Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2024

Synteesiraportti: Suomen maataloustuotannon energiankulutus

Kim Kaustell, Kalle Aro, Anna-Kaisa Jaakkonen, Petri Kapuinen, Arto Latukka, Timo Lötjönen, Jukka Markkanen ja Harri Vehviläinen

Luke

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2024

Synteesiraportti: Suomen maataloustuotannon energiankulutus

Kim Kaustell, Kalle Aro, Anna-Kaisa Jaakkonen, Petri Kapuinen, Arto Latukka, Timo Lötjönen, Jukka Markkanen ja Harri Vehviläinen

Luonnonvarakeskus 2024

Viittausohje:

Kaustell, K., Aro, K., Jaakkonen, A.-K., Kapuinen, P, Latukka, A., Lötjönen, T., Markkanen, J. & Vehviläinen, H. 2024. Synteesiraportti: Suomen maataloustuotannon energiankulutus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 62 s.

Kim Kaustell ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5659-3306

ISBN 978-952-380-946-8 (Verkkojulkaisu)
ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)
URN http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-946-8
Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)
Kirjoittajat: Kim Kaustell, Kalle Aro, Anna-Kaisa Jaakkonen, Petri Kapuinen, Arto Latukka, Timo Lötjönen, Jukka Markkanen ja Harri Vehviläinen
Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024
Julkaisuvuosi: 2024
Kannen kuva: Jaana Kyyrä 2021

Synteesiraportti: Suomen maataloustuotannon energiankulutus

Kim Kaustell, Kalle Aro, Anna-Kaisa Jaakkonen, Petri Kapuinen, Arto Latukka, Timo Lötjönen, Jukka Markkanen ja Harri Vehviläinen

Tämän raportin ydinviestit:

- Maataloustuotannon energiankulutus ja energialähteiden jakauma vaikuttavat alkutuotannon kannattavuuteen, elintarviketuotannon kasvihuonekaasupäästöihin ja ruoantuotannon huoltovarmuuteen. Siksi on tärkeää, että energian käytön rakennetta ja muutoksia seurataan ja niihin vaikuttavat tekijät sekä vuorovaikutukset tunnetaan.

- Maatalouden energiankulutus vuosina 2010–2020 on pysynyt noin 9TWh tasolla, mikä vastaa alle kolmea prosenttia Suomen kokonaisenergiankäytöstä. Kiinteiden polttoaineiden energiaosuus on em. tarkastelujaksolla ollut keskimäärin 46 %, nestemäisten polttoaineiden 36 % ja sähkön 18 %.

- Tuotantosuunnista suurimpia energian kuluttajia ovat viljanviljely, lypsykarjatalous ja kasvihuonetuotanto. Viljantuotannon ja kasvihuonetuotannon energiankulutus on lisääntynyt, kun taas lypsykarjatalouden energiankulutus laskee tilojen lukumäärän laskun myötä.

- Eniten polttoöljyä kuluu peltotyöprosesseissa (moottoripolttoöljy), viljankuivauksessa (lämmityspolttoöljy) ja kasvihuoneiden valaistuksessa (sähkö). Lämmityspolttoöljyn kulutus on laskenut kiinteää polttoainetta käyttävien laitosten lisääntymisen ja kotieläinrakennusten vähenemisen myötä.

- Maataloustuotannon energiankulutukseen ja sen rakenteeseen voidaan vaikuttaa kolmea kautta: muuttamalla tuotantoprosesseja energiatehokkaammiksi, käyttämällä korvaavia energianlähteitä ja parantamalla nestemäistä polttoainetta käyttävien koneiden ja laitteiden hyötysuhdetta. Kaksi ensimmäistä ovat pitkälti elinkeinon omiin toimenpiteisiin perustuvia ja edellyttävät monesti investointeja. Energiahyötysuhteiden parantaminen on lähinnä kone- ja laitevalmistajien tehtävä.

- Maatilojen oma energiantuotanto on toistaiseksi vaatimatonta kokonaisenergiantarpeeseen nähden, mutta aurinkopaneeleilla ja biokaasulla voi olla paikallisesti jo nyt suurikin potentiaali energiankulutuksen pienentämisessä, tuotantokustannusten alentamisessa ja häiriöttömän tuotannon varmistamisessa.

Tiivistelmä

Kim Kaustell[1], Kalle Aro[2], Anna-Kaisa Jaakkonen[1], Petri Kapuinen[3], Arto Latukka[1], Timo Lötjönen[2], Jukka Markkanen[1] ja Harri Vehviläinen[3]

[1] Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki
[2] Luonnonvarakeskus (Luke), Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulu
[3] Luonnonvarakeskus (Luke), Itäinen Pitkäkatu 4, 20520 Turku

Maataloustuotannossa tapahtuva energian kulutus vaikuttaa alkutuotannon kannattavuuteen ja elintarviketuotannon päästöihin. Suureksi osaksi tuontipolttoaineeseen perustuva maatalous on altis tuonnin häiriöille, mikä tekee kotimaisen ruoantuotannon energiankäytöstä myös huoltovarmuuskysymyksen. Maatalouden energiankäytön rakenteen ja sen muutosten, sekä taustalla vaikuttavien tekijöiden ja niiden keskinäisten riippuvuuksien tunteminen on keskeinen lähtökohta kaikissa tarkasteluissa, joissa alussa mainittuja vaikutuksia pyritään arvioimaan.

Maatalouden (ml. kasvihuone- ja avomaan puutarhatuotanto) energian kulutus on tarkasteltuina vuosina 2010–2020 pysynyt noin 9TWh tasolla, mikä vastaa alle kolmea prosenttia Suomen kokonaisenergiankäytöstä. Energialähteistä sähkön osuus kulutuksesta em. tarkastelujaksolla on keskimäärin 18 %, nestemäisten polttoaineiden 36 % ja kiinteiden polttoaineiden 46 %. Tuotantosuuntien välillä eri energialähteiden käytön suhteissa on suuria eroja. Eniten energiaa on käytetty viljanviljelyssä, lypsykarjataloudessa ja kasvihuonetuotannossa. Energiakustannusten osuus tuotantokustannuksista on kasvanut erityisesti nestemäisten polttoaineiden hinnan nousun vuoksi.

Nestemäisten polttoaineiden käyttö maataloudessa on kasvanut, vaikka maatilojen lukumäärä on laskenut voimakkaasti. Moottoripolttoaineiden ja viljankuivaukseen käytettävän polttoöljyn määrä on kasvanut. Lämmityspolttoöljyn käyttö on tarkastelukaudella pudonnut kolmannekseen. Osansa tässä kehityksessä on tuotannon rakenteen siirtymällä kotieläintaloudesta kasvintuotantoon. Yksi mahdollinen perustelu erityisesti moottoripolttoaineiden käytön kasvulle ovat tilojen koon kasvuun ja tilussuhteisiin liittyvä kuljetusten kasvu. Lämmityksessä on myös siirrytty kiinteiden polttoaineiden käyttöön.

Maatalouden energiankulutuksen määrään vaikuttavia tekijöitä ovat ensisijaisesti peltoviljelytyöt ja viljan kuivaus. Toimenpiteitä, joilla kulutukseen voidaan vaikuttaa ovat siirtoajojen tehostaminen ja tarpeen vähentäminen, siirtyminen minimimuokkaukseen ja suorakylvöön hyödyntäen täsmäviljelyn teknologiaa, viljanpuinnin ja -kuivauksen optimointi energiankäytön suhteen, sähkökäyttöjen lisääminen työkoneisiin ja muihin prosesseihin sekä vaihtoehtoisten menetelmien nykyistä laajempi soveltaminen rehuviljan säilönnässä.

Maatilojen ja niiden muodostamien energiayhteisöjen tuottamalla energialla voidaan osittain korvata tuontienergian tarvetta. Sekä aurinkosähköön että biokaasun tuotantoon on investoitu ja investoidaan voimakkaasti. Näiden energialähteiden osuus maatalouden kokonaisenergiankulutuksesta on kuitenkin toistaiseksi muutaman prosentin luokkaa, mutta paikallisesti ja pidemmällä aikavälillä niillä on merkitystä maatilojen energiahuollossa.

Asiasanat: Maatalous, energia, kulutus, polttoneste, sähkö, biokaasu, aurinkoenergia

Abstract

Kim Kaustell[1], Kalle Aro[2], Anna-Kaisa Jaakkonen[1], Petri Kapuinen[3], Arto Latukka[1], Timo Lötjönen[2], Jukka Markkanen[1] and Harri Vehviläinen[3]

[1] Natural Resources Institute Finland (Luke), Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki, Finland
[2] Natural Resources Institute Finland (Luke), Paavo Havaksen tie 3, FI-90570 Oulu, Finland
[3] Natural Resources Institute Finland (Luke), Itäinen Pitkäkatu 4, FI-20520 Turku, Finland

Energy consumption in agricultural production affects the profitability of farms and emissions from food production. Agriculture, which is largely based on imported fuel, is vulnerable to import shocks, making energy use in domestic food production also a security of supply issue. Understanding the structure of energy use in agriculture and how it is changing, the underlying factors, and their interdependencies is a key starting point for any analysis that seeks to assess the impacts mentioned at the outset.

Energy consumption in agriculture (including greenhouse and open-air horticulture) has remained at around 9TWh over the period 2010–2022, which corresponds to less than 3 % of Finland's total energy consumption. Among the energy sources, electricity accounts for 18 % of consumption on average over the period, liquid fuels for 36% and solid fuels for 46 %. There are large differences in the proportions of different energy sources used between the production sectors. Cereal production, dairy farming and greenhouse production have the highest energy use. The share of energy costs in production costs has increased due to the rise in the price of liquid fuels.

The use of liquid fuels in agriculture has increased, despite a sharp decline in the number of farms. This increase is due to the increased use of motor fuels and fuel oil for grain drying. The use of fuel oil for heating has fallen by a third over the period. The shift in the structure of production from livestock to crop production has contributed to this development. Total crop yields have remained roughly at the same level over the period under review. One possible justification for the increase in the use of motor fuels is the increase in transport linked to the increase in farm size and farm relations. There has also been a shift towards the use of solid fuels for heating.

The main factors influencing the amount of energy consumed in agriculture are arable crops and grain drying. Measures that can influence consumption include improving the efficiency and reducing the need for transport from and to remote fields, switching to minimum tillage and direct drilling along with utilization of precision agriculture, optimising the energy use of threshing and drying, increasing the use of electricity for machinery and other processes, and increasing the use of alternative methods for storing feed grain.

The energy produced by farms and their energy communities can partially replace the need for imported energy. Both photovoltaic and biogas production have been and are being heavily invested in. However, these energy sources currently account for only a few percent of total agricultural energy consumption, but locally and in the longer term they will play a role in the energy supply of farms.

Keywords: Agriculture, energy, consumption, fuel, electricity, biogas, energy, solar energy

Sisällys

1. Johdanto 8

2. Käsitteet, rajaukset ja lähdeaineisto 9

2.1. Tuotantosuunnat 9

2.2. Energialähteet 10

2.3. Tilasto- ja seuranta-aineistot 10

3. Maatalouden rakennekehitys 12

4. Maatalouden energiakustannukset 15

5. Energiankulutus tuotantosuunnittain 21

5.1. Viljanviljely ja muu kasvinviljely 24

5.2. Lypsykarjatalous ja muu nautakarjatuotanto 25

5.3. Kasvihuone- ja avomaan puutarhatuotanto 26

5.4. Sikatalous 29

5.5. Siipikarjatalous 29

5.6. Sekamuotoinen tuotanto 30

6. Maataloustuotannon prosessien energiankulutus 31

6.1. Peltokasviviljelyn tuotantoprosessit 32

6.2. Kotieläintalouden tuotantoprosessit 35

6.3. Maatilan kuljetukset 36

7. Energiankulutus energialähteen mukaan 39

7.1. Polttoöljyn kulutus 40

7.2. Sähkön kulutus 41

7.3. Kiinteiden polttoaineiden kulutus 42

8. Energiankulutuksen strateginen vähentäminen 43

8.1. Kuljetukset ja siirtoajo 43

8.2. Maan muokkaus 46

8.3. Sähkökäytöt 47

8.4. Leikkuupuinti 48

8.5. Viljan lämminilmakuivaus 49

8.6. Rehuviljan säilöntä 49

9. Energiantuotannon potentiaali 51

9.1. Aurinkosähkö 51

9.2. Biokaasu 52

9.3. Puukaasu 53
9.4. Energiayhteisöt 53
9.5. Typpilannoitteiden tuotanto maatilalla 54
10. Johtopäätökset 55
Viitteet 58
Liitteet 60

1. Johdanto

Maataloustuotannon energiatalouden tarkastelu on monessa mielessä ajankohtaisempaa kuin aiemmin. Energiakustannukset vaikuttavat tilojen kannattavuuteen ja sitä kautta sekä elinkeinon kannattavuuteen että koko elintarvikeketjuun. Kotimainen, kannattava alkutuotanto muodostaa elintarvikehuoltovarmuuden selkärangan, tuotannon ollessa samalla myös hyvin riippuvaista tuontienergiasta. Energiankulutus ja erilaisten energialähteiden käyttö vaikuttavat elintarvikesektorin päästöihin ja ovat siten ilmastonmuutoksen hillinnässä keskeisessä asemassa. Toisaalta muun muassa globaalin kaksoissiirtymän motivoima teknologian kehittyminen tuo uusia mahdollisuuksia uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen myös maataloudessa.

Tämän synteesiraportin taustalla ovat vahvasti sekä Luonnonvarakeskuksen keräämät maatalouden energiankulutustilastot että Helsingin yliopiston, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen ja Viron maatalousyliopiston toteuttaman ”Energy positive farm” (ENPOS) -hankkeen tulokset (Ahokas 2013a). Suomalaisesta maataloustuotannosta ei ole näiden lisäksi tehty kattavaa selvitystä energiankulutuksesta.

Synteesiraportin tavoitteena on antaa kokonaiskuva maatalouden energiankulutuksesta ja käytetyistä energianlähteistä sekä näissä tapahtuneista muutoksista. Muutosten taustaa avataan tarkastelemalla maatalouden rakenteessa ja energian tuotantokustannusosuudessa tapahtunutta kehitystä sekä nykyistä tuotantoteknologiaa eri tuotantosuunnissa nimenomaan energiatalouden kannalta. Näistä lähtökohdista esitellään mahdollisuuksia ja muutospolkuja energiatalouden parantamiseen, johtopäätökset sekä lisäselvitystarpeet.

2. Käsitteet, rajaukset ja lähdeaineisto

Energiankulutuksen systemaattinen tarkastelu edellyttää, että eri lähteissä käytetyt käsitteet määritellään yhtenäisesti. Myös tarkastelun rajaukset ja rajoitteet sekä lähdeaineisto on tätä raporttia varten määritelty seuraavissa alaluvuissa.

2.1. Tuotantosuunnat

Tässä raportissa maatalous, maataloustuotanto, maatila ja maatalousyritys -käsitteet kattavat sekä maataloustuotannon että puutarhatuotannon (kasvihuoneet ja avomaan puutarhatuotanto).

Tuotantosuuntamäärittely perustuu kunkin tilan koko tuotannon arvottamiseen hehtaari- ja eläinlajikohtaisilla standardisoiduilla SO-tuotoksilla. Nämä hehtaari- ja eläinlajikohtaiset tuotokset lasketaan alueittain viiden vuoden liukuvana keskiarvona. SO-tuotokset kuvaavat tuotannon arvoa, joka ei sisällä tukia ja josta ei ole vähennetty kustannuksia. Kasvikohtaiset viljelyalat ja eläinmäärät eläinlajikohtaisesti perustuvat kunkin tilan todellisiin vuosittaisiin määriin. Näiden tulona saadaan tilakohtaiset SO-summat. Mikäli jostakin tuotteesta tulee yli kaksi kolmasosaa (2/3) yrityksen SO-summasta, yritys kuuluu tätä tuotetta vastaavaan tuotantosuuntaan. Jos minkään tuotteen osuus ei ylitä 2/3-osan rajaa, yritys kuuluu sekamuotoista tuotantoa harjoittaviin. (https://taloustohtori.luke.fi/maatalouden-rakennekehitysennuste/taustatiedot/maatalous-ja-puutarhayritysten-luokittelu/).

Taulukossa 1 on esitetty raportissa sovellettu tuotantosuuntajaottelu sekä kuvaajissa käytetyt, tuotantosuuntia ryhmittelevä tunnusväri. Päätuotantosuunnat on lihavoitu.

Taulukko 1. Raportissa sovellettu tuotantosuuntien jaottelu ja kuvaajien tunnusvärit.

Tuotantosuunta
Viljantuotanto ja muu kasvinviljely Vilja- öljy- ja valkuaiskasvituotanto
Puutarhatuotanto Kasvihuonetuotanto ja avomaan puutarhatuotanto
Lypsykarjatalous ja muu nautakarjatuotanto Lypsykarjatalous, naudanlihan tuotanto, yhdistetty lypsykarja- ja naudanlihan tuotanto, muu laidunkarja (vuoteen 2020 lammas-, vuohi- ja hevostalous; vuodesta 2021 lammas- ja vuohitalous)
Sikatalous Porsastuotanto ja sianlihan tuotanto
Siipikarjatalous Broileri- ja kananmunatuotanto
Sekamuotoinen tuotanto Useita tuotantosuuntia, ei päätuotantosuuntaa

2.2. Energialähteet

Raportin kulutusanalyysin lähtökohdaksi valittiin maatilan suoran energiankulutuksen lähteet: sähkö, nestemäiset polttoaineet ja kiinteät polttoaineet, jotka yhdessä muodostavat valtaosan tuotantoon käytetystä energiasta kaikissa tuotantosuunnissa. Tarkastellusta tuotantosuunnasta ja -teknologiasta riippuen eriteltiin kiinteät polttoaineet tarkemmin eri bioenergiakomponentteihin. Tarkasteluissa ei otettu huomioon kokonaisenergiaa, johon em. suorien energiapanosten lisäksi kuuluvat epäsuorat (välilliset) energiapanokset, kuten lannoitteiden ja koneiden sekä rakennusten valmistukseen käytetty energia.

Taulukossa 2 on esitetty raportissa sovellettu energialähdejaottelu sekä kuvaajissa käytetty, energialähteitä ryhmittelevät tunnusvärit.

Taulukko 2. Raportissa sovellettu energialähteiden jaottelu ja kuvaajien tunnusvärit

Energialähde
Sähköenergia Tilalle ostettu sähköenergia
Nestemäiset polttoaineet Moottori- ja lämmityspolttoöljy, polttoöljy viljankuivaukseen, raskas polttoöljy
Kiinteät polttoaineet Kierrätyspuu, puupelletti ja -briketti, metsähake, siemensato, olki ja muu kasviaines, jyrsinturve, palaturve, turvepelletti- ja briketti
Ostettu lämpöenergia Energianlähde vaihtelee

2.3. Tilasto- ja seuranta-aineistot

Maatalouden energiankulutusta ja -kustannuksia sekä rakennekehitystä kuvaavat tiedot perustuvat Luonnonvarakeskuksen keräämiin tilasto- ja seuranta-aineistoihin, jotka on kuvattu alla. Näiden aineistojen lisäksi hyödynnettiin tapauskohtaisesti muiden viranomaisten (esim. Tilastokeskus, Ruokavirasto) tai muiden tiedontuottajien aineistoja.

Maatalouden ja puutarhatuotannon rakennetutkimusaineistot

Noin joka kolmas vuosi (raportoidut vuodet 2010, 2013, 2016 ja 2020) tehdään maatalouden rakennetutkimus, jossa kysytään osalta tiloista myös energian käyttömäärät. Otos on noin 14 000 tilaa eli kolmasosa kaikista maatalousyrityksistä.

Kysyttävät energialajit rakennetutkimuksessa ovat sähkö, raskas ja kevyt polttoöljy, puu, turve ja ostettu lämpöenergia (= lähinnä kaukolämpö). Energiankulutukseen lasketaan maa- ja puutarhatalouden energiankulutus, myös tilan maataloustraktorilla tapahtuva urakointi palloilla tai teiden auraaminen. Sen sijaan metsätöissä kulutettua energiaa ei huomioida.

Puutarhatilastojen tiedonkeruun yhteydessä kysytään noin joka kolmas vuosi kasvihuoneyrityksiltä niiden kuluttaman energian määrä. Energialajit ovat samat kuin rakennetutkimuksessa, mutta kysely rajoittuu totaalina niihin yrityksiin, joilla on lämmitettyä alaa vähintään 1 000 m^2.

FADN/Kannattavuuskirjanpitoaineistot

FADN (Farm Accountancy Data Network)-aineistoon perustuvat tulokset lasketaan LUKEn vuosittain koostamasta yrityskohtaisesta FADN/kannattavuuskirjanpitoaineistosta. Tulokset perustuvat vuosittain n. 700 todellisen maatilan (kannattavuuskirjanpitotilan) aineistoon, jonka neuvontaorganisaatiot keräävät Lukelle.

Yrityskohtaiset tulokset painotetaan alueittain, tuotantosuunnittain ja tilakokoluokittain edustavaksi Suomen kaikki maatalousyritykset sisältävällä perusaineistolla. Painotuksessa jokainen FADN/kannattavuuskirjanpitotila tulee mukaan keskiarvon tai kokonaissumman laskentaan niin monta kertaa kuin kuinka suurta yritysmäärää ne kukin edustaa omalla alueellaan, tuotantosuunnassaan ja tilakokoluokassaan.

Summatulokset perustuvat pienetkin kannattavuuskirjanpitotilat sisältävään yritysaineistoon, johon perustuvat tulokset on painotettu edustamaan Suomen kaikkia maatalousyrityksiä. Keskiarvotulokset perustuvat FADN-aineistoon, joka on painotettu edustamaan Suomen suurimpien 30 000 tilan tuloksia.

FADN-aineisto sisältää euromääräiset kustannuserät. Ne sisältävät myös energiakustannukset, jotka jaotellaan nestemäisten ja kiinteiden polttoaineiden sekä sähkön kustannuksiin. Tätä synergiaraporttia varten nestemäiset ja kiinteät polttoaineet muutettiin normihinnoilla jakamalla energiamääriksi. FADN/kannattavuuskirjanpitoaineisto ei sinällään sisällä käytettyjä energiamääriä.

Tarkastelu on kaikilta osin suoriteperusteinen, eli kaikki kustannukset ja sen myötä myös energiamäärät kohdentuvat kullekin vuodelle sen mukaan, kuinka paljon energiaa on käytetty kunakin vuonna ja paljonko niistä on aiheutunut kustannuksia. Tuloksia ei siis vääristä esim. se, vaikka yrittäjä olisi ostanut nestemäisiä polttoaineita usean vuoden tarpeisiin. Tarkasteluvuodelle kohdentuu vain kunakin vuonna käytetty energia.

Maatalous- ja puutarhayritysten rakenneaineistot

Raportissa olevat maatalouden rakennekehitystarkastelut ja myös FADN/kannattavuuskirjanpitoaineistojen painotusaineistot perustuvat Luken maatalous- ja puutarhayritysten rakennetilastoihin. Niitä on kuitenkin laajennettu sisältämään taloudelliselta kooltaan myös alle 2 000 SO-euron yritykset. Nämä rakennetulokset löytyvät Taloustohtori-sivuston palveluista.

3. Maatalouden rakennekehitys

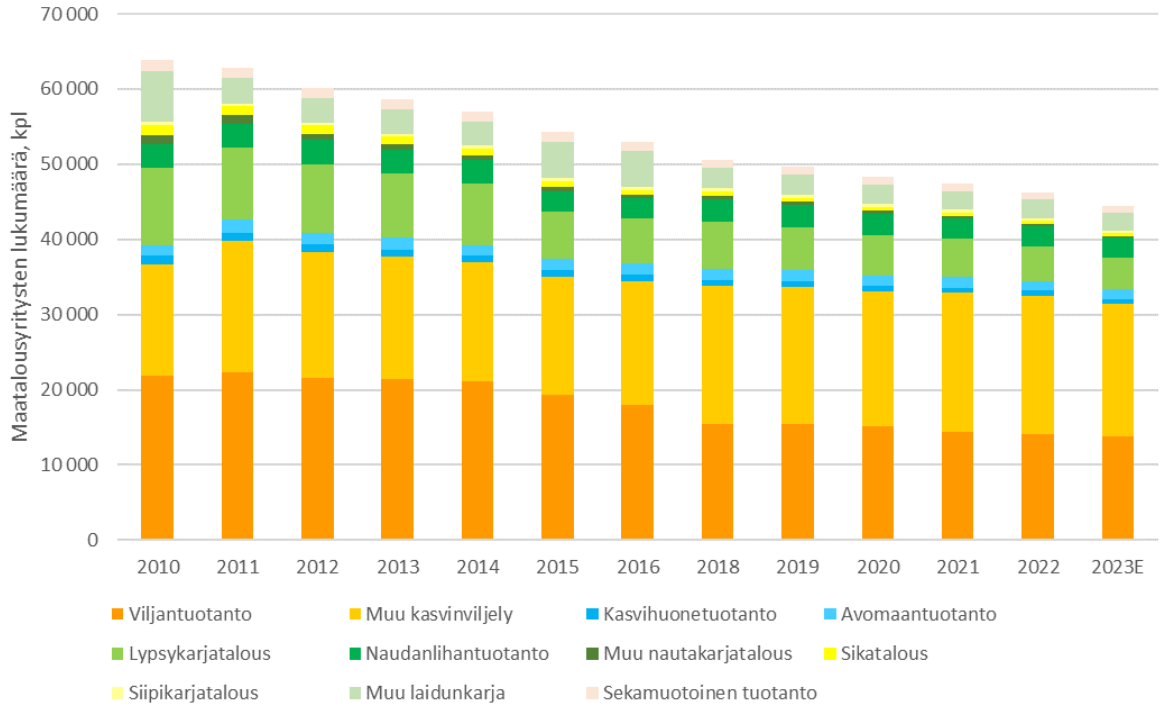
Maatalousyritysten lukumäärä on laskenut vuodesta 2010 vuoteen 2023e (ennakkotulokset vuodelta 2023) noin 30 prosenttia (Kuva 1). Erityisesti kotieläintilojen lukumäärä on laskenut voimakkaasti, useimmissa tuotantosuunnissa 60 prosenttia tai enemmän.

Yhdistettyä maidon ja naudanlihantuotantoa harjoittavassa muu nautakarjatalous -tuotantosuunnassa tilamäärä laski 78 prosenttia. Lypsykarjatalous -tuotantosuunnassa tilamäärä laski 59 prosenttia ja sikatalous -tuotantosuunnassa 72 prosenttia.

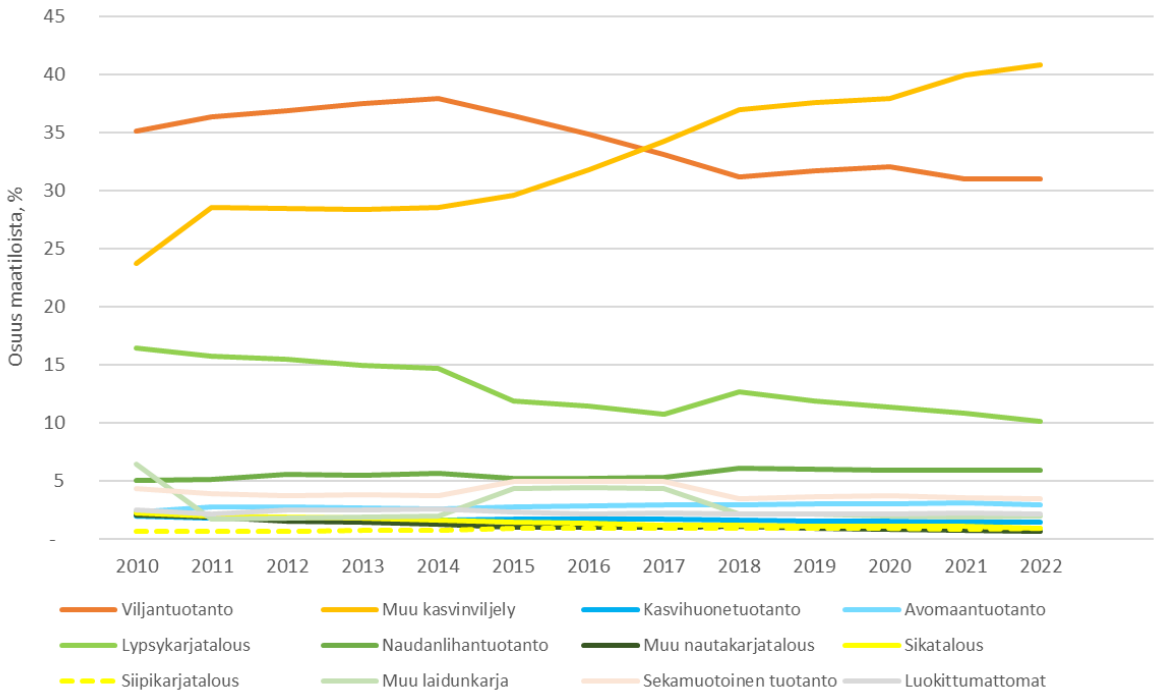
Lammas- ja vuohituotannon sisältävässä muu laidunkarja -tuotantosuunnassa sekä naudanlihantuotanto -tuotantosuunnassa tilamäärät laskivat molemmissa n. 18–19 prosenttia. Siipikarjatalous -tuotantosuunnassa tilamäärä laski vain 9 prosenttia.

Viljantuotanto -tuotantosuunnassa tilamäärä on laskenut vuodesta 2010 37 prosenttia, mutta muu kasvinviljely -tuotantosuunnassa tilamäärä on kasvanut 20 prosenttia (Kuva 2).

Kotieläintuotannon lopettavat tilat siirtyvät usein aluksi kasvinviljelytiloiksi. Vuosittain maataloustuotannon lopettavista tiloista noin 84 prosenttia on ollut kasvinviljelytiloja (taloustohtori.luke.fi/tuotantosuuntavaihdot). Silti kasvinviljelytilojen osuus yrityksistä on kasvanut vuoden 2010 noin 59 prosentista 72 prosenttiin vuonna 2023.

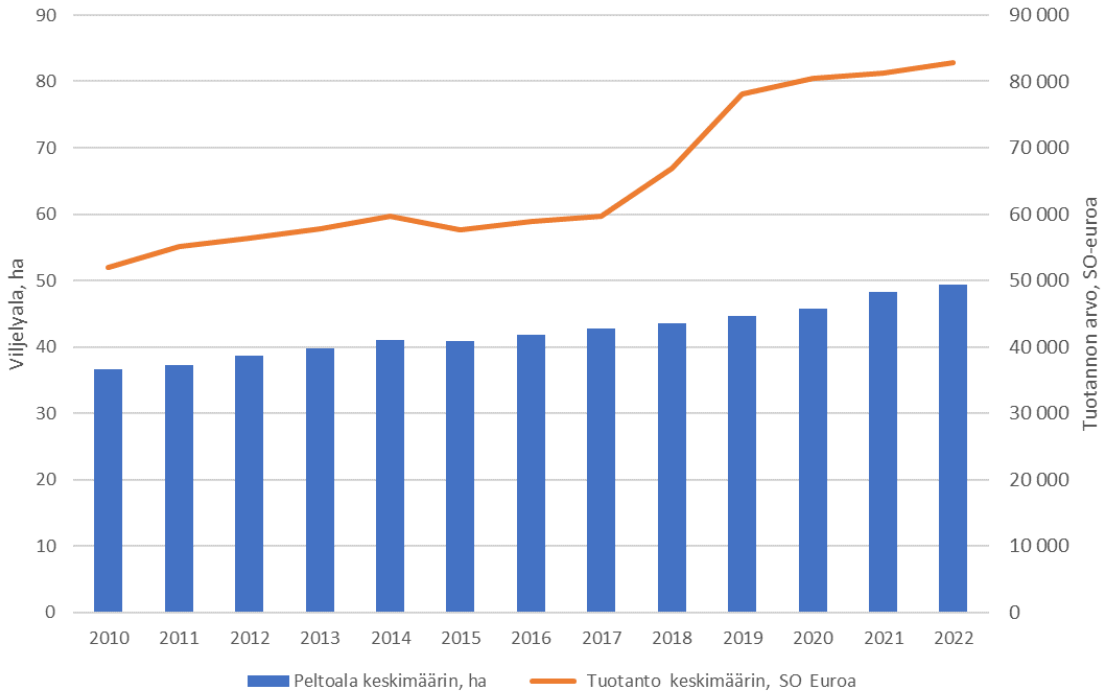


Kuva 1. Maatalousyritysten lukumäärä tuotantosuunnittain 2010–2023e (taloustohtori.luke.fi/maatalouden-rakennekehitys).



Kuva 2. Eri tuotantosuuntien osuuden kehitys kaikista tiloista vuosina 2010–2022 (taloustohtori.luke.fi/maatalouden-rakennekehitys).

Maatalouden energian käyttöä tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon tilamääräkehityksen ja tuotantosuuntarakenteen muutosten lisäksi myös tilakoon muutokset. Tuotantoa jatkavat maatalous- ja puutarhayritysten tilat ovat investoineet, ja maatalousyritysten keskimääräinen viljelyssä oleva peltoala on ajanjaksolla 2010–2022 noussut 40 prosenttia, 37 hehtaarista 50 hehtaariin (Kuva 3). Kasvu on ollut noin hehtaarin vuodessa.



Kuva 3. Maatalousyritysten keskimääräisen viljelyalan ja tuotannon arvon kehitys 2010–2022 (taloustohtori.luke.fi/tuotantorakenne).

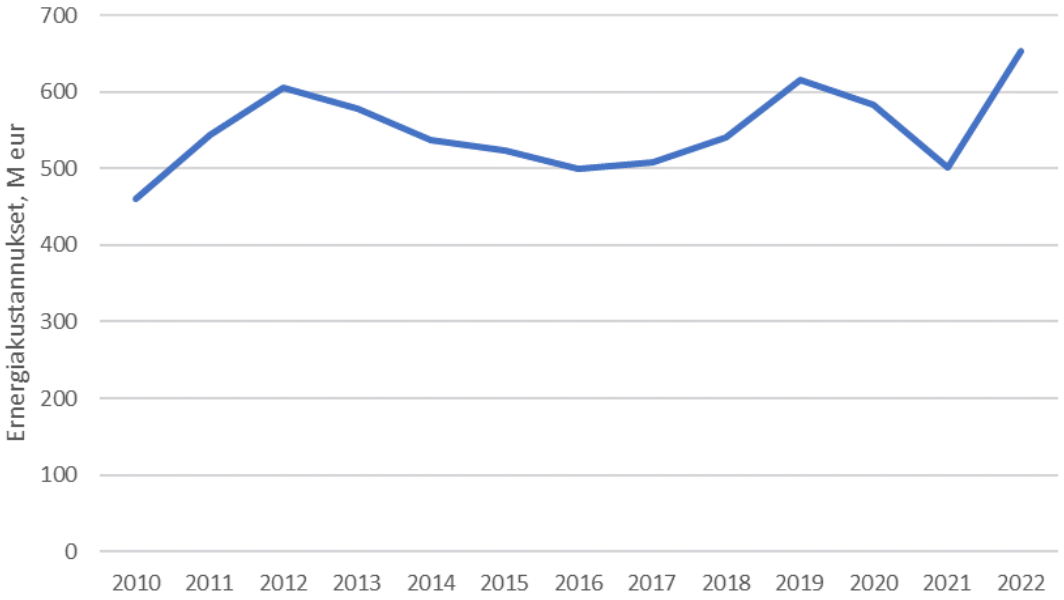
Yksittäisten tilojen tuotannon arvo puolestaan on noussut keskimäärin 64 prosenttia vuodesta 2010 inflaation huomioivina standardoituina SO-euroina tarkasteltuna.

Maataloustuotanto on myös pääomavaltaistunut. Luonnonvarakeskuksen Kokonaislaskentatulosten (taloustohtori.luke.fi/kokonaislaskenta) mukaan yrityskohtainen keskimääräinen pääoma on noussut 63 prosenttia vuodesta 2010. Tarkastelu sisältää painotuksen kautta kaikki Suomen maatalousyritykset, pienetkin. Suurimpien n. 33 000 yrityksen keskimääräisiä painotettuja tuloksia kuvaavien kannattavuuskirjanpitotulosten mukaan pääoman määrä yritystä kohti on noussut keskimäärin 53 prosenttia vuodesta 2010.

Maataloustuotantoa jatkaneet maatalousyritykset ovat laajentaneet yrityskokoa ja näin yritysten kokonaismäärän laskusta huolimatta viljelykäytössä oleva maatalousmaa on pysytellyt suunnilleen samana, reilussa 2,3 miljoonassa hehtaarissa. Jatkavat yritykset ovat joko vuokranneet tai ostaneet maataloustuotannosta luopuneiden yritysten peltoja viljelyyn. Myös maatalouden tuotantomäärät ovat säilyneet tarkastelujaksolla kutakuinkin ennallaan (taloustohtori.luke.fi/tuotantorakenne).

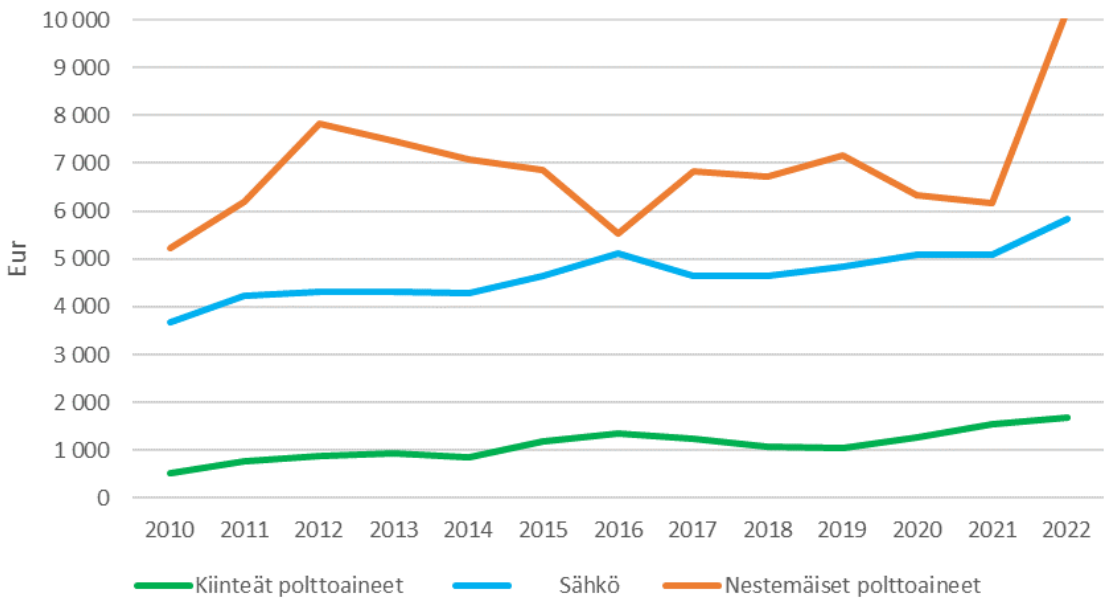
4. Maatalouden energiakustannukset

Maatalouden tuotantokustannukset ovat nousseet vuoden 2010 6,9 mrd. eurosta 8 mrd. euroon vuonna 2022, eli 16 prosenttia. Samalla ajanjaksolla poltto- ja voiteluaineiden sekä sähkön sisältävät energiakustannukset ovat nousseet 42 prosenttia, 460 milj. eurosta 654 milj. euroon (Kuva 4). Energiakustannusten osuus yritysten tuotantokustannuksista on noussut 6,7 prosentista 8,2 prosenttiin (taloustohtori.luke.fi/kokonaislaskenta).



Kuva 4. Maatalouden energiakustannusten (sähkö ja nestemäiset polttoaineet) kehitys 2010–2022 (taloustohtori.luke.fi/kokonaislaskenta).

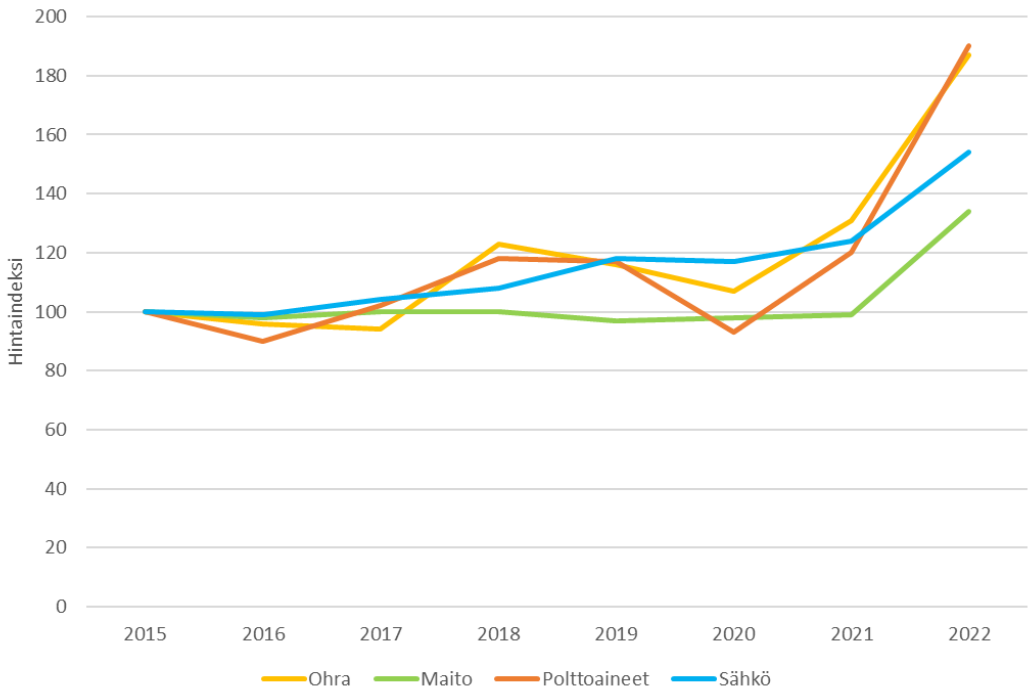
Maatalouden keskimääräisestä yrityskohtaisesta energiakustannuksesta suurimman osuuden muodostaa nestemäiset polttoaineet ja pienimmän erän kiinteät polttoaineet. Kuvassa 5 olevat sarjat on esitetty nimellishinnoin, mikä keskitilakoon kasvun lisäksi osin selittää kaikkien energialajien kustannusnousua.



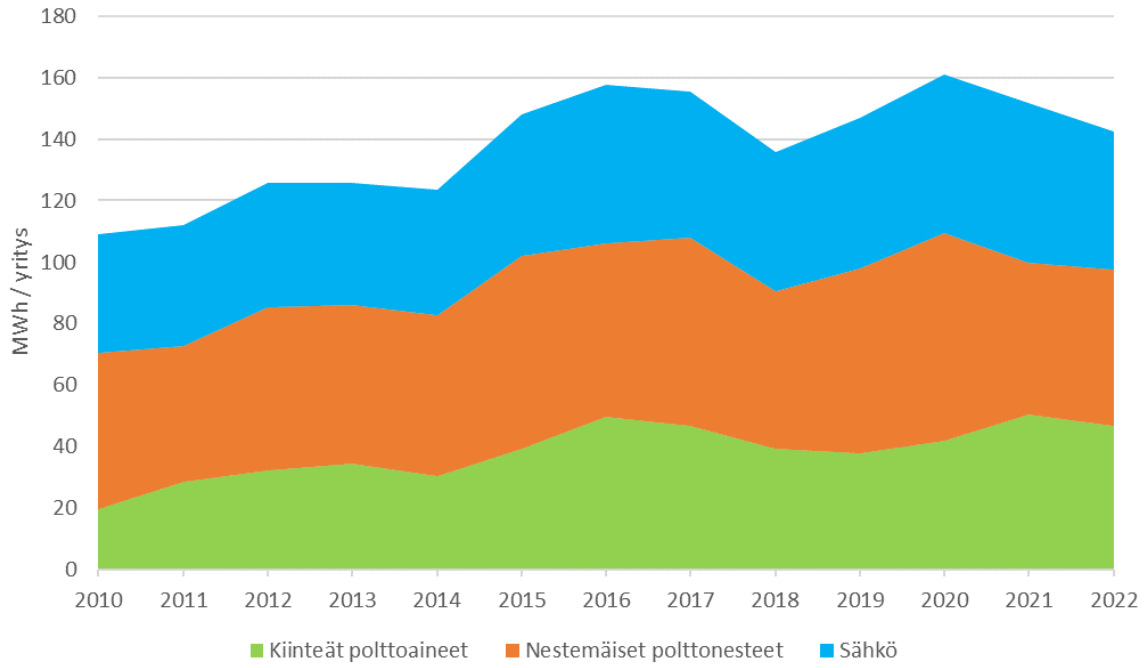
Kuva 5. Maatalouden energiakustannusten kehitys keskimäärin yritystä kohti 2010–2022 (taloustohtori.luke.fi/maa_ja_puutarhatalous).

Energiakustannusten nousu johtuu sekä mahdollisesta energiankäyttömäärien noususta että energian hinnan noususta. Tilastokeskuksen maataloustuotteiden ja tuotantopanosten hintaindeksit osoittavat, että sähkön hintaindeksi on ollut nousussa jo useita vuosia. Nestemäisten polttoaineiden hintaindeksi puolestaan on noussut voimakkaasti 2021 vuodesta lähtien (Kuva 6).

Maatalouden energiankäyttö (Kuva 7) on saatu jakamalla energiakustannukset hinnoilla. Laskennassa käytetyt sähkön KWh-hinnat nousivat vuoden 2010 6,51 sentistä vuoden 2022 9,38 senttiin. Energiankäytöstä biopolttoaineiden ja sähkön osuus kasvoivat 2010-luvun puoliväliin asti. Viime vuosina näiden kolmen energialajin osuudet käytetystä energiasta olivat yhtä suuret kaikissa tuotantosuunnissa keskimäärin tarkasteltuna.

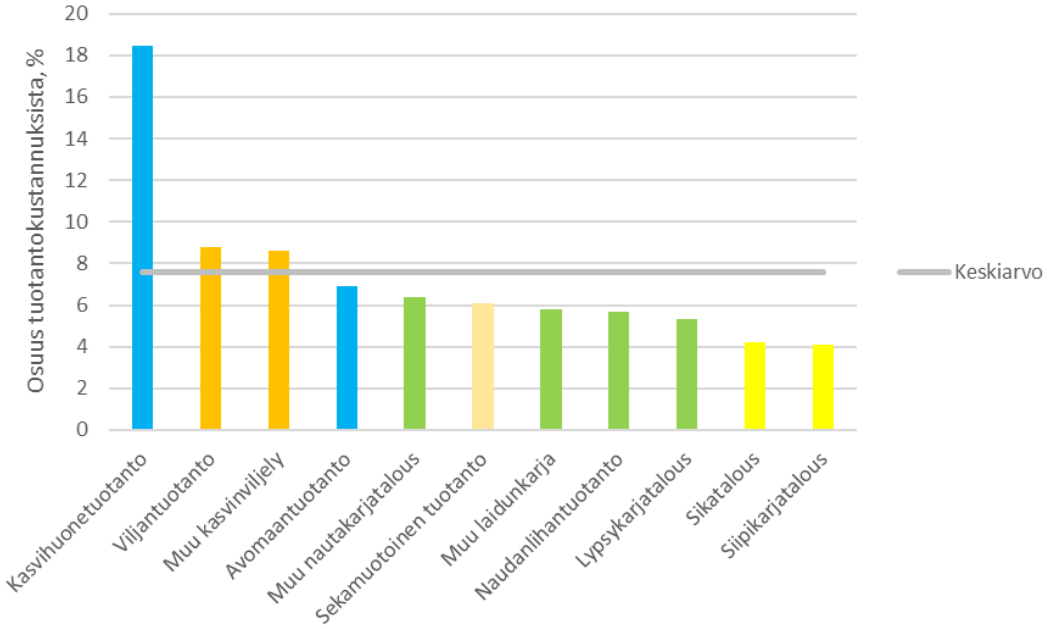


Kuva 6. Eräiden maataloustuotteiden sekä nestemäisen polttoaineen ja sähkön hintaindeksikehitys 2015–2022 (Tilastokeskus: Maatalouden tuottajahintaindeksit ja tuotantovälineiden ostohintaindeksit).



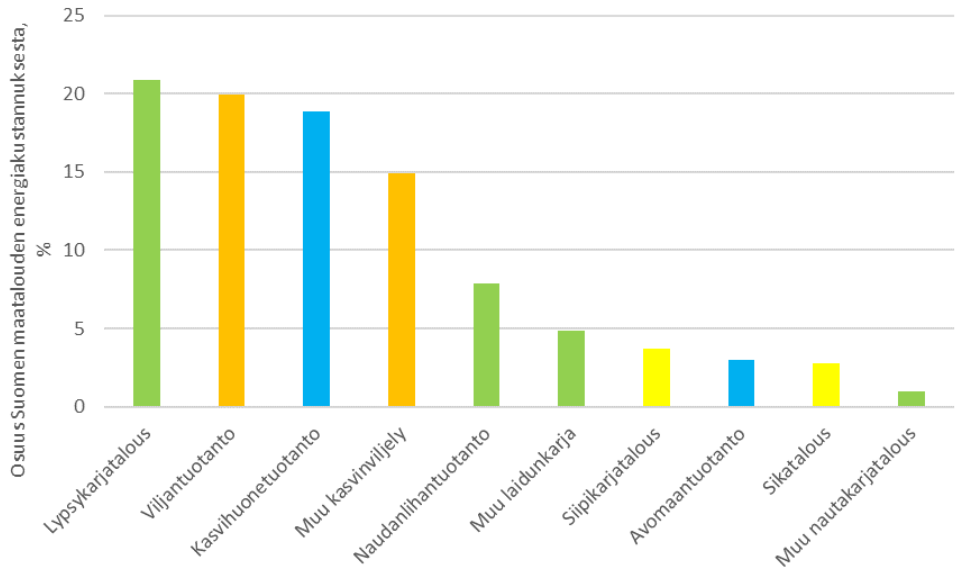
Kuva 7. Maatalouden energiankäyttö yritystä kohti energialähteittäin (taloustohtori.luke.fi/maa_ja_puutarhatalous; taloustohtori.luke.fi/kasvihuonekaasulaskenta)

Energiakustannusten osuus Suomen maatalous- ja puutarhayritysten kokonaiskustannuksista oli kannattavuuskirjanpitotulosten mukaan vuonna 2022 keskimäärin 7,6 prosenttia. Kasvihuoneyrityksissä energiakustannuksen osuus oli noin 18 prosenttia tuotantokustannuksesta (Kuva 8). Muissa tuotantosuunnissa energiakustannusten osuus on 4–9 prosentin välillä.



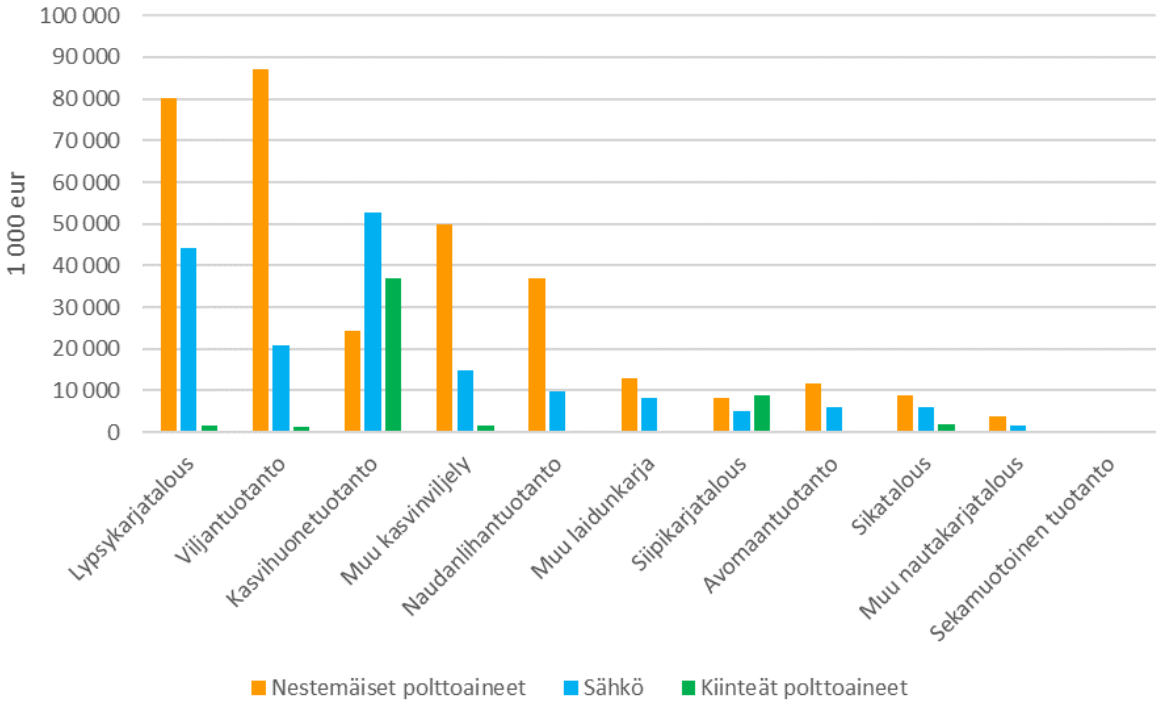
Kuva 8. Sähkön ja nestemäisten polttoaineiden osuus yritysten tuotantokustannuksista tuotantosuunnittain vuonna 2022 (Maatalouden kannattavuuskirjanpito (taloustohtori.luke.fi/-maa_ja_puutarhatalous).

Tarkasteltaessa kokonaisenergiankustannusta tuotantosuunnittain, tulee ottaa huomioon tuotantokustannusten tasoerot ja tilamääräerot eri tuotantosuunnissa. Kuvaan 9 on laskettu, missä suhteessa Suomen maatalouden energiakustannus jakautuu eri tuotantosuuntiin. Luvut on laskettu suuntaa antavasti kannattavuuskirjanpitotuloksista kertomalla tuotantosuunnittain energiakustannus tilamäärällä. Kasvihuonetuotanto, lypsykarjatalous ja viljantuotanto vastaavat kukin noin 20 prosentin osuudesta energiakustannuksesta. Muun kasvinviljelyn osuus energiakustannuksesta on 11 prosenttia ja naudanlihantuotannon 8 prosenttia. Kunkin muun tuotantosuunnan osuus jää alle viiteen prosenttiin kokonaisenergiakustannuksesta.



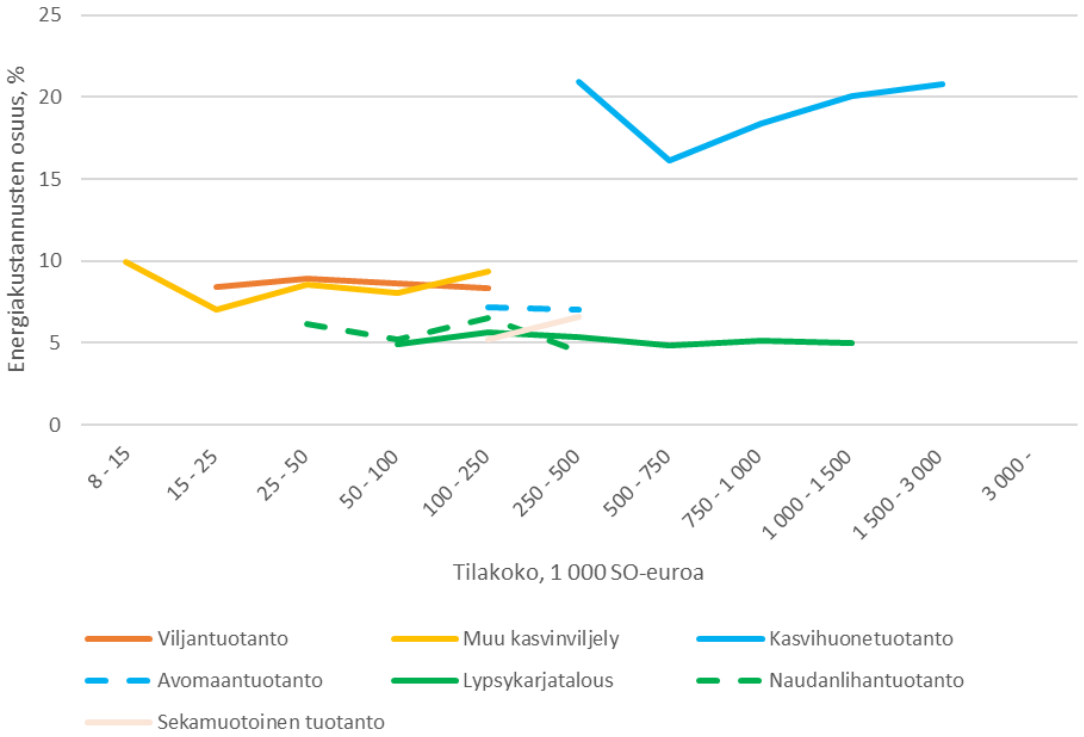
Kuva 9. Eri tuotantosuuntien osuus (yht. 100 %) Suomen maatalouden energiakustannuksesta vuonna 2022 (Maatalouden kannattavuuskirjanpito, taloustohtori.luke.fi/maa_ja_puutarhatalous).

Edellä tarkasteltiin tuotantosuunnittain energiakustannusta kokonaisuutena. Sen mukaan energiankäyttötarkasteluissa lypsykarjatalous, kasvihuonetuotanto ja viljantuotanto ovat tärkeimmät tuotantosuunnat, joihin tulisi suunnata päähuomio energiatarkasteluissa. Tarkasteluissa on otettava huomioon, että eri energialajien osuudet vaihtelevat eri tuotantosuunnissa. Energiakustannus voidaan jakaa sähköstä, nestemäisistä polttoaineista ja kiinteistä polttoaineista aiheutuneisiin kustannuksiin. Kuvassa 10 on esitetty kukin kustannuserän suuruus (€) tuotantosuunnittain vuonna 2022. Esimerkiksi lypsykarjatiloilla tärkein ovat nestemäiset polttoaineet, mutta sähkön merkityskin on suuri. Viljantuotannossa puolestaan nestemäisten polttoaineiden osuus on hallitseva. Kasvihuoneyrityksissä puolestaan nestemäiset polttoaineet ovat vasta kolmantena, sähkön merkitys on tärkein ja kiinteät polttoaineet toisena.

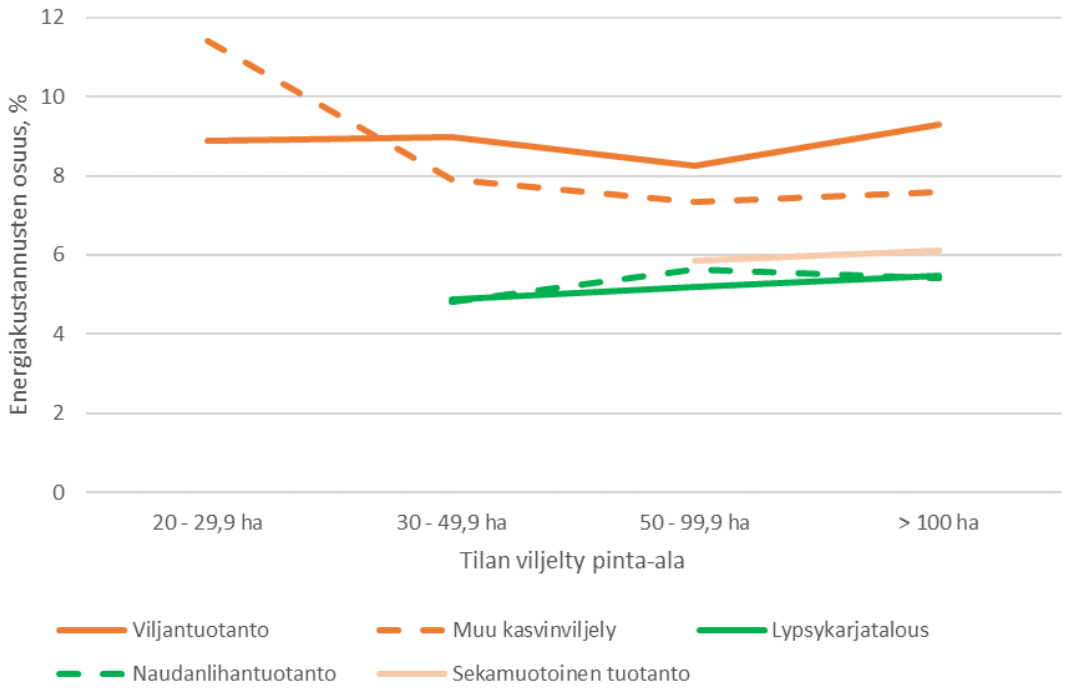


Kuva 10. Tuotantosuuntien energiakustannukset energialähteittäin v. 2022 (Maatalouden kannattavuuskirjanpito, taloustohtori.luke.fi/maa_ja_puutarhatalous).

Edellä luvussa 3 tarkasteltiin, että maatalousyritysten keskimääräinen tilakoko kasvaa jatkuvasti. Energiakustannusten osuus tuotantokustannuksista on kuitenkin varsin vakio tuotantosuunnittain eri kokoisilla tiloilla (Kuvat 11 ja 12). Tilakoon kasvu ei näin vähennä tarvetta pyrkiä tehostamaan energian käyttöä ja alentamaan energiakustannusten osuutta.



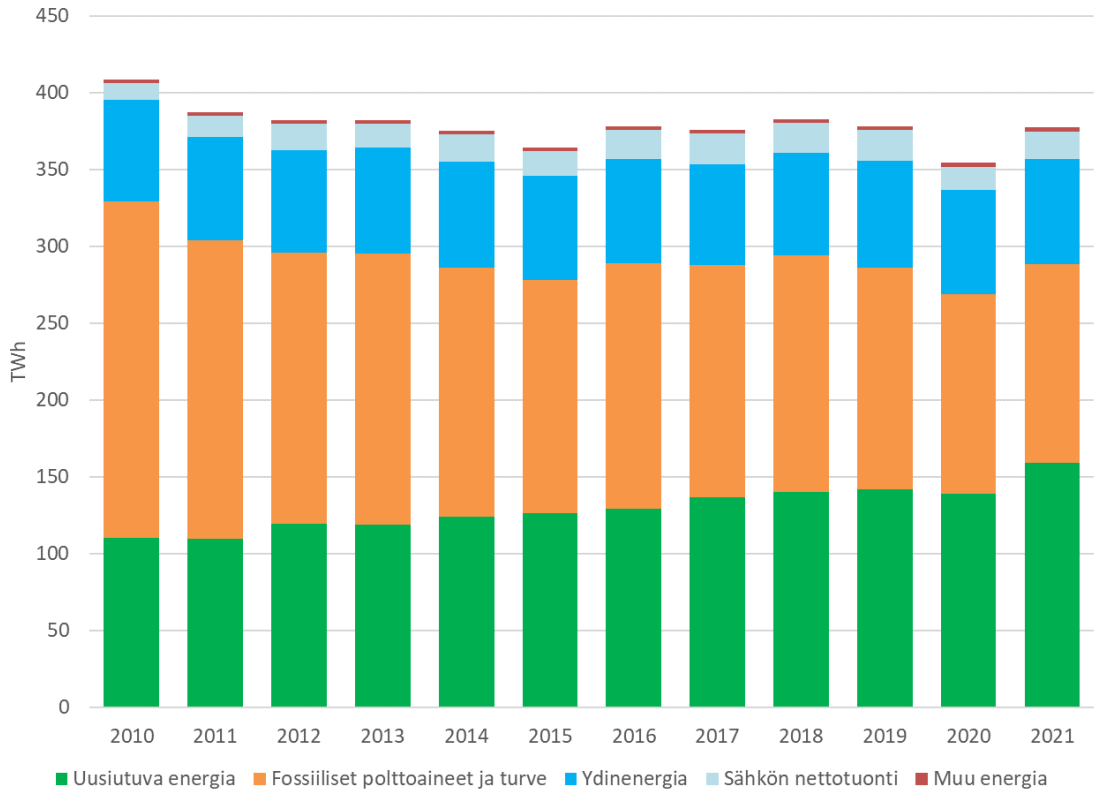
Kuva 11. Energiakustannusten osuus tuotantokustannuksista tuotantosuunnittain eri SO-tilakokoluokissa v. 2022 (Maatalouden kannattavuuskirjanpito, taloustohtori.luke.fi/maa_ja_puutarhatalous).



Kuva 12. Energiakustannusten osuus tuotantokustannuksista tuotantosuunnittain eri tilakokoluokissa (pinta-ala) v. 2022 (Maatalouden kannattavuuskirjanpito, taloustohtori.luke.fi/-maa_ja_puutarhatalous).

5. Energiankulutus tuotantosuunnittain

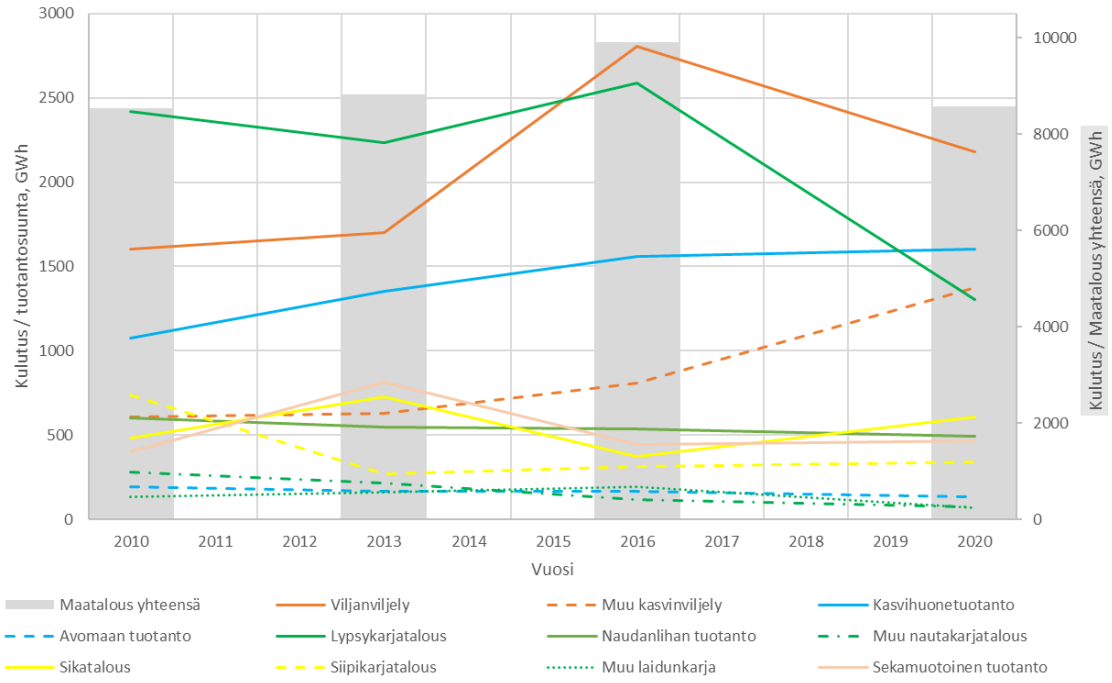
Suomen energiankulutus on pysynyt viime vuosikymmenen alusta vuoteen 2021 varsin vakaana lukuun ottamatta koronavuoden 2020 aiheuttamaa pudotusta (Kuva 13). Uusiutuvan energian käytön määrä on kasvanut 1990-luvun alusta alkaen, ja sen osuuskin on vuodesta 2003 alkaen kasvanut. Se on korvannut lähinnä fossiilisten polttoaineiden ja turpeen osuutta.



Kuva 13. Suomen kokonaisenergiankulutus 2010–2021 (Tilastokeskus: energian hankinta ja kulutus, https://stat.fi/julkaisu/cku4c03s803du0b05fxruenwl).

Maatalouden suoran energian kulutus on säilynyt lähes yhtä suurena, n. 9 TWh/vuosi, koko 2010-luvun (Kuva 14). Sähkön ja nestemäisten polttoaineiden osuus suoran energian kulutuksesta on ollut 48–64 %. Vuoden 2016 rakennetutkimuksen mukaan energian kulutus oli tilaston keruuvuonna noin 15 % suurempi. Ero johtuu epävarmuuksista nimenomaan kiinteiden polttoaineiden käytön tiedonkeruussa ja laskentamenetelmissä. Samaa epävarmuutta, joskin pienemmässä mittakaavassa, voi esiintyä myös kolmen muun rakennetutkimuksen vastaavissa tiedoissa. Tämän vuoksi tuotantosuuntakohtaisessa tarkastelussa esitetään vain sähkön ja nestemäisten polttoaineiden kulutus sekä FADN-kirjanpitoaineistosta saatu arvio em. kolmen energiakomponentin osuuksista eri tuotantosuunnissa.

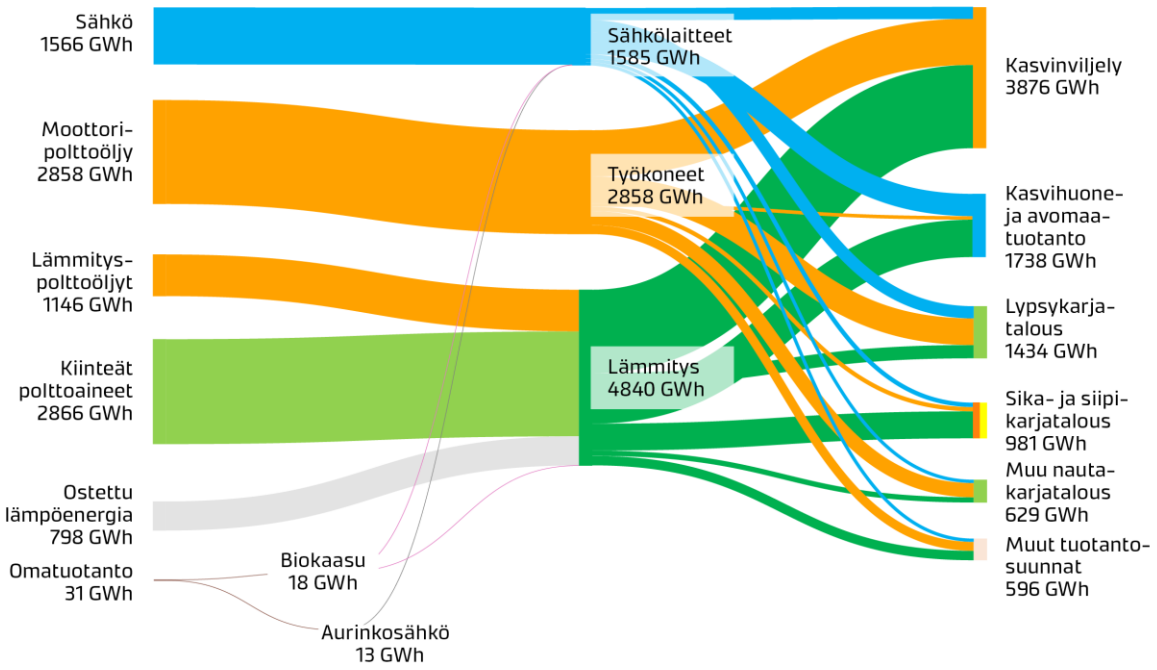
Käyttämällä FADN-kirjanpitoaineistoa ja muuntamalla siinä inventoidut energiakustannukset energiayksiköiksi, voidaan maatalouden suoran energian kokonaiskulutusta arvioida toiseen lähtöaineistoon perustaen. Epävarmuutta tuovat tällöin lähinnä hinta-energia-muuntokertoimet, mutta kokonaiskuva on energiakomponenteittain suurin piirtein yhtenevä rakennetutkimuksen energiatilastotietojen kanssa, ja eri tarkasteluvuodet ovat keskenään vertailukelpoisia.



Kuva 14. Maatalouden energian käyttö tuotantosuunnittain ja maatalouden kokonaisenergiankäyttö (Rakennetutkimus).

Maatalouden energiankulutus Suomen kokonaisenergiankulutuksesta oli 2010 vain 2,5 % ja 2020 2,6 %. Huoltovarmuusnäkökulmasta näin pienen, mutta yhteiskunnan kannalta keskeisen tuotannonhaaran kuluttaman energian saatavuuden varmistaminen myös poikkeusoloissa ei siten ole kovin haasteellista.

Maataloustuotannossa tarvitaan energiapanoksia pääasiassa kolmeen kohteeseen: sähkökäyttöisiin laitteisiin (esim. lypsy- ja ruokintalaitteet, ilmanvaihtokoneet ja valaistus), polttomoottorikäyttöisiin työkoneisiin sekä lämmitysenergiaksi (esim. rakennusten lämmitys, viljan kuivaus). Eri energialähteiden suuntaa antava jakautuminen näihin sekä eri tuotantosuuntiin on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Maataloustuotannon eri energialähteiden jakautuminen käyttötarkoituksiinsa ja tuotantosuuntiin (Rakennetutkimus 2020, Ruokavirasto, Tilastokeskus).

Yksittäisten tuotantosuuntien keskinäisen vertailun mahdollistavat kuviot sähkön ja nestemäisten polttoaineiden käytöstä sekä energian kokonaiskulutuksesta näiden osalta on esitetty liitteissä 1 ja 2. Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan energian kulutusta ja sen rakennetta tuotantosuunnittain.

5.1. Viljanviljely ja muu kasvinviljely

Yksittäisistä tuotantosuunnista viljanviljelyssä kulutetaan eniten energiaa. Viljanviljelytiloilla eniten energiaa kuluttavat prosessit liittyvät peltoviljelytoimenpiteisiin (kyntö, puinti, kuljetukset) sekä viljan kuivaukseen. Energian käytössä on tarkastelujakson 2010–2020 loppua kohti havaittavissa kasvua kaikkien keskeisten energialähteiden käytössä (Taulukko 3). Tämä voi olla seurausta karjatalouden vähenemisestä ja tilojen siirtymisestä viljanviljelytiloiksi.

Taulukko 3. Nestemäisten polttoaineiden ja sähkön käyttö viljantuotannossa ja muussa kasvinviljelyssä.

Tuotanto-suunta	Energianlähde	2010 GWh	2013 GWh	2016 GWh	2020 GWh
Viljantuotanto	Moottoripolttoöljy	644	594	584	668
	Lämmityspolttoöljy	104	44	42	16
	Polttoöljy viljankuivaukseen	336	354	375	469
	Sähkö	226	190	177	203
Muu kasvinviljely	Moottoripolttoöljy	308	238	287	391
	Lämmityspolttoöljy	45	11	15	10
	Polttoöljy viljankuivaukseen	51	45	59	82
	Sähkö	124	90	125	111

Viljan kuivaukseen käytetään myös metsähaketta. Sen energiapanososuuden määrittäminen on tilastointitavan ja siten käytettävissä olevan tiedon puitteissa haasteellista. Taulukossa 3 on siksi tarkasteltu vain viljanviljelytilojen ja muiden kasvinviljelytilojen sähkön ja nestemäisten polttoaineiden käyttöä. Taulukosta on jätetty pois myös marginaaliset muut kiinteät polttoaineet (kierrätyspuu, ostettu lämpöenergia, peltoenergia ja turvepohjaiset polttoaineet) sekä raskas polttoöljy. Kiinteiden polttoaineiden osuudeksi viljanviljelyssä arvioidaan keskimäärin 6 % viljatilojen kokonaisenergiankulutuksesta. Muussa kasvinviljelyssä vastaava osuus on 9 % (FADN-aineisto).

Puintikosteus vaikuttaa voimakkaasti viljantuotannon energiankulutukseen. Puintikosteuden ollessa 16 % energiankulutus on noin 0,05 kWh/kg, mutta puintikosteuden ollessa 30 % se on jo 0,36 kWh/kg (Ahokas 2013a). Eri viljelytoimenpiteiden energiankulutukseen vaikuttaa myös ajotapa ja peltojen kuivatuksen kunto. Vuosien 2010–2020 kulutus- ja tuotostietojen mukaan on suora energian kulutus (sähkö ja nestemäiset polttoaineet) viljanviljelytiloilla ollut noin 0,36–0,51 kWh/kg.

5.2. Lypsykarjatalous ja muu nautakarjatuotanto

Rakennetutkimuksen energiatilastojen mukaan lypsykarjatilojen osuuden trendi maatalouden energiankulutuksesta on ollut laskeva. Vuonna 2010 osuus oli 28 %, kun se vuonna 2020 oli 15 %. Viimeisimmässä luvussa on epävarmuutta johtuen metsähakkeen käytön tilastointiin liittyvistä epävarmuuksista. Lypsykarjatilojen lukumäärä on tarkastelukaudella laskenut lähes puoleen (-47,5 %); lypsylehmien lukumäärän muutos on ollut vähäisempi (-10 %).

Moottoripolttoöljyn, samoin kuin kuivaukseen käytetyn polttoöljyn kulutus ovat nousujohteisia lypsykarjatuotannossa em. rakennemuutoksesta huolimatta. Lämmityspolttoöljyn kulutuksen väheneminen johtunee suurelta osin siirtymisestä kiinteiden polttoaineiden käyttöön lämmityslaitoksissa. Sähkön kulutuksen väheneminen voi olla osittain seurausta samasta kehityksestä (Taulukko 4).

Taulukko 4. Nestemäisten polttoaineiden ja sähkön käyttö lypsykarjataloudessa, naudanlihan tuotannossa ja muussa nautakarjatuotannossa (Rakennetutkimus).

Tuotantosuunta	Energianlähde	2010 GWh	2013 GWh	2016 GWh	2020 GWh
Lypsykarjatalous	Moottoripolttoöljy	567	512	537	610
	Lämmityspolttoöljy	25	17	12	6
	Polttoöljy viljankuivaukseen	41	44	46	55
	Sähkö	395	415	439	337
Naudanlihan tuotanto	Moottoripolttoöljy	215	204	225	285
	Lämmityspolttoöljy	11	5	4	2
	Polttoöljy viljankuivaukseen	11	10	8	14
	Sähkö	90	67	69	76
Muu nautakarjatuotanto	Moottoripolttoöljy	139	57	45	41
	Lämmityspolttoöljy	8	1	1	0
	Polttoöljy viljankuivaukseen	10	4	3	3
	Sähkö	73	29	22	16

Kiinteiden polttoaineiden osuuden lypsykarjataloudessa arvioidaan FADN-aineiston perusteella olevan keskimäärin 9 % lypsykarjatilojen, 6 % naudanlihantuotannon ja 8 % muun nautakarjatalouden kokonaisenergiankulutuksesta.

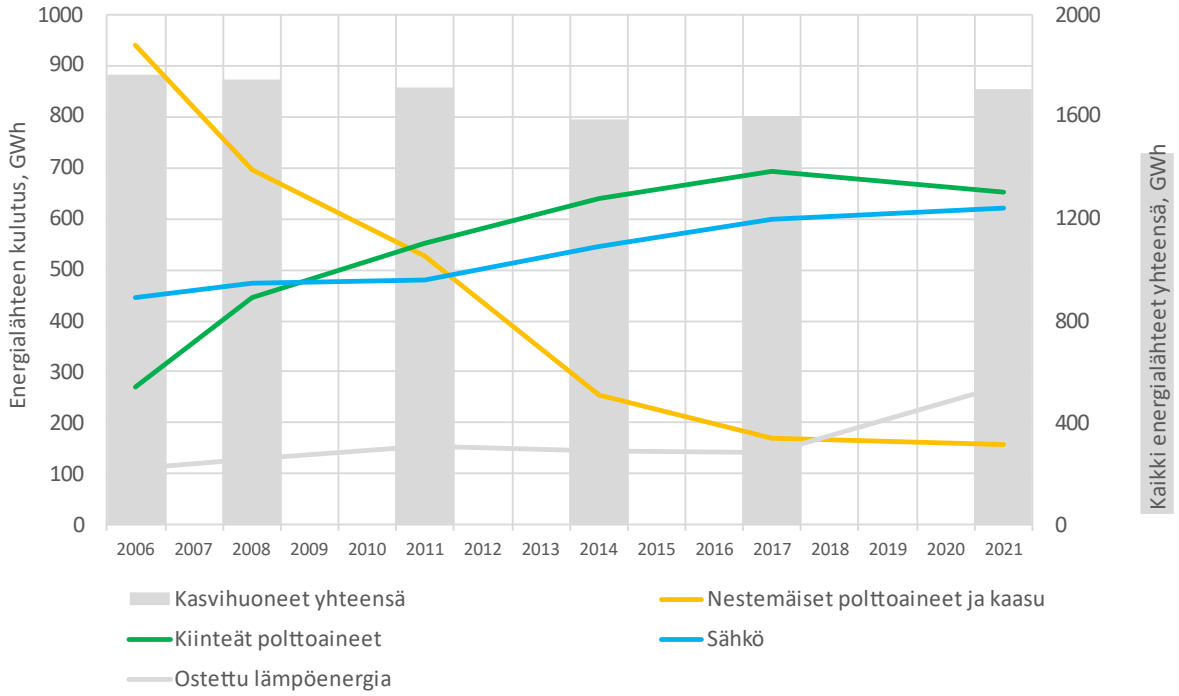
Lypsykarjatilojen rehuista tuotetaan vaihteleva osuus omalla tilalla, ja energiankäyttö painottuu rehuntuotantoon (Ahokas 2013a). Käytettävissä olevan maatalousmaan hehtaaria kohti kului vuosina 2010–2020 1 144–1 503 kWh eli 114–150 litraa moottoripolttoöljyä ja polttoöljyä kuivaukseen. Sen lisäksi kuivauksen sähkönkulutus on noin 10 % polttoöljyn energiasisällöstä eli noin 13 kWh/ha. Lähes kaikki sähkö kului karjasuojissa. Vuonna 2020 lypsylehmää kohti kului 1 509 kWh ja maitolitraa kohti 0,14 kWh. Sähkön kulutuksen osuus kuvaa lypsykarjataloudessa hyvin karjasuojan osuutta. Lämmitysöljyn käyttö niillä on hyvin marginaalista.

Automaattilypsyn sähkönkulutus 150–580 kWh/eläin vuosi on selvästi suurempi kuin konelypsyn 30–80 kWh/eläin vuosi (Ahokas & Schäfer 2013). Automaattilypsyn yleistyminen potentiaalisesti lisää sähkönkulusta. Maidon jäähdytykseen kuluu 80–130 kWh/eläin vuosi. Ruokinnan energiankulutus vaihtelee voimakkaasti riippuen käytetyistä menetelmistä ollen 160–652 kWh/eläin vuosi. Kulutus on tyypillisesti suuri, kun ruokintamenetelmässä käytetään traktoria ja rehuvaunua. Pienimpään energiankulutukseen päästään, kun rehu säilötään torniin ja käytetään kiskoruokintaa ja ruokintakioskeja. Ilmanvaihdon energiankulutus 1–160 kWh/eläin vuosi vaihtelee hyvin suuressa haarukassa riippuen käytetystä tekniikasta. Pienimpään energiankulutukseen päästään hyödyntämällä painovoimaista ilmanvaihtoa, mikä on realistinen vaihtoehto nautakarjalle. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa voidaan kuitenkin käyttää lämpötilaan perustuvaa säätöä. Lannankäsittelyn energiankulutus on suhteellisen pieni osuus kokonaisenergiankulutuksesta. Kuivalantajärjestelmissä energiankulutus on 22–40 kWh/eläin vuosi ja lietelantajärjestelmissä 6–46 kWh/eläin vuosi. Lietelantajärjestelmissä päästään pienimpään energiankulutukseen hyödyntämällä painovoimaa mahdollisimman paljon.

Naudanlihantuotantotiloilla energiaa kuluu eniten moottoripolttoöljyyn. Sähköä kuluu suhteellisesti ottaen vähemmän kuin lypsykarjataloudessa, koska näillä tiloilla ei ole lypsylaitteita ja maidon jäähdytystä. Muun laidunkarjan energiankäyttö on ollut tarkastelujaksolla 2010–2022 suhteellisen vakio, alle 100 MWh/yritys. Energianlähteiden jakauma vastaa muun nautakarjatuotannon tilojen jakaumaa.

5.3. Kasvihuone- ja avomaan puutarhatuotanto

Kasvihuoneyritysten energian käyttö on noin 16 % maatalouden energiankulutuksesta. Kasvihuoneyrityksissä sähkön käyttö on kasvanut tasaisesti vuodesta 2006 vuoteen 2021 (Kuva 16). Niiden osuus koko maatalouden sähkön käytön yhteismäärästä on noin 35 %. Kasvihuoneyritysten energiankäytöstä sähkön osuus oli vuonna 2021 noin kolmannes. Valotuksen tarvitsemaa sähköä ei ole realistista korvata yrityskohtaisilla varavoimalaitoksilla. Sähkön kulutushuippujen aikaan kasvihuoneyritykset vähentävät valotusta ja toisaalta sähkön tuotantohuippujen kohdalla ne voivat lisätä kulutusta esimerkiksi vesivaraajiin ja näin tasata Suomen sähkön kokonaiskulutusta. Sähkökatkosten varalta kasvihuoneyrityksissä on öljyllä toimivia generaattoreita, joilla perustoiminnot saadaan ylläpidettyä kuten navetoissakin.



Kuva 16. Energiankulutus energialähteittäin kasvihuoneissa (SVT: Puutarhatilastot)

Kasvihuoneyritysten osuus on huomattava, noin 33 %, myös puupellettien ja -brikettien käytössä. Erityisen hallitseva kasvihuoneyritysten osuus on turvepellettien (noin 86 %), jyrsin- ja palaturpeen (noin 46 %) käytössä. Lämpö kasvihuoneisiin tuotetaan pääosin puulla ja turpeella. Niiden osuus on noin 36 % kasvihuoneiden energiankäytöstä. Pääosa ostoenergiastakin on todennäköisesti tuotettu puulla ja turpeella. Kasvihuonetuotannossa käytetään lisäksi runsaasti puuhaketta ja merkittävästi ostoenergiaa kasvihuoneiden lämmitykseen.

Polttoöljyjen käytössä kasvihuoneyritysten osuus maatalouden kulutuksesta on vain noin 5 %, mikä korostaa polttoöljyn käyttöosuutta perusmaataloudessa. Kasvihuoneyrityksissä on käytössä lähinnä kevyttä polttoöljyä, jolla lämmitetään kausihuoneita, joiden viljelyaika vuodessa jää melko lyhyeksi. Erityisesti tomaatin kasvihuonekurkun ja salaatin viljely on melko ympärivuotista ja näissä yrityksissä lämmitetään pääosin kiinteillä polttoaineilla kuten hakkeella. Lämmityspolttoöljyn osuus kasvihuoneiden energiankulutuksesta ei ole suuri, mutta sen osuus koko maatalouden lämmityspolttoöljyn kulutuksesta on suuri, 47 %.

Kasvihuonetuotannossa sähkön osuus energiankulutuksesta on odotetusti suuri, 36 % (27 % koko maatalouden sähkönkulutuksesta). Isojen kasvihuoneyritysten sähkönkäyttö vastaa keskisuurten teollisuusyritysten sähkönkäyttöä. Viimeaikainen sähkön hinnan nousu koetteleekin kasvihuoneyritysten kannattavuutta juuri sen vuoksi, että sähköllä on niin merkittävä osuus tuotantokustannuksesta. Kasvihuonetuotannon sähkön käyttö on kasvanut viimeisen parin kymmenen vuoden aikana, kun kasvihuonekasvien tuotannossa on siirrytty keinovalolla tapahtuvaan ympärivuotiseen tuotantoon. Keinovalotuksen sähkönkäyttö on suurta, joskin teknisen kehityksen ja etenkin led-valojen myötä sähkön kulutus tuotettua satokiloa kohden on vähentynyt jatkuvasti. Valotuksen sivuotteena synty lämpöä, joka osaltaan vähentää lämpöenergian tarvetta. Tässä suhteessa led-valot ovat perinteisiä valaisimia parempia, koska niistä tulee vähemmän hukkalämpöä.

Luken kannattavuuskirjanpitoaineiston mukaan energiakustannusten osuus tuotantokustannuksesta on kasvihuoneyrityksissä noin 25 %. Kasvihuonetuotannon käyttämät energiamuodot ovat muuttuneet merkittävästi viimeisen 20 vuoden aikana. Vielä 2000-luvun alussa kasvihuoneyritysten käyttämästä energiasta huomattava osa oli uusiutumatonta tuontienergiaa, pääosin kevyttä ja raskasta polttoöljyä. Viimeisen kymmenen vuoden aikana tuontienergiaa on korvattu enenevässä määrin kotimaisella puu- ja peltoenergialla, jonka osuus kokonaisenergian käytöstä on lisääntynyt huomattavasti.

Energiaan investoidaan

Päättyneen tukikauden (2015–2022) aikana kasvihuonetuotannon energiaratkaisuihin liittyviä tuettuja hankkeita oli vajaa 35. Yleisimpiä energiainvestointeja olivat kiinteän polttoaineen lämpökeskusten laajentamiset ja korjaamiset sekä kiinteän polttoaineiden varastojen rakentaminen sekä myös lämminvesivaraajat. Muutakin tekniikkaa rakennettiin kuten lämpöpumppuja ja savukaasupesureita. Vaikka kasvihuoneyrityksen lukumäärä ei ole suuri, voivat ne olla yksikkökooltaan suuria ja tarvitsevat paljon lämpöenergiaa. Lämpölaitosten koot ovat olleet investoinneissa 1–4 MW ja joskus niitä on rakennettu useampi rinnakkain. Kasvihuoneyritysten lämpölaitokset ovat usein pienehkön kunnan aluelämpölaitosten kokoluokassa eli merkittäviä kiinteän polttoaineen, pääasiassa metsähakkeen käyttäjiä.

Ulkoistetun lämmöntuotannon käyttö lisääntyy

Osa kasvihuoneyrittäjistä on ulkoistanut lämpöenergiantuotannon ja yritykset käyttävät joko kaukolämpöä tai sitten energian tuotannosta vastaa toinen yritys, jonka lämpökontti tuottaa energian kasvihuoneille. Tilastoista on havaittavissa ostetun lämpöenergian määrän kasvu. Kiinteiden polttoaineiden osuutta ostoenergiassa on vaikea arvioida, koska kaukolämpöä tuotetaan sekä öljyllä että kiinteillä polttoaineilla, myös sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa. Energiateollisuus ry:n laskelmien mukaan vuonna 2023 kaukolämmöstä 53 % tuotettiin uusiutuvista energialähteistä. Myös kasvihuonetuotannon voidaan arvioida uusiutuvan osuudeksi vähintään puolta kokonaisostoenergiasta, koska lämpökonteista tuotettu energia on valtaosin metsähakepohjaista.

Kastelu ja kasvisten varastointi kuluttavat energiaa

Avomaan puutarhatuotanto on monin tavoin verrattavissa muuhun peltoviljelyyn. Kuitenkin kastelun käyttö lisää energian tarvetta, kun vettä pumpataan vihannes- ja marjapelloille sadon varmistamiseksi. Kastelun tarve on kasvamaan päin ilmastonmuutoksen aiheuttamien sadantavaihteluiden vuoksi. Toinen runsaasti energiaa kuluttava prosessi on avomaavihannesten ja omenoiden varastointi. Erillisiä kulutusmääriä ei näistä ole selvitetty.

5.4. Sikatalous

Sikataloutta koskevassa rakennetutkimuksen energiatilastoinnissa on yhdistetty sikatalouden eri tuotantosuunnat (porsastuotanto, sianlihan tuotanto ja näiden yhdistelmät).

Sikatalouden energiakulutus on suhteellisen vähäistä (Taulukko 5), n. 6 % maatalouden kokonaiskulutuksesta. Käytetystä energiasta kuluu merkittävä osa tuotantorakennusten lämmittämiseen. Lämmöntuotannossa on siirrytty käyttämään kiinteitä polttoaineita, joiden osuus sikatalouden kokonaisenergiankulutuksesta on FADN-tilaston mukaan n. 30 %.

Taulukko 5. Nestemäisten polttoaineiden ja sähkön käyttö sikataloudessa (Rakennetutkimus).

Tuotantosuunta	Energianlähde	2010 GWh	2013 GWh	2016 GWh	2020 GWh
Sikatalous	Moottoripolttoöljy	105	68	58	55
	Lämmityspolttoöljy	49	22	13	11
	Polttoöljy viljankuivaukseen	47	35	26	35
	Sähkö	127	102	107	84

5.5. Siipikarjatalous

Siipikarjatuotanto koskevassa energiatilastoinnissa on yhdistetty eri tuotantosuuntia (kananmunantuotanto, broilerinlihan tuotanto ja muu siipikarjatuotanto).

Siipikarjatuotannon osuus maatalouden energiankulutuksesta on n. 5 %. Sen jakautuminen energialähteisiin on esitetty taulukossa 6. Eniten energiaa kuluu eläintilojen lämmitykseen, jossa hyödynnetään polttoöljyn lisäksi huomattava määrä kiinteitä polttoaineita. Kiinteiden polttoaineiden osuus siipikarjatalouden energiankulutuksesta on suuruusluokkaa 2/3 (FADN-tilastot).

Taulukko 6. Nestemäisten polttoaineiden ja sähkön käyttö siipikarjataloudessa (Rakennetutkimus).

Tuotantosuunta	Energianlähde	2010 GWh	2013 GWh	2016 GWh	2020 GWh
Siipikarjatalous	Moottoripolttoöljy	20	31	51	44
	Lämmityspolttoöljy	25	22	13	16
	Polttoöljy viljankuivaukseen	9	15	16	18
	Sähkö	25	40	43	38

5.6. Sekamuotoinen tuotanto

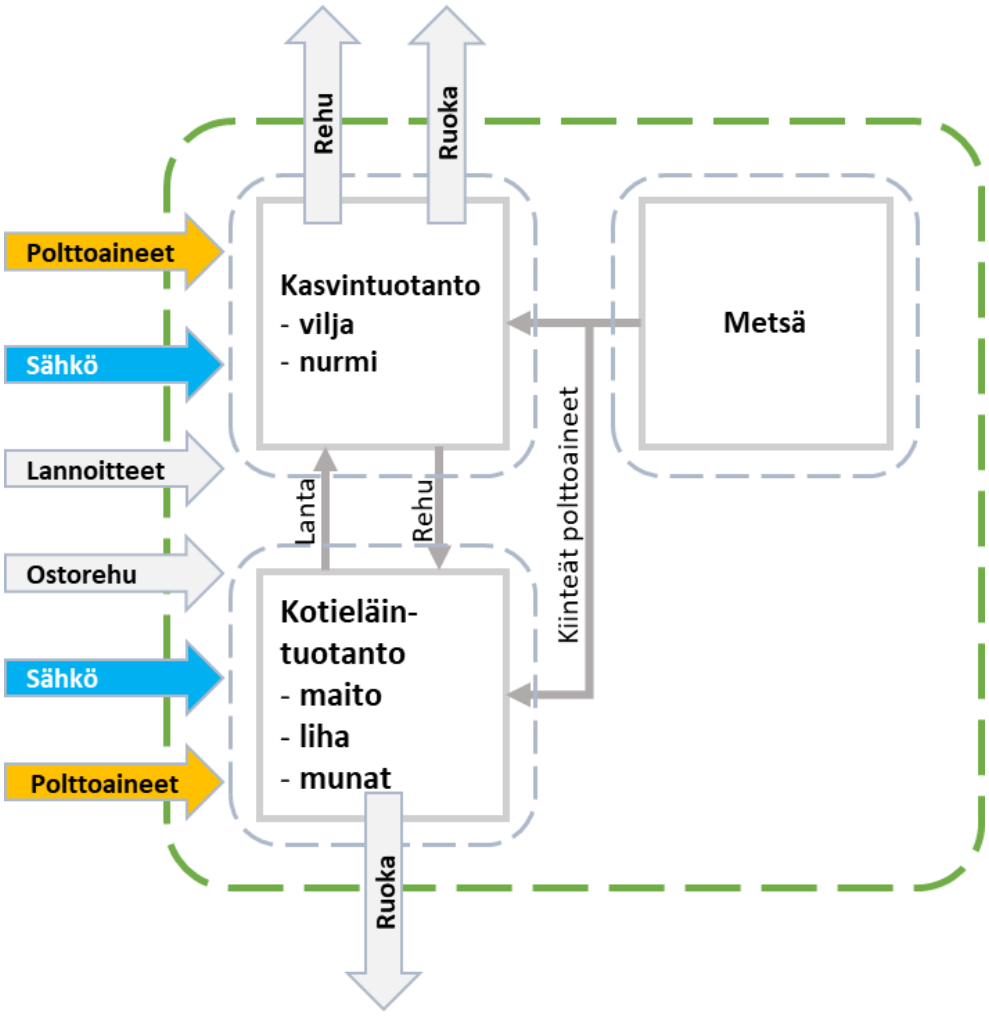
Sekamuotoinen tuotanto kattaa ne tuotantosuunnat, joissa mikään osa tuotoksesta ei tuo yli 2/3:a euromääräisestä tuotosta tilalla. Energialähteiden kulutusprofiili on siten tila- ja tuotantotapakohtainen. FADN-aineiston pohjalta voidaan arvioida tilojen kattavan 58 % energiakulutuksestaan nestemäisillä polttoaineilla, 15 % kiinteillä polttoaineilla ja 27 % sähköllä. Moottoripolttoöljyjen kulutus on suurinta, kuten kaikilla peltoviljelyä harjoittavilla tiloilla (Taulukko 7). Sekamuotoisilla kirjanpitotiloilla on keskimäärin noin 40 eläinyksikköä ja 80 ha maatalousmaata.

Taulukko 7. Nestemäisten polttoaineiden ja sähkön käyttö sekamuotoisessa tuotannossa (Rakennetutkimus).

Tuotantosuunta	Energianlähde	2010 GWh	2013 GWh	2016 GWh	2020 GWh
Sekamuotoinen tuotanto	Moottoripolttoöljy	157	127	140	171
	Lämmityspolttoöljy	24	16	12	8
	Polttoöljy viljankuivaukseen	55	54	58	76
	Sähkö	78	75	77	68

6. Maataloustuotannon prosessien energiankulutus

Maataloustuotannon prosessit voidaan energia- ja tuotevirtojen osalta esittää kuvan 17 kaavion mukaisesti. Energiavirtojen tarkastelua on tässä raportissa rajattu siten, että tarkastelussa ovat mukana vain maatalouden käyttämät suorat energiapanokset, kuten nestemäiset polttoaineet ja sähkö. Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty mm. agrokemikaalien (esim. lannoitteiden) energiasisältöjen tarkastelu. Ahokkaan (2013a) mukaan agrokemikaalien osuus ohran tuotannon kokonaisenergiankulutuksesta on noin puolet. Rajaus on tehty tarkastelun yksinkertaistamiseksi ja siksi, koska maatilat voivat vain rajallisesti vaikuttaa esimerkiksi lannoitteiden valmistukseen kuluvaan energiaan. Viljelyteknologiaan ja -menetelmiin liittyvillä muutoksilla, esim. karjanlannan käytön tehostamisella, kierrätyslannoitteiden käytöllä tai palkokasveja viljelemällä, voidaan kuitenkin vaikuttaa lannoitukseen liittyvään välillisen energian kulutukseen ja osuuteen tuotannossa.



Kuva 17. Maatilan energia- ja tuotevirrat, kun tarkastellaan vain suoria energiapanoksia. (Ahokas 2013a, muokattu).

Esimerkiksi sikatilalla/sianlihantuotannossa kuvan 17 malli toimii siten, että kasvintuotanto tuottaa viljaa kotieläintuotannon rehuksi, josta valmistuu markkinoille lopputuotetta eli sianlihaa. Kasvintuotannosta voi samalla tilalla tulla myös lopputuotetta, eli esimerkiksi leipäviljaa tai rehua toisille tiloille. Suuria määriä rehua ja karjanlantaa siirretään peltojen ja kotieläinyksikön välillä. Energiaa kuluu kaikissa työvaiheissa.

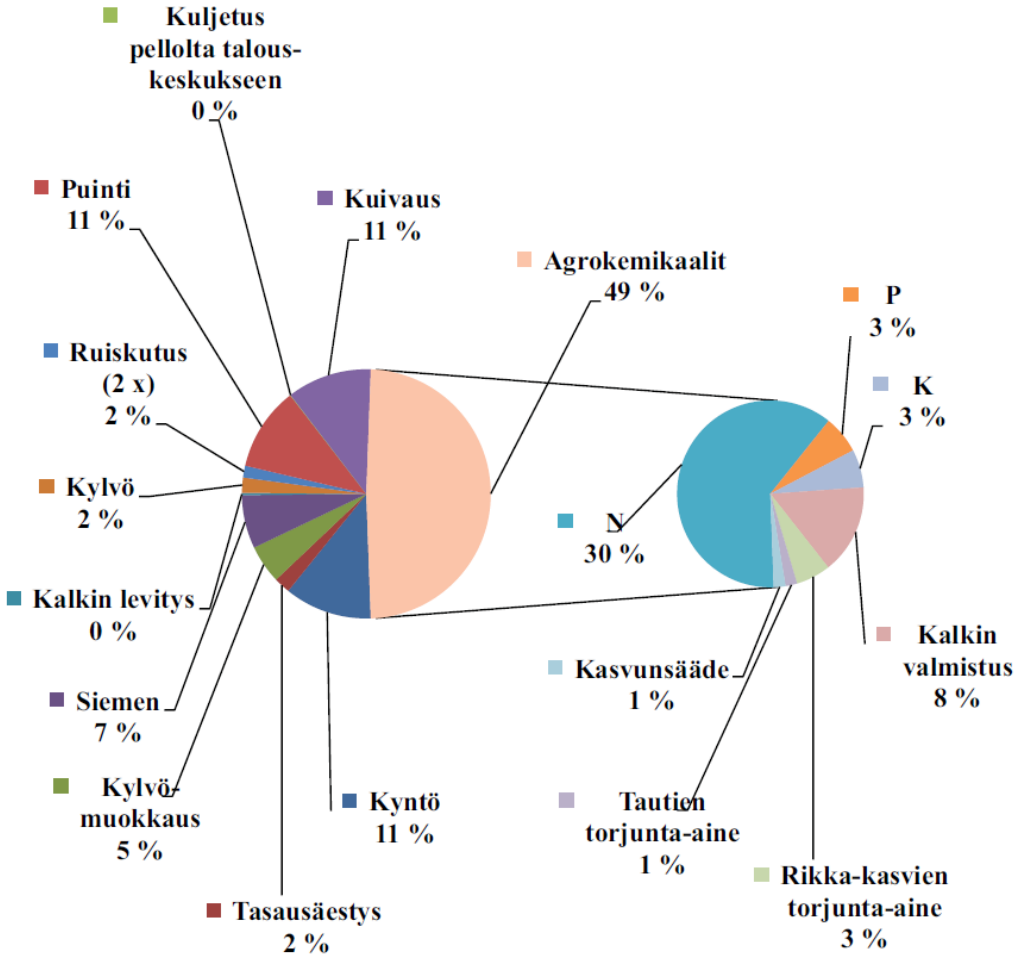
Kasvintuotannon tuotokset pitää useimmiten saattaa varastointikelpoiseksi. Esimerkiksi vilja joudutaan tätä varten kuivaamaan. Kuivaamiseen kuluu paljon energiaa, johon voidaan käyttää tilan metsästä tuotettua haketta. Samaa energianlähdettä voidaan hyödyntää sikalan lämmityksessä. Kotieläintiloilla kuivauksen vaihtoehtona on vähemmän energiaa kuluttava viljan tuoresäilöntä. Lannasta ja kasvinjätteistä voidaan myös tuottaa biokaasua. Näitä vaihtoehtoja ja energian säästömahdollisuuksia käydään myöhemmissä luvuissa tarkemmin läpi.

6.1. Peltokasviviljelyn tuotantoprosessit

Yksivuotiset kasvit

Kasvinviljelyssä viljelykasvi, maaperä, ilmasto-olosuhteet ja hintasuhteet määrittelevät sen, minkälaisia tuotantoketjuja kannattaa käyttää. Tuotantoketjuvaihtoehtoja on kymmeniä, ellei satoja. Yksivuotiset kasvit (mm. viljat, rypsi, peruna, sokerijuurikas, useimmat vihannekset) kylvetään ja korjataan joka vuosi. Ennen kylvöä tai istutusta maata muokataan sopivan kasvualustan valmistamiseksi – tai ei muokata, mikäli suorakylvetään. Kyntö on perinteisin perusmuokkausmenetelmä. Varsinkin Etelä-Suomen savimailla on siirrytty kyntöä nopeampiin ja kosteutta säästäviin kevytmuokkausmenetelmiin, kuten kultivointiin tai lautasmuokkaukseen. Perusmuokkausta täydennetään usein kylvömuokkauksilla, jotta kylvöalustasta saadaan sopiva. Kylvöä seuraavat kasvinsuojeluruiskutukset tai mekaaninen torjunta. Sadon valmistuttua viljakasvit puidaan ja jyvät säilötään kuivaamalla tai tuoresäilönnällä, joka on vielä melko harvinaista. Juurikasvit ja peruna nostetaan ja puhdistetaan maasta kullekin kasville suunnitellulla nostokoneella. Pilaantumisen estämiseksi kyseisten kasvien sato säilötään yleensä koneellisella ilmanvaihdolla varustetussa varastossa (pl. sokerijuurikas).

Kuvassa 18 on esimerkkilaskelma ns. perinteisin menetelmin viljellyn ohrantuotannon kokonaisenergiajakaumasta. Ohran jyväsadoksi on oletettu 3 900 kg/ha ja puintikosteudeksi 19 %. Epäsuoran energian (agrokemikaalit) osuus on lähes puolet tuotannon kokonaiskäytöstä eli hyvin merkittävä. Suurin yksittäinen osuus on typpiravinteen tuotannolla. Typpi otetaan ilmasta Haber-Boschin menetelmällä, joka kuluttaa paljon energiaa (pääosin maakaasua).



Kuva 18. Esimerkki ohran tuotannon kokonaisenergian käytön jakaumasta. Kokonaiskulutus on 3 900 kWh/ha. Esimerkissä ohran puintikosteus on 19 %. Koneiden ja rakennusten valmistamiseen kulunut energia sisältyy ko. työvaiheen osuuteen (Ahokas 2013a, 2013b).

Maan muokkaukset (kyntö + äestykset) ja kylvö kuluttavat tuotantoon tarvittavasta energiasta noin 20 %. Näissä on koneiden valmistukseen ja huoltoon käytetty energia mukana (epäsuoraa energiaa). Puinti on myös raskas työvaihe, varsinkin, jos oljet silputaan samalla. Viljan kuivauksen osuudeksi kulutuksesta on saatu ”vain” 11 %. Tämä pitääkin paikkansa, mikäli vilja pystytään puimaan oletuksen mukaisessa 19 %:n kosteudessa. Tämä on hyvä tavoite, tällöin viljasta täytyy poistaa vain 5 %-yksikköä vettä. Käytännössä Suomessa viljaa joudutaan monesti puimaan 22–25 %:n kosteudessa, jolloin kuivausenergian tarve vähintään kaksinkertaistuu.

Monivuotiset kasvit

Rehunurmet ovat Suomessa ylivoimaisesti eniten viljeltyjä monivuotisia kasveja. Niitä on lähes yhtä paljon viljelyssä kuin viljojakin (stat.luke.fi). Lisäksi puimalla korjattava kumina on monivuotinen. Nurmia ei tarvitse kylvää vuosittain, vaan Suomen oloissa riittää yleensä, että nurmi uusitaan 3–5 vuoden välein. Uusinta tehdään yleensä kylvämällä uusi nurmi viljan aluskasviksi, koska nurmen kasvuun lähtö on merkittävästi viljoja hitaampaa. Tämä johtaa automaattisesti viljelykiertoon, mikä on monelta kannalta positiivinen asia. Nurmia viljellään yleensä märehtijöiden (lypsylehmät, lihanaudat, lampaat) ja hevosten rehuiksi. Pieni osa nurmista (n. 20 %) on viherkesantona parantamassa peltojen kasvukuntoa, sitomassa ilmasta typpeä tai muuten reservissä.

Keväällä nurmet lannoitetaan yleisemmin väkilannoitteilla tai jos pelto kantaa, karjan lietelannalla. Luomunurmet lannoitetaan yleensä vain perustamisvaiheessa, muuten luotetaan apiloiden typensidontakykyyn. Sadonkorjuu toistuu 1–3 kertaa kesän aikana riippuen, minkä laatuista rehua halutaan. Nurmirehun korjuussa on valtaosin siirrytty suoraniitetystä tuorerehusta esikuivattuun säilörehuun tai säilöheinään. Menetelmässä nurmi niitetään karhoille ja annetaan kuivua tarpeellinen aika (esim. 4–70 h). Korjuu suoritetaan tarkkuussilppurilla, noukinvaunulla tai paalaimella muovitettuihin paaleihin. Esikuivauksen etuna on veden väheneminen rehussa, mikä johtaa pienempään siirrettävään tonnimäärään, pienempään jäätymisriskiin ja parempaan maittavuuteen.

Säilörehun viljelyssä paljon energiaa kuluttavia työvaiheita ovat kuivumista nopeuttava niitto-murskaus, rehun tarkkuussilppuaminen ja pitkät siirtomatkat maanteitä pitkin, mitä tilakoon kasvu ja tilusrakenteen pirstoutuminen lisäävät. Rehu pitää silputa lyhyeksi, jotta se tiivistyy riittävästi varastosiilossa ja jotta ruokintalaitteet pystyvät jakamaan sitä. Koska silppuamisen tehontarve on suuri ja yksikkökoot ovat kasvaneet, ovat monet isot tilat/tilaryhmät siirtyneet ajettavien tarkkuussilppureiden käyttöön. Niissä moottoritehot ovat selvästi suurempia kuin mitä traktoreissa tarvitaan (esim. 300–600 kW). Tämä ei automaattisesti tarkoita lisääntynyttä energiankulutusta silppuamisessa, mikäli aikayksikössä saadaan enemmän aikaan. Töiden ja työketjujen suunnittelun merkitys korostuu. Pieni osa nurmesta korjataan edelleen kuivaheinänä tai näiden välimuotona, säilöheinänä. Korjuumenetelmänä on yleensä paalaus pyörö- tai kanttipaaleihin, muovitettuna tai ilman.

Koneiden ja rakennusten valmistamiseen ja huoltoon kuluu epäsuoraa energiaa. Tyypillisesti tämän osuus on traktoreilla ja itsekulkevilla työkoneilla 20–30 % polttoaineen kulutuksesta (Mikkola & Ahokas 2009). Työkoneisiin ja rakennuksiin kuluneen epäsuoran energian ottaminen mukaan laskentaan sekä kohdistaminen eri kasveille tekee laskennasta monimutkaista.

Taulukossa 8 on esitetty esimerkkejä eri kasvien tuotannon energiankulutuksesta. Kuvassa 18 ja taulukossa 8 koneiden ja rakennusten valmistamiseen ja huoltoon kuluva energia on jaoteltu hieman eri tavalla, mutta kokonaisenergiankulutukset tulevat kummallakin laskentatavalla likimain samoiksi. Vuosittaiset sääolot, maalajit ja tuotantomenetelmät vaikuttavat näihin. Talteen saadulla sadolla on suurin merkitys, kun tarkastellaan kilokohtaisia energiankulutusarvoja. Taulukossa käytetyt satotasot ovat kuitenkin hyvin lähellä tyypillisiä suomalaisia keskimääräisiä satoja (stat.luke.fi/).

Taulukko 8. Esimerkkejä peltokasvintuotannon suorasta ja epäsuorasta energiankulutuksesta sekä kokonaisenergian kulutus. (Ahokas & Schäfer 2013).

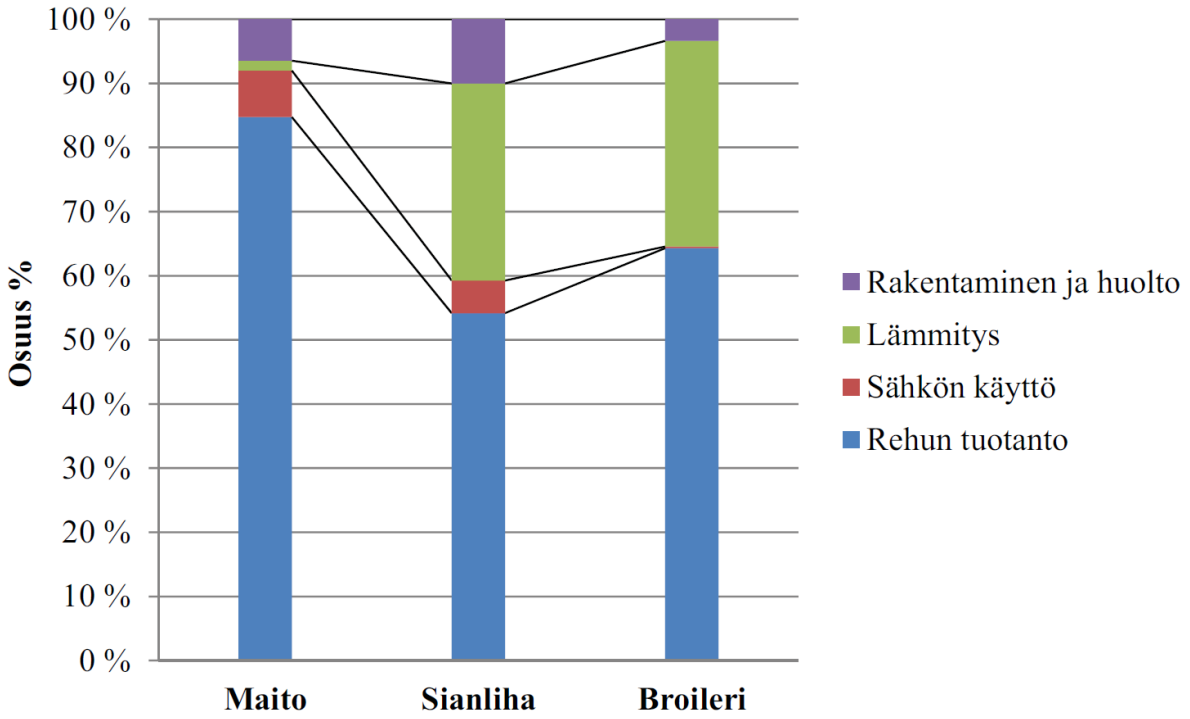
Kasvi	Suora energia		Epäsuora energia		Kokonaisenergia	
	kWh/ha	kWh/kg	kWh/ha	kWh/kg	kWh/ha	kWh/kg
Ohra, 3 900 kg/ha	950	0.25	2 900	0.7	3 850	0.95
Vehnä, 4 200 kg/ha	1 100	0.30	3 600	0.9	4 700	1.20
Säilörehu, 5 300 kg/ha [1]	320	0.04	3 800	0.5	4 120	0.54
Rypsi, 1 500 kg/ha	860	0.60	3 000	2	3 860	2.60
Ruokohelpi, 5 100 kg/ha [1]	250	0.04	2 300	0.4	2 550	0.44
Sokerijuurikas 7 700 kg/ha [1]	1 000	0.03	4 800	0.1	5 800	0.13
Peruna, 4 900 kg/ha [1]	1 000	0.05	5 400	0.2	6 400	0.25

[1] kasville on ilmoitettu kuiva-ainesatotaso; energiankulutus on laskettu tuorekiloa kohden

Taulukon 8 suoria energiapanoksia tarkasteltaessa yksivuotisten kasvien pinta-alakohtaiset energiankulutukset ovat hyvin lähellä toisiaan, kun taas monivuotisten nurmikasvien suora energiankäyttö on selvästi näitä alempi. Kun tarkastellaan kokonaisenergiankäyttöä kuiva-ainetuotekiloa kohden, nurmikasvit kuluttavat edelleen puitavia kasveja vähemmän energiaa, mutta vielä edullisempia ovat energiankulutuksen suhteen suurisatoiset sokerijuurikas ja peruna. Perunaa voidaan käyttää suoraan ihmisravinnoksi, toisin kuin nurmikasveja.

6.2. Kotieläintalouden tuotantoprosessit

Valtaosa kotieläintalouden käyttämästä energiasta kuluu rehuntuotantoon l. peltoviljelyyn (kuva 19). Naudat tuottavat niin paljon lämpöä, ettei nautakarjanavetoissa tarvita käytännössä lainkaan lämmitystä, mahdollisesti lukuun ottamatta nuorten eläinten tiloja sekä lypsyn vaatimaa lämmintä käyttövettä ja mahdollisesti juomavettä. Sika- ja siipikarjatiloilla lämmitystä tarvitaan korkeamman lämpötilavaatimuksen ja tehokkaan ilmanvaihdon vuoksi. Nautakarjatiloilla maitokoneet (mm. maidon jäähdytys) kuluttavat paljon sähköä, tilakohtaisesti myös rehun sekoitus ja jako voivat perustua sähkön käyttöön.



Kuva 19. Esimerkki energian kulutuksen jakaumasta maidon, sianlihan ja broilerinlihan tuotannossa. "Rakentaminen ja huolto" tarkoittaa rakennusmateriaalien energiantarvetta ja rakennuksen korjauksien energiantarvetta (Ahokas & Schäfer 2013).

Taulukkoon 9 on koottu esimerkkejä kotieläintuotannon energiankulutuksesta syötävää tuotekiloa kohden. Kun verrataan lukuja taulukon 8 lukuihin, nähdään että lihantuotannon energiankulutus tuotekiloa kohden voi olla 10–20 kertaa suurempi, kuin kasvintuotannon energiankulutus. Toisaalta kotieläimet, varsinkin märehtijät, pystyvät muuttamaan ihmisille käyttökelvottomia rehuja ihmisravinnoksi sopivaksi, esimerkiksi nurmirehun lihaksi ja maidoksi. Suuri osa maamme pelloista on sen verran heikkokuntoisia, että ne sopivat parhaiten vain nurmirehuntuotantoon. Tämän takia kotieläinsektori on tärkeä osa ruuantuotantoa ja huoltovarmuutta.

Taulukko 9. Esimerkkejä kotieläintuotannon energiankulutuksesta syötävää tuotekiloa kohden (Ahokas & Schäfer 2013).

Tuotanto	Suora energian kulutus	Kokonaisenergian kulutus
	kWh/kg	kWh/kg
Broileri	0.5–0.7	7–10
Sianliha	1–2	7–19
Lihanauta	-	22–28
Maito	0.1–0.3	1.4–1.9

Kotieläintuotannon suora energiankulutus on varsin pientä verrattuna pelloilla tapahtuvaan rehuntuotantoon. Silti kotieläintaloudesta aiheutuva energiakustannus voi olla tilakohtaisesti merkittävä suurissa tuotantoyksiköissä. Energian säästömahdollisuuksia on lukuisia riippuen siitä, miten tuotanto on järjestetty. Päähuomion tulisi kuitenkin olla peltoviljelyn energiankäytön vähentämisessä ja rehunkäytön optimoinnissa.

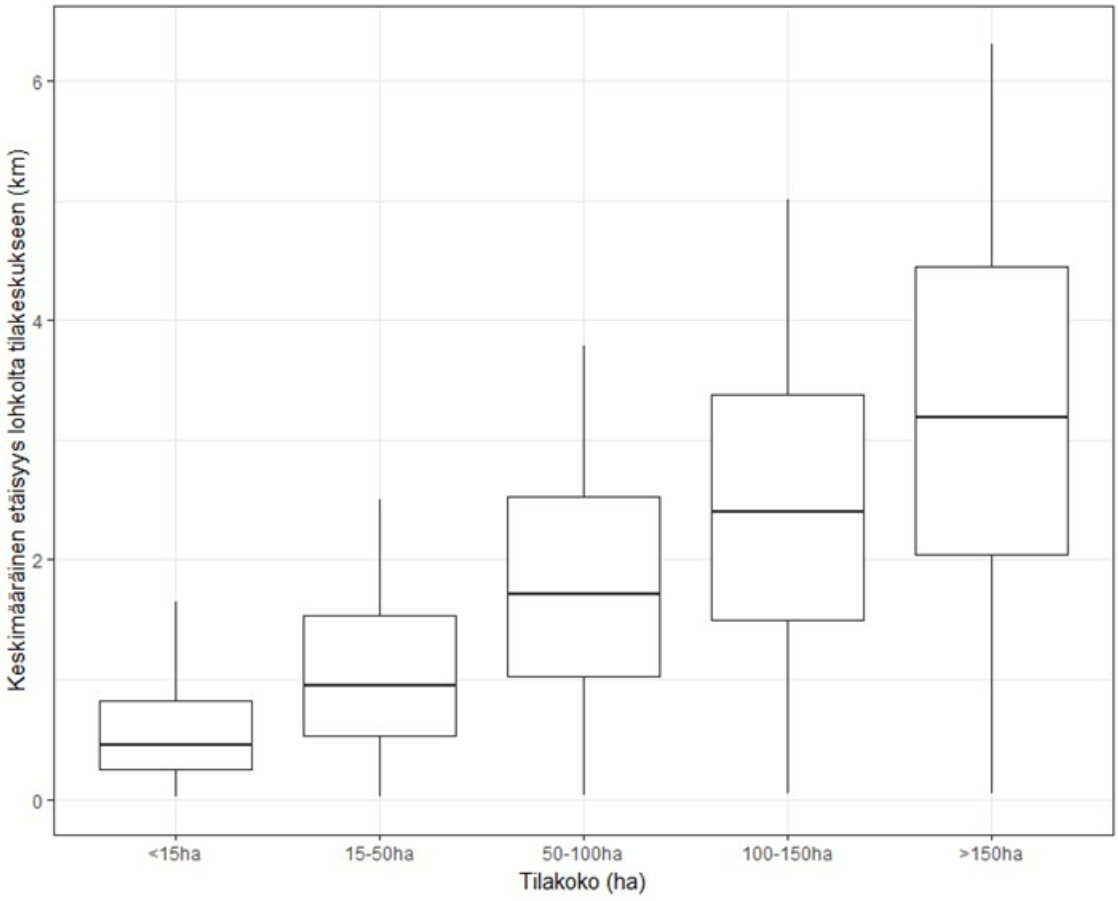
Karjanlannan siirtoajo ja levitys pelloille ovat varsin paljon energiaa kuluttavia työvaiheita. Siksi laskelmissa on varmistuttava, että maantieajo raskailla kuormilla ja myös levitys peltoon otetaan huomioon arvioitaessa tuotannon suoraa energiankulutusta. Sika- ja siipikarjatiloilla karjanlanta levitetään viljamaille, ja jossain määrin näin tapahtuu myös nautatiloilla.

6.3. Maatilan kuljetukset

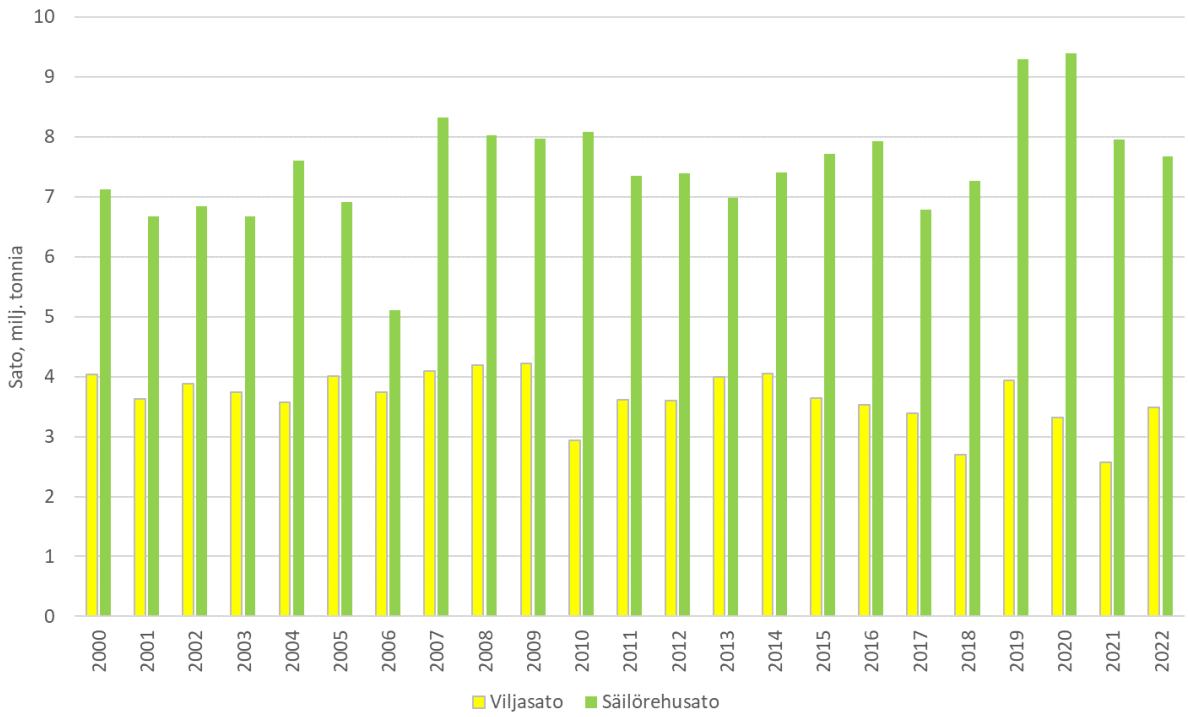
Viljeltävien peltolohkojen etäisyys talouskeskuksesta vaikuttaa kuljetusten energiankulutukseen matkan, viljeltävän kasvin ja tuotantomenetelmien sekä -kaluston mukaan. Se, mitä lohkoilla viljellään, vaikuttaa tarvittavien lohkolla käyntien määrään ja kalusto puolestaan kuljetuskapasiteettiin ja päivittäiseen työsaavutukseen. Lohkon koolla on suurin merkitys, kun on siirrettävä suuria määriä materiaalia pinta-alaa kohden.

Kuvassa 20 on havainnollistettu keskimääräisiä tie-etäisyyksiä tilakeskuksen ja tilan lohkojen välillä eri tilakokoluokissa. Tilakoko saatiin summaamalla tilan viljelyksessä olevat lohkot ja lohkojen etäisyyksistä laskettiin keskiarvo. Kuvassa laatikoiden mustat keskiviivat kuvaavat keskietäisyyksien mediaaneja ja laatikon ylä- ja alareunat ylä- ja alakvartiileja. Lohkon etäisyys tilakeskukseen laskettiin vain, jos matka linnuntietä oli yli 200 metriä ja alle 40 kilometriä.

Traktoreita käytetään erityisesti tilojen sisäisissä kuljetuksissa talouskeskuksen ja peltolohkojen välillä. Viljasadon määrä oli vuosina 2000–2022 keskimäärin 3,6 miljoonaa tonnia kuivattuna (Kuva 21). Tuoreviljasadon osuus korjatusta vilja-alasta oli vain 6,0 %, joten lähes koko sato kuivataan.



Kuva 20. Tie-etäisyys tilakeskuksen ja peruslohkojen välillä tilakokoluokittain. Kuviossa mediaani sekä ylä- ja alakvartiili. Aineisto: MML.



Kuva 21. Vilja- ja säilörehusadon kokonaismäärä Suomessa vuosittain (stat.luke.fi)

Säilörehusato sisältäen sekä esikuivatetun että tuoresäilörehun korjuukosteudessa oli Luken tilastojen mukaan 1999–2022 keskimäärin 7,1 miljoonaa tonnia. Esikuivatetun säilörehun sadon osuus siitä on vuosina 1999–2022 ollut keskimäärin 6,4 miljoonaa tonnia. Muita merkittäviä kuljetettavia satoja ovat perunasato keskimäärin 0,6 miljoonaa tonnia ja sokerijuurikassato 0,7 miljoonaa tonnia vuosien 1999–2022 keskiarvona. Lannan määrä on noin 18 miljoonaa tonnia (Kapuinen & Karhunen 1990). Kun tästä vähennetään laitumelle päätyvä lanta, kuljetettava määrä on noin 13 miljoonaa tonnia vuodessa. Sadot kuljetetaan pellolta talouskeskukseen ja lanta talouskeskuksesta pelloille. Bernhardtin ja Weisen (2001) tutkimuksessa lannankuljetusten osuus oli 32 %, tuorerehun ja heinän 22 % ja viljasadon 17 % maatalouden kuljetuksista.

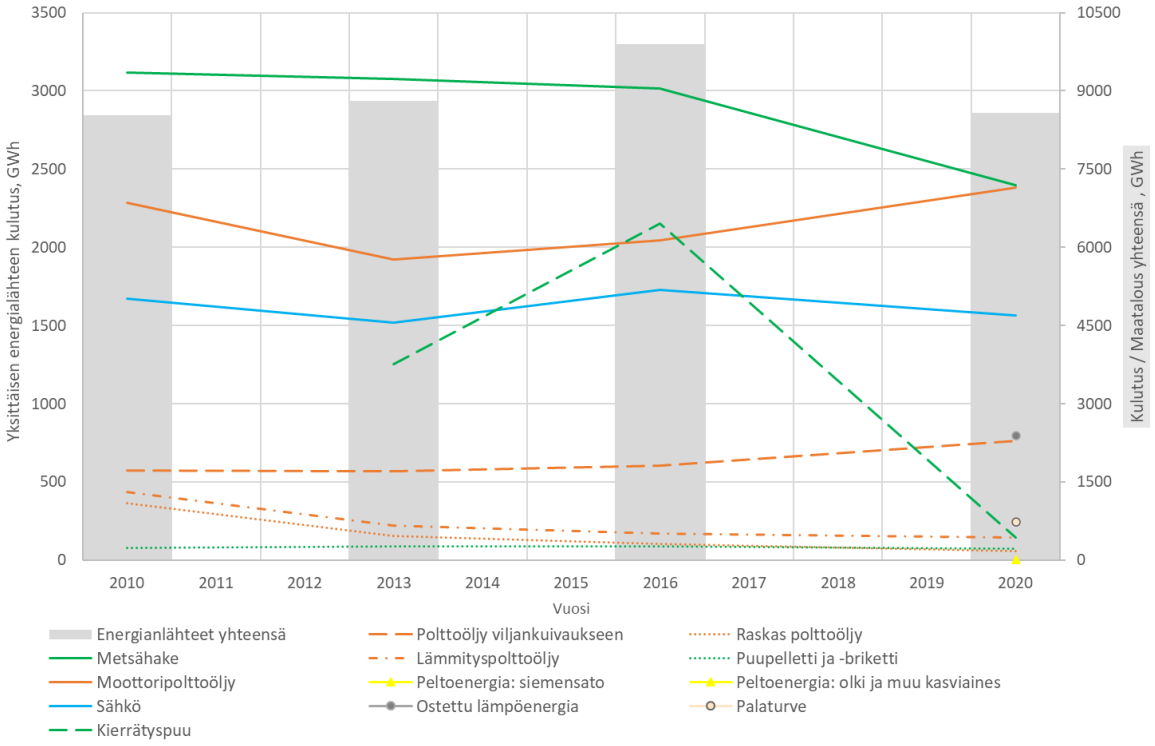
Traktorin polttoaineenkulutus maantieajossa on suuri suhteessa kuorma-auton polttoaineen kulutukseen. Keskeinen syy tähän on moottorin käyttö epätaloudellisella pyörimisnopeudella. Esimerkiksi Ahokkaan ja Mikkolan tekemässä kokeessa 3940 kg painava Volvo BM Valmet 805-4 perävaunulla yhdessä siihen kytketyn 11 500 kg:n painavan perävaunun kanssa kulutti 35–39 l/100 km mäkisessä maastossa ja 29–36 l/100 km tasaisessa maastossa, mikä vastaa 0,022–0,025 l/tkm (tonnikilometri) ja 0,019–0,023 l/tkm. Mäkisessä maastossa pienin tonnikilometrikulutus saavutettiin käyttämällä 8-vaihdetta ja ylentävää pikavaihdetta nopeammassa asennossa sekä laskemalla moottorin pyörimisnopeutta 100–200 r/min maksimista, jolloin nopeus kasvoi ja moottori kuormittui paremmin. Ylentävä pikavaihde nosti ajonopeutta 24,4 %. Tasaisessa maastossa pienin tonnikilometrikulutus saavutettiin pääosin käyttämällä 8. vaihdetta ylentävä pikavaihde nopeammassa asennossa, jolloin nopeus kasvoi ja moottori kuormittui paremmin.

Ajonopeuden alentaminen moottorin pyörimisnopeutta alentamalla tällä välityksellä ei enää oleellisesti vähentänyt polttoaineen kulutusta. Suurimmat tonnikilometrikulutukset syntyivät moottorin käydessä suurimmilla kierrosluvuilla ja pikavaihteen ollessa hitaammassa asennossa. Tonnikilometrikulutus oli pienimillään mäkisessä maastossa 12 % ja tasaisessa maastossa 17 % suurinta pienempi. Käytännössä pikavaihteen asennon vaikutus on sama kuin saman traktorin 30 km/h ja 40 km/h versioiden välinen ero. Vielä nopeammissa versioissa tai muulla tavoin kuin välityksillä nopeusrajoitettujen versioiden polttoaineen tonnikilometrikulutus laskisi edelleen. Kulutus tonnikilometriä kohti muodostuu suurimmaksi pelkällä traktorilla maantiellä ajettaessa. Koneviestin (Vesterinen 2015) testissä oli mukana 8 traktoria, joiden massa oli 6 700–8 520 kg, joka sisälsi nostolaitteisiin kytketyn 700 kg:n lisäpainon kuvaamaan työkonetta. Tonnikilometrikulutukset olivat 0,042 l/tkm. Moottorit toimivat epätaloudellisella alueella lähellä maksipyörimisnopeutta pienellä kuormalla. Suurin kulutus oli traktorilla, joka ei saavuttanut välitystensä takia tavoitenopeutta 40 km/h ja kävi täysillä.

Maataloudessa on huomattava määrä kuljetuksia liittyen erityisesti lannanlevitykseen mutta myös säilörehun korjuuseen. Kuljetuksen polttoainekulutusarviot ovat karkeita ja yleensä ne ilmoitetaan tonnikilometrinä siten, että matka on yhdensuuntainen matka, kuorma on nettokuorma ja paluumatkan kulutus sisältyy arvioon. Kulutusarvio näin laskettuna on 0,09 l/tkm. Tällöin esimerkiksi 30 t/ha hehtaari lietelantaa kuljettuna 10 kilometrin päässä sijaitsevalle pellolle kuluttaisi 27 litraa polttoöljyä. Ahokkaan (2013a) mukaan ohran tuotannossa suora energiankulutus on 950 kWh/ha, joka vastaa 95 l/ha polttoöljyä, jolloin lietelannan kuljetus esimerkin mukaisesti lisäisi energiankulutusta 28 %. Luken tilastojen mukaan viljanviljelytiloilla suora energiankulutus polttoöljynä oli 2010-luvulla 1 140–1 465 kWh/ha, mikä on jonkin verran Ahokkaan (2013a) laskemaa suurempi määrä. Ahokkaan (2013b) mukaan nurmirehun korjuussa sadon kuljetuksen polttoaineenkulutus on 0,2 l/t ka kuljetusetäisyyden ollessa 0,5 km ja 2,5 l/t ka 4 km:n kuljetusetäisyydellä. Kuljetusmatkan ollessa 4 km kuljetuksen osuus on noin puolet koko korjuuketjun polttoaineen kulutuksesta.

7. Energiankulutus energialähteen mukaan

Maatalouden sähkön käyttö säilyi varsin samalla tasolla koko 2010-luvun ajan. Lisääntynyt sähkökäyttöjen hyödyntäminen lienee kompensoinut energiatehokkaiden ratkaisujen, kuten LED-valaistuksen, energiankulutusta vähentävää vaikutusta. Moottoripolttoaineen käyttö lisääntyi 2010-luvulla selvästi vuoden 2016 jälkeen. Moottoripolttoöljyn käytössä on ollut selvä kasvutrendi, ja se kiri energiaosuudeltaan suurimmaksi energialähteeksi viime vuosikymmenen kuluessa. Tämä saattaa johtua maatilojen peltopinta-alan kasvusta aiheutuvasta pidemmistä kuljetusmatkoista, jolloin traktoreita ajetaan yhä enemmän teillä. Sen sijaan lämmityspolttoöljyn käyttö, joka on ollut selvästi vähäisempää kuin moottoripolttoöljyn käyttö, väheni koko vuosikymmenen (Kuva 22).



Kuva 22. Maatalouden energiankulutus energialähteittäin (Rakennetutkimus).

Raskaan polttoöljyn käyttö on vähentynyt samaa tahtia kevyen lämmityspolttoöljyn käytön kanssa. Sen sijaan kevyen polttoöljyn käyttö viljankuivaukseen lähes kaksikertaistui viime vuosikymmenen kuluessa. Kun kuivaukseen käytetyn polttoöljyn osuus on selvästi kasvanut, polttoöljyjen osuus kasvoi 42,6 %:iin vuoteen 2020 mennessä.

Puun (halot, pilkkeet ja muu kokopuu) käyttö oli 2010-luvulla suurimmillaan 2016. Vuoden 2020 kyselyssä jaottelu muuttui, ja näyttäisi siltä, että tilat eivät raportoineet puun käyttöä lainkaan, koska energian kokonaiskulutus pieneni puun käyttöä vastaavalla määrällä vuodesta 2016 vuoteen 2020. Puun käyttö on saattanut lisääntyä vuoden 2020 jälkeen polttoöljyn hinnan noustua. Puun ja polttoöljyn yhteinen käyttö on ollut noin 70 %. Myös metsähakkeen käyttö on Luken tilastojen mukaan tasaisen käytön jälkeen vähentynyt selvästi vuodesta 2016 vuoteen 2020, mutta se oli edelleen selvä kakkonen vuonna 2020. Kun metsähakkeenkin käyttö maataloudessa väheni vuosikymmenen lopulla, on puun käyttö maatalouden energian lähteenä vähentynyt tilastojen valossa. Tähän liittyy tiedonkeruussa olevaa epävarmuutta (vrt.

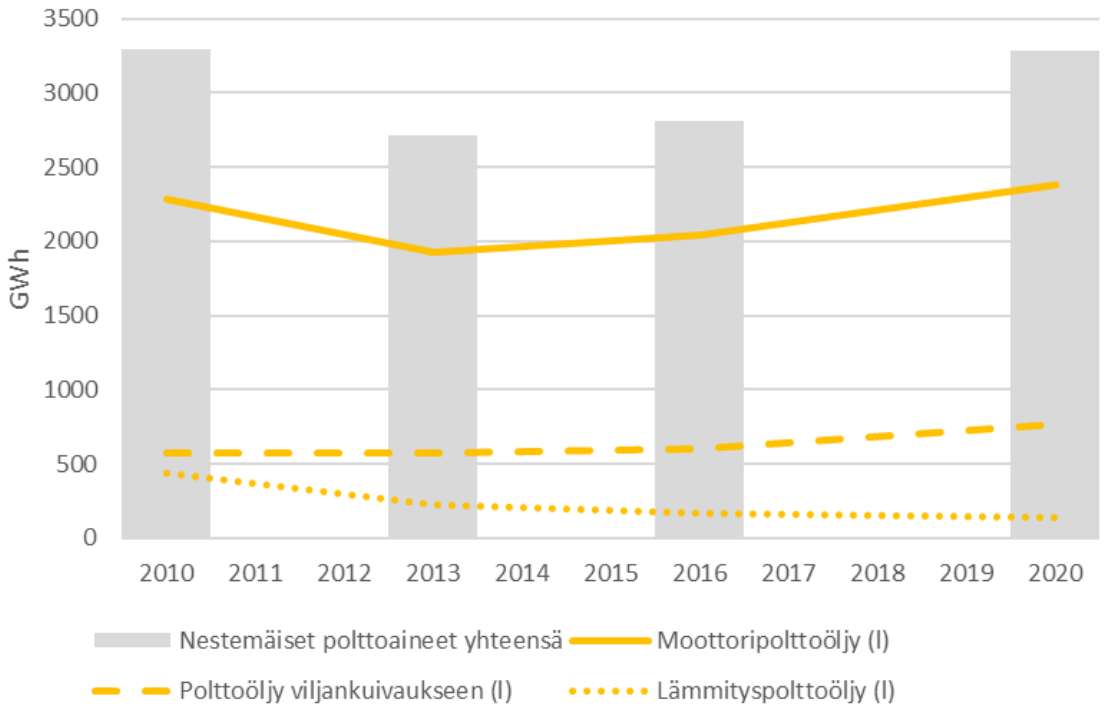
luku 5). Edellä esitetyt energiamuodot sisältävät maa- ja puutarhatalouden energiankäytön oleellisimman osan. Puupellettien ja -brikettien käyttö oli 2010-luvulla hyvin vähäistä suhteessa metsähakkeen käyttöön.

Peltobiomassojen käyttö lisääntyi rajusti vuosikymmenen puolivälissä mutta niiden käyttö putosi vuoteen 2020 jopa pienemmäksi kuin se oli vuosikymmenen alussa. Jyrsinturpeen käyttö oli suurimmillaan 2013 mutta sen jälkeen käyttö väheni. Palaturpeen käytössä oli notkahdus vuoden 2013 kohdalla ja uudelleen nousun jälkeen sen käyttö puolittui vuoteen 2020 mennessä vuosikymmen alun tasosta. Turvepellettien ja -brikettien käyttö loppui käytännössä jo vuonna 2016. Ostetun lämpöenergian määrä oli merkittävä vuodesta 2016 lähtien. Sen määrää ei kuitenkaan ole tilastoitu ennen vuotta 2016, joten sitä edeltäneestä käytöstä ei ole tietoa. Hintasuhteiden muutokset ovat todennäköisesti osaltaan vaikuttaneet vuosikymmenen aikana tapahtuneisiin väliaikaisiin nousuihin ja laskuihin energiankulutuksessa. Turpeen ja peltobiomassa energiakäyttö on ollut suhteellisen vähäistä.

Lämpöenergian osto liittyy valtaosaltaan kasvihuonetuotantoon, jossa lämpöenergian tuottaminen on ulkoistettu lämpöurakoitsijoille. Tämä puolestaan saattaa näkyä puun käytön vähenemisenä, koska on todennäköistä, että ostoenergia tuotetaan nimenomaisesti metsähakkeella.

7.1. Polttoöljyn kulutus

Polttoöljyn osuus maatalouden energiankulutuksessa on suuri. Sen käyttö on lisääntynyt, ja käyttötarkoituksissa on tapahtunut muutoksia viime vuosikymmenenä (Kuva 23). Trendi todennäköisesti jatkuu, jos sähkön osuus traktoreiden ja moottorityökoneiden käyttövoimana ei lisäänny.



Kuva 23. Polttoöljyn käyttö maataloudessa (Rakennetutkimus).

Polttoöljyn käyttö lämmitykseen on laskenut kolmannekseen viime vuosikymmenellä. Moottoripolttoöljyn, samoin kuin viljankuivaukseen käytetyn polttoöljyn käyttö, on vähentynyt vuosikymmenen alkupuoliskolla – todennäköisesti ainakin osaksi rakennekehityksen seurauksena. Vuodesta 2016 vuoteen 2020 käyttö on kuitenkin lisääntynyt noin 17 %. Kaikkea moottoripolttoöljyä ei välttämättä ole käytetty moottoreissa, mutta muutokset tilastotiedoissa kuvaavat silti todellisuutta. Tämän oletetaan liittyvän yksikkökoon kasvun lisäämiin kuljetuksiin talouskeskusten ja peltojen välillä erityisesti karjatiloilla. Viljelykasvien kokonaissadot eivät ole samaan aikaan juurikaan kasvaneet (Kuva 21), joten se ei selitä polttoöljyn käytön lisääntymistä moottoripolttoöljynä kuljetuksissa ja lämmityspolttoöljynä viljankuivauksessa.

Kuvassa 23 vuoden 2020 lisääntynyt polttoöljyn käyttö selittyy osittain myös energiakriisistä johtuneella hamstrauksella. Kaikkea halvalla ostettua polttoöljyä ei mahdollisesti olekaan käytetty vuonna 2020, vaan osa siitä olisi jäänyt varastoon. Tähän saadaan lisäselvyyttä seuraavan maatalouden rakennetutkimuksen tulokset valmistuttua vuonna 2025. Koska polttoöljy muodostaa suuren osan energiankulutuksesta, on sen käytön tarkempi selvittämien strategisesti perusteltua.

7.2. Sähkön kulutus

Maatalouden sähkön kulutus pysyi varsin vakiona koko 2010-luvun vaihdellen välillä 1 673–1 727 GWh vuodessa. Tästä kasvihuonetuotannon osuus oli 400–600 GWh. Kasvihuonetuotannon osuus kasvoi vuosikymmenen loppua kohti (Taulukko 10).

Muussa nautakarjataloudessa sähkönkulutus väheni jyrkästi lähinnä tuotantosuunnan supistumisen takia. Myös sikataloudessa sähkönkäytössä oli vähenevä trendi lähinnä keskittymisen takia. Tähän vaikutti myös se, että siipikarjanlihan käyttö lisääntyi sianlihan käytön kustannuksella. Siipikarjataloudessa sähkön käyttö oli pieni vuosikymmenen alussa mutta vuodesta 2013 lähtien melko vakio. Muuna laidunkarjatalouden sähkönkulutus pieneni. Sekamuotoisen tuotannon sähkönkulutus oli vuosikymmenen loppupuolelle melko vakio, mutta laski 2020-luvulle tultaessa.

Naudanlihantuotannossa ja muussa nautakarjataloudessa hehtaarikohtainen sähkönkulutus oli suuri 2010 mutta oli sen jälkeen melko vakio.

Taulukko 10. Sähkön kulutus tuotantosuunnittain ja viljeltyä pinta-alaa kohti (Rakennetutkimus).

Tuotantosuunta	Kokonaissähkönkulutus vuosina 2010–2020 (GWh)	Sähkönkulutus hehtaaria kohden vuosina 2010–2020 (kWh/ha)
Viljanviljely	176–225	212–267
Muu kasvinviljely	90–124	243–387
Kasvihuonetuotanto	400–600	
Avomaantuotanto	35–87	
Lypsykarjatalous	337–439	761–914
Naudanlihantuotanto	67–90	349–564
Nautakarjatalous	16–73	552–1083
Muu laidunkarjatalous	22–53	
Sikatalous	84–127	1 344–1 846
Siipikarjatalous	25–44	
Sekamuotoinen tuotanto	68–78	

7.3. Kiinteiden polttoaineiden kulutus

Kiinteisiin polttoaineisiin luetaan tässä yhteydessä metsähake, kierrätyspuu, puupelletit ja -briketit, siemensato, olki ja muu kasviaines, jyrsinturve, palaturve sekä turvepelletit- ja briketit. Kiinteät polttoaineet kattavat keskimäärin noin kolmanneksen maatilan energiankulutuksesta (Kuva 7).

Kiinteiden polttoaineiden energiamäärän ja osuuden määrittämistä vaikeuttavat sekä niiden määrän että niiden energiasisällön arviointi. Maatalouden rakennetutkimuksessa energiamäärä perustuu viljelijän tilavuusperusteiseen ilmoitukseen ja energiasisältö tilastoviranomaisen tai -tutkijan määrittelemään taulukkoarvoon. Tästä syystä eri tilastotiedoissa voi olla suuriakin eroja. Osa epävarmuudesta johtuu myös tilastotiedon keruun yhteydessä tehtyjen kysymysten muotoilusta sekä muutoksista energialähdejaottelussa.

Lähes kaikki kiinteä polttoaine käytetään lämmityskattiloissa ja -laitoksissa, jotka tyypillisesti palvelevat koko maatilan talouskeskusta. Tällöin voi olla myös haastavaa erottaa yksityistalouden kulutusta maatilan tuotantoon käytetystä osuudesta.

Metsähakkeen osuus on selkeästi suurin, keskimäärin 32 % maatalouden kokonaisenergiankäytöstä tarkastelujaksolla 2010–2020. Sen lisäksi vain kierrätyspuulla on vuosien 2013 ja 2016 maatalouslaskennoissa ollut yli kymmenen prosentin osuus maatalouden kokonaisenergian käytöstä.

Vuonna 2020 kerättiin ensimmäisen kerran tietoa myös ostetusta lämpöenergiasta, käytännössä lämpöyrittäjältä suoraan ostetusta energiasta (”energiakontti”). Ostoenergian energialähdettä ei ole kysytty. Ostoenergian osuus kokonaisenergiankulutuksesta oli 9 %. Suurimmat ostetun lämpöenergian käyttäjät olivat

- viljanviljely (39%)
- kasvihuonetuotanto (28%)
- lypsykarjatalous (10%)
- siipikarjatalous (7%)

8. Energiankulutuksen strateginen vähentäminen

Erilaiset energiatalouden parantamistoimet kannattaa keskittää niihin energiankäyttökohteisiin, jotka ovat volyymiltaan suurimpia. Tällöin toimenpiteille saadaan suurin vaikuttavuus. Kotieläintilojen osuus energiankulutuksesta on vain 33,8 %, ja niilläkin on huomattava määrä peltoviljelyä, joten kotieläinrakennuksissa kulutettava energiaosuus on suhteellisen pieni.

Maidontuotannossa suurin osa energiankäytöstä syntyy rehuntuotannossa, jolloin suurimmat mahdollisuudet säästää energiaa on siinäkin peltoviljelyssä. Nautakarjatalouden ominaispiirre on nurmiviljely. Sika- ja siipikarjataloudessa rehuntuotanto on käytännössä viljantuotantoa, jolloin säästökohteet niiden peltoviljelyssä ovat pääosin samat kuin kasvinviljelytiloilla. Kotieläintilojen peltoviljelyssä yhteisenä erityispiirteenä suhteessa kasvinviljelytiloihin on lannankäsittely, -kuljetus ja -levitys. Kotieläintiloilla on realistisempi mahdollisuus käyttää kuivaukselle vaihtoehtoisia rehuviljan säilytystapoja ja säästää siinä energiankulutuksessa. Viljanviljelyssä suurimmat energiakulutukset liittyvät kyntöön, puintiin ja kuivaukseen, jotka kattavat 2/3 energiankulutuksesta.

Keskeisimpiä energiakäyttöjä maataloudessa ovat moottoripolttoöljyn käyttö traktoreissa ja työkoneissa ja metsähakkeen käyttö lämmityksessä. Kasvihuonetuotannossa keskeisellä sijalla on lisäksi valotukseen käytetty sähkö. Energiatalouden parantamistoimenpiteiden kohdentamiseen vaikuttavat luonnollisesti niistä aiheutuvat kustannukset suhteessa saavutettuun energiansäästöön.

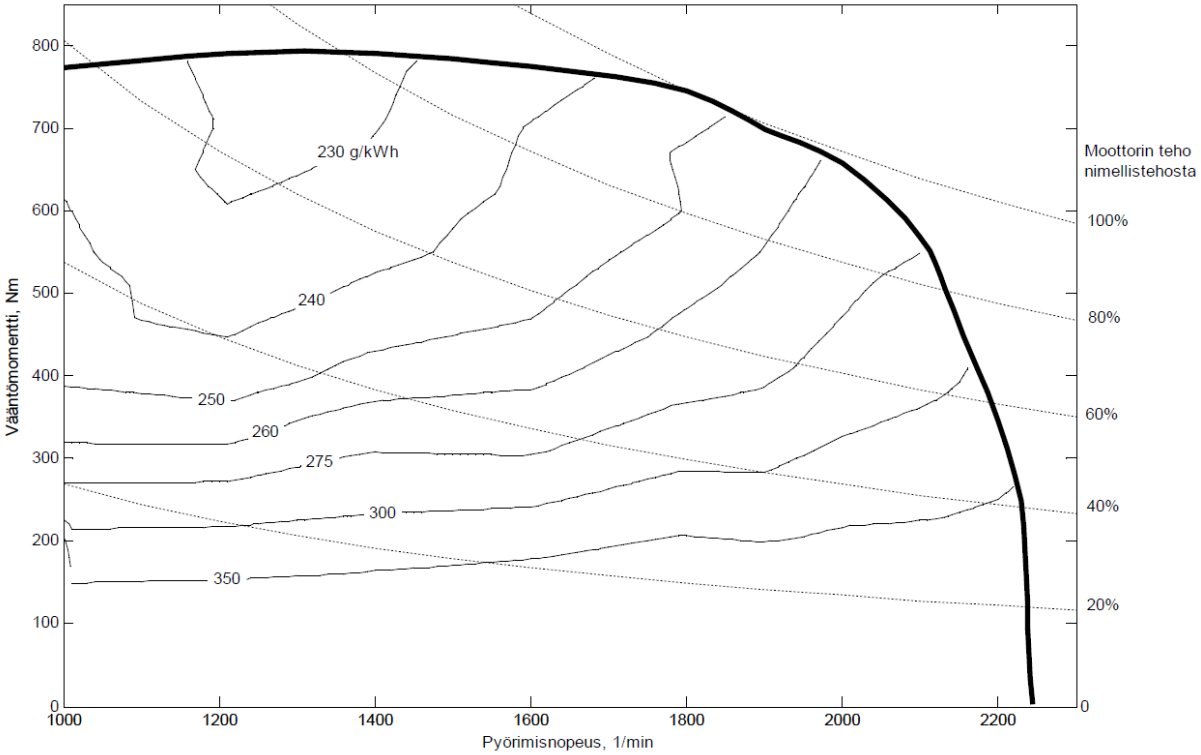
8.1. Kuljetukset ja siirtoajo

Moottoripolttoöljyn osuus maatalouden energiakulutuksesta on huomattava. Traktorin ajotavalla on huomattava vaikutus sen polttoaineen ominaiskulutukseen (Ahokas 2013c). Käyttämällä traktorin moottoria sen optimialueella voidaan polttoaineenkulutusta vähentää oleellisesti, 10–20 %. Nykyaikaiset traktorit optimoivat moottorin käyntinopeutta, mutta myös kuljettaja voi aikaisempaan helpommin optimoida traktorin polttoainetaloutta kulutusmittarin avulla. Traktorikuljetuksissa polttoaineen kulutus on noin kaksinkertainen verrattuna kuormaautokuljetuksiin. Keskeisiä syitä tähän on se, että traktorikalusto on tarkoitettu pellolle eikä teille. Niiden rengasvarustus on omiaan lisäämään kulutusta maanteillä varsinkin käytettäessä matalia rengaspaineita. Kulutusta voidaan vähentää käyttämällä kuljetuksissa palarenkaita tavallisten traktorinrenkaiden sijasta (Reckleben ym. 2013). Lisäksi palarenkaat kuluvat asfaltilla selvästi vähemmän.

Maantieajossa polttoaineenkultusta voidaan alentaa käyttämällä korkeapainerenkaita ja pellolla taasen matalapainerenkaita. Seufertin ym. (2002) tutkimuksessa polttoaineenkulutus oli 6,6 % suurempi, kun lastattu perävaunu oli varustettu matalapainerenkailla korkeapaineisten sijaan, pellolla taasen 17,6 % pienempi.

Traktoreiden rakenteellisen nopeuden rajoitus on yleensä toteutettu välityssuhteilla. Tällöin niitä ajetaan kuljetusajossa suurimmalla moottorin pyörimisnopeudella pienillä tehoilla, mikä johtaa huonoon polttoainetalouteen. Parhaaseen polttoainetalouteen päästään yleensä, kun moottoria kuormitetaan 60–80 % nimellistehosta ja kierrosluvulla 1 200–1 400 (Kuva 24). Tämä kuitenkin vastaavasti pienentää työsaavutusta, eikä siihen sesonkiaikaan yleensä ole mahdollisuutta, vaan traktoria käytetään maksimiteholla. Polttoainetalouden kannalta

huonoin vaihtoehto on suuren käyntinopeuden käyttö osatehoilla esimerkiksi suurimman mahdollisen nopeuden saavuttamiseksi kuljetuksissa ja voimanottokäytöissä, jotka vaativat tietyn kierrosluvun mutta vähän tehoa.



Kuva 24. Traktorin moottorin simpukkakäyrästö (Ahokas 2013b).

Joissakin traktoreissa ajonopeuden rajoitus on toteutettu nopeuden rajoittimella, jolloin moottori käy taloudellisemmalla kierroslukualueella siirto- ja kuljetusajossa. Tämä parantaa polttoainetaloutta merkittävästi. Pitemmillä matkoilla ja suuremmilla kuormilla kuorma-auto-kuljetukset ovat merkittävästi tarkoituksenmukaisempia polttoainetalouden näkökulmasta. Ahokkaan (2013b) mukaan polttoaineen kulutus maantienopeuksilla on kuorma-autolla 13–23 g/tkm ja traktorilla 21–30 g/tkm. Ero kuorma-auto- ja traktorikuljetusten välillä kasvaa voimakkaasti kuormakoon kasvaessa yli 15 tonnin kuormissa. Myös nopeissa traktoreissa voi maatalouden kuljetuksissa käyttää polttoöljyä mutta kuorma-autoissa ei. Vaikka teknisesti dieselöljy ja polttoöljy ovat käytännössä sama tuote, niiden hinnassa ja verotuksessa on merkittävä ero 1,28 vs 1,72 €/l = 0,44 €/l. Lisäksi maataloudessa polttoöljystä saa valmisteveron-palautusta (10,33 snt/l v. 2023) mutta dieselöljystä ei. Dieselöljyllä polttoainekustannus on siten tässä esimerkissä 42 % suurempi. Traktoreista ei myöskään makseta kuorma-autoista maksettavaa käyttövoimaveroa, ja niiden vakuutusmaksut ovat merkittävästi alemmat. Tämä ohjaa voimakkaasti maatalouden kuljetuksia traktorilla tehtäväksi, vaikka se ei energiatehokkain vaihtoehto olisikaan. Nopeimpien traktoreiden ja kuorma-autojen kuljettajiin kohdistuu seuraavassa tarkasteltavia merkittävästi suurempia vaatimuksia kuin enintään 60 km/h kulkevien traktoreiden kuljettajiin. Tämä merkittävästi rajoittaa näiden energiatehokkaampien vaihtoehtojen käyttöä maatalouden kuljetuksissa.

Traktoreiden ajonopeutta on haluttu rajoittaa, koska niiden ajo-oikeusvaatimukset erityisesti Suomessa ovat vaatimattomat suhteessa niiden kokonaismassaan. Suomessa 15-vuotias saa teoriakokeen suoritettuaan kuljettaa traktorin ja perävaunun yhdistelmää, jonka

kokonaismassa on 44 tonnia ja ajonopeus 60 km/h (Eduskunta 2018). Kun ajoneuvon tai ajoneuvoyhdistelmän rakenteellinen nopeus on suurempi, vaatimukset kasvavat selvästi. Nopeampien traktoreiden ja perävaunuyhdistelmien ajokorttivaatimus on C1 tai C riippuen traktorin rekisteröidystä kokonaismassasta (Eduskunta 2011). E-lisää ei vaadita traktorin ja perävaunun yhdistelmissä. 7 500 kg:n kokonaismassan omaavan traktorin ja perävaunun yhdistelmää saa kuljettaa C1-ajo-oikeudella, jonka voi saada 18-vuotiaana ilman perustason ammattipätevyyttä. Suurin osa traktoreiden ja perävaunujen yhdistelmistä lankeaa tähän kategoriaan. Ammattipätevyyttä ei lähtökohtaisesti vaadita kuorma-autoa tai yli 60 km/h kulkevilla traktoreilla ja perävaunulla tehtävissä kuljetuksissa, muun muassa jos (Eduskunta 2017):

1. ajoneuvolla kuljetetaan materiaaleja, koneita tai laitteita, joita kuljettaja käyttää työssään, ja kuljettajan pääasiallisena tehtävänä ei ole ajoneuvon kuljettaminen taikka ajoneuvolla kuljetetaan vähäisessä määrin omia tuotteita, joita kuljettaja myy tietyssä paikassa edellyttäen, että pääasiallisena tehtävänä ei ole ajoneuvon kuljettaminen; taikka
2. ajoneuvoa käytetään maanviljelyä, puutarhaviljelyä, metsätaloutta, kotieläintaloutta tai kalastusta harjoittavan yrityksen omien tuotteiden kuljettamiseen yrityksen käytössä olevalla ajoneuvolla, ja ajoneuvon kuljettaminen ei ole osa kuljettajan päätehtävää eikä ajoneuvoa kuljeteta yli 100 kilometrin etäisyydellä yrityksen kotipaikasta.

Traktorikuljetuksia tehdään pääsääntöisesti paikallisteillä, joilla nykyisin nopeusrajoitus on yleensä 60 km/h. Mitään oleellista etua ei saavuteta tätä korkeammasta rakenteellisesta nopeudesta suhteessa niihin lisävaatimuksiin, joita suuremmasta ajonopeudesta tulee kuljettajalle, kunhan nopeuden rajoitus on toteutettu rajoittamalla moottorin pyörimisnopeutta suurimmilla välityksillä. 60 km/h ajonopeus parantaa oleellisesti liikenteen sujuvuutta, kun traktorit eivät ole merkittävästi muita ajoneuvoja hitaampia.

Traktori vai kuorma-auto maatilan kuljetuksiin?

Maatilan sisäiset kuljetukset hoidetaan useimmiten traktoriperävaunuilla. Kuorma-autoilla kuljetuksia voitaisiin nopeuttaa ja tehostaa, mutta tämä on isoillakin tiloilla melko harvinaista. Tämä johtuu mm seuraavista syistä:

- Kuorma-autoilla ajo pelloilla onnistuu vain erittäin kuivana aikana, koska kuorma-autojen omamassa on suuri ja niissä on suhteellisen kapeat renkaat, jotka vaativat korkeat ilmanpaineetriski peltomaan tiivistymiselle
- Kuorma-autojen kiinteät kulut (mm. vakuutukset, katsastukset) ovat korkeat traktorikalustoon verrattuna. Kuljetustarpeet ovat pitkälti sesonkiluontoisia.
- Kuorma-autojen ajaminen vaatii vähintään C-kortin. Traktoreissa riittää T-kortti, jonka voi saada jo 15-vuotiaana.
- Traktoreita tarvitaan muutenkin tilan töissä. Samoilla koneilla voidaan hoitaa kuljetuksia.
- Matalasti verotetun polttoöljyn käyttömahdollisuus traktoreissa.
- Kuljetusmatkat ovat suhteellisen lyhyitä, tyypillisesti alle 10 km suuntaansa.
- Traktoreiden kasvaneet huippunopeudet (voi olla esimerkiksi 60 km/h).
- Traktoreiden hyvä maastokelpoisuus esimerkiksi heikkokuntoisilla peltoteillä.

Vaihtolavajärjestelmien avulla voitaisiin helpottaa kuorma-autojen yleistymistä maatilojen maantiekuljetuksiin. Tällöin esimerkiksi säilörehun teossa silppurin vierellä rehuvaunua

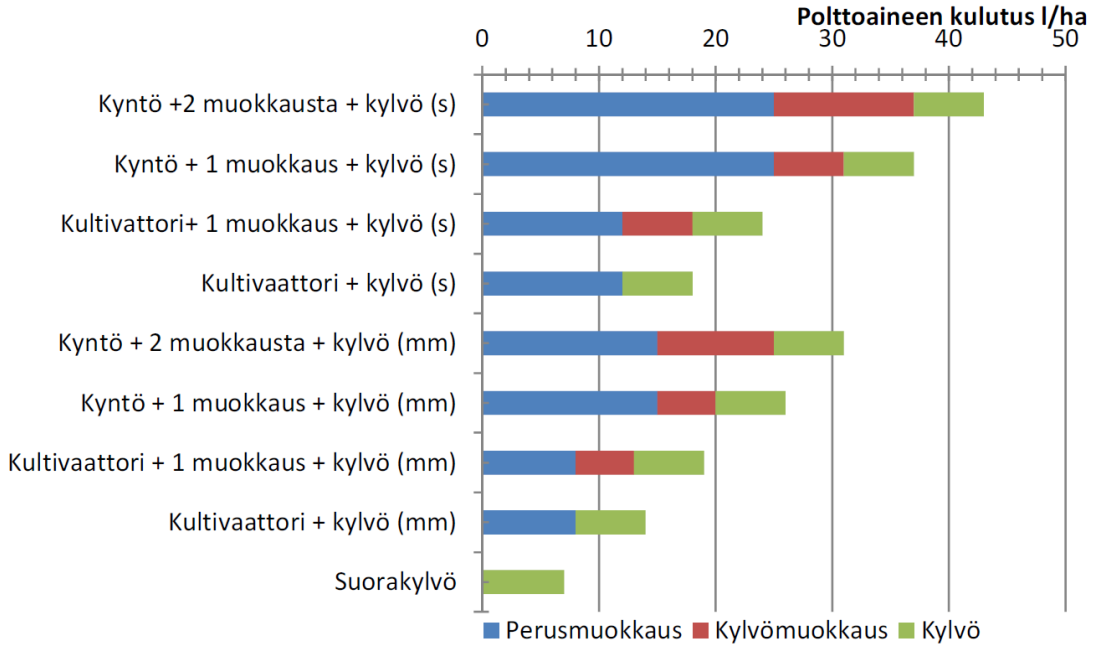
vedetään traktorilla ja vaihtolavajärjestelmän avulla rehukontti siirretään pellon laidassa kuorma-auton kyytiin. Erityisen hyödyllistä tämä on, mikäli satoa kuljetetaan tilakeskusta kauemmas, esimerkiksi biojalostamolle. Vaihtolavajärjestelmän käyttö edellyttää, että peltoliittymistä tehdään niin leveitä ja kantavia, jotta operointi kuorma-autolla on mahdollista.

Suomen maataloudessa tarvittaisiin kustannuksiltaan nykyisiä kuorma-autoja edullisempia maantiekuljetusvälineitä, jotka olisi optimoitu lyhyille matkoille ja jopa peltoajoon. Ehtona tietysti tulisi olla, ettei näillä saisi kilpailla muun kuorma-autoilla tapahtuvan liiketoiminnan kanssa.

Kuorma-auton käytön laajuutta maataloudessa on vaikea arvioida, koska dieselöljyn käyttömäärä sisältyy moottoripolttoöljyn käyttömäärään. Vaikka se olisi tilastoitu erikseen, sekoittuisi siihen maataloudessa käytettävien dieselkäyttöisten pakettiautojen käyttö. Nyt kuorma-autojen ja pakettiautojen käyttö sekoittuu traktoreiden moottoripolttoöljyn käyttöön.

8.2. Maan muokkaus

Maanmuokkauksen ja kylvön polttoaineen kulutusta voidaan pienentää perinteisen kynnön, äestyksen ja kylvölannoituksen kulutuksesta 30–43 l/ha suorakylvön kulutukseen 7 l/ha (kuva 25) (Danfors 1988, ref Ahokas 2013a).



Kuva 25. Eri muokkausmenetelmien ja kylvötyön aiheuttaman polttoaineen kulutus l/ha. Kuviossa s = savimaa ja mm = multamaa (Ahokas 2013b).

Suorakylvön osuus oli vuoden 2015–16 rakennetutkimuksessa vain 5,6 % viljelypinta-alasta. Kokonaan muokkaamatonta ja kylvämätöntä alaa, pääasiassa monivuotisia nurmia, oli 40,7 % pinta-alasta. Syyskynnön osuus oli 25,4 %, kevätkynnön 11,1 % ja kevennetyn muokkauksen 17,1 % kokonaisviljelypinta-alasta. Alueelliset erot ovat huomattavia. Kevätkynnön osuus on suuri Satakunnassa ja Pohjanmaan eri maakunnissa. Muokkaamatonta ja kylvämätöntä oli eniten Lapissa, Kainuussa, Ahvenanmaalla, Pohjois-Savossa, Pohjois-Karjalassa ja Keski-Suomessa. Vähiten kyntämistä oli Kainuussa, Lapissa, Pohjois-Savossa, Ahvenanmaalla ja Pohjois-

Karjalassa. Perusmuokkaustavan valintaan on vaikuttanut alueelliset erot maalajeissa mutta myös muut syyt. Perusmuokkauksen keventämisessä on suuri potentiaali energiankulutuksen vähentämiseen.

Suorakylvön yleistymistä on saattanut hidastaa suorakylvökoneiden korkea hinta, jolloin suorakylvöä ei ole otettu käyttöön tapauksissa, joissa se olisi muutoin ollut tarkoituksenmukaista. Viljasadot ovat sääolojen vuoksi myös vaihdelleet enemmän suorakylvössä kuin muokkauksia sisältävissä viljelytavoissa. Rikkakasvien, erityisesti juolavehnän, torjuntaan on kiinnitettävä suorakylvön alkuvuosina perinteisiä menetelmiä enemmän huomiota. Epäonnistumiset tässä ovat voineet heikentää suorakylvön mainetta. Suorakylvö ei välttämättä sovi kovin hyvin pohjoisemman Suomen lyhyeen kasvukauteen ja multaville maalajeille, koska maan kuivumista ja lämpenemistä joudutaan odottelemaan, mikäli mitään muokkausta ei keväällä tehdä. Tällöin kasvukausi loppuu pohjoisessa helposti kesken (Lötjönen ym. 2012).

Suorakylvökoneen soveltuvuus perinteiseen kylvöön ei ole ainakaan savimailla kovin hyvä kuivina keväinä. Siemenet jäävät helposti kuivaan maahan eivätkä idä. Syksyllä kultivoitu tai lautasäkeellä muokattu maa on keväällä yleensä liettynyt ja vaatii vähintään yhden kylvömuokkauksen suorakylvökonettakin käytettäessä. Käytettäessä suorakylvökonetta kylvömuokkauksen pitää olla matala, jotta siemenet saadaan sijoitettua märkään maahan. Tämä vähentää jonkin verran kylvömuokkauksen polttoaineenkulutusta perinteiseen kylvöön nähden. Uusimpien suorakylvökoneiden säädettävyys on jo aika hyvä, ja jos säädöt opettelee, kylvö onnistuu myös muokattuun maahan.

Pienentämällä muokkauskoneiden tarpeettoman suurta työsyvyyttä voidaan polttoaineen kulutusta alentaa merkittävästi. Samoin tarpeettoman suurta ajonopeutta alentamalla voidaan alentaa polttoaineenkulutusta. Työkoneiden työleveyden pitäisi sopia yhteen traktorin tehon kanssa niiden optimaalisella ajonopeudella, jotta myös työsaavutus olisi hyvä. Esimerkiksi S-piikkiäkeelle on löydettävissä optimaalinen ajonopeus sen toiminnan kannalta, mutta optimiajonopeus saattaa muuttua maalajin ja maan muiden ominaisuuksien mukaan. Muillakin työkoneen säädöillä kuin työsyvyydellä on oleellinen vaikutus polttoaineen kulutukseen ja työjälkeen. Esimerkiksi äkeen varusteilla, kuten varpajyrillä ja latoilla, ja niiden säädöillä on huomattava vaikutus polttoaineenkulutukseen. Tarpeettoman määrän maata kuljettaminen latalla äkeen edessä kuluttaa tarpeettomasti polttoainetta. Erityisesti kyntöaurojen säädöllä on huomattava vaikutus polttoaineenkulutukseen. Myös vantaiden ja muiden terien terävyydellä on vaikutusta polttoaineenkulutukseen. Lisäksi renkaiden kuluneisuudella on vaikutusta luistoon ja sitä kautta polttoaineenkulutukseen. Pienet rengaspaineet lisäävät polttoaineenkulutusta kuljetuksissa.

8.3. Sähkökäytöt

Korvaamalla polttomoottorikäyttöisiä laitteita sähkökäyttöisillä voidaan energiankulutusta vähentää oleellisesti. Polttomoottoreiden hyötysuhde on parhaimmillaankin vain 40 %, ja ne kuluttavat polttoainetta tyhjäkäynnilläkin. Sähkömoottorikäytössä sähköä kuluu vain, kun kone tekee työtä. Liikkuvat koneet vaativat tällöin yleensä akut, jotta niiden tarvitse olla liitettynä sähköverkkoon kaiken aikaa. Tällaisten ajoneuvojen akut toimivat samalla hyvin aurinkopaneelijärjestelmien energiavarastona. Potentiaalisimmin tällaiset koneet ovat tuotantorakennuksissa ja talouskeskuksissa käytettäviä. Taloudellisessa mielessä sähkötyökoneiden käyttö polttomoottorityökoneiden sijasta riippuu sähkön ja polttoöljyn hintasuhteesta. 1 litra polttoöljyä vastaa 10 kWh ja, ottaen huomioon suurimmillaan 40 %:n hyötysuhde, siitä saadaan

enimmillään 4 kWh hyödyksi työkoneissa. Jos polttoöljy maksaa 1,6 €/l, sähkö on edullisempaa, jos sen hinta on alle 0,4 €/kWh.

Sähkökäyttöiset traktorit ja työkoneet saattavat yleistyä töissä, joissa energiankulutus on pientä, työjaksot ovat lyhyitä tai pakokaasuttomuudella saavutetaan merkittäviä etuja (esimerkiksi karjasuojat, kasvihuoneet). Tällä hetkellä on epärealistista ajatella sähkötraktoria raskaisiin peltoviljelytöihin tai siirtoajoihin. Esimerkiksi raskaat muokkaustyöt voivat kuluttaa energiaa 150 kW:n teholla. Jos akuston massaksi sähköhenkilöautoista saatavilla olevien tietojen perusteella oletetaan 615 kg/100 kWh, hyötysuhteeksi 90 %, työskentelyjaksoksi 4 h ja pikalatauksella saatavaksi akun täyttöasteeksi 10–80 %, niin akuston massan tulisi olla noin 5,8 tonnia. Tässä oletuksena on, että kuljettaja käy kotona ruokatauoilla ja siellä on niin tehokas pikalaturi, jotta suuri akku ehtii täyttyä 80 %:iin kapasiteetista tauon aikana. Mikäli pellolla vierähtää yhteen soittoon 12 tuntia, akuston massan tulisi olla tuolla logiikalla noin 15 tonnia. Tyypillisesti dieselkäyttöisten 150 kW:n traktoreiden massat ovat nykyään 7–9 tonnia (https://kaytannonmaamies.fi/vertailukone/2023/). Tämäkin on monesti liian paljon peltomaan tiivistymisen kannalta. Mikäli akustojen tehopainosuhde paranee merkittävästi ja hinta laskee samalla, tulevaisuudessa sähkötraktori voisi olla mahdollinen myös raskaammissa töissä.

Polttomoottorikäyttöisten traktorien polttoainetaloutta voisi parantaa myös autoista tutuilla sähköhybridiratkaisuilla. Polttomoottori saataisiin käymään suuremman osan ajasta optimaalisella toiminta-alueella. Toisaalta maataloustöissä on aika vähän työvaiheita, joissa jarrutusenergiaa voitaisiin ottaa talteen. Maantiekuljetuksissa energian talteenotosta voisi olla hyötyä.

8.4. Leikkuupuinti

Leikkuupuimureiden moottorit käyvät puintitilanteessa lähellä nimelliskierroslukua, jotta puintikoneiston nopeus on vakio, koska se ei muutoin toimi kunnolla. Pienempiä kierroslukuja käytetään ainoastaan siirtoajossa ja mahdollisesti säiliötä tyhjennettäessä. Myös siirtoajossa moottorin pyörimisnopeus on useimmiten sama kuin puinnissa, jos olosuhteet eivät rajoita siirtoajon ajonopeutta, koska siirto halutaan yleensä tehdä mahdollisimman nopeasti. Moottorin kuormitustilanne on useimmiten sama kuin traktorilla voimanottoakselikäytössä. Moottorin nopeus on suuri, jolloin parhaaseen polttoainetalouteen päästään kuormittamalla moottoria mahdollisimman paljon (Ahokas 2013b). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, ajonopeus puinnissa nostetaan mahdollisuuksien mukaan sellaiseksi, että puinti kuormittaa moottoria mahdollisimman paljon.

Kuormitusta voidaan vähentää puimalla mahdollisimman pitkään sänkeen, mutta silloin sänki joudutaan silppuamaan esimerkiksi kesantosilppurilla eikä tässä saavuteta muuta kuin korkeintaan itse puinnin nopeutuminen. Harvassa kasvustossa moottorin kuormittaminen voi olla vaikeaa sen tähden, että ajonopeus kasvaa liian suureksi. Puimurin moottorin polttoainetaloutta voisi periaatteessa parantaa rakentamalla voimansiirto puintikoneistolle sellaisella välityksellä, että sen pyörimisnopeus on oikea moottorin optimaalisella toiminta-alueella. Tämä kuitenkin edellyttäisi vastaavasti tehokkaampaa moottoria.

8.5. Viljan lämminilmakuivaus

Lämminilmakuivauksen energiankulutusta voidaan alentaa noin 10–20 % kuivaamalla ulkoilman lämpötilan olleessa korkea (Ahokas 2013a). Tämän keinon hyödyntäminen ei usein ole mahdollinen, koska sadonkorjuun eteneminen on yleensä kiinni kuivauksen kapasiteetista. Puinnin viivästyttäminen alentaa kuivauskustannuksia vielä tehokkaammin. Esimerkiksi puintikosteuden laskeminen 25 %:ista 23 %:iin alentaa energiankulutusta 25 %. Sääolosuhteet eivät välttämättä salli puintien viivästyttämistä tarkoituksena alentaa puintikosteutta, koska se voisi johtaa sadon pilaantumiseen pellolla. Se on joka tapauksessa tehokas keino kuivauksen energiankulutuksen vähentämisessä. Valitsemalla kuivaussää voitaisiin myös pienentää kuivauksen energiankulutusta. Viiden asteen nousu ulkoilman lämpötilassa alentaa kuivauksen energiankulutusta noin 9 % (Ahokas & Koivisto 1983, ref. Viita 2013), mutta tämäkin lähestymistapa johtaa puintien viivästymiseen ja sadon pilaantumisriskiin.

Viljakauppa käytännössä vaatii, että viljan kosteus on korkeintaan 14 %. Oman rehuviljan osalta kuivauksessa voidaan jonkin verran tinkiä ja säästää merkittäviä määriä energiaa. Kuivaaminen 21 %:sta 16 %:iin 14 %:n sijasta säästää energiaa 28 %. Tällöin säilytysaika lyhenee, mutta siihen vaikuttaa myös säilytyslämpötila. Kuivausilman lämpötilan ja poistoilman suhteellisen kosteuden nosto alentaa kuivauksen energiankulutusta (Ahokas 2013a). Kuivurit on yleensä varustettu poistokanavatermostaatilla kuivauksen päättymisen automatisoimiseksi. Kuivauksen energiankulutusta voidaan vähentää tehokkaasti myös vähentämällä ilmamäärää (Viita 2013). Ilmamäärän säätäminen poistoilman kosteuden mukaan toisi lisäsäästöä kymmeniä prosentteja. Kuivureiden eristämisellä saavutetaan myös merkittäviä energiansäästöjä.

Lämmöntuotannossa merkittäviä energiankulutuksen säästöjä voidaan saavuttaa lämpöpumpputekniikalla. Öljylämmityksen korvaaminen lämpöpumpuilla alentaa todennäköisesti vastaavasti kustannuksia, mutta hintakilpailukyky esimerkiksi metsähakkeen kanssa saattaa olla energiansäästöstä huolimatta huono. Hakelämmityksen investointikustannus viljankuivuriin on suuri johtuen isosta tehontarpeesta (250–1 500 kW), mutta investoinnilla voidaan säästää merkittävästi kuivauskustannuksia ja vähentää tuntuvasti fossiilisten energialähteiden käyttöä. Pienemmissä teholuokissa metsähakelämmitys ei kuitenkaan välttämättä ole realistinen tekniikka.

8.6. Rehuviljan säilöntä

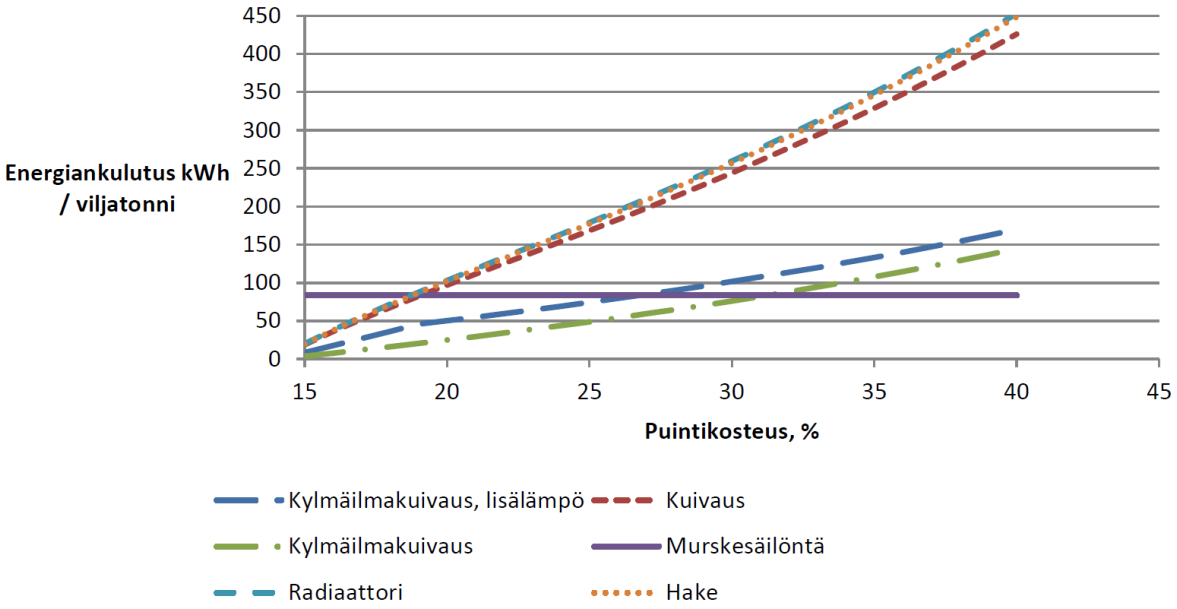
Tuoresäilönnällä saavutetaan sitä suuremmat säästöt energiankäytössä, mitä suurempi puintikosteus on. Sen merkitys kasvaa energian hinnan noustessa. Kaikkea viljaa ei ole pakko, eikä kannata kuivata. Viljan tuoresäilönnän energiankulutus ja kustannukset ovat yleensä öljyllä tapahtuvaa lämminilmakuivausta alhaisemmat. Kuivauksen energiankulutus on suuri, mikäli vilja joudutaan puimaan märkänä (Kässi ym. 2014).

Rehuviljaa voidaan säilöä tuoreena ilmatiiviissä siilossa, murskesäilöttynä laakasiilossa tai muovituubissa sekä jyväsäilöntänä propionihapon avulla (Palva ym. 2005). Lisäetuina ovat viljan pölyttömyys, mahdollisuus käyttää myöhäisempiä ja satoisampia lajikkeita ja puinnin aikaistuminen. Toisaalta tuoresäilötty vilja ei sovi kaikkiin ruokintalaitteistoihin. Tuoresäilötty vilja sopii lähinnä tilan omaksi rehuksi ja rajoitetusti naapuritilojen väliseen kauppaan. Leipä- ja siemenvilja täytyy aina kuivata, eikä keskusliikkeiden kautta tapahtuva rehuviljakauppa toimi tuoreella viljalla. Viime vuosina puintituoreelle viljalle on alkanut muodostua

välityslogistiikkapalveluja, joilla siirretään viljaa rekkakuormittain kotieläintiloilla tuoreena säilöttäväksi. Tämänkaltaista toimintaa kaivattaisiin Suomeen lisää.

Kuivaavat viljasiilot ovat uusi sovellutus kylmäilmakuivauksesta. Viljan kuivaus ja varastointi tapahtuvat samassa pyöreässä terässiilossa. Siilojen vetoisuus on tyypillisesti suuri, 100–1 200 m^3. Kuivausilma puhalletaan tehokkaalla sähkökäyttöisellä keskipakopuhaltimella pohjan läpi viljamassaan. Kuivaavan viljasiilon suurimmiksi eduiksi mainitaan pienet käyttökustannukset ja suuri vastaanottokapasiteetti, koska siiloon voidaan puida aina sään salliessa. Kuivaavassa siilossa (väli-)varastoitu vilja sopii lähinnä oman tai toisten tilojen rehuviljaksi, koska eri viljalajit menevät siilossa sekaisin (Koivisto 2013).

Kuvassa 26 on esitetty muutamien viljansäilöntätapojen energiankulutuksia. Murskesäilönnässä energiankulutus muodostuu lähinnä murske-/litistysmyllyn pyörittämiseen tarvittavasta energiasta ja se ei juurikaan muutu viljankosteuden muuttuessa. Kuivaukseen perustuvissa tavoissa vettä on haihdutettava pois sitä enemmän, mitä kosteampaa vilja on ollut puitaessa. Energiankulutus kasvaa varsinkin lämminilmakuivausta käytettäessä melko jyrkästi puintikosteuden noustessa, lämmönlähteestä riippumatta. Kylmäilmakuivausta käytettäessä nousu on loivempaa. Lämminilmakuivauksen energiankulutus ylittää murskesäilönnän energiankulutuksen jo puintikosteuden noustessa 19 %:iin. Kuvasta puuttuu mm. ilmatiiviin säilönnän energiankulutus, mutta se muodostuu siilon täyttämiseen ja tyhjentämiseen tarvittavasta energiasta ja on pienempi kuin murskesäilönnässä.



Kuva 26. Eräiden viljan säilöntapojen energiankulutus puintikosteuden kasvaessa. Kylmäilmakuivausvaihtoehdot tarkoittavat kuivaavaa varastosiiloa (Kässi ym. 2014).

Uusien menetelmien käyttöönoton kääntöpuolena ovat tietysti investointikustannukset uusiin teknologioihin. Olemassa olevan menetelmän kapasiteetti ja kunto vaikuttavat myös investoinnin kannattavuuteen. Kässin ym. (2014) tutkimuksessa murskesäilöntä ja kylmäilmalla kuivaavat siilot tulivat kokonaiskustannuksiltaan kannattaviksi jo puintikosteuden ylittäessä 20 %, kun varastoitava viljamäärä oli riittävän suuri (laskelmassa 100 ha, 4 000 kg/ha). Tutkimuksen tekohetkestä niin polttoöljyn kuin investointien hinnat ovat nousseet merkittävästi, joten laskelmat pitäisi päivittää nykyhintatasoon.

9. Energiantuotannon potentiaali

Uusiutuvan energian tuotannolla sekä energian tuotantoa, varastointia ja siirtoa kehittämällä on mahdollista korvata uusiutumattomien energialähteiden kulutusta ja siten lisätä mahdollisuuksia vaikuttaa tuotannon energiakustannuksiin ja energiankulutuksesta aiheutuviin päästöihin. Tuotanto voi olla paikallista tai keskitettyä riippuen monista tekijöitä.

Maatalouden tuotantojärjestelmät ovat kuitenkin pitkään kehittyneet työn organisoinnin, kone- ja laitekannan, taloudellisen ja säännösohjauksen sekä infrastruktuurin viitekehyksessä hyödyntämään nestemäisiä polttoaineita, jotka tuotetaan tilan ulkopuolella. Merkittävät laadun ja määrän muutokset energialähteiden käytössä edellyttävät väistämättä myös muutoksia kaikissa näissä viitekehystekijöissä. Kyse ei ole ainoastaan teknologisista ratkaisuista ja niiden yleistymisen taloudellisesta tukemisesta. Metsähakkeen hyödyntäminen lämmityksessä on esimerkki energianlähteestä, jonka kohdalla viitekehystekijät ovat olleet myötävaikuttamassa sen yleistymiseen. Näistä tekijöistä puulämmityksen hyödyntämisen perinne, käytännöt ja teknologia, puun saatavuus maatiloilla ja puun käyttämistä tukeva säädösjärjestelmä ovat varmasti merkittäviä.

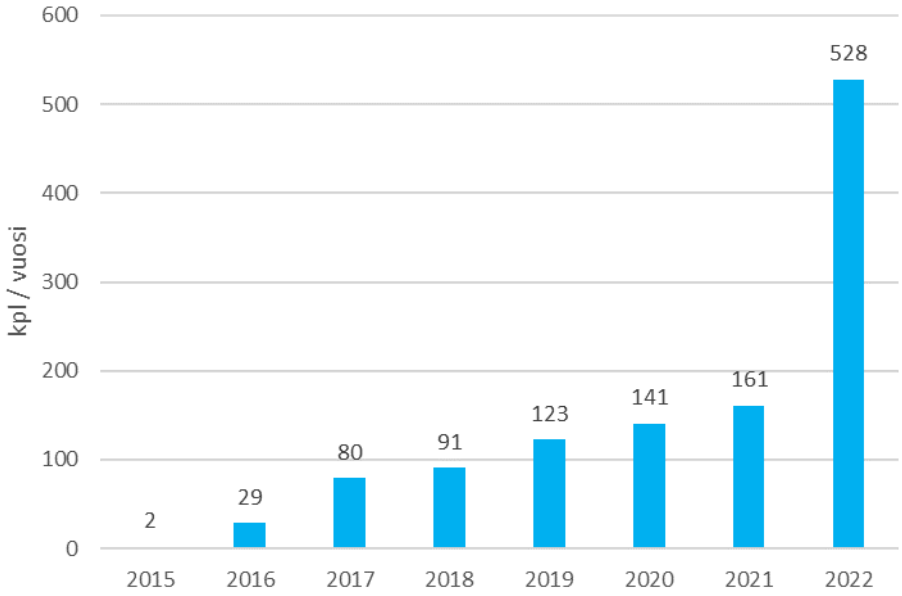
Viime vuosina maatilat ovat alkaneet yhä enemmän hyödyntää myös aurinkovoimaa ja biokaasua; vähäisessä määrin myös tuulivoimaa (tuotantoa n. 80 maatilalla v. 2020). Puukaasun hyödyntäminen ei ole yleistynyt. Näiden energialähteiden osuus maatalouden kokonaisenergiankulutuksesta on kuitenkin toistaiseksi marginaalinen, vaikka paikallinen merkitys voi olla huomattavakin. Seuraavassa tarkastellaan lisäksi lyhyesti energiayhteisöjen roolia maatilojen energiamurroksen mahdollistajana sekä typpilannoitteiden tuotantoa keinona hyödyntää edullista energiaa ja samalla vähentää maataloustuotannon epäsuoraa energiankulutusta.

9.1. Aurinkosähkö

Aurinkopaneeleilla tuotetun sähköenergian maatilakäytön arvioimiseen voidaan käyttää vuoden 2020 rakennetutkimusta, jossa ensimmäistä kertaa kysyttiin maatilojen oman sähköenergian tuotannon määrää. Aurinkovoiman hyödyntämisen kehittymistä voidaan ennustaa tarkastelemalla siihen tehtyjä, tuettuja investointeja. Edellinen lähde perustuu energian tuottajien tiedonkeruuseen ilmoittamasta sähköenergian määrästä, jotka on käytetty maataloustuotantoon. Investointitiedoissa on yleensä ilmoitettu investoinnin ns. piikkiteho (kWp). Paneelien paikallisesti vaihteleva hyötysuhde vaikuttavat näiden investointitietojen pohjalta laskettuun arvioon aurinkopaneeleilla tuotetun sähkön määrästä ja sen kasvusta.

Vuoden 2020 rakennetutkimuksen mukaan maatiloilla tuotettiin aurinkopaneeleilla yhteensä 31 GWh sähköenergiaa. Kun maatalouden sähköenergian käyttö on vuositasolla noin 1 600 GWh, vastaa aurinkopaneeleilla tuotetun sähköenergian osuus siitä noin kahta prosenttia.

Investoinnit aurinkopaneeleihin ovat kasvaneet voimakkaasti viime vuosina. Investointitukea saaneiden aurinkovoimainvestointien määrä vuosina 2015–2022 on esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Investointitukea saaneiden aurinkovoimahankkeiden lukumäärä vuosina 2015–2022 (Ruokavirasto).

Investointeja aurinkopaneeleihin tehtiin tarkastellun kahdeksan investointivuoden (tukipäätöksen mukainen vuosi) aikana yhteensä 1 155 hankkeessa, joista uusia hankkeita 1 055, perusparannuksia 84, laajennuksia 9 ja yhdistettyjä perusparannus- ja laajennushankkeita 7 kpl. Keskimääräinen aurinkopaneeliasennuksen piikkiteho oli 41 kWp, ja siinä oli havaittavissa loiva nouseva trendi (43,6 kWp v. 2022).

Kertomalla vuosittainen investointien lukumäärä kunkin vuoden keskimääräisellä piikkiteholla ja ottamalla huomioon keskimääräinen alueellinen vuotuinen hyötysuhde 800 kWh/1 kWp päästään tulokseen, jonka mukaan tarkastelujaksolla tehtyjen aurinkopaneeli-investointien potentiaalinen sähköenergian vuotuinen tuotanto on karkeasti luokkaa 38 GWh, eli samaa suuruusluokkaa, kuin mitä rakennetutkimuksen 2020 perusteella arvioitiin. Tämä teoreettinen tuotantokapasiteetti vastaa n. 2,5 prosenttia sähkönkulutuksesta.

9.2. Biokaasu

Maatilojen biokaasuntuotanto on kasvanut voimakkaasti vuotta 2019 lukuun ottamatta vuosina 2017–2022 (Tilastokeskus 2023). Vuonna 2022 se oli 32 GWh, joka on noin 0,3 % maatalouden energiankulutuksesta. Sitä ei ole otettu huomioon Luonnonvarakeskuksen tilastoissa. Vuonna 2022 kaikesta tuotetusta biokaasusta 3 % tuotettiin maatilalaitoksissa. Maatalouden biokaasutavoite on 2 TWh vuonna 2030. Suomessa oli vuoden 2023 lopussa toiminnassa noin 30 ja rakennusvaiheessa 11 maatilakohtaista biokaasulaitosta.

Suomessa maatiloilla muodostuu lantaa noin 17,1 miljoonaa tonnia sekä ylijäämänurmia 1,5 miljoonaa tonnia, jotka sisältävät lähes 83 000 tonnia typpeä sekä 22 000 tonnia fosforia. Maatilojen syötteiden biokaasupotentiaali on merkittävä, sen on arvioitu olevan noin 4 terawattituntia (TWh). Laskelmassa ei ole otettu huomioon biokaasun tuotantoa varten viljeltyjä peltobiomassoja, ja on arvioitu, että niitä voitaisiin rehun ja ruoan tuotantoa haittaamatta tuottaa energiaa biokaasuna usean terawattitunnin verran (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry).

Maatila pystyy hyödyntämään biokaasun tuotannossa tuotantoeläinten lietelantaa, ylijäämänurmea, olkea ja kuivalantaa.

Maatilan tavoitteet biokaasun tuotannossa ovat yleensä omavaraisuuden parantaminen sähkön ja lämmön osalta, lannoitehyöty, lannan separointi biokaasuprosessin yhteydessä ja hajuhaitan vähentyminen. Maatilalaitoksen kannalta oleellista on, löytyykö CHP-laitoksen (Combined Heat and Power, yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto) tuottamalle lämpöenergialle käyttöä. Energian tuotosta on noin 1/3 sähköä ja 2/3 osaa lämpöä.

Maatiloilla tai useamman tilan yhteistyössä voidaan tuottaa myös puhdistettua ja paineistettua liikennebiokaasua henkilö- ja pakettiautokäyttöön. Parhaiten tämä on toteutettavissa, mikäli tila/tilat sijaitsevat lähellä vilkasliikenteistä liikenneväylää. Tällöin kaasu voidaan johtaa tankkauspisteeseen putkea pitkin. Kuorma-auton vaihtolavalle rakennetulla pullopatteristolla kaasua voidaan siirtää pidempiä matkoja. Molemman tyyppisiä ratkaisuja on jo toteutettu maatilamittakaavassa ja rakenteilla on lisää. Kun kaasu jalostetaan liikennekäyttöön, hukkalämpö ei muodostu ongelmaksi, kuten CHP-tuotannossa voi käydä.

Pidemmälle viedyssä vaihtoehdossa biokaasu nesteytetään, jolloin sen energiatiheys kasvaa huomattavasti. Nestemäinen kaasu sopii erityisen hyvin paljon energiaa tarvitsevan raskaan liikenteen käyttöön. Raskaan liikenteen käyttö on ollut viime aikoina suuntauksena erityisesti elintarvikealan yrityksissä. Tarvittava teknologia on sen verran mutkikasta ja kallista, ettei tämän tyyppisiä jalostus- ja tankkausasemia ole vielä maatilamittakaavassa toteutettu. Maatilojen biokaasuinvestointeihin on ollut viime vuosina hyvin investointitukea saatavilla, mutta tilanne vaihtelee vuosittain.

9.3. Puukaasu

Puukaasua voitaisiin tuottaa metsähakkeesta, jota nykyisin käytetään maataloudessa lämmön tuottamiseen huomattavia määriä. Puukaasua voidaan käyttää samalla tavalla kuin biokaasua lämmön ja sähkön tuottamiseen CHP-laitoksessa. Tällöin siitä saataisiin lämmön lisäksi myös tilalla tarvittavaa sähköä. Puukaasulaitos on kuitenkin investointina merkittävästi halvempi kuin vastaavan tehoinen biokaasulaitos ja säädettävyys merkittävästi parempi. Niiden toimivuudessa on kuitenkin ollut merkittäviä ongelmia kaasun puhtauteen liittyen. Alalla on kuitenkin tapahtunut kehitystä. Puukaasua voidaan hyödyntää myös biokaasun metanointiin käyttämällä kaasutuksessa happea ilman sijasta.

9.4. Energiayhteisöt

Kiinteistörajat ylittävien energiayhteisöjen avulla voidaan helpommin kuin yhden maatilan eli kiinteistöryhmän sisällä yhteensovittaa sähköntuotanto- ja kulutus samalla välttäen ainakin siirtomaksut (TEM 2023). Kiinteistörajat ylittävässä energiayhteisössä energiayhteisöllä on yksi liittymä jakeluverkonhaltijan verkkoon ja sen sisällä oma sähköverkkonsa, jonka sisällä sähköä myydään, ostetaan ja siirretään omien pelisääntöjen mukaan. Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö ei kuitenkaan ole vielä sallittu sähkömarkkinalaissa (Eduskunta 2013). Sen karvalakkimalli, erillinen linja, on kuitenkin jo sallittu pienimuotoisessa hajautetussa tuotannossa 2 MVA:iin saakka. Tämä mahdollistaa sen, että esimerkiksi aurinkopaneelit voi sijoittaa toisen kiinteistöryhmän alueelle. Aurinkopaneelit voivat olla yhteiset useammallekin kiinteistöryhmälle, kunhan jokaiselle kiinteistöryhmälle on oma invertteri. Myös bio- tai puukaasulaitos voi

olla yhteinen, kunhan eri kiinteistöryhmien verkot erotetaan tosistaan esimerkiksi asentamalla CHP-laitokseen jokaista kiinteistöryhmää varten oma generaattorinsa. Maatilojen energiayhteisöjä tutkitaan mm. FarmEnergy-hankkeessa (https://www.xamk.fi/tutkimus-ja-kehitys/farmenergy-maatilojen-energiayhteiso/).

9.5. Typpilannoitteiden tuotanto maatilalla

Typpilannoitteiden valmistus vaatii runsaasti energiaa ja sen tähden se on sidoksissa halvan energian saatavuuteen tiloilla. Typpilannoitteet voivat toimia energiavarastona, johon esimerkiksi aurinkopaneelien tuottama ylijäämäsähkö varastoidaan. Niiden valmistamiseen tilatasolla lähitulevaisuuden potentiaalisin keino on plasmareaktio. Typpilannoitteiden valmistaminen tiloilla vähentää epäsuoraa energiakulutusta mutta lisää vastaavasti suoraa energiankulutusta sekä omavaraisuutta. Maatilamittakaavan teknologiat ovat kehitysvaiheessa ja ensimmäisiä laitteita on kaupallisesti saatavilla (Vainio 2022).

10. Johtopäätökset

Maatalouden vuosittainen energiankulutus on pysynyt viimeisen viidentoista vuoden ajan noin 9 TWh tasolla. Se vastaa vajaata kolmea prosenttia Suomen kokonaisenergian kulutuksesta. Maatalouden energiankulutuksella ja sen rakenteella on kuitenkin suuri vaikutus niin maatilojen taloudelliseen tulokseen, maatalouden ympäristökuormitukseen kuin elintarviketuotannon huoltovarmuuteenkin. Siksi energian käytön tarkastelulle ja sen kehittämiselle on suurempi tarve kuin mitä maatalouden kulutusosuudesta voisi päätellä.

Nestemäiset (fossiiliset) polttoaineet ovat, erityisesti viime vuosina vallinneilla hintasuhteilla tarkasteltuna, sekä taloudellisesti että ilmastopäästöjen ja huoltovarmuuden kannalta keskeisin tarkastelun kohde. Nestemäisten polttoaineiden käytön vähentämisen maataloudessa voidaan ajatella tapahtuvan kolmea kautta: muuttamalla tuotantoprosesseja, parantamalla nestemäistä polttoainetta käyttävien koneiden ja laitteiden hyötysuhdetta ja käyttämällä korvaavia energianlähteitä. Nämä kytkeytyvät monin tavoin toisiinsa, eivätkä siten ole erillisiä kehityskulkuja.

Toisaalta nestemäiset polttoaineet ovat käytettävyydeltään ja toimivuudeltaan erinomaisia maatalouskoneissa. Nestemäisiä polttoaineita voitaisiin tuottaa myös itse Suomessa halvan uusiutuvan sähkön ajanjaksoina (ns. sähköpolttoaineet). Tällöin selvittäisiin nykyisellä moottorikalustolla pitkälle tulevaisuuteen. Selvitettäväksi jää, minkälaista hintakompensaatiota sähköpolttoaineiden käyttöönotto nimenomaan maatalouskoneissa vaatisi.

Prosessimuutokset

Tuotantoprosessien muuttaminen tarkoittaa pääasiassa nykyisen kone- ja laitekannan käyttämistä tehokkaammin ja muutoksien tekemistä siihen, kuinka tuotanto on organisoitu. Tällaisia nestemäisten polttoaineiden käyttöä vähentäviä keinoja ovat esim. siirtyminen viljankuivauksessa vaihtoehtoisiin säilöntämenetelmiin, siirtyminen suorakylvöön, korjuuajankohdan (-kosteuden) tarkempi huomiointi rehunurmen ja viljan korjuussa, lämpöpumpputekniikan hyödyntäminen eläintilojen lämmityksessä ja kuljetuskaluston sekä -etäisyyksien optimointi.

Mainitut muutokset voidaan tehdä maatalousyrityksissä ja ne ovat osin toteutettavissa ilman merkittäviä investointeja, mutta esim. suorakylvöön ja täsmäviljelyyn siirtyminen yleensä edellyttävät uuden kaluston hankintaa. Kasvinviljelyssä voidaan näiden avulla peltotyövaiheissa päästä noin kolmanneksen vähennykseen polttoaineen kulutuksessa verrattuna perinteiseen kyntöön ja kylvömuokkaukseen perustuvaan menetelmään.

Hyötysuhteen parantaminen

Energiankäytön hyötysuhteen parantamisella tarkoitetaan tässä yhteydessä koneiden ja laitteiden toiminnan energiatehokkuuden parantamista. Tämä voi tapahtua kehittämällä niihin säätö- ja automaatioratkaisuja, jotka ohjaavat niiden tehoa tarpeen mukaisesti. Esimerkkinä tällaisesta lähestymistavasta voisi olla nurmirehun korjuussa silpun pituuden säätö kuiva-aineen mukaan. Traktoriin sovellettuna energiahyötysuhteen parantaminen voi tarkoittaa esim. voimalinjan ja hydraulisten toimilaitteiden sähköistämistä, minkä avulla voidaan päästä parempaan säädettävyyteen ja energiatalouteen.

Energiankäytön hyötysuhteen parantamisen potentiaali energiankulutuksen vähentämisessä on pääasiallisesti kone- ja laitevalmistajien tuotekehityksen varassa, ja se tapahtuu (päästö-) säännösten ja toisaalta kysynnän ja kilpailun ehdoilla. Se, miten tämä kehitys vaikuttaa energiankulutukseen, riippuu pitkälti siitä, kuinka uudet kone- ja laitesukupolvet tulevat aktiivitilojen käyttöön.

Korvaavat energianlähteet

Fossiilisia polttonesteitä voidaan korvata sekä moottoripolttoaineiden että lämmitysöljyn osalta. Energian käyttötarkoitus ja tarvittavien investointien suuruus sanelevat pitkälti korvaavien energianlähteiden soveltuvuuden käytännössä. Tilojen talouskeskuksissa tapahtuvissa kuormaus- ja rehunjakotöissä siirtyminen polttomoottoreista sähkökäyttöihin on yleensä kohtalaisen helposti toteutettavissa. Lämmitysöljyn korvaaminen kiinteällä polttoaineella on yleensä myös kohtuullisen helppoa ja kustannustehokasta esimerkiksi viljankuivauksessa ja kiinteistöjen lämmityksessä. Näissä muutoksissa energiankulutus ei välttämättä kuitenkaan vähene, sillä kiinteiden polttoaineiden energiahyötysuhteet eivät ole yhtä hyvät kuin polttoöljyn käytössä. Muutokset vaikuttavat tuotannon taloudellisuuden lisäksi huoltovarmuuteen.

Paikalliseen sähköntuotantoon aurinkopaneeleilla on investoitu kiihtyvällä tahdilla, ja suoraan tilalla käytettävä osuus vähentää ostoenergian tarvetta. Mitä suurempi osa itse tuotetusta sähköstä voidaan suoraan käyttää tai varastoida tilalla tai pienissä yhteisvarastoissa lämpönä tai sähkönä, sitä vähemmän tarvitaan ostoenergiaa (sähköä tai lämmityspolttoöljyä). Laajamittaisen paikallinen sähköntuotannon hyödyntäminen edellyttää infrastruktuurin kehittämistä.

Myös kuormanohjauksella toteutettu pörssisähkön hyödyntäminen sekä em. energiavarastojen käyttö toisivat säästöjä. Maatiloilla tuotettu sähkö kattaa tällä hetkellä n. 2,5 % maatalouden sähkönkulutuksesta. Aurinkopaneelien ja maataloussyötteillä toimivien CHP-laitosten sähköntuotannon voidaan arvioida jopa kolminkertaistuvan seuraavan 25 vuoden aikana. Tämän toteutuminen riippuu kuitenkin pitkälti säännös- ja tukipolitiikan kehityksestä.

Biokaasun tuotanto maatilan omaan käyttöön on käytännössä ollut ensisijaisesti lämmitysenergian tuotantoa. Investoinnit biokaasu- ja CHP-laitoksiin ovat kasvussa. Biokaasun merkitys maatalouden tuontienergiaa ja ostosähköä korvaavana energianlähteenä riippuu teknologian, mutta myös koko biokaasutuotannon syötteiden ja tuotannon logistiikan kehittymisestä. Periaatteessa myös metsähakkeesta tuotettu hiilimonoksidi voisi toimia CHP-laitosten käyttöenergiana.

Maalämpöjärjestelmät tulevat yleistymään sika- ja siipikarjatiloilla. Yleistymiseen vaikuttavat sähkön ja muiden energianlähteiden hintasuhteiden kehitys. Sähkön hinta on potentiaalisesti laskemassa ja polttoöljyn kasvamassa. Polttoöljy ei pysty kilpailemaan hinnalla sähköllä toimivien ilmapumppujärjestelmien kanssa.

Lisäselvitysten tarve

Tehty katsaus maatalouden energiankulutukseen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin osoittaa, että erilaisten, vaihtoehtoisten toimenpiteiden käytännön vaikutuksista (energiankulutus, ympäristökuormitus, talous ja vaikutukset tuotantoon) on vain sirpaleista tutkimustietoa. Systeeminen kokonaisuuksien tarkastelun tutkimusote puuttuu, vaikka se monestakin syystä olisi hyvin perusteltua.

Maatalouden energiankulutustilastojen tarkastelu antaa viitteitä siitä, että myös tuotannon rakennemuutos vaikuttaa energiankulutukseen: niin kokonaiskulutukseen, sen energialähdekoostumukseen kuin tuotantosuunnittaiseenkin kulutukseen. Taustalla vaikuttavat lisäksi ainakin energianlähteiden hintasuhteet, tuotteiden hinnat, tukipolitiikka, verotuskohtelu, teknologiavalinnat ja teknologian kehitys. Rakennemuutoksen ja energiankulutuksen sekä siihen liittyvien valintojen parempi tuntemus ja näihin kytkeytyvä systeeminen lähestymistapa auttaisivat arvioimaan maatilojen tulevaa energiataloutta.

Energiankäyttöä koskevassa tilastoinnissa on tilastoille tyypillisiä virhelähteitä. Kiinteän polttoaineen määrien ja energiasisältöjen arvioinnin ohella yksi virhelähde on muun kuin maatalouden energiankäytön (esim. urakointi tai kotitarvekäyttö) mahdollinen sisällyttäminen kyselyn kulutusarvioihin. Potentiaalisimmin tilanne on tämä, kun tilalla on lämpökeskus, josta tulee lämpö maatalouteen ja yksityiskäyttöön. Osuuksien erottamien alimittauksella aiheuttaisi kohtuuttomia kustannuksia. Myös sähkön mittaus on yleensä yhteinen, jolloin jako perustuu arvioon. Pääosa sähkön yksityiskäytöstä on eroteltavissa kohtuullisin kustannuksin päärakennuksen alimittauksella, vaikka yksityistalouteen kuuluvaa kulutusta saattaa esiintyä muuallakin talouskeskuksessa. Kun tätä erottelua ei verotuksessa vaadita, sitä on mahdoton tilastoinnin takia vaatia.

Tiloilla voi myös olla merkittävä määrä sivuansiotoimintaa, jonka energiankulutus ei kuulu maatalouteen. Sen erottaminen maatalouden kulutuksesta on käytännössä mahdotonta, koska koneet ovat useimmiten samoja, niitä tankataan samoista polttoainesäiliöistä ja säilytetään samoissa tiloissa.

Viitteet

Ahokas, J. (toim.) 2013a Maatilojen energiankäyttö. ENPOS-hankkeen tulokset. Department of agricultural sciences publications 15: 1–135. http://hdl.handle.net/10138/40241

Ahokas J. (toim.) 2013b Energian käyttö ja seuranta maatiloilla. Maataloustieteiden laitos julkaisuja 25: 1–44. http://hdl.handle.net/10138/135916

Ahokas J. (toim.) 2013c Polttoaineen kulutus peltotöissä. Maataloustieteiden laitos julkaisuja 26: 1–99. http://hdl.handle.net/10138/135917

Ahokas, J. & Schäfer, W. 2013. Energiankäytön vertailu. Teoksessa: Ahokas, J. (toim.) 2013a Maatilojen energiankäyttö. ENPOS-hankkeen tulokset. Department of agricultural sciences publications 15: 1–135. http://hdl.handle.net/10138/40241

Bernhardt, H. & Weise, G. 2001. Transport quantities in agriculture. Landtechnik 56(1): 16–17.

Eduskunta 2011. Ajokorttilaki 386. Annettu Helsingissä 29.4.2011.

Eduskunta 2013. Sähkömarkkinalaki 588. Annettu Helsingissä 9.8.2013.

Eduskunta 2017. Laki liikenteen palveluista 320. Annettu Helsingissä 24.5.2017.

Eduskunta 2018. Tieliikennelaki 729. Annettu Helsingissä 10.8.2018.

Kapuinen, P. & Karhunen, J. 1990. Lietelantajärjestelmien toimivuus. Vakolan tutkimusselostus 59: 1–119

Koivisto, H. 2013. Kuivaus säästää aikaa ja rahaa. Koneviesti 4/2013. s. 80–81.

Kässi, P., Lötjönen, T. & Niskanen, O. 2014. Maatilojen energiankäytön kasvihuonekaasujen vähentäminen: bioenergiaa vai tuoresäilöntää? Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 30. DOI: https://doi.org/10.33354/smst.75410

Lötjönen, T., Saarinen, E. & Keränen, T. 2012. Kevytmuokkaus ja suorakylvö kevyillä maalajeilla. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote nro 28. https://doi.org/10.33354/smst.75538.

Mikkola, H. & Ahokas, J. 2009. Energy ratios in Finnish agricultural production. Agricultural and food science 18: 332–346.

Palva, R., Jaakkola, S., Siljander-Rasi, H., Valaja, J., Root, T. & Peltonen S. 2005. Viljan tuoresäilöntä. Teoksessa: Palva, R., Kirkkari, A.-M. & Teräväinen, H. (toim.). Viljasadon käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan 108: Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1012: 55–66.

Reckleben, Y., Schäfer, N. & Weissbach, M. 2013. Increase in efficiency of road transport on the example ofdifferent types of tires of tractors. Landtechnik 68(3): 196–201.

Seufert, H., Bernhardt, H., Müller, R. Klimek, K. & Weise, G. 2002. Running properties of different trailer tyres Landtechnik 6: 356–357.

Tilastokeskus 2023: Energian hankinta ja kulutus [verkkojulkaisu]. Viiteajankohta: 2022. ISSN=1799-795X. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 24.10.2023]. Saantitapa: https://www.stat.fi/julkaisu/cl8mx8evd1ru80cvz12p6n8w6

TEM 2023. Energiayhteisöt ja erilliset linjat - Energiayhteisötyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 22: 1–63. Saatavilla internetissä: https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-653-6

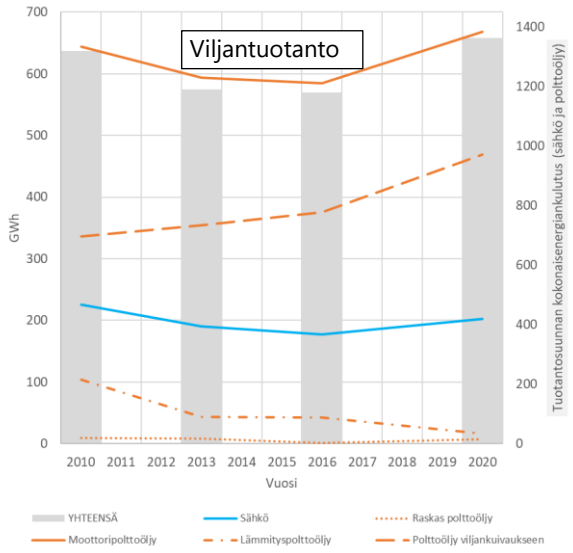
Vainio, E. (toim.). 2022. Maatalouden typpihaaste - vaihtoehtoja ja ratkaisuja: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 68 s.

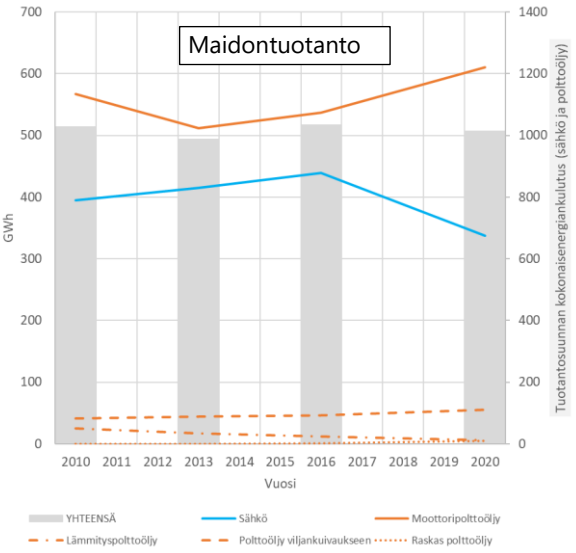
Vesterinen, T. 2015. Traktorien talvitesti 2015: Polttoaineen kulutus ja tieajo. Saatavilla internetissä: https://www.koneviesti.fi/maatalous/394d39de-77dd-54bc-9c7b-591355c5002b

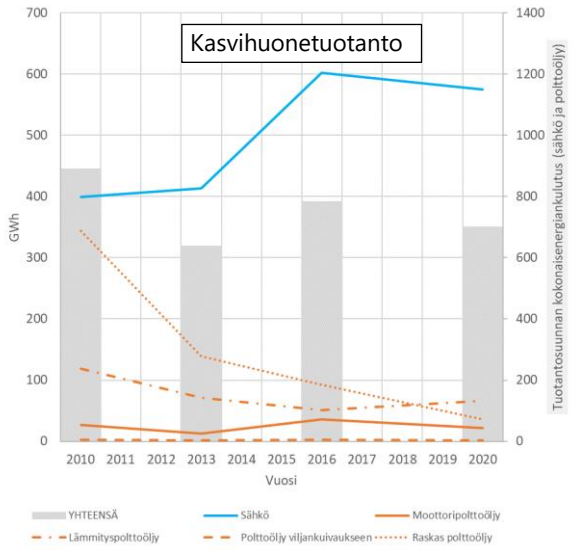
Viita, T. 2013. Viljankuivauksen energiatehokkuuden selvittäminen simuloimalla. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos. Maisterin tutkielma. 46 s.

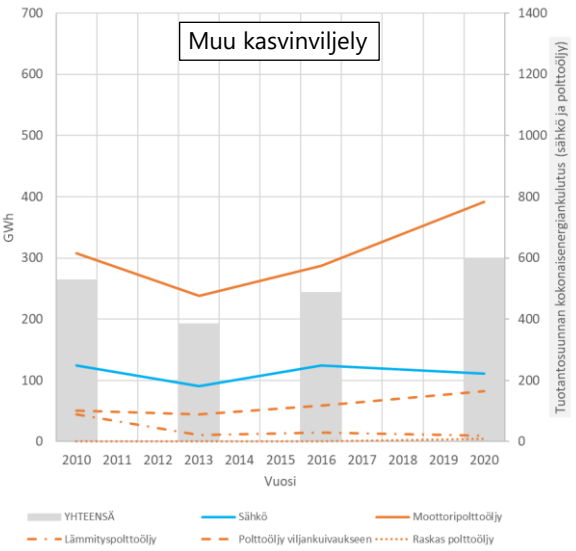
Liitteet

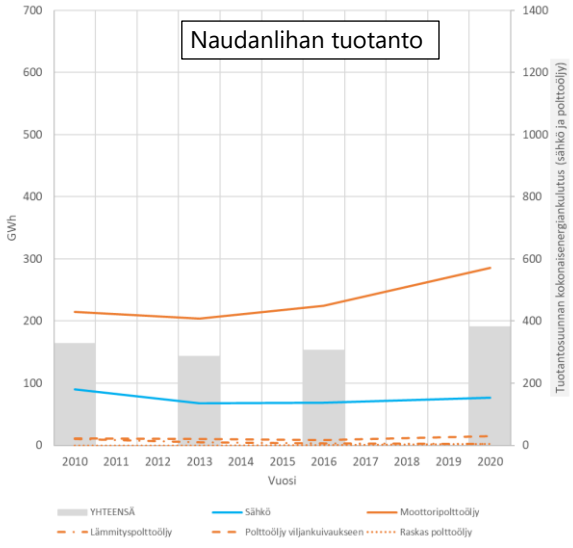
Liite 1. Sähkön ja nestemäisten polttoaineiden käyttö viljantuotannossa, maidontuotannossa, kasvihuonetuotannossa, muussa kasvinviljelyssä ja naudanlihan tuotannossa.



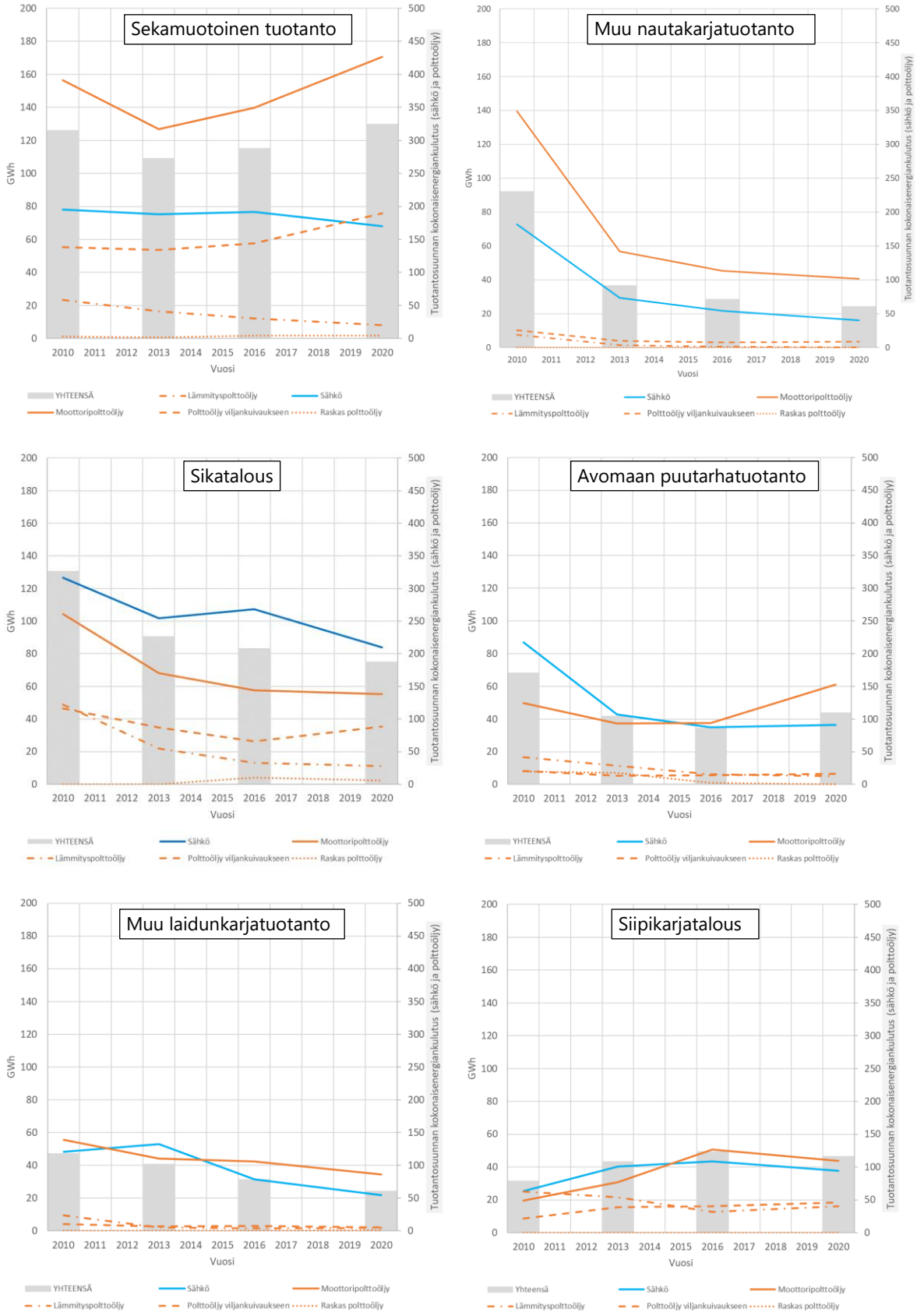








Liite 2. Sähkön ja nestemäisten polttoaineiden käyttö sekamuotoisessa tuotannossa, muussa nautakarjatuotannossa, sikataloudessa, avomaan puutarhatuotannossa, muussa laidunkarjatuotannossa ja siipikarjataloudessa.
HUOM: y-akselien skaalaus eri kuin liitteessä 1.



Löydät meidät verkosta

luke.fi

Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki