli_Mikko.pdf?sequence=1

Vattulainen J., Jaatinen T. 2022. Sustainability 2021. [verkkodokumentti]. Espoo: Fortum. 102 s. [viitattu 28.3.2022]. Saatavissa: https://www.fortum.fi/files/fortum-sustainability-2021-engl/download?attachment%3Fattachment#plage=1&zoom=100,0,0

VTT. 2017. LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta: varsinaisella perävaunulla varustettu yhdistelmä. [verkkosivu]. [viitattu 5.4.2022]. Saatavissa: http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kavp60tie.htm

VTT. 2018. LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta: maansiirtoauto ilman perävaunua. [verkkosivu]. [viitattu 5.4.2022]. Saatavissa: http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kamaanstie.htm

WRI & WBCSD. 2004. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. [verkkodokumentti]. 116 s. [viitattu 4.3.2022]. Saatavissa: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf

Wu P., Ma X., Ji J., Ma Y. 2017. ’Review on life cycle assessment of energy payback of solar photovoltaic systems and case study’. *Energy Procedia*. Vol 105. [verkkodokumentti]. China: Peking University. 68–74 s. [viitattu 10.4.2022]. Saatavissa: https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.281

WWF. 2011. Ilmastolaskurissa käytetyt oletuskertoimet ja -arvot. [verkkodokumentti]. 16 s. [viitattu 10.4.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/6515/Ilmastolaskurissa_kaytetyt_oletuskertoimet_ja_-arvot.pdf

Liite 1. Ostettujen rehun raaka-aineiden kuljetusmatkat.

Kuljetus	Paikka A*	Paikka B	Etäisyys [km]	Etäisyys pyöristettynä [km]
Ohra	Heikinmaan tila	Lapinlahti	82,5	85
Valkuaistäydennysrehu	Heikinmaan tila	Kolppi	228	230
Hera	Heikinmaan tila	Kuusamo	356	360
*Tilan sijainti: Pyhännäntie 2075, 74940 REMESKYLÄ.				

Liite 2. Kasvihuonekaasupäästöjen vähennyskeinoissa käytetyt lähtöarvot ja laskut.

Vähennyskeino	Päästö alussa [kgCO2-ekv]	Päästökerroin	Yksikkö	Uusi päästökerroin	Yksikkö	Päästö lopussa	Päästövähennys
Aurinkopaneelit (oma kulutus)	31200	0,312	kgCO2-ekv/kWh	0	kgCO2-ekv/kWh	0	31200
Aurinkopaneelit (loppu katto)	31200	0,101	kgCO2-ekv/kWh	0	kgCO2-ekv/kWh	-14140	14140
Aurinkopaneelit yhteensä	31200			0	kgCO2-ekv/kWh	-14140	45340
Soijan korvaaminen herneellä	21000	1,5	kgCO2-ekv/kg	0,225	kgCO2-ekv/kg	3150	17850
Hakkeen korvaaminen maalämmöllä*	93737	121460	kgCO2-ekv/TJ	0,312	kgCO2-ekv/kWh	22308	71429
*Jotta saadaan tuotettua 214375 kWh lämpöä, vaatii maalämpö 71500 kWh sähköä.							