

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Huuskonen, Arto; Aro, Lasse; Hietala, Sanna; Hyvönen, Terho; Joensuu, Katri; Järvenranta, Kirsi; Knuuttila, Marja; Lehtonen, Heikki; Niemi, Jyrki; Saarinen, Merja; Usva, Kirsi; Virkajärvi, Perttu; Wall, Antti; Kuhmonen, Tuomas; Kuhmonen, Irene

Title: Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset

Year: 2023

Version: Published version

Copyright: © Luonnonvarakeskus 2023

Rights: In Copyright

Rights url: <http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en>

Please cite the original version:

Huuskonen, A., Aro, L., Hietala, S., Hyvönen, T., Joensuu, K., Järvenranta, K., Knuuttila, M., Lehtonen, H., Niemi, J., Saarinen, M., Usva, K., Virkajärvi, P., Wall, A., Kuhmonen, T., & Kuhmonen, I. (2023). Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset. Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus, 11/2023.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-614-6>



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2023

Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset

Arto Huuskonen (toim.)

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2023

Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset

Arto Huuskonen (toim.)

Kirjoittajat:

**Luonnonvarakeskus: Lasse Aro, Sanna Hietala, Terho Hyvönen, Katri Joensuu,
Kirsi Järvenranta, Marja Knuuttila, Heikki Lehtonen, Jyrki Niemi, Merja Saarinen,
Kirsi Usva, Perttu Virkajärvi ja Antti Wall**

Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto: Tuomas Kuhmonen

Kauppakorkeakoulu, Jyväskylän yliopisto: Irene Kuhmonen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2023

Viittausohje:

Huuskonen A. (toim.) 2023. Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 126 s.

Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:

Kuhmonen, T. & Kuhmonen, I. 2023. Tulevaisuuskuvat. Julkaisussa: Huuskonen, A. (toim.). Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 10–23.

Arto Huuskonen ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0003-0938-5675>



ISBN 978-952-380-613-9 (Painettu)

ISBN 978-952-380-614-6 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-614-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Arto Huuskonen (toim.)

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2023

Julkaisuvuosi: 2023

Kannen kuva: Leena Tuomisto

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

Alkusanat

Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset (Kotietu) oli Luonnonvarakeskuksen (Luke), Turun yliopiston Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen ja Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulun yhteistyönä toteuttama projekti, jonka tavoitteena oli mallintaa ja arvioida Suomen kotieläintuotannon vaihtoehtoisten kehityspolkujen yhteiskunnallisia vaikutuksia. Hankkeessa tuotettiin tietoa erilaisten kotieläintuotannon intensiteetti-vaihtoehtojen vaikutuksista pellonkäyttöön, ympäristöön, aluetalouteen ja ulkomaankauppaan. Käsillä oleva raportti kokoaa yhteen hankkeen keskeisimmät tulokset, joiden toivotaan omalta osaltaan toimivan elintarvikealan toimijoiden strategiavalintojen ja hallinnon päätöksenteon tukena sekä pohjana yhteiskunnalliselle keskustelulle.

Hanketta rahoitettiin maatilatalouden kehittämisrahastosta maa- ja metsätalousministeriön myöntämällä rahoituksella. Hankkeen osarahoittajina toimivat A-Tuottajat Oy, HK Scan Finland Oy, Lantmännen Agro Oy, Maa- ja Metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry, Salaojituksen Tukisäätiö, Snellmanin Lihanjalostus Oy sekä Valio Oy. Hankkeen etenemiseen myötävaikuttii ohjausryhmä, joka antoi arvokasta palautetta hankkeen työntekijöille. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Jarmo Salonen maa- ja metsätalousministeriöstä ja ohjausryhmän jäseninä olivat Tomas Gäddnäs (Snellman), Sinikka Hassinen (Atria), Ilmo Aronen / Mikko Korhonen (Lantmännen Agro), Juha Lappalainen (MTK), Juha Nousiainen (Valio), Olli Paakkala (HKScan), Jyri Seppälä (Suomen ympäristökeskus), Aila Vanhatalo (Helsingin yliopisto) ja Seija Virtanen (Salaojituksen tukisäätiö). Hankkeen toteuttajat kiittävät kaikkia rahoittajia, ohjausryhmän jäseniä ja yhteistyökumppaneita erittäin hyvin toimineesta yhteistyöstä. Kiitämme myös Luken tutkija Jouni Nousiaista, joka teki kotimaisen naudan juomaveden kulutuksen arvioinnin luvussa 4 perustuen nautamallin tietoihin rehustuksesta ja tuotoksista.

Vesannolla 6.12.2022

Arto Huuskonen

Luonnonvarakeskus

Tiivistelmä

Arto Huuskonen (toim.)

Luonnonvarakeskus (Luke) Maaninka

Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset (Kotietu) -hankkeen tavoitteena oli mallintaa ja arvioida Suomen kotieläintuotannon vaihtoehtoisten kehityspolkujen yhteiskunnallisia vaikutuksia. Hankkeessa tuotettiin tietoa erilaisten kotieläintuotannon intensiteettivaihtoehtojen vaikutuksista pellonkäyttöön, ympäristöön, aluetalouteen ja ulkomaankauppaan.

Tulevaisuuskuvioiden laadinta toteutettiin hankkeen työpaketissa 1 osallistavilla menetelmillä laatimalla Suomen kotieläintuotannolle viisi vaihtoehtoista tulevaisuuskuva: Kasvis-Suomi, Ympäristö-Suomi, Terveys-Suomi, Huoltokyky-Suomi ja Kotieläin-Suomi. Tulevaisuuskuvat valittiin tutkimushankkeen suunnitteluvaiheessa, sillä periaatteella, että niiden avulla saadaan suuri vaihtelu kotieläintuotannon laajuuteen. Kasvis-Suomi kuvaa tilannetta, jossa kaupallinen kotieläintuotanto loppuu kokonaan ja suomalaiset syövät pelkäästään kasvisruokia. Ympäristö-Suomi-tulevaisuuskuvasa kaupallinen kotieläintuotanto vähenee merkittävästi nykytasostaan ja palvelee ensisijaisesti ympäristönhoitoa tavoitteenaan muun muassa turvata laidunnuksen ja nurmituotannon positiiviset ympäristövaikutukset. Terveys-Suomi-tulevaisuuskuvasa puolestaan punaisen lihan tuotanto ja kulutus vähenevät nykytasosta. Huoltokyky-Suomessa täysi omavaraisuus kotieläintuotteissa palvelee ensisijaisesti huoltovarmuutta ja kansantalouden tasapainoa. Kotieläin-Suomessa vastataan kotieläintuotteiden kasvavaan vientikysyntään, jolloin tuotanto ja rehualan tarve kasvavat Suomessa merkittävästi nykytasosta, vaikka kotieläintuotteiden kotimainen kysyntä ei merkittävästi muutu. Työpaketissa 1 laadittiin tulevaisuuskuvia, jotka ovat mahdollisia vuonna 2040–2050. Tulevaisuuksien todennäköisyyteen tai toivottavuuteen ei työssä otettu kantaa, vaikka intuitiivisesti jotkin tulevaisuuksista vaikuttavat ehkä todennäköisemmiltä kuin toiset. Tulevaisuuskuvioiden toivottavuus taas riippuu muun muassa tarkastelijan arvoista, hyötyjen ja haittojen kohtaantumisesta ja kunkin tavasta jäsentää tulevaisuuden tarkempaa sisältöä. Todellisuus sekoittanee toteutuvaan tulevaisuuteen joitakin aineksia kaikista tässä raportissa esitellyistä tulevaisuuskuvista. Nykyhetken valintoja palvelevia vaihtoehtoja ja niihin liittyviä vuorovaikutussuhteiden ketjuja ei kuitenkaan pystytä kirkastamaan, ellei vaihtoehtoja tehdä mahdollisimman puhtaaksiviljeltyjä ja sellaisenaan jopa epä-todennäköisiä.

Työpaketin 2 tavoitteena oli työpaketissa 1 laadittujen laadullisten tulevaisuuskuvioiden kehittäminen määrällisiksi kehitysuriksi. Tämä tarkoittaa johdonmukaisten numeeristen arvojen antamista maataloustuotteiden kulutuksen ja tuotannon kehitykselle Suomessa kussakin tulevaisuuskuvasa. Työkaluna tulevaisuuskuvioiden määrällistämiseksi käytettiin sektoritason dynaamista osittaistasapainomallia (maatalouden sektorimalli DREMFA), jossa kotimaassa tuotettavien maataloustuotteiden kysyntä on pitkälti annettu, mutta jossa kotimainen tuotanto ja pelonkäyttö, tuonti ja vienti määräytyvät taloudellisin perustein. Sektoritason malli ja sen vaatimat aineistot todettiin liian puutteelliseksi Huoltokyky- ja Kasvis-Suomi-tulevaisuuskuvioiden määrällistämiseen. Muiden tulevaisuuskuvioiden osalta mallin tuloksina saatiin Suomessa tuotettavien perusmaatalouden tuotteiden tuotannon, eläinten lukumäärien, pellonkäytön, lannoituksen, työnmenekin ja maataloustulon kehitys vuosittain 2020–2050. Näiden kehitystä eri tulevaisuuskuviissa verrattiin keskenään ja suhteessa perusuraan, jossa oletuksena oli vuoden 2020 mukainen maatalouspolitiikka ja hinnat. Maataloustulon kokonaismäärän kehitys oli melko samankaltainen eli hitaasti aleneva perusurassa sekä Terveys-Suomi- ja Ympäristö-Suomi-tulevaisuuskuviissa, vaikka kulutus, tuotanto, hinnat ja maatalouspolitiikka olivat

erilaisia. Maataloustulon kehitys Kotieläin-Suomi-tulevaisuuskuvas-
 2030-luvulle asti, jolloin maataloustulo kokonaisuutena Suomessa alkoi kasvaa nopeasti pää-
 tyen vuoteen 2050 mennessä noin 50 % korkeammalle tasolle kuin 2020. Perusmaatalouden
 työnmenekki väheni Kotieläin-Suomi-tulevaisuuskuvas-
 2040-luvulle asti 10–20 % vuoteen
 2020 verrattuna, mutta nousi vuoden 2020 tasolle vuoteen 2050 mennessä. Muissa määrällis-
 tetyissä tulevaisuuskuvas-
 ja perusurassa työnmenekki väheni asteittain noin 30–60 % vuo-
 sina 2020–2050.

Työpakettin 3 tavoitteena oli arvioida työpaketeissa 1 ja 2 määritettyjen skenaarioiden ympä-
 ristövaikutuksia. Lähes kaikkien tarkasteltujen muuttujien osalta suurimmat ympäristöhyödyt
 perusuraan verrattuna saavutettiin Ympäristö-Suomi-skenaariossa, kun taas Kotieläin-Suomi-
 skenaariossa ympäristöhaitat lisääntyivät. Ympäristö-Suomen etu näkyi erityisesti kasvihuone-
 kaasupäästöissä, jotka puolittuivat perusuraan verrattuna. Muissa skenaariossa vähennys oli
 pienempi. Terveys-Suomi-skenaariossa ympäristöhyödyt olivat vähäisempiä kuin Ympäristö-
 Suomessa. Selvimmin ero Ympäristö-Suomi- ja Terveys-Suomi-skenaarioiden välillä näkyi
 kasvihuonekaasupäästöissä: Terveys-Suomi-skenaariossa ne alenivat perusuraan verrattuna
 vain noin 10 % eivätkä peltomaan CO₂ päästöt vähentyneet lainkaan. Tulos osoittaa, että il-
 man KHK-päästövähennyksiä tukevaa pellonkäytön ohjausta suurenkin ruokavaliomuutoksen
 vaikutus päästöihin voi jäädä pieneksi. Näin etenkin tilanteessa, jossa maataloustuet kannus-
 tavat pitämään koko peltoalan viljelyksessä ja osin myös päästölähteinä. Koska koko maata-
 louden KHK-päästöistä 75 % on viljelysmaista eri muodoissaan ja kotieläimistä aiheutuu suo-
 raan vajaa 20 % maatalouden KHK-kaasupäästöistä, pelkästään ruokavaliion muutoksilla ei
 voida varmuudella saavuttaa suuria päästövähennyksiä. Toisin kuin kasvihuonekaasupäästö-
 jen osalta, Saaristomeren vesistökuormitukseen Terveys-Suomi-skenaariion ruokavaliion poh-
 jautuvilla pellonkäytön muutoksilla oli lähes yhtä suuri vaikutus kuin Ympäristö-Suomi-ske-
 naariossa. Vaikka kaikkien skenaarioiden väliset erot ravinnetaseissa olivat selkeitä ja noudat-
 tivat samaa järjestystä kuin kasvihuonekaasupäästöt, peltojen fosforipitoisuus laski käytän-
 nössä samalla tavalla kaikissa skenaarioissa. Skenaarioiden ympäristövaikutukset poikkesivat
 alueellisesti toisistaan. Erityisesti Pohjanmaan ja Etelä-Suomen osalta Kotieläin-Suomi-ske-
 naariion negatiiviset ympäristövaikutukset korostuivat, sillä mahdollisuus lisätä tuotantoa oli
 näillä alueilla suurin, ja erityisesti Pohjanmaalla korostui turvepeltojen laajamittainen käyttö
 rehuviljan ja -nurmen tuotannossa. Ympäristövaikutusten kannalta keskeisimpiä ajureita olivat
 muutokset viljelyssä kokonaispeltoalassa, turvemaiden käytössä sekä viherkesannon ja nur-
 men osuudessa peltoalasta. Kotieläintuotannon määrä ja jakautuminen eri eläinlajeihin oli
 merkityksellinen etenkin ravinnetaseiden osalta. Leudot talvet tulevat lisäämään Saaristome-
 ren kuormitusta. Myös viljelystä pois jäävän pellon käyttömuoto tai peltoalan mahdollinen li-
 sätarve ovat oleellisia tekijöitä vaikutusten arvioinnissa.

Työpaketissa 4 toteutettiin kotieläintuotannon vaihtoehtoisten tulevaisuuskuvioiden aluetalous-
 vaikutusten tarkastelua ja arvioitiin, millainen vaikutus kotieläintuotannon vähenemisellä tai
 lisääntymisellä olisi alueiden talouteen. Tarkasteltavana oli maatalouden oman tuotannon-
 muutosvaikutuksen lisäksi kertaluonteisista panoksista eli välituotekysynnästä aiheutuvat vai-
 kutukset alueen tuotantoon. Lähtötilanteessa eli vuonna 2019 elintarvikeala (sisältäen maata-
 louden tuotannon tukineen ja elintarviketeollisuuden) tuotti tuotosta Suomen kansantalou-
 teen 17,8 mrd. euroa eli 3,9 % koko maan tuotoksesta työllistäen samalla noin 126 400 henki-
 löä eli 4,7 % koko maan työllisistä. Eniten ala työllistää ja tuottaa tuotosta Etelä-Suomessa,
 jonka osuus alan tuotoksesta oli vuonna 2019 lähes 53 %, ja jossa sijaitsee noin 47 % alan kai-
 kista työpaikoista. Etelä-Suomessa alan aluetaloudellinen merkitys on kuitenkin suhteellisesti
 tarkasteltuna pieni osuuden jäädessä 3,3 %:iin alueen työllisestä työvoimasta ja 3,0 %:iin alu-
 een tuotoksesta. Suhteellisesti eniten elintarvikeala työllistää ja luo arvonnäköistä Pohjan-
 maalla, jossa sen osuus on 9,0 % alueen työllisestä työvoimasta ja 8,8 % alueen tuotoksesta.

Seuraavaksi tulevat Sisä-Suomi (7,3 % ja 4,8 %) sekä Pohjois-Suomi (2,0 % ja 5,4 %). Nykykehityksen mukaista kotieläintuotantoa kuvailevassa perusurassa koko maan maatalouden tuotos alenee vuoteen 2050 mennessä 93 prosenttiin vuoden 2019 tasosta. Tämä on seurausta tuotoksen vajaan 20 ja 10 prosentin laskuista Etelä- ja Sisä-Suomessa, sillä Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa tuotos kasvaa 8 ja 3 prosentilla. Ympäristö- ja Terveys-Suomi muistuttavat tuotoskoon muutoksen osalta toisiaan, kun maatalouden tuotos alenee koko maassa noin kolmanneksen, eivätkä muutosvaikutusten erot suuralueittainkaan ole suuret. Suurin tuotosmuutos koetaan Kotieläin-Suomessa, jossa koko maan tuotos kasvaa 1,39 kertaiseksi, vaikka laskeekin Pohjois-Suomessa viidellä prosenttiyksiköllä. Perusurassa elintarviketeollisuuden tuotos koko maassa säilyy ennallaan vuoteen 2050, mutta tuotos Etelä-Suomessa pienenee 14 prosentilla ja kasvaa suhteellisesti eniten Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa 19 ja 21 prosenttia. Ympäristö-Suomessa elintarviketeollisuuden tuotos pienenee vuoteen 2050 enemmän (24 prosenttia) kuin Terveys-Suomessa (18 prosenttia). Ympäristö-Suomessa jalostavan teollisuuden tuotoksen lasku jakaantuu tasaisemmin alueiden kesken, kun taas Terveys-Suomessa lasku kohdistuu suhteellisesti enemmän Etelä- ja Pohjois-Suomeen. Kotieläintuotannon kasvusta vastaavassa Kotieläin-Suomessa koko maan elintarviketeollisuuden tuotos kasvaa 72 prosentilla vuoteen 2050. Kasvu on suhteellisesti suurinta Sisä-Suomessa (86 prosenttia) ja pienintä Pohjois-Suomessa (26 prosenttia).

Työpaketissa 5 toteutetussa kotieläintuotannon vaihtoehtoisten tulevaisuuskuvien ulkomaankauppavaikutusten tarkastelussa arvioitiin panos-tuotosmenetelmää hyödyntämällä, millainen vaikutus kotieläintuotannon huomattavalla vähenemisellä tai lisääntymisellä olisi toimialan tuontiin ja vientiin. Ulkomaankauppavaikutukset sisältävät maatalouden tuotannon edellyttämän panostuonnin sekä maataloustuotteiden viennin ja tuonnin. Vaikutukset eivät sisällä kotieläintuotannon muutoksesta aiheutuvia investointeja ja investointitavaroiden hankintaa. Maataloustuotteiden tuonti ja maatalouden tuotannon edellyttämä panostuonti oli vuonna 2018 yhteensä 2 345 miljoonaa euroa. Kun maataloustuotteiden vienti oli puolestaan 923 miljoonaa euroa, niin tuonnin ylijäämä näin laskien oli 1 422 miljoonaa euroa. Kun otetaan huomioon maatalouden tuotannon edellyttämän panostuonnin muutos sekä maataloustuotteiden viennin ja tuonnin muutokset, niin tuonnin ylijäämä kasvaa vuoteen 2050 mentäessä perusurassa, mutta pienenee Ympäristö-Suomessa, Terveys-Suomessa ja Kotieläin-Suomessa. Tuonnin ylijäämä kasvaa perusurassa 1 662 miljoonaan euroon, mikä johtuu ennen kaikkea maataloustuotteiden viennin pienemisestä 30 prosentilla. Ympäristö-Suomessa tuonnin ylijäämä pienenee 24 prosentilla ja Terveys-Suomessa 32 prosentilla. Ympäristö-Suomessa tuonnin ylijäämän pieneminen johtuu ennen kaikkea maatalouden tuotannon edellyttämän panostuonnin ja maataloustuotteiden tuonnin supistumisesta 29 ja 46 prosentilla, vaikka maataloustuotevienti vähenee huomattavasti (58 prosenttia). Sama koskee Terveys-Suomea, jossa tuonnin ylijäämä pienenee maatalouden panostuonnin ja maataloustuotevienti vähentyessä, vaikka maataloustuotteiden vienti vähenee. Kotieläin-Suomessakin tuonnin ylijäämää säilyy (324 miljoonaa euroa), vaikka maataloustuotteiden vienti kasvaa 221 prosentilla 923 miljoonasta eurosta 2 963 miljoonaan euroon ja maataloustuotteiden tuonti vähenee 31 prosentilla. Viennin mahdollistava kotieläintuotannon kasvu edellyttää tuontipanosia, ja tuotannon edellyttämä panostuonti kasvaa 58 prosentilla vuoteen 2018 verrattuna. Tuonnin ylijäämä pienenee kuitenkin 77 prosentilla vuoden 2018 tilanteeseen verrattuna.

Asiasanat: kotieläintuotanto, ruokajärjestelmä, tulevaisuuskuva, maidontuotanto, naudanlihantuotanto, sianlihantuotanto, siipikarjanlihantuotanto, pellonkäyttö, nurmet, ympäristövaikutukset, maataloustulo, elintarviketeollisuus, aluetalous, taloudelliset vaikutukset, työllisyys, tuonti, vienti, välituotekäyttö

Abstract

Arto Huuskonen (ed.)

Natural Resources Institute (LUKE) Maaninka

The aim of the KOTIETU-project was to model and evaluate the socio-economic and environmental effects of alternative future images of Finnish livestock production. The project produced information on the effects of different livestock production scales and related intensity options on agricultural land use, environmental impacts, farm and regional economy, and foreign trade. The current regime served as a starting point for the five future images: 1) Vegan future (commercial animal production ends), 2) Environment-friendly future (livestock production decreases significantly and is set to serve primarily environmental management), 3) Health-enhancing future (production and consumption of red meat decrease significantly from the current level, 4) Self-sufficient future (Finland is mainly self-sufficient regarding both agricultural inputs and outputs in current consumption and production levels), and 5) Livestock-driven future (Export demand of animal products and consequently animal production increases). These future images were co-developed with stakeholders, experts and researchers. The effects on production, land use, economy and environment were investigated using various economic and environmental modeling tools. The results, reported at the national level and in four regions, provide a consistent view on the likely effects of the future images in different regions and contribute to debates on future developments of agriculture.

Keywords: livestock production, milk production, beef production, pork production, poultry production, land use, grasslands, environmental impacts, food industry, economic effects, import, export

Sisällys

1. Tulevaisuuskuvat.....	10
1.1. Johdanto.....	10
1.2. Menetelmät ja aineistot.....	11
1.3. Tulevaisuuskuvat	13
1.3.1. Kasvis-Suomi	13
1.3.2. Ympäristö-Suomi.....	14
1.3.3. Terveys-Suomi	16
1.3.4. Huoltokyky-Suomi	18
1.3.5. Kotieläin-Suomi.....	19
1.4. Keskustelua.....	21
1.5. Viitteet	23
2. Vaikutukset tuotantoon, pellonkäyttöön ja maataloustuloon.....	24
2.1. Johdanto.....	25
2.2. Skenaarioiden tarkemmat oletukset.....	26
2.2.1. Perusura.....	26
2.2.2. Muut skenaariot	27
2.2.3. Maataloustukien muutokset eri skenaarioissa	29
2.3. Tutkimusmenetelmä	30
2.4. Vaikutukset tuotantoon.....	33
2.4.1. Maidontuotanto	33
2.4.2. Naudanlihantuotanto.....	35
2.4.3. Sian- ja siipikarjanlihantuotanto	36
2.5. Pellonkäyttö	37
2.5.1. Viljelyksessä olevan peltoalan muutokset	41
2.6. Vaikutukset maataloustuloon ja työnmenekkiin.....	43
2.7. Vaikutukset lihan vienti- ja tuontimääriin.....	50
2.7.1. Naudanlihan vienti ja tuonti.....	51
2.7.2. Sian- ja siipikarjanlihan tuonti ja vienti	53
2.8. Viitteet	56
3. Ympäristövaikutukset.....	57
3.1. Johdanto.....	58
3.2. Kasvihuonepäästöt eri skenaarioissa.....	58
3.2.1. Johtopäätökset	61
3.3. Pellonmetsityksen, vettämisen ja metsäkadon ilmastovaikutus eri skenaarioissa.....	62

3.4.	Maaperän hiilivarastojen arvioiminen.....	64
3.5.	Ravintetaseiden kehitys eri skenaarioissa.....	66
3.6.	Maan fosforiluvun muutos eri skenaarioissa.....	72
3.6.1.	Johtopäätökset.....	74
3.7.	Vesistökuormitus – esimerkki Saaristomeren valuma-alueelta.....	74
3.7.1.	Tulokset.....	75
3.7.2.	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	81
3.8.	Eri skenaarioiden vaikutus maatalousmaan biodiversiteettiin yleisesti.....	82
3.9.	Viitteet.....	83
4.	Nautakarjatuotteiden viennin ja tuonnin muutosten osalta skenaarioiden vaikutukset globaalisti ilmastovaikutukseen, vesijalanjälkeen, luonnon monimuotoisuuteen, happamoitumiseen ja rehevöitymiseen.....	87
4.1.	Johdanto.....	87
4.2.	Naudanlihan tuonti.....	87
4.3.	Suomalaisen naudanlihan sekä tuontinaudanlihan vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen.....	90
4.4.	Tulokset/monimuotoisuus.....	92
4.5.	Suomalaisen naudanlihan sekä tuontinaudanlihan vaikutukset vesiniukkuuteen.....	94
4.5.1.	Tausta / vesiniukkuus.....	94
4.5.2.	Menetelmät / vesiniukkuus.....	94
4.5.3.	Tulokset ja tulosten tarkastelu / vesiniukkuus.....	96
4.5.4.	Johtopäätökset / vesiniukkuus.....	98
4.6.	Tuontinaudanlihan ilmasto-, rehevöittävä ja happamoittava vaikutus.....	99
4.7.	Viitteet.....	103
5.	Aluetalousvaikutukset.....	113
5.1.	Johdanto.....	113
5.2.	Aluetaloudelliset vaikutukset eri skenaarioissa.....	115
5.3.	Viitteet.....	119
6.	Ulkomaankauppavaikutukset.....	120
6.1.	Johdanto.....	120
6.2.	Panoskäytön tuontivaikutukset.....	121
6.3.	Maataloustuotteiden vienti ja tuonti eri skenaarioissa.....	122
6.4.	Viitteet.....	124

1. Tulevaisuuskuvat

Tuomas Kuhmonen¹ ja Irene Kuhmonen²

¹ Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto, Sarpaniementie 269, 72300 Vesanto

² Kauppakorkeakoulu, Jyväskylän yliopisto, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto

Tiivistelmä

Suomen kotieläintuotannolle laadittiin osallistavilla menetelmillä viisi tulevaisuuskuvaa: Kasvis-Suomi, Ympäristö-Suomi, Terveys-Suomi, Huoltokyky-Suomi ja Kotieläin-Suomi. Näissä kotieläintuotannon laajuus vaihtelee voimakkaasti, loppumisesta kaksinkertaistumiseen. Muutokset ovat luonteeltaan systeemisiä ja vaikuttavat pellonkäyttöön, omavaraisuuteen, aluelouteen, ulkomaankauppaan ja ympäristöön tavoilla, joita muissa tutkimushankkeen osioissa on arvioitu ja mallinnettu.

Asiasanat: tulevaisuuskuva, kotieläintalous, monitasotarkastelu, regiimi.

1.1. Johdanto

Suomen kotieläintuotannon tulevaisuus on ollut viime vuosina monenlaisen mielenkiinnon kohteena. Julkisessa keskustelussa ovat olleet esillä esimerkiksi kotieläintuotteiden kulutus ja terveysvaikutukset, ravinnekuormitus, ilmastonmuutos, luonnon monimuotoisuus, eläinten hyvinvointi, huoltovarmuus ja omavaraisuus, vientimarkkinat, työllisyysvaikutukset, yrittäjien jaksaminen, maataloustuki ja julkiset hankinnat. Kotieläintuotannolle on toivottu, vaadittu ja ennustettu monenlaisia tulevaisuuksia. Osassa näistä tarkasteluista on otettu huomioon vain hyvin pieni osa kotieläintuotannon ja ruokajärjestelmän kokonaisuudesta.

”Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat ja yhteiskunnalliset vaikutukset” eli KOTIETU-hankkeessa laadittiin viisi erilaista tulevaisuuskuvaa Suomen kotieläintuotannolle: Kasvis-Suomi, Ympäristö-Suomi, Terveys-Suomi, Huoltokyky-Suomi ja Kotieläin-Suomi (Kuva 1). Tulevaisuuskuvat nimettiin tutkimushankkeen suunnitteluvaiheessa juuri sillä periaatteella, että niiden avulla saadaan suuri vaihtelu kotieläintuotannon laajuuteen: ääripäinä Kasvis-Suomessa se loppuu kokonaan ja Kotieläin-Suomessa se on merkittävästi nykyistä laajempi. Kun Suomen kotieläintuotannon laajuus, tuotantotapa ja rakenne vaihtelevat voimakkaasti tulevaisuuskuvienvälillä, päästään arvioimaan niihin liittyviä hyvin erilaisia yhteiskunnallisia vaikutuksia. Hankkeen muissa vaiheissa tulevaisuuskuvienväliltä laadittiin määrällisiä analyysejä pellonkäytöstä ja tuotannosta, ympäristövaikutuksista sekä aluelalous- ja ulkomaankauppa-vaikutuksista.



Kuva 1. Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat.

1.2. Menetelmät ja aineistot

Vaihtoehtoisten tulevaisuuksien ilmentymiä ovat muun muassa erilaiset skenaariot ja tulevaisuuskuvat. Käytettävä tulevaisuuden kuvaustapa riippuu tutkimustehtävästä. Jos tavoitteena on pohtia nykyhetkestä avautuvia (mahdollisia/toivottavia/todennäköisiä) kehityspolkuja, voidaan laatia skenaarioita. Jos tavoitteena on pohtia ensisijaisesti kehityksen lopputulemia, voidaan laatia tulevaisuuskuvia, jotka eivät ole yhtä kiinteästi kytkettyjä nykyhetkeen. Jos tavoitteena on pohtia tavoiteltavaan visioon (van der Helm 2009) johtavia vaihtoehtoisia kehityspolkuja, voidaan laatia ns. backcasting-skenaarioita (Dreborg 1996). Skenaariot ovat siten eräänlaisia tulevaisuuksien käsikirjoituksia (Malaska & Mannermaa 1985), kun taas tulevaisuuskuvat ovat kuvauksia tietyllä tavalla määritellystä tulevaisuudesta jonakin tiettyinä tulevaisuuden ajankohtana (Bell 1997). Tässä tutkimuksessa on luotu tulevaisuuskuvia, joiden keskiössä ovat erilaisten kehityskulkujen tuottamat, toisistaan poikkeavat lopputulemat.

Tässä raportissa on laadittu tulevaisuuskuvia, jotka ovat mahdollisia vuonna 2040. Tulevaisuuksien todennäköisyyteen tai toivottavuuteen ei oteta kantaa, vaikka intuitiivisesti jotkin tulevaisuuksista vaikuttavat ehkä todennäköisemmiltä kuin toiset. Tulevaisuuskuvioiden toivottavuus taas riippuu muun muassa tarkastelijan arvoista, hyötyjen ja haittojen kohtaamisesta ja kunkin tavasta jäsentää tulevaisuuden tarkempaa sisältöä.

Tulevaisuuskuvioiden sisältöä ja vuorovaikutussuhteita on tarkennettu ensisijaisesti **haastatteluaineiston** pohjalta. Talven 2018–2019 aikana järjestettiin 11 tulevaisuudensuunnittelu-tuokiota, joihin osallistui 17 henkilöä. Osallistuneet henkilöt edustivat tarjontaketjun eri osia (alkutuotanto, jalostus, käyttö ja kulutus) sekä eri näkökulmia ruokajärjestelmän ajureihin ja tuotoksiin (taloudellinen, ympäristöllinen ja sosiaalinen kestävyys, ruokaturva, ulkomaankauppa, politiikka). Haastatellut henkilöt olivat tutkimuslaitoksista, ammattijärjestöistä, elintarvikealan yrityksistä ja järjestöistä (Atria, e2 Tutkimus, Jyväskylän yliopisto, Luonnonvarakeskus, Makery Oy, Marttaliitto, MTK, Raisioagro, Suomen ympäristökeskus, Valio). Tulevaisuuskuvioiden laadinnassa hyödynnettiin lisäksi Suomen proteiinijärjestelmän systeemistä muutosta koskenutta haastatteluaineistoa (Kuhmonen ym. 2017). Lisäksi monipuolisia osaamisalueita edustava tutkijaryhmä ja hankkeen ohjausryhmä käsittelivät tulevaisuuskuvioiden aiheita useissa hankkeen sisäisissä työpajoissa ja kokouksissa, joista saatiin vielä täydentäviä näkökulmia.

Haastatteluissa käytiin läpi kukin otsikkotasoinen tulevaisuuskuva-aihe (Kuva 1), ja henkilöt saivat vapaasti kertoa näkemyksensä siitä, millainen vuoteen 2040 sijoittuva tulevaisuus olisi (sisältö), mitkä tekijät sen syntymistä olisivat edistäneet (ajurit) ja millaisiin tulevaisuudessa päädyttäisiin (tuotokset). Erityisesti tiedusteltiin tuotannon laajuuteen ja tuotantotapoihin liittyviä näkemyksiä.

Haastatteluaineistosta laadittiin ruokajärjestelmän dynamiikkaa kuvaavat, pelkistetyt **vuorovaikutuskaaviot**. Kaavioita syntyi 11 (haastattelua) x 5 (tulevaisuuskuva) eli 55 kappaletta. Laadullisen systeemidynamiikan avulla voidaan kuvata pelkistetyksi laadultaan ja merkittävyydeltään erilaisten tekijöiden välisiä vuorovaikutussuhteita (Sterman 2000).

Vuorovaikutuskaavioiden (55 kpl) sisältöelementit (653 kpl) tyypiteltiin laadullisen **sisällönanalyysin** avulla aineistosta muodostuviin luokkiin (Krippendorff 2004, Hsieh & Shannon 2005). Tämän avulla pystyttiin tiivistämään kunkin tulevaisuuskuvan ydinsisältöä. Vuorovaikutuskaavioiden 653 sisältöelementtiä kyettiin tiivistämään 15 luokkaan: arvot, energia ja ravinteet, hintamuutokset, imago, kilpailukyky, kulutuskäyttäytyminen, politiikka, teknologian kehitys, tilarakenne, tuotantomäärät, tuotantotavat, tuotteet, ulkomaankauppa, valta ja ympäristötekijät. Nämä tekijät siis erottelivat keskeisimmin viittä tulevaisuuskuva toisistaan ja nykytilanteesta.

Koska kaikkien kuvattujen, vaihtoehtoisten tulevaisuuksien toteutuminen edellyttäisi systeemistä muutosta koko ruokajärjestelmässä, systeemidynamiikkakaavioiden ja sisällönanalyysin tuottama keskeinen sisältö jäsenettiin **monitasotarkastelun** muotoon (Multi-Level Perspective, MLP). Monitasotarkastelu on vakiintunut varsin yleiseksi tavaksi kuvata ja kartoittaa systeemiseen muutokseen liittyvien tekijöiden institutionalisoituneisuuden astetta sekä sijoittumista muutosprosessin ajallisiin vaiheisiin. MLP-viitekehyksessä monimutkaisen järjestelmän muodonmuutos koostuu toisiinsa kytkeytyneistä muutoksista (Rotmans ym. 2001, Geels & Schot 2007). Muutosdynamiikka tapahtuu kolmen tason sisällä ja välillä: niche-taso, regiimitaso ja maisemataso (Genus & Coles 2008, Morrissey ym. 2014). Niche-taso tarjoaa esimerkiksi tavanomaiselta markkinavalinnalta osin suojattuja tiloja ja alustoja uudistusten ja innovaatioiden kehittelylle, hauduttelulle ja kokeilemiselle. Uudistukset voivat olla ideoita, käytänteitä, sääntöjä tai teknologioita, jotka saattavat liittyä hallitsevan regiimin lukkiutuneisuuteen (Nill & Kemp 2009). Regiimit ovat puolestaan vahvemmin institutionalisoituneita ja jäsenyneitä ja siksi polkuriippuvaisia uskomuksiin, käytänteisiin, teknologioihin ja muihin osa-alueisiin liittyviä järjestelmiä. Regiimit ovat polkuriippuvaisia ja niiden sisäinen "liima" tekee niistä vastustuskykyisiä tai -haluisia muutokselle. Ne voivat tarjota vakiintuneen järjestelmän tehokkuusetuja, mutta toisaalta tulla myös tehottomiksi ja käyttökelvottomiksi, jos ne eivät kykene vastaamaan muuttuviin tai keskenään erilaisiin tarpeisiin. Maisemataso kuvaa kaikkein vakiintuneinta makrorakennetta, joka ei ole kenenkään yksittäisen toimijan vaikutusvallan avulla muutettavissa lyhyellä aikavälillä. Maisematasolle kuuluvat muun muassa kulttuuri, yhteiskuntajärjestys, talous ja ekologia. Koko järjestelmän muodonmuutos tapahtuu näiden kolmen tason vuorovaikutuksen tuloksena. Kustakin tulevaisuuskuva on laadittu synteesisinä monitasotarkastelu.

Koko analyysi on vielä tiivistetty **tulevaisuustaulukon** muotoon. Tulevaisuustaulukko on yleensä melko korkean abstraktiotason kuvaus tietyn ilmiön tulevaisuuteen liittyvien keskeisten tekijöiden vaihtoehtoista tiloista (Kuhmonen & Kuhmonen 2015). Tässä tutkimuksessa tulevaisuustaulukkoa on käytetty tulosten synteesisinä, jolloin nykyisen ruokajärjestelmän regiimin ja viiden vaihtoehtoisen tulevaisuuskuva eli ruokajärjestelmän regiimin keskeiset sisällöt ja erot voidaan esittää yhdessä taulukossa.

1.3. Tulevaisuuskuvat

Seuraavaksi on lyhyesti esitelty viisi tulevaisuuskuvaavaa sekä niiden keskeiset ajurit ja sisällöt sekä ruokajärjestelmän hallitsevan regiimin muutos kussakin tapauksessa monitasotarkastelun avulla. Yksityiskohtaisempi esitys laadituista tulevaisuuskuvista on julkaistu Kuhmosen & Kuhmosen (2019) raportissa.

1.3.1. Kasvis-Suomi

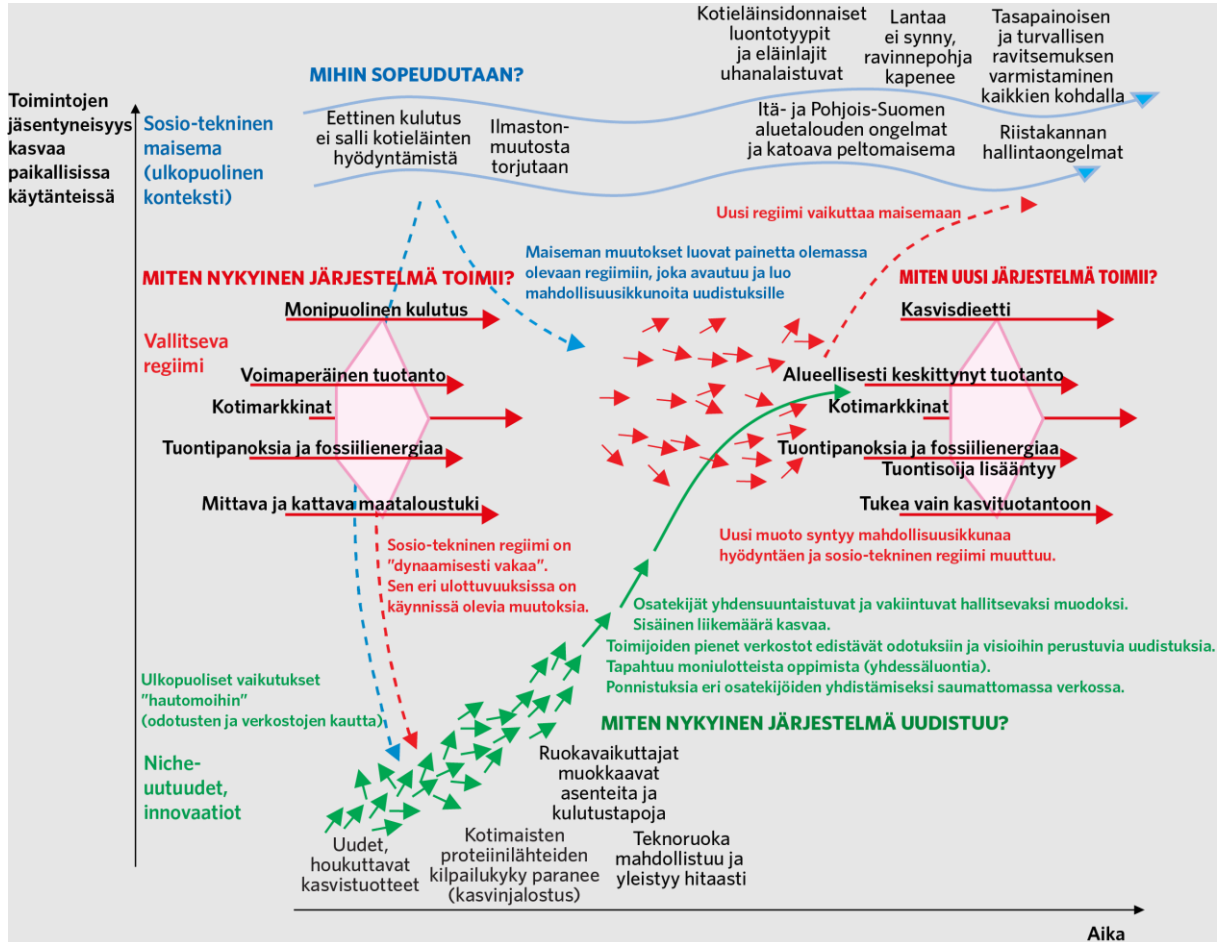
Kasvis-Suomi syntyy kuluttajien arvojen kategorisesta muutoksesta, joka johtaa kulutuskäyttäytymisen muutokseen: kaikki suomalaiset syövät vain kasvisruokaa. Viljojen kulutus kaksinkertaistuu ja palkokasvien kulutus moninkertaistuu, perunankin kulutus kasvaa merkittävästi nykyiseen verrattuna. Kuluttajat tulkitsevat maailmaa niin, että eläimillä ja ihmisillä on samat oikeudet, joten eläimiä ei saa käyttää hyväksi ihmisten omien tarpeiden tyydyttämisessä. Eettisyys kehystetään nimenomaan eläinten inhimillistämisen kautta, eikä se esimerkiksi sisällä edes kestävästi hyödynnettävissä olevien resurssien kuten luonnonkalojen ja riistan hyödyntämistä. Kulutusmuutoksen taustalla oleviin motivaatiotekijöihin sisältyvät myös oma terveys, ilmastokysymykset ja luonnonmukaisuus. Yhteiskuntapolitiikka eri muodoissaan (maalouselinpolitiikka, terveyspolitiikka, tiedepolitiikka) tukee ruokajärjestelmän muodonmuutosta.

Kaupallinen kotieläintuotanto loppuu Suomesta, mikä vapauttaa suuren määrän rehuksi käytettävää peltoalaa nykyisiltä kotieläintalouden päätuotantoalueilta maan keskiosista. Osa vapautuvasta peltoalasta metsitetään (esimerkiksi turvepeltoja ympäristösyistä), osa käytetään energiantuotantoon (biokaasunurmet), osa jää hoitamatta pusikoitumaan ja osa parhaista rehupelloista hyvillä viljelyalueilla siirtyy ravintokasvien tuotantoon. Erityisesti valkuaiskasvien viljely lisääntyy huomattavasti, koska eläintuotteiden proteiini täytyy korvata kasvisvalkuaisella: viljoilla, herneellä, härkäpavulla, perunalla yms. Nurmiala pienentyy erittäin voimakkaasti, mikä heikentää peltojen hiilensidontaa ja maatalousluonnon monimuotoisuutta. Karjataloudesta riippuvaiset lukuisat luontotyypit ja eläimet harvinaistuvat tai katoavat.

Myös kotieläinten tuottama lanta ravinteineen loppuu, minkä vuoksi esimerkiksi luonnonmukainen tuotanto (luomu) on kiertoviljelyn varassa. Viljelykierron järjestäminen ja pellon kasvukunnon ylläpito korostuu ja vaatii lisää peltoreserviä. Viljely- ja menekkiriskit kasvavat, kun huonona satovuotena ei ole olemassa enää kysyntää rehulaatuiselle viljalle. Elintarvikejalostuksen sivuvirtojen hyödyntäminen kotieläinten rehuna loppuu, jolloin ne ovat jätettä tai vailloa joltain muuta uusiokäyttöä (esim. biokaasu), mikä heikentää elintarvikejalostuksen kannattavuutta. Poliitikassa kaikki kotieläintuotannon tuet lopetetaan ja panostetaan kasvinjalostuksen, kasvituotannon ja kasvituotteiden kehittämiseen; kotieläinjalostus loppuu. Maataloustulo, maatalouden työllisten määrä ja maatilojen lukumäärä vähenevät eli maatalouselinkeino pienenee – samoin monet maatalouselinkeinon kerrannaisvaikutukset panosten tuotannossa ja elintarvikejalostuksessa.

Nykyinen monipuoliseen kulutukseen, voimaperäiseen tuotantoon, kotimarkkinoihin, tuontipanoksiin ja fossiilienergiaan sekä mittavaan ja kattavaan maataloustukeen nojaava regiimi avautuu muutospaineiden seurauksena ja muuntuu Kasvis-Suomen regiimiksi (Kuva 2). Tätä vähitellen jäsentyvää regiimiä luonnehtivat kasvisdieetti, alueellisesti parhailla alueilla keskittynyt tuotanto, kotimarkkinat, tuontipanokset ja fossiilienergia, tuontisoijan kasvava rooli sekä maataloustuen kohdentuminen vain kasvintuotantoon. Niche-tasolta kumpuava uusien ajattelutapojen, toimintamallien, teknologioiden ja tuotteiden tarjonta heikentää nykyistä regiimiä ja vahvistaa uutta. Kasvis-Suomi vakiintuu ruokajärjestelmän perusregiimiksi vähitellen, kun lukuisat vuorovaikutussuhteet ja yhteensopivuudet vakiintuvat muun muassa

sopimusten, sääntelyn ja kannustimien osalta. Uusi regiimi "lukkiutuu" ja alkaa vastustaa muutosta sisäisten sidosten ja "liiman" vahvistuessa. Tämä regiimi joutuu aikanaan uusien maisematasolta tulevien muutospainoiden kohteeksi, kun esimerkiksi kotieläinsidonnaiset luontotyypit ja eläinlajit harvinaistuvat, lantaa ei synny ja ravinnepohja kapenee, pellot katoavat merkittävästä osasta maata, tasapainoisen ja turvallisen ravitsemuksen toteutuminen kaikkien kansalaisten kohdalla on haasteellista ja riistakannan hallintaongelmat kärjistyvät.



Kuva 2. Kasvis-Suomi: ruokajärjestelmän systeminen muutos.

1.3.2. Ympäristö-Suomi

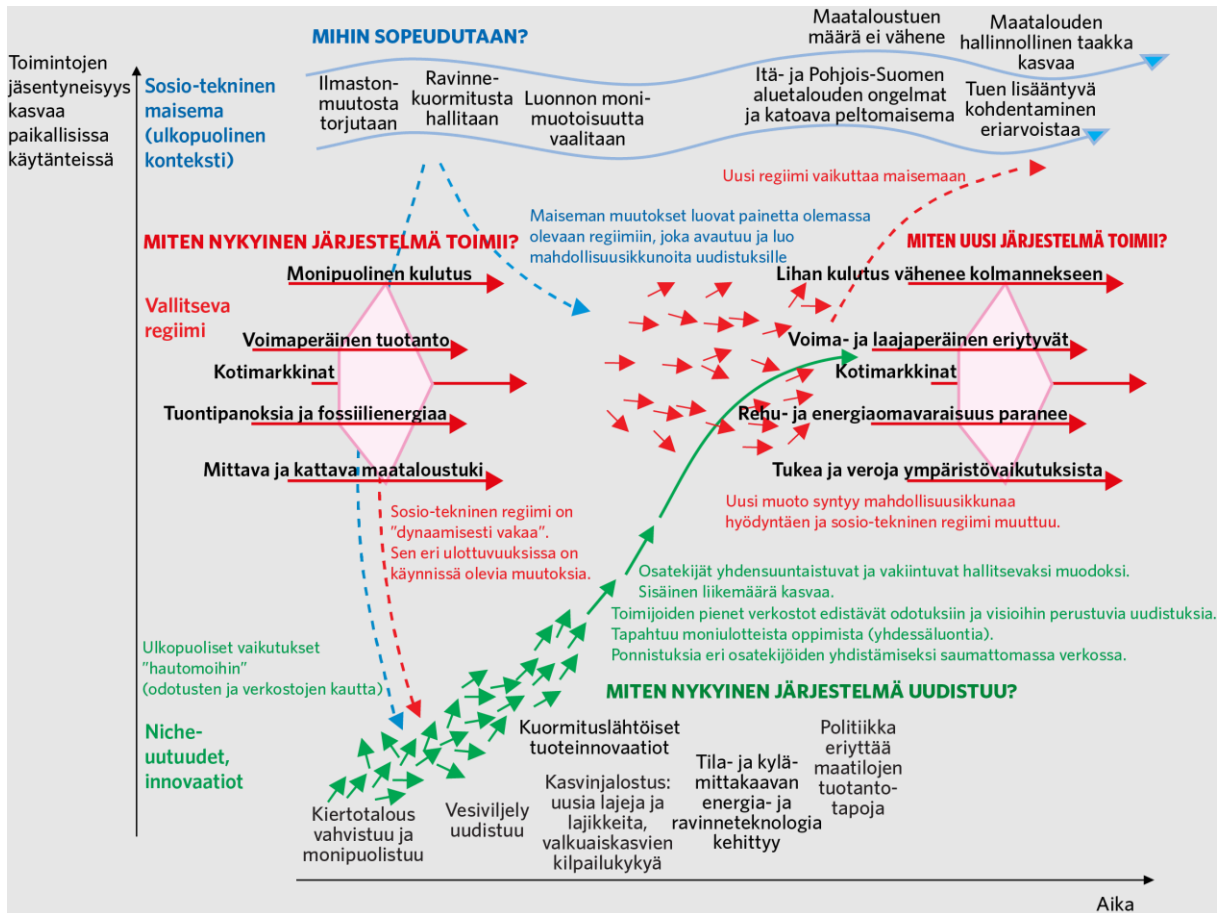
Ympäristö-Suomi syntyy politiikan muutoksesta, kun yhteiskuntapolitiikan eri keinoin minioidaan maatalouden hiilipäästöjä ilmakehään ja ravinnepäästöjä vesistöihin sekä maksimoidaan maatalousluonnon monimuotoisuuden säilymistä. Ilmastomuutosta torjutaan kattavasti koko elinkeinossa, vesiensuojeluun panostetaan kohdennetusti (rannikko, järvi-Suomi) ja monimuotoisuuteen kohdeperusteisesti (perinnebiotoopit, vaihettumisalueet yms.). Maataloustuki suunnataan uudelleen syntyviin ympäristövaikutuksiin perustuvaksi, laiduntaminen on käytännössä pakollista, nurmirehualtaista rehustusta suositaan tukipolitiikalla ja julkista tutkimus- ja kehitysrahoitusta suunnataan nurmitalouteen sekä tilakohtaisen rehu- ja energiaomavaraisuuden parantamiseen, kiertotalouden vahvistamiseen sekä valkuaiskasvien kilpailukyyn lisäämiseen. Nurmiviljelyä ja nautakarjataloutta tuetaan erityisesti rannikon savimaa-alueilla ja kivennäismaiden hiilensidontapotentiaalin hyödyntämiseen tarjotaan kannustimia. Kalatalouspolitiikassa panostetaan kiertovesiviljelyn kehittämiseen ja luonnonkalakan-tojen hyödyntämisen parantamiseen. Kotieläintuotteita verotetaan, mikä nostaa niiden

suhteellista hintaa ja vähentää kulutusta. Verotuksen kiristyminen ja ympäristöajattelun vahvistuminen kulutus päätöksissä vähentää maidon kulutusta noin 40 %, naudanlihan kulutusta noin 50 % sekä sian- ja siipikarjanlihan kulutusta noin 75 %; kalan kulutus sen sijaan kaksinkertaistuu ja kaikki kala on kotimaista.

Ympäristösyistä hiiltä sitovaa nurmea päärehunaan käyttävä nautakarjatalous supistuu vähemmän kuin vilja- ja tuontirehuun nojaava sika- ja siipikarjatalous. Suomessa hallitsevan yhdistelmätuotannon vuoksi maidon ja naudanlihan tuotantomäärien muutokset ovat kytköksissä toisiinsa (lypsylehmien vasikoita kasvatetaan naudanlihaksi). Sisävesien luonnonkalojen kalastusmäärät kaksinkertaistuvat, silakasta merkittävä osa käytetään rehun sijasta ihmisravinnoksi ja kiertovesiviljely kotimainen kala lisääntyy. Lopputuloksena kalan kulutus kaksinkertaistuu ja kotimaisen kalan tuotanto ja käyttö ihmisravinnoksi kasvaa niin paljon, että tuonti loppuu kokonaan. Rehuksi käytettävä peltoala vähenee erityisesti rehuviljan osalta, ja ihmisravinnoksi viljeltävien kasvien viljelyalat kasvavat erityisesti valkuaiskasvien, viljan ja perunan osalta. Myös rehuksi käytettävien valkuaiskasvien (herne, härkäpapu) viljely laajenee. Kokonaisuutena nurmien ja palkokasvien osuus viljellystä peltoalasta kasvaa, ja nautakarjatalous ja nurmiviljely yleistyvät Etelä-Suomen eroosioherkillä savialueilla. Osa rehukäytöstä vapautuvasta peltoalasta käytetään biokaasunurmien viljelyyn, osa metsitetään hiilinieluiksi. Hyönteisiä kasvatetaan pienessä mitassa rehuksi ja ravinnoksi.

Tuotantotapojen osalta maatilat jakautuvat nykyistä selvemmin kahteen ryhmään: tehokkaaseen tuotantoon keskittyviin "tuotantotiloihin" ja ympäristönhoitoon keskittyviin "ympäristötiloihin". Kotieläintuotannon tehostaminen tuotantotiloilla perustuu ensisijaisesti rehuhyöty-suhteen parantamiseen, päiväkasvun tai -tuotoksen lisäämiseen (ylläpitoon käytetyn energian osuuden ja siitä syntyvien päästöjen vähentämiseen) sekä nurmituotannon tehostamiseen väkirehuruokintaa vähentäen. Kiertotalous vahvistuu tila-, paikallis- ja valtakunnan tasolla ja tilojen rehu- ja energiaomavaisuus paranee lannan prosessoinnin ja fraktioinnin, biokaasutuksen ja palkokasvien typensidonnan hyödyntämisen myötä. Pelloilla on aina kasvipeite, minkä lisäksi syväjuurisen kasvuston ja monimuokkauksen käyttö lisääntyy. Ympäristötiloilla keskitytään erityisesti maatalousluonnon monimuotoisuuden ylläpitämiseen, ja tilat saavat merkittävän osan tuloistaan ympäristönhoitopalkkioista, suoramyynnistä, opetustoiminnasta ja matkailusta.

Nykyinen monipuoliseen kulutukseen, voimaperäiseen tuotantoon, kotimarkkinoihin, tuonti-panoksiin ja fossiilienergiaan sekä mittavaan ja kattavaan maataloustukeen nojaava regiimi avautuu muutospaineiden seurauksena ja muuntuu Ympäristö-Suomen regiimiksi (Kuva 3). Ympäristö-Suomen regiimiä luonnehtivat lihan ja maidon kulutuksen voimakas lasku ja korvaaminen kasvis- ja kalatuotteilla, voima- ja laajaperäisen tuotannon selvä eriytyminen tilatasolla, kotimarkkinaorientaatio, rehu- ja energiaomavaraisuuden parantuminen maataloudessa sekä maataloustuen kohdentaminen ympäristövaikutusten perusteella. Niche-tasolta kumpuavat muun muassa kiertotalouden vahvistuminen, vesiviljelyn uudistuminen, kasvinjalostuksen ja tuotekehityksen tuottamat kilpailukykyiset kasvilajit ja -lajikkeet sekä kasvis- ja kalatuotteet. Tila- ja paikallistason energia- ja ravinneomavaraisuutta sekä kiertotaloutta tukeva teknologia kehittyy viimein Suomessa kansainväliselle tasolle. Ympäristö-Suomi vakiintuu ruokajärjestelmän perusregiimiksi vähitellen, kun lukuisat vuorovaikutussuhteet ja yhteensopivuudet vakiintuvat muun muassa sopimusten, sääntelyn ja kannustimien osalta. Uusi regiimi "lukkiutuu" ja alkaa vastustaa muutosta sisäisten sidosten ja "liiman" vahvistuessa. Tämä regiimi joutuu aikanaan uusien maisematasolta tulevien muutospaineiden kohteeksi, kun esimerkiksi maataloustuen määrä säilyy suurena, Itä- ja Pohjois-Suomessa osa pelloista metsitetään ja maisema umpeutuu, maatalouden hallinnollinen taakka kasvaa ja tuen lisääntyvä kohdentuminen lisää eriarvoisuutta tilojen ja alueiden välillä.



Kuva 3. Ympäristö-Suomi: ruokajärjestelmän systeminen muutos.

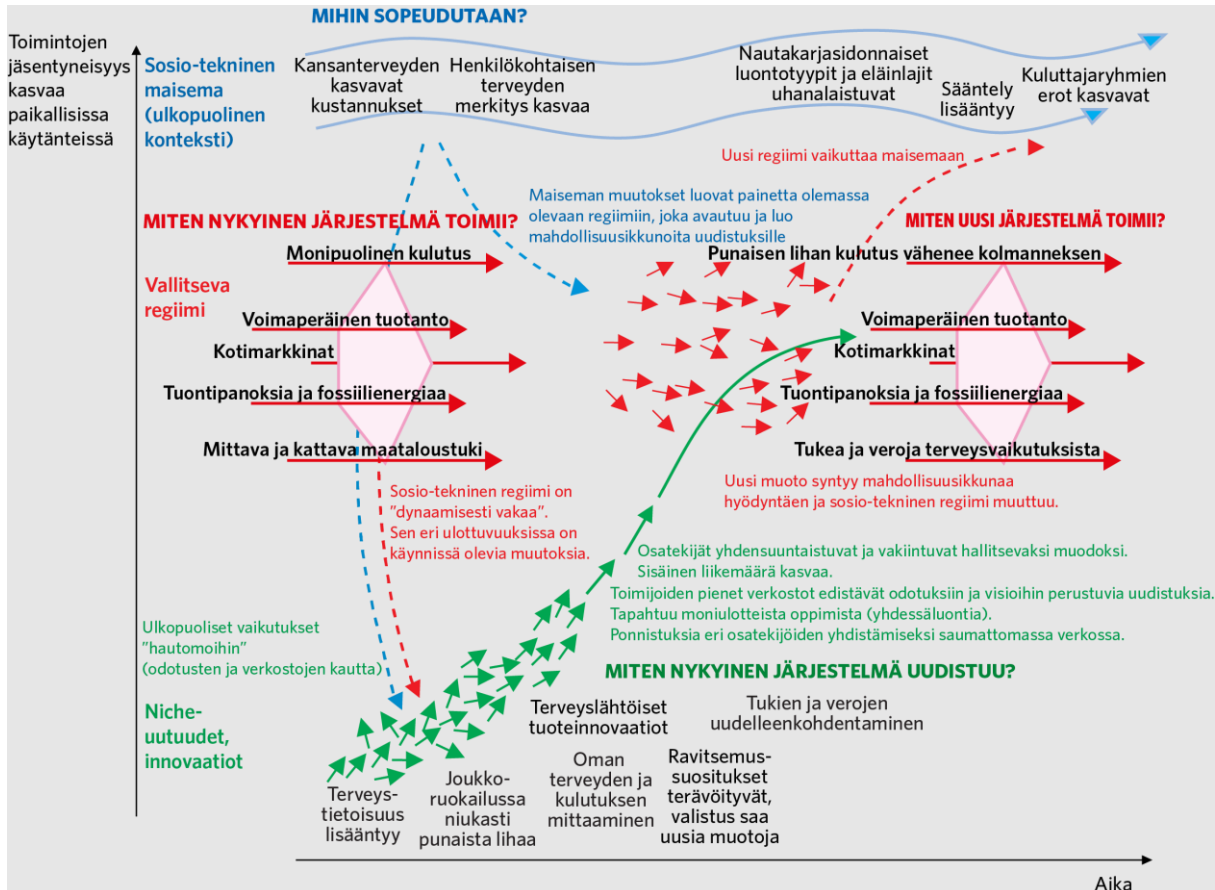
1.3.3. Terveys-Suomi

Terveys-Suomi syntyy kulutuskäyttäytymisen ja politiikan samansuuntaisen muutoksen tuloksena, kun sekä yksilötason terveyden että kansanterveyttä vahvistavan politiikan merkitys kulutusvalintojen ohjaajana vahvistuu. Nuorten keskuudessa yleinen kasvissyönti valtavirtaistuu ja oman kulutuksensa terveys- ja ympäristövaikutuksia seuraavien ja mittaavien kuluttajien osuus kasvaa. Julkisen talouden kiristyessä myös kansanterveyden kustannusten merkitys kasvaa, ja kansalaisia ohjataan terveellisen ruokavalion noudattamiseen vahvoilla ravitsemussuosituksilla, pontevalla valistuksella ja joukkoruokailun niukkalihaisella tarjonnalla. Terveydelle ylen määrin kulutettuna haitallisia tuotteita kuten punaista lihaa ja lihavalmisteita verotetaan – kasvinviljelyn ja kalatalouden kehittämistä puolestaan tuetaan.

Kulutuskäyttäytymisessä jatkuvasti kasvava osa väestöstä korvaa punaista lihaa ja lihajalosteita kasvis- ja kalatuotteilla. Koska liha kallistuu, kulutusmuutoksen terveysvaikutukset eroavat väestöryhmien välillä: varakkaat syövät terveellisemmin ja monipuolisemmin, kun taas vähävaraisimpien kulutusta ohjaa edelleen vahvasti ostovoimarajoite ja halpa hinta – eriarvoistuminen voikin jopa lisääntyä. Lihasta tulee harvemmin nautittu, hyvin brändätty ja vastuullinen ("nauti kohtuudella") luksustuote; prosessoidun lihan kulutus vähenee enemmän kuin tuoreen lihan kulutus. Proteiiniä lähtee monipuolistuvat kulutuksessa: uusia houkuttavia kasvistuotteita ja kotimaisia kalajalosteita syntyy lisää. Punaisen lihan ja lihavalmisteiden kulutus vähenee keskimäärin kolmanneksen nykyisestä; puolet tästä korvataan kasvien ja puolet kotimaisen kalan kulutuksen lisäyksellä.

Tuotantomäärien osalta naudan- ja sianlihan tuotanto alenee kilpailukyvyyn sanelemana kulu- tusta vastaavasti eli kolmanneksella; tuonnin osuus säilyy ennallaan. Peltolaava vapautuu re- huntuotannosta nautakarja- ja sikatalouden päätuotantoalueilla; osa tästä käytetään entistä monipuolisempien ravintokasvien, erityisesti valkuaiskasvien viljelyyn (herne, härkäpapu, kvinoa, tattari, viljelty lupiini, öljypellava, öljyhamppu ym.), osa metsitetään ja osa käytetään energiantuotantoon markkinaehtoisten ratkaisujen myötä. Erityisesti soijapohjaisia tuotteita tuodaan runsaasti ulkomailta. Kotimainen kalankasvatus laajenee markkinavetoisesti sekä kiertovesilaitoksissa että merikasvatuksessa ja luonnonkalakantaa hyödynnetään tehokkaasti.

Nykyinen monipuoliseen kulutukseen, voimaperäiseen tuotantoon, kotimarkkinoihin, tuonti- panoksiin ja fossiilienergiaan sekä mittavaan ja kattavaan maataloustukeen nojaava regimi avautuu muutospainoiden seurauksena ja muuntuu Terveys-Suomen regimiiksi (Kuva 4). Terveys-Suomen ruokajärjestelmän regimiä luonnehtivat samoin voimaperäinen tuotanto, koti- markkinat, tuontipanokset ja fossiilienergia, mutta kulutuksessa ja tuotannossa on tapahtunut siirtymää punaisesta lihasta kasvi- ja kalatuotteisiin; tuet ja verot ovat terveysvaikutuksiin pe- rustuvia. Punaisen lihan tuotanto ja kulutus vähenevät noin kolmanneksen nykyisestä. Niche- tasolta kumpuavat muun muassa terveyslähtöiset tuoteinnovaatiot, terävöityvät ravitsemus- suositukset ja valistus, punaisen lihan vähentyminen joukkoruokailun tarjonnassa, terveystie- toisuuden lisääntyminen sekä oman terveyden ja kulutuksen mittaaminen. Terveys-Suomi va- kiintuu vähitellen ruokajärjestelmän perusregimiiksi, joka jäsentyy, vakiintuu, lukkiutuu ja al- kaa vastustaa muutoksia. Siihen kohdistuu kuitenkin aikanaan muutospaineita, jotka liittyvät muun muassa nautakarjasidonnaisten luontotyyppien ja eläinlajien uhanalaistumiseen, sään- telyn lisääntymiseen ja kuluttajaryhmien välisten erojen mahdolliseen kasvuun (suuri- vs. pie- nituloiset).



Kuva 4. Terveys-Suomi: ruokajärjestelmän systeminen muutos.

1.3.4. Huoltokyky-Suomi

Huoltokyky-Suomi voi syntyä monta kautta: kauppasodan seurauksena, ilmasto- ja pakolaiskriisin myötä tai varautumispolitiikan tuloksena. Myös lopputulos olisi erilainen, koska kriisin kautta syntyvissä tulevaisuuksissa varautuminen jäisi vähemmälle ja esimerkiksi tuotantopainosten saatavuus ja käyttö, tuotantotavat, tuotantorakenne ja ruokavalio voisivat muuttua melko radikaalistikin. Esimerkiksi kotieläintalouden rakenne muuttuisi monessa radikaalissa vaihtoehdossa huomattavasti nautakarjatalousvaltaisemmaksi ja ruokavalio nykyistä enemmän kasvisruokiin ja luonnonkalaan perustuvaksi.

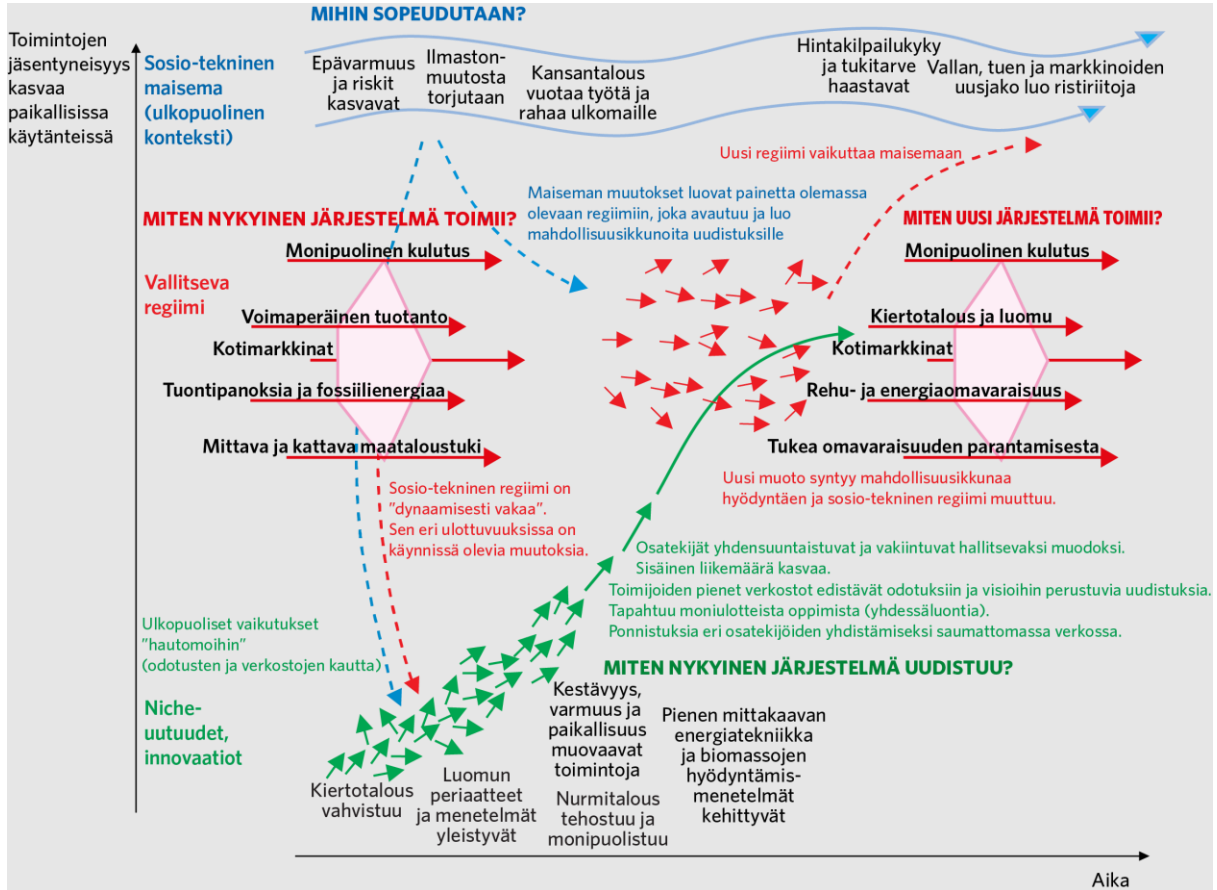
Tässä tarkastellaan kuitenkin varautumispolitiikan tuloksena syntyvää tulevaisuuskuvaa. Lisääntyvästä epävarmuudesta (geopoliittinen epävakaus, ilmastonmuutos, pakolaisvirtojen kasvu) pontimensa saavan varautumispolitiikan tuloksena syntyvän huoltokyky-Suomen ytimenä on tuote- ja panosomavaraisuuden parantaminen. Tukea maksetaan nimenomaan omavaraisuuden parantamisesta ja resurssien täysimittaisesta hyödyntämisestä: kiertotalouden edistämisestä, apilanurmien viljelystä (typensidonta), bioenergian paikallistuotannosta, lannan tehokäytöstä ja luomutuotannon periaatteiden noudattamisesta. Kaikki tuotantokelpoinen ala pyritään pitämään tuotannossa ja maataloista pyritään tekemään ravinne- ja energiaomavaraisia yksin tai naapurien kanssa. Kotimaista kalaa hyödynnetään tehokkaasti.

Energian ja ravinteiden tuotanto organisoituu uudelleen siten, että energiaa tuotetaan entistä enemmän tila- ja paikallistasolla ja monipuolisesti kaikenlaisista biomassoista (lannasta, pelloilta, metsistä, yhdyskuntajätteestä). Ravinteiden hyödyntäminen ja käyttö tehostuvat: lannan ravinteiden hyödyntäminen maksimoidaan, apilanurmia viljellään laajasti ja viljelykierroilla edistetään tehokasta ravinnetaloutta ja hillitään ravinteiden huuhtoutumista. Hajautettu pienen mittakaavan sähköntuotanto tuulesta, auringosta ja biomassoista laajenee voimakkaasti, ja maaseutu on täynnä tila- ja kylätason ravinne-, sähkö- ja lämpölaitoksia. Poliitikalla tuetaan vahvasti näitä muutoksia. Valta ruoka- ja energiajärjestelmissä jakautuu uudelleen.

Tuotantomäärien osalta nautanlihaa tuotetaan omavaraisuutta vastaava määrä, jolloin tuotanto kasvaa noin neljänneksen nykyisestä ja nettotuonti loppuu; kasvu on pääosin laiduntaava emolehmätuotantoa. Myös lammastalous laajenee omavaraisuustasolle. Nurmitalouden rooli vahvistuu ja kotimaisten valkuaiskasvien (rehuherne, härkäpapu, rapsi, rypsi ym.) tuotanto kasvaa. Sisävesikalalan kalastusmäärät kasvavat, silakkaa käytetään nykyistä enemmän ihmisravinnoksi, kotimainen kalanviljely lisääntyy ja kalan tuonti loppuu; riistaa metsästetään suunnilleen nykyinen määrä. Muutosten kautta kuluttajien ruokavalio säilyy likimain ennallaan. Tuotantotapojen osalta Suomen maatalous muuttuu monelta osin "luomu-Suomen" suuntaan (mm. viljelykierrot, ravinteiden käyttö, tuholaisien ja rikkakasvien torjunta), kun tuet kannustavat hyvään ravinnetalouteen ja tuontipanosriippuvuuden vähentämiseen. Tuotanto laajaperäistyy ja huippusatoja tai -tuotoksia ei tavoitella, jolloin kotoperäiset rehut riittävät. Tuotantovarmuus korostuu ja kiertotalous vahvistuu. Uusvanhoja lajeja ja lajikkeita viljellään nykyistä enemmän.

Nykyinen monipuoliseen kulutukseen, voimaperäiseen tuotantoon, kotimarkkinoihin, tuontipankoksiin ja fossiilienergiaan sekä mittavaan ja kattavaan maataloustukeen nojaava regiimi avautuu huoltovarmuutta painottavien muutospaineiden seurauksena ja muuntuu Huoltokyky-Suomen regiimiksi (Kuva 5). Huoltokyky-Suomen ruokajärjestelmän regiimiä luonnehtivat edelleen monipuolinen kulutus, entistä vahvemmin kotimarkkinat, kiertotalouden ja luomutuotannon periaatteiden noudattaminen, maatalouden rehu- ja energiaomavaraisuus, kalaomavaraisuus ja fossiilitaloudesta luopuminen sekä tuen suuntaaminen omavaraisuuden parantamiseen. Niche-tasolta kumpuavat muun muassa uudet kiertotalouden toteuttamistavat, luomutuotannon menetelmät, nurmitaloutta tehostavat ja monipuolistavat ratkaisut,

ruokajärjestelmän resilienssiä ja paikallistumista vahvistavat toimintatavat sekä pienen mittakaavan energiatekniikka ja biomassojen hyödyntämistavat. Huoltokyky-Suomi vakiintuu vähitellen ruokajärjestelmän perusregiimiksi, joka jäsentyy, vakiintuu, lukkiutuu ja alkaa vastustaa muutoksia. Siihen kohdistuu kuitenkin aikanaan muutospaineita, jotka liittyvät muun muassa hintakilpailukykyyn ja tukitarpeeseen sekä vallan, tuen ja markkinoiden uusjaon aiheuttamiin ristiriitoihin.



Kuva 5. Huoltokyky-Suomi: ruokajärjestelmän systeminen muutos.

1.3.5. Kotieläin-Suomi

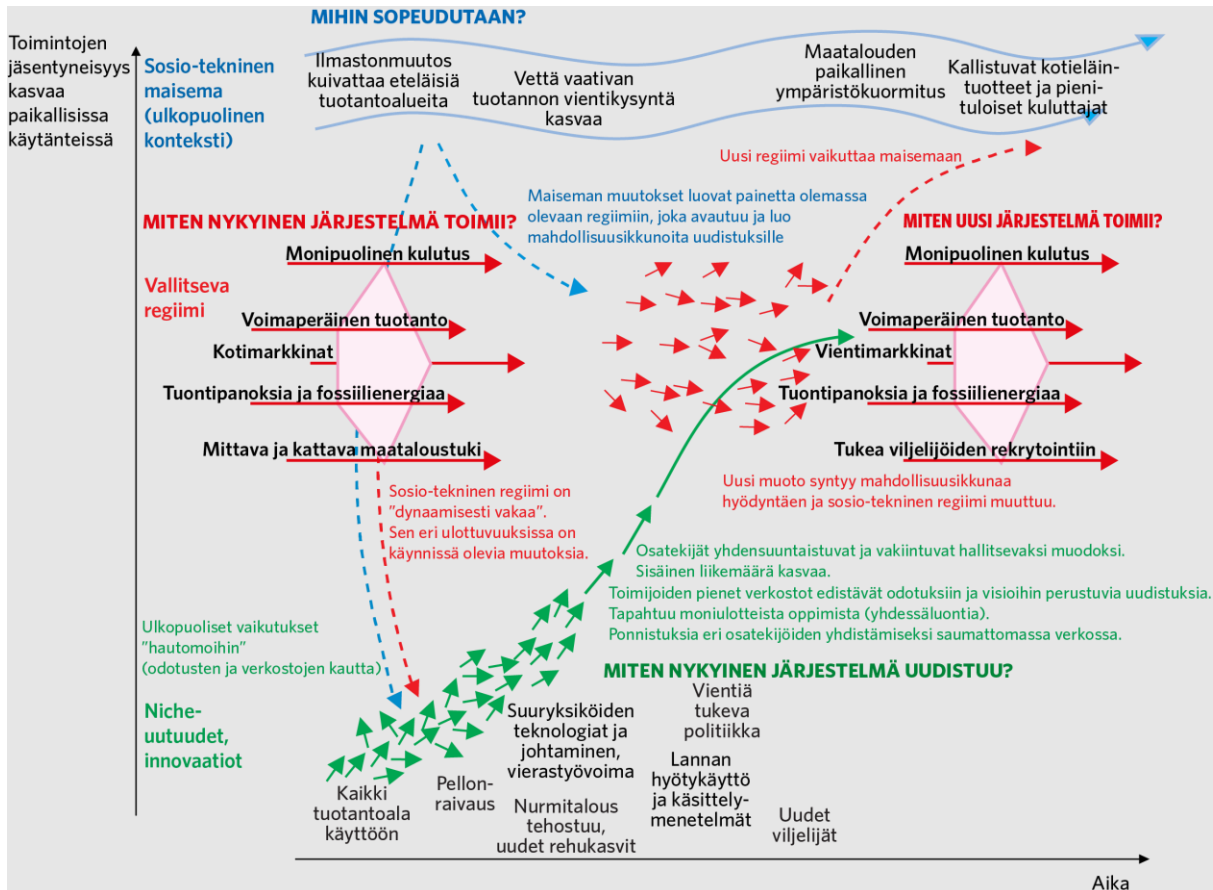
Kotieläin-Suomi syntyy täysin markkinaehtoisesti, kun etenevä ilmastonmuutos kuivattaa päiväntasaajan lähellä olevia merkittäviä maatalouden tuotantoalueita, Suomen suhteellinen etu ja kilpailukyky vahvistuu ja kasvava kysyntä vetää Suomen kotieläintuotannon vahvaan vientivetoiseen kasvuun. Makean veden suurvaltana Suomi hyödyntää muuttuneen tilanteen siten, että erityisesti lihaa, lihajalosteita ja maitojalosteita viedään ostovoimaisille markkinoille. Maataloudesta voidaan pääsääntöisesti luopua ja suuri osa maatalouden resursseista on kannattavaa suunnata vientituotantoon.

Tuotantomäärien osalta Suomen kotieläintuotanto kaksinkertaistuu. Pellon ja lannanlevitysalan määrä rajoittaa tuotannon kasvua, vaikka ei-tuotannollisissa käytössä olevat alat (esim. ympäristöhoitonurmet) otetaan käyttöön ja pellonkäyttö tehostuu (esim. nurmisadot kaksinkertaistuvat). Peltoa raivataan paikallisesti lisää, ellei sitä ole muuten kasvaville tiloille saatavissa. Myös lannan tuotanto kaksinkertaistuu ja lantaravinneongelmat lisääntyvät alueellisissa tuotantokeskityksissä. Kotimainen kala korvaa tuontikalaa, vaikka talvikalastus hankaloituu. Kasvinviljely-Suomessa merkittävä määrä isoja viljaitiloja muuttuu kotieläintiloiksi ja

tuotanto keskittyy entistä enemmän suurille tiloille: keskittymis- ja rakennekehitys vahvistuu. Maatalouteen tarvitaan runsaasti uusia viljelijöitä ja uutta osaamista muun muassa karjankasvatuksessa, joten maataloutta tuetaan vain viljelijöiden koulutuksen ja rekrytoinnin osalta. Maatalouden aiheuttama paikallinen vesistökuormitus kasvaa.

Ulkomaankaupassa voimakas kotieläintuotteiden viennin kasvu vahvistaa kauppatasetta, mutta samalla myös tuotantopanosten kuten energian, rehujen, lannoiteraaka-aineiden ja ihmismisravinnoiksi käytettävien elintarvikkeiden tuonti kasvaa; leipäviljaa toki tuotetaan myös oman kansakunnan kulutukseen. Kilpailukyky Suomessa paranee monella tavalla ilmastonmuutoksen edetessä, kun vesi niukkenee sadetuksesta riippuvaisilla tuotantoalueilla ja muun muassa nurmien sadetustarve muualla lisääntyy. Nurmi on selvästi kilpailukykyisin pellonkäyttömuoto Suomessa, ja siihen perustuvalla vesitalouden suhteen kestäväksi sertifioidulla, anti-bioottivapaalla kotieläintuotannolla on ylivertainen kilpailuetu ostokykyisillä ja ympäristötietoisilla markkinoilla. Ilmastonmuutoksen edetessä särkekalojen suhteellinen asema ja taloudellinen merkitys vahvistuu, ja niitä sekä kasvatettua kalaa tuotetaan myös vientiin muiden tuotteiden imussa. Kotimaassa kotieläintuotteiden suhteellinen kuluttajahinta nousee hintasuhteiden muutosten myötä, mutta kuluttajien dieetti on edelleen monipuolinen ja lähellä nykyistä kulutusrakennetta, koska kansantaloudella on yksi uusi tukijalka: maatalous.

Nykyinen monipuoliseen kulutukseen, voimaperäiseen tuotantoon, kotimarkkinoihin, tuontipanoksiin ja fossiilienergiaan sekä mittavaan ja kattavaan maataloustukeen nojaava regiimi avautuu muutospaineiden seurauksena ja muuntuu Kotieläin-Suomen regiimiksi (Kuva 6). Kotieläin-Suomen ruokajärjestelmän regiimiä luonnehtivat edelleen monipuolinen kulutus, voimaperäinen tuotanto sekä tuontipanosten ja fossiilienergian runsas käyttö. Tuotanto-orientaatio on kuitenkin vientimarkkinoilla ja maataloudesta on perinteisessä muodossa luovuttu tarpeettomana: vain uusien viljelijöiden ja työvoiman rekrytointia tuetaan hieman valtion varoin. Niche-tasolta kumpuavat uutuudet ja muutosvoimat ovat ulkoisen muutospaineen ohella edistäneet muodonmuutosta. Näitä ovat muun muassa tuotantoresurssien täysimittainen hyödyntäminen, pellonraivaus, nurmitalouden tehostuminen, uusien rehuksien viljely, suuryksiköiden tuotantoteknologian valtavirtaistuminen, vierastyövoiman kasvava käyttö, lisääntyvän lantamäärän tehokas hyödyntäminen, alkuvaiheessa vientiä tukeva politiikka ja uusien viljelijöiden uudet toimintatavat. Kotieläin-Suomi vakiintuu vähitellen ruokajärjestelmän perusregiimiksi, joka jäsentyy, vakiintuu, lukkiutuu ja alkaa vastustaa muutoksia. Siihen kohdistuu kuitenkin aikanaan muutospaineita, jotka liittyvät muun muassa maatalouden paikallisen ympäristökuormituksen kasvuun ja pienituloisten kuluttajien ostovoimarojoitteeseen kotieläintuotteiden kallistuessa.



Kuva 6. Kotieläin-Suomi: ruokajärjestelmän systeminen muutos.

1.4. Keskustelua

Kussakin edellä esitellyssä tulevaisuuskuvassa on tietty *ydinmuutos*, jonka ympärille koko ruokajärjestelmän systeminen muutos kietoutuu: eettinen kulutus, ympäristökestävyys, terveys, huoltokyky ja omavaraisuus tai vienti. *Mikään tulevaisuuskuvista ei perustu todennäköisyyteen vaan mahdollisuuteen*. Kussakin kuvassa muutoksen kohteena on rajallinen määrä ydinmuutokseen loogisesti kytkeytyviä ruokajärjestelmän rakenteita, toimintoja ja ominaispiirteitä – *muut tekijät on säilytetty ennallaan nykyisen ruokajärjestelmän perusregiimin kaltaisina*. Tämä on ollut tarpeellista myös siksi, että tulevaisuuskuvat palvelevat tutkimushankkeen muissa vaiheissa tehtäviä laskelmia, mallinnuksia ja vaikutusarvioita. Näissä vaiheissa joudutaan mahdollisesti tekemään edelleen laskentamallien ja tarkastelutapojen edellyttämiä *muutoksia ja tarkennuksia* esimerkiksi ruokavaliioihin. Todellisuus sekoittanee toteutuvaan tulevaisuuteen joitakin aineksia kaikista tulevaisuuskuvista. Nykyhetken valintoja palvelevia vaihtoehtoja ja niihin liittyviä vuorovaikutussuhteiden ketjuja ei kuitenkaan pystytä kirkastamaan, ellei vaihtoehtoja tehdä mahdollisimman puhtaaksiviljeltyjä ja sellaisenaan jopa epätodennäköisiä.

Tulevaisuuskuvien ydinsisältö on lopuksi tiivistetty vielä tulevaisuustaulukon muotoon (Taulukko 1). Siinä on kuvattu tulevaisuuskuvien keskeisiä ulottuvuuksia ja niiden vaihtoehtoisia tiloja kussakin tulevaisuudessa. Mukana ulottuvuuksista tai ominaispiirteistä ovat kulutus rakenne, tuotantorakenne, tuotantotapa, panokset, maankäyttö, tuki ja ulkomaankauppa.

Taulukko 1. Tulevaisuustaulukko ruokajärjestelmän vaihtoehtoisista regiimeistä kotieläintuotannon vaihtelevan laajuuden mukaan.

Osatekijä	Nykyinen regiimi	Kasvis-Suomi	Ympäristö-Suomi	Terveys-Suomi	Huoltokyky-Suomi	Kotieläin-Suomi
Kulutusra- kenne	Monipuolisesti kasvi- ja kotieläin- tuotteita	Vain kasvistuotteita	Lihan kulutus 1/3 nykyisestä	Punaisen lihan kulu- tus 2/3 nykyisestä	Monipuolisesti kasvi- ja kotieläin- tuotteita	Monipuolisesti kasvi- ja kotieläin- tuotteita
Tuotanto- rakenne	Monipuolista kasvi- ja kotieläintuotantoa	Vain kasvituotantoa parhailla viljelyalu- eilla	Tehokas ja laajape- räinen tuotanto eriy- tyvät	Punaisen lihan tuo- tanto vähenee	Omavaraista kasvi- ja kotieläintuotantoa	Kotieläintuotanto kaksinkertaistuu
Tuotanto- tapa	Voimaperäinen	Voimaperäinen il- man lantaa	Voimaperäinen ja laajaperäinen rin- nakkain	Voimaperäinen	Kiertotalous ja luomu keskiössä	Voimaperäinen
Panokset	Runsaasti fossiilisia tuontipanoksia	Runsaasti fossiili- ja tuontipanoksia	Rehu- ja energia- omavaraisuus para- nevat	Runsaasti fossiili- ja tuontipanoksia	Rehu- ja energia- omavaraiset maatilat	Runsaasti fossiili- ja tuontipanoksia
Maan- käyttö	Peltoa raivataan ja metsitetään	Ylijäämäpeltojen metsitys tai energia- käyttö	Ylijäämäpeltojen en- nallistaminen, metsi- tys ja energiakäyttö	Ylijäämäpeltojen metsitys tai energia- käyttö	Kaikki pellot tuotan- nollisessa käytössä	Peltoa raivataan pai- kallisesti lisää
Tuki	Kattava ja mittava tuki	Vain kasvituotan- tonne	Ensisijaisesti ympä- ristövaikutuksista	Ensisijaisesti ter- veyttä edistävälle tuotteille	Ensisijaisesti omava- raisuuden paranta- minen	Vain viljelijöiden koulutukseen ja rek- rytointiin
Ulko- maan- kauppa	Ruokatuotteiden ja tuotantopanosten suuri nettotuonti	Tuotantopanosten ja joidenkin kasvistuot- teiden nettotuonti	Kalan nettotuonti loppuu, rehujen ja energian nettotuonti vähenee, joitakin kasvistuotteita tuo- daan	Tuonti ja vienti jat- kuvat suunnilleen ennallaan	Lihan, kalan, rehujen ja energian netto- tuonti loppuu, joita- kin panoksia (mm. torjunta-aineet) tuo- daan	Kotieläintuotteiden vientä kasvaa voi- makkaasti, kalan nettotuonti loppuu, tuotantopanosten ja ruokakasvien netto- tuonti kasvaa

1.5. Viitteet

- Bell, W. 1997. Foundations of futures studies: history, purposes, and knowledge. New Brunswick: Transaction Publishers.
- Dreborg, K.H. 1996. Essence of backcasting. *Futures* 28: 813–828.
- Geels, F.W. & Schot, J. 2007. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36: 399–417.
- Genus, A. & Coles, A.-M. 2008. Rethinking the Multi-Level Perspective of technological transitions. *Research Policy* 37: 1436–1445.
- Hsieh, H.-F. & Shannon, S.E. 2005. Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research* 15: 1277–1288.
- Kuhmonen, T., Ahokas, I., Ahvenainen, M., Pohjolainen, P., Panula-Ontto, J., Kirveennummi, A., Auffermann, B. & Kinnunen, V. 2017. Suomen proteiinijärjestelmän vaihtoehtoiset tulevaisuudet. Tutu-julkaisu 1/2017. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto, Turku.
- Kuhmonen, T. & Kuhmonen, I. 2015. Rural futures in developed economies: The case of Finland. *Technological Forecasting and Social Change* 101: 366–374.
- Kuhmonen, T. & Kuhmonen, I. 2019. Suomen kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat. Tulevaisuuden tutkimuskeskus. TUTU eJulkaisu 7/2019. 74 s. https://www.utu-pub.fi/bitstream/handle/10024/147943/eTutu_7-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Morrissey, J.E., Miroso, M. & Abbott, M. 2014. Identifying transition capacity for agri-food regimes: application of the multi-level perspective for strategic mapping. *Journal of Environmental Policy & Planning* 16: 281–301.
- Nill, J. & Kemp, R. 2009. Evolutionary Approaches for sustainable innovation policies: from niche to paradigm? *Research Policy* 38: 668–680.
- Rotmans, J., Kemp, R. & van Asselt, M. 2001. More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight* 3: 15–31.
- Sterman, J.D. 2000. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Van der Helm, R. 2009. The vision phenomenon: towards a theoretical underpinning of visions of the future and the process of envisioning. *Futures* 41: 96–104.

2. Vaikutukset tuotantoon, pellonkäyttöön ja maataloustuloon

Heikki Lehtonen¹, Kirsi Järvenranta², Merja Saarinen³ ja Perttu Virkajärvi²

¹ Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

² Luonnonvarakeskus, Tuotantojärjestelmät, Halolantie 31A, 71750 Maaninka

³ Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Tässä työssä oli tavoitteena laadullisten KOTIETU-tulevaisuuskuvioiden kehittäminen määrällisiksi kehitysuriksi. Tämä tarkoittaa laadullisille KOTIETU-kertomuksille johdonmukaisten numeeristen arvojen antamista maataloustuotteiden kulutuksen ja tuotannon kehitykselle Suomessa. Tämä tarkoittaa myös sen täsmentämistä, miten ja missä määrin pellonkäyttö muuttuu eri kasvien viljelyaloihin, lannoituksiin ja satoihin, ja miten eläinten lukumäärä ja ruokinta sekä maataloustuotteiden kysyntä, tuonti ja vienti muuttuvat eri tulevaisuuskuvioiden näiden muuttujien tulee olla johdonmukaisessa suhteessa keskenään, esim. tarjonnan eli kotimaisen tuotannon ja tuonnin tulee riittää kattamaan kysyntä eli kotimainen kulutus ja vienti. Eri muuttujilla vaikuttavat myös maataloustuloon, maatalouden työnmenekkiin, maatalousympäristöön ja ilmastoon. Työkaluna tulevaisuuskuvioiden määrällistämiseksi käytettiin sektoritason dynaamista osittaistasapainomallia, jossa kotimaassa tuotettavien maataloustuotteiden kysyntä on pitkälti annettu, mutta jossa kotimainen tuotanto ja pellonkäyttö, tuonti ja vienti määräytyvät taloudellisin perustein. Jotta tulevaisuuskuvioiden toteutuminen olisi johdonmukaista rationaalisen taloudellisen käyttäytymisen kanssa, oli tarpeellista tehdä myös maatalouspolitiikkaa, EU:n hintatasoa ja maataloustuotteiden kysyntää koskevia tarkentavia oletuksia eri tulevaisuuskuvioiden tuloksina saatiin Suomessa tuotettavien perusmaatalouden tuotteiden tuotannon, eläinten lukumäärien, pellonkäytön, lannoituksen, työnmenekin ja maataloustulon kehitys eri tulevaisuuskuvioiden vuosittain 2020–2050. Näiden kehitystä eri tulevaisuuskuvioiden verrattiin keskenään ja suhteessa perusmaatalouden, jossa oletuksena oli vuoden 2020 mukainen maatalouspolitiikka ja hinnat. Maataloustulon kokonaisuuden kehitys oli melko samankaltainen eli hitaasti aleneva perusmaatalouden sekä Terveys-Suomi- ja Ympäristö-Suomi-tulevaisuuskuvioiden, vaikka kulutus, tuotanto, hinnat ja maatalouspolitiikka olivat erilaisia. Maataloustulon kehitys Kotieläin-Suomi-tulevaisuuskuvioiden kehitys oli hitaasti kasvava 2030-luvulle asti, jolloin maataloustulo kokonaisuutena Suomessa alkoi kasvaa nopeasti päätyen vuoteen 2050 mennessä noin 50 % korkeammalle tasolle kuin 2020. Perusmaatalouden työnmenekki väheni Kotieläin-Suomi-tulevaisuuskuvioiden 2040-luvulle asti 10–20 % vuoteen 2020 verrattuna, mutta nousi vuoden 2020 tasolle vuoteen 2050 mennessä. Muissa määrällistetyissä tulevaisuuskuvioiden ja perusmaatalouden työnmenekki väheni asteittain noin 30–60 % vuosina 2020–2050. Sektoritason malli ja sen vaatimat aineistot todettiin liian puutteellisiksi Huoltokyky- ja Kasvis-Suomi-tulevaisuuskuvioiden määrällistämiseen. Määrällisten tulosten perusteella voidaan laskea myös ympäristö- ja ilmastovaikutuksia.

Asiasanat: Maidontuotanto, lihantuotanto, viljantuotanto, rehunurmet, maataloustulo

2.1. Johdanto

Luvussa 1 esitettyjen KOTIETU-tulevaisuuskuviin kvantifiointi maataloustuotannon, pellon käytön, ravinnetaseiden ja kasvihuonekaasupäästöjen kehitysuriksi on haastavaa mutta mahdollista.

Seuraavassa esitetään skenaarioiden tarkemmat oletukset, jotka ovat yhteensopivia laadullisten KOTIETU-tulevaisuuskuviin kanssa. Sen jälkeen esitellään tutkimusmenetelmä (maatalouden sektorimalli DREMFA) sekä skenaarioiden kehitysurat kotieläin- ja kasvintuotannolle sekä vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin ja maataloustuloon vuoteen 2050. Lopuksi esitetään tulokset liittyen typen ja fosforin ravinnetaseisiin kivennäismailla ja turvemilla eri suuralueilla Suomessa.

Toisin kuin muut luvussa 1 esitetyt laadulliset tulevaisuuskuvat, Kasvis-Suomi- ja Huoltokyky-Suomi-tulevaisuuskuvia ei kuitenkaan määrällistetty (kvantifioitu), koska sekä DREMFA-mallin rakenne että aineistopohja todettiin siihen riittämättömäksi. Huoltokyky-Suomi sisältää koko energijärjestelmää ja kiertotaloutta koskevia isoja muutoksia, joilla on erilaisia vaikutuksia maatalouteen tuotantosuunnittain (ks. edellinen luku tulevaisuuskuviin laadullisesta määrittelystä). Samoin siirtymä tuotantotavoissa kohti luomutuotannon käytäntöjä edellyttää paljon kasvi- ja tuotantosuuntakohtaisia panoskäyttötarkasteluja muuttuvine viljelykiertoineen. Näiden tarkkaan läpikäyntiin ja täsmentämiseen, minkä uskottava Huoltokyky-Suomi-tulevaisuuskuva määrällistämisen olisi vaatinut, ei ollut käytettävissä riittävästi aineistoja ja työaikaresursseja. Vastaavalla tavalla Kasvis-Suomi-tulevaisuuskuva on haastava määrällistettävä, koska kotieläintuotteet ja kala korvautuisivat kokonaan kasvituotteilla ruokavalioissa. Tällöin kasvivalvaukseen perustuvien elintarvikkeiden kulutus moninkertaistuu. Tämä tarkoittaisi väistämättä kotimaisen ruoaksi tuotettavan valvaukasvituotannon merkittävää monipuolistumista ja laajenemista sekä kasvivalvaukspohjaisten tuotteiden tuonnin moninkertaistumista. Koska DREMFA-sektorimallissa on palkoviljoista mukana vain herne (joka karkeasti edustaa mallissa kaikkia palkoviljoja), eikä lainkaan monia muita ulkomailta tuotavia valvaukasveja, kuten pavut, linssit, soija ja erilaiset tofut tuotteet, malli ja sen laajentamiseksi tarvittavat aineistot (määrät ja hinnat useiden vuosien ajalta) todettiin riittämättömiksi Kasvis-Suomi-skenaarioiden määrällistämiseen. Ongelmana on myös vaikeasti ratkaistava kysymys siitä, mitä tapahtuu valvaukasvituotteiden hinnoille Suomessa siinä tilanteessa, jossa ruoaksi käytettävän kasvivalvauksen kysyntä moninkertaistuu. Muuttuvatko tällöin myös EU-tason hinnat vai pysyvätkö ne perusuran tasolla? Toisin sanoen, voiko pelkkään kasvisruokaan siirtyminen toteutua Suomessa, jos ruoan kulutus ja hinnat Euroopassa ja maailmassa eivät muutu lainkaan? Jos eivät, mitkä ovat silloin EU-tason tuote- ja panoshinnat? Jos oletetaan, että EU-hinnat pysyvät ennallaan, jääkö Suomeen silloin kotieläintuotantoa vientimarkkinoille, mikä on vastoin sitä, mikä on laadullisen Kasvis-Suomi-skenaarioiden perusoletus (kaupallinen kotieläintuotanto lakkaa)? Samoin on vaikea perustella DREMFA-mallin perusurassa validoitujen kysyntäfunktioiden pätevyyttä Kasvis-Suomi-tulevaisuuskuva, jossa kotieläintuotteiden kysyntä lakkaa ja valvaukasvien kysyntä ruoaksi moninkertaistuu. Näin ollen todettiin rajallisten tutkimusresurssien näkökulmasta ja mallin ja saatavilla olevien aineistojen puutteellisuuden vuoksi aiheelliseksi jättää Huoltokyky- ja Kasvis-Suomi-tulevaisuuskuvat määrällistämättä, ja keskittyä niihin skenaarioihin, joiden määrällistämässä on selvästi vähemmän ja lievempiä ongelmia.

2.2. Skenaarioiden tarkemmat oletukset

2.2.1. Perusura

Perusura on skenaario (josta jäljempänä käytetään myös nimitystä perusskenaario), joka toimii keskeisenä pohjana ja vertailukohtana muille skenaarioille, joita taas määrittävät vahvasti Kotietu-hankkeessa luodut, edellisessä luvussa esitetyt laadulliset kotieläintalouden tulevaisuuskuvat. Oletuksena on vuonna 2020 vallinnut elintarvikkeiden kulutus ja maatalouspolitiikka. Maatalouden rakennekehityksen ja tuottavuuskasvun oletetaan jatkuvan, mutta satotasojen oletetaan pysyvän ennallaan. Perusuran maatalouspolitiikka on lähtökohtana muiden skenaarioiden maatalouspolitiikalle. Väkiluvun kehitys perusurassa kuten muissakin skenaarioissa on Tilastokeskuksen ennusteen (Suomen virallinen tilasto 2019) mukainen vuoteen 2050, joten Suomen väkiluvun oletetaan pysyvän lähes ennallaan vuosina 2020–2050.

Perusskenaarion keskeisinä oletuksina ovat vuoden 2020 mukainen maatalouspolitiikka ja OECD-FAO Agricultural Outlook 2020–2029-raportin (OECD/FAO 2020) mukaiset EU:n hinnat maataloustuotteille ja keskeisille tuotantopanoksille vuoteen 2030, jonka jälkeen niiden oletetaan pysyvän reaalisesti muuttumattomina. Energian hintojen nopea nousu 2020-luvulla on oletuksena mukana OECD-FAO Agricultural Outlook 2020–2029-raportin arvioissa (jossa oletetaan mm. IEA (2020) mukaiset energian hinnat), ja se nostaa etenkin polttoainekustannuksia. Arvion mukaan polttoaineiden hinta nousee maataloudessa pysyvästi yli 20 % korkeammalle tasolle vuosina 2020–2029. Myös sähkön liittyvät kustannukset kasvavat merkittävästi. Lannoitteiden hinnat nousevat pysyvästi 14 % vuosina 2020–2029. Nämä kustannusnousut vaikuttavat välillisesti myös muiden panosten hintoihin maataloudessa, mikä on perusurassa myös otettu huomioon. Esimerkkinä tästä ovat rahti- ja yleiskustannukset.

Elintarvikkeiden kulutuksen henkilöä kohden oletetaan pysyvän vuoden 2019 tasolla ajanjaksolla 2019–2050. Poikkeuksena on siipikarjanlihan kulutus, jonka oletetaan yltävän 150 milj. kg tasolle vuodesta 2020 alkaen ja pysyvän tällä tasolla vuoteen 2050. Vuonna 2019 kulutus oli 147 milj. kg ja tuotanto 139 milj. kg (Suomen virallinen tilasto 2021).

Tuotehintojen on perusskenaariossa oletettu pysyvän entisellään vuoden 2029 jälkeen. Koska maataloustuotteiden ja elintarvikkeiden kysyntä on lähivuosikymmeninä globaalisti vahvaa, tuotantopanosten hinnannousut voidaan hinnoitella maataloustuotteiden hintoihin. Näin ollen maataloustuotteiden reaali hinnat pysyvät likimain ennallaan useimmissa tuotteissa. Reaali hinnat nousevat hyvin vähäisessä määrin eräissä yksittäisissä maitotaloustuotteissa kuten maitojauheissa, mutta kokonaisuutena maitosektorillakin on hyvin maltillinen ja reaalisesti vaka hintakehitys. Taustalla OECD-FAO (2020) hintaennusteissa vuoteen 2029 on oletuksia ja OECD:n globaalitason mallinnustuloksia siitä, että maailman elintarviketalous pystyy edelleen vastaamaan ruuan kysynnän kasvuun eri tavoin 2020-luvulla.

Tuottavuus kasvaa maataloudessa etenkin lypsykarjataloudessa, jossa siirrytään laajamittaisesti yhden lypsyrobotin yksiköstä kahden tai useamman robotin yksiköihin 2020–2030-luvuilla. Tämä muutos on jo käynnissä ja se lisää työn tuottavuutta (Lehtonen ym. 2017). Suomessa tuotetusta maidosta on vuosittain yli kolmannes viety 2010-luvulla ulkomaille erilaisina maitojalosteina, kuten juustoina, maitojauheina ja voina. Samaan aikaan juustonkulutuksesta noin puolet on ollut viime vuosina tuontitavaraa. Maitosektorilla, jossa on jo yli 20 vuotta sopeuduttu eri tavoin maitonesteiden kulutuksen vähenemiseen, on mahdollisuuksia kasvattaa joidenkin maitotuotteiden vientiä, jos kotimainen kysyntä vähenee. Myös muussa kotieläintaloudessa tuottavuuden kasvu jatkuu lähinnä työn tuottavuuden osalta, mutta suhteellisesti vähemmän kasvintuotannossa. Satotasojen oletetaan säilyvän ennallaan ilman muutostrendiä.

2.2.2. Muut skenaariot

KOTIETU-skenaarioiden oletuksia on koottu taulukoihin 1–3. Taulukossa 1 on esitetty pääpiirteittäin keskimääräisen kuluttajan ruokavalion kehitys eri skenaarioissa. Ruokavaliot laskettiin Lukessa yksityiskohtaisella ruokavaliomallilla (Saarinen ym. 2019), jonka avulla voitiin varmistua siitä, että energian ja eri ravintoaineiden tarve voidaan täyttää, eikä välttämättömien ravintoaineiden saannissa tapahdu heikkenemistä.

Taulukko 1. Ruokavaliomuutokset eri skenaarioissa pääpiirteittäin. Muutosten oletetaan toteutuvan 2020–2040 ja ruokavalioiden oletetaan pysyvän 2040 jälkeen vuoden 2040 mukaisina vuoteen 2050. Kasvis-Suomi-skenaariota ei mallinnettu kvantifioitu, koska aineistopohja todettiin siihen riittämättömäksi.

	Perusura	Ympäristö-Suomi	Terveys-Suomi	Kotieläin-Suomi
Muutokset kotieläintuotteiden kulutuksessa	Nykyruokavalio	Sian- ja siipikarjanlihan kulutus -67 %, naudanlihan -35 %, kaikkien maitotuotteiden -50 %, kananmunien ennallaan	Punaisen lihan kulutus -67 % (1/3:een), juuston kulutus vähenee 50 %, muiden maitotuotteiden ja kananmunien kulutus ennallaan	Nykyruokavalio
Muutokset kasvien ym. kulutuksessa	Ei muutosta	Palkokasvien ja kaurapohjaisten tuotteiden kulutuksen runsas kasvu	Paljon palkokasveja, kauratuotteita, ruis +100 %, tuontituotteita, soijapohjaisia	Ei muutosta

Ympäristö-Suomi-skenaariossa on tavoitteena ympäristön tilan parantaminen, erityisesti vesistökuormituksen alentaminen, luonnon monimuotoisuuden lisääminen ja maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Viljelymailta tulevat kasvihuonekaasupäästöt eri muodoissaan ovat 2020 tilanteessa noin 75 % maatalouden kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Peltomaan rakanteen, vedenpidätyskyvyn ja eloperäisen aineksen lisääminen edellyttää viljapainotteisen kasvintuotannon monipuolistamista. Se tarkoittaa ruokavalion osalta lihan kulutuksen vähentämistä merkittävästi ja kasvituotteiden lisäämistä. Sian- ja siipikarjanlihan kulutus vähenee 67 % ja naudanlihan 35 % (Taulukko 2). Tämän vastapainoksi lisätään palkoviljojen ja kasvien osuutta ruokavaliossa, koska se monipuolistaa pellonkäyttöä rehuviljan tuotannon vähentyessä. Naudanlihaa tuotetaan Ympäristö-Suomi-skenaariossa luonnon monimuotoisuutta edistäen ja kasvihuonekaasupäästöjä vähentäen mm. laidunnusta ja apilapitoisia nurmia lisäämällä ja epäorgaanista lannoitusta vähentämällä.

Ruokavalioiden lisäksi erityisesti palkokasvien (palkoviljat ja apilapitoiset nurmet) viljelyä ja palkoviljojen käyttöä merkittävässä määrin elintarvikkeiksi. Myös täysjyväviljojen ja etenkin rukiin käyttöä lisätään. Maitotuotteiden kulutusta vähennetään 50 %:lla ja jäljelle jäävä osa maidontuotannosta on sellaista, joka hyödyntää apilapitoisia nurmia ja vähentää merkittävästi epäorgaanisten lannoitteiden käyttöä. Osa liha- ja maitotuotteita korvaavasta ruokaproteiinista on kalaa. Terveysvaikutukset eivät ole erityisesti tavoitteena tässä skenaariossa, mutta tämänkaltaisen ruokavalio voi edistää myös kansanterveyttä.

Terveys-Suomi-skenaariossa johtoajatukseksi on nimetty ruokavalion terveellisyys, ei ympäristön tilan parantaminen. Sen vuoksi tyydyttyneen rasvan käyttöä vähennetään ja punaisen lihan kulutusta jopa 67 %, mutta siipikarjanlihan kulutus vähenee henkilöä kohden vain 10 %. Maitonesteitä ja tuoremaidotuotteita vähennetään vain 10 %, mutta rasvaisten juustojen kulutus vähennetään puoleen. Palkoviljojen, täysjyväviljojen, erilaisten kasvien ja kalan käyttöä lisätään merkittävästi (Taulukko 2).

Taulukko 2. Eri tuotteiden kulutuksen muutokset (%) eri skenaarioissa 2020–2040.

	Ympäristö-Suomi	Terveys-Suomi	Kotieläin-Suomi
Valkuaiskasvit	400	680	0
Öljykasvit	0	-25	0
Vehnä	8	8	0
Ruis	110	110	0
Kaura	317	250	0
Ohra	28	28	0
Peruna	0	-5	0
Juustot	-50	-50	0
Voi	-50	-50	0
Muut maitotuotteet	-50	0	0
Naudanliha	-35	-67	0
Sianliha	-67	-67	0
Siipikarjanliha	-67	-10	0

Kotieläin-Suomi-skenaariossa ruokavalion oletetaan pysyvän ennallaan eli likimain vuoden 2020 mukaisena kuten perusskenaariossa. Kotieläinpainotteisuus maataloudessa toteutuu ensisijaisesti vientivetoisesti, eikä niin, että kotieläintuotteiden kulutusta lisättäisiin Suomessa. Jotta vientivetonen kotieläintuotannon kasvu maailmanmarkkinoiden kovan kysynnän vetämänä voisi toteutua, maailmanlaajuisen kysynnän kasvun täytyy johtaa myös hintojen asteittaiseen nousuun. Eri skenaarioiden tuotehintamuutoksia on esitetty taulukossa 3. Kotieläin-Suomi-skenaarioiden hintamuutokset on saatu siten, että DREMFA-ktorimallilla (joka esitellään seuraavassa aluvuossa) on haettu noin 50 % tuotannon kasvun edellyttämät hintamuutokset 2020–2040. Tällöin Kotieläin-Suomi-skenaario eli runsas kotieläintuotannon kasvu vuoteen 2050 mennessä toteutuu kaikissa keskeisissä kotieläintuotannon suunnissa (maidontuotanto, naudanlihantuotanto, sianlihantuotanto, siipikarjanlihantuotanto).

Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioiden hintamuutokset on arvioitu pieniksi, ja siinä apuna on käytetty DREMFA-ktorimallin hinta- ja substituutiojoustoja, jotka on mallin validoinnissa asetettu siten, että 2000–2020 ajanjaksolla tuottajahinnat Suomessa likimain toteutuvat toteutuneiden EU:n keskihintojen ja kulutusmuutosten vallitessa. Etenkin kasvituotteilla voidaan olettaa, että tuontihintamuutokset jäävät vähäiseksi, vaikka suhteelliset muutokset kulutuksessa Suomessa voivatkin olla suuria 2020–2040. Näin on siksi, että esim. palkokasvien tarjontaa voidaan kasvattaa merkittävästi tuontina ulkomailta tai tuotantoa lisäämällä kotimaassa. Lisäksi hinta- ja kulutusmuutosten aikaväli, jolloin muutokset toteutuvat, on 20

vuotta. Tällöin tuotanto pystyy hyvin sopeutumaan kysynnän muutoksiin. Kysynnän väheneminen johtaa EU-tuontihintojen alenemiseen ja kysynnän kasvu hintojen nousuun. Voidaan todeta, että Kotieläin-Suomi-skenaarion hintamuutokset taulukossa 3 eivät toistaiseksi näytä todennäköisiltä.

Taulukko 3. Suomen maataloudelle keskeisten maataloustuotteiden oletetut tuontihintamuutokset (%) EU:sta Suomeen 2020–2040 eri skenaarioissa.

	Ympäristö-Suomi	Terveys-Suomi	Kotieläin-Suomi
Valkuaiskasvit	4	4	20
Öljykasvit	0	-1	10
Muut kasvit	-4	-2	0
Juustot	-1	-2	14
Voi	-1	-3	14
Muut maitotuotteet	-1	0	14
Naudanliha	-4	-6	70
Sianliha	-6	-6	50
Siipikarjanliha	-6	-1	65

2.2.3. Maataloustukien muutokset eri skenaarioissa

Ympäristö-Suomi-skenaariossa ympäristötukea maataloudelle lisätään ja sitä maksetaan vesiensuojelun ja luonnon monimuotoisuuden edistämisen lisäksi myös päästövähennyspalkkioina viljelysmaiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi, erityisesti turvemaidella, joilla kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää korvaamalla yksivuotisten kasvien viljelyä monivuotisten kasvien kuten nurmen viljelyllä (Taulukko 4). Jo noin 10 €/t CO₂ ekv suuruisella päästövähennyspalkkiolla olisi perustellusti vaikutusta pellonkäyttöön turvemaidella ja vähentävä vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin (Lehtonen ym. 2022, Purola & Lehtonen 2022). Tämä kuitenkin sillä edellytyksellä, että viljelijän käytettävissä on kivennäismaita, joille siirtää viljan ja muiden yksivuotisten kasvien viljelyä turvemailta, joilla nurmen viljelyn kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 10 t CO₂ ekv/ha pienemmät kuin viljan viljelyssä.

Terveys-Suomi-skenaariossa vähennetään terveysperusteilla kansallisia kotieläintukia, joita maksetaan maitolitroille ja nautaeläimille. Samoin EU:n maksamia tuotantosidonnaisia tukia vähennetään. Ympäristö-Suomi-skenaariossa vähennetään peltoalatukia (EU:n yhteinen maatalouspolitiikka CAP; Common Agricultural Policy) ja tuotantosidonnaisia kotieläintukia. Apilanurmiseosten viljelyä tuetaan samoin kuin maaperän kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä. Ympäristö-Suomi-skenaariossa tukisumma vähän kasvaa maaperän päästövähennyspalkkion vuoksi samalla, kun muuta maataloustukea ohjataan eläintuotannosta kasvituotannolle ja ympäristötukeen. Apilanurmiseoksille (lannoitus max 50 kh N/ha liukoista tyyppiä) ja yli 5-vuotiaille nurmille maksetaan tukea 60 eur/ha. Palkoviljojen tuki nousee 120 €/ha tasolle. Biokaasutuotannon kasvu alentaa kotieläintilojen energiakustannuksia 10–20 % (tuotantosuunnasta riippuen) vähitellen 2021–2045. Päästövähennyspalkkio viljelysmaiden, erityisesti turvemaiden päästöille on €10/t CO₂ ekv alkaen vuodesta 2022 Ympäristö-Suomi-skenaariossa.

Taulukko 4. Maataloustukien muutokset eri skenaarioissa.

	Ympäristö-Suomi	Terveys-Suomi	Kotieläin-Suomi
CAP, tilatuki (450 M€ v. 2020)	-25 %	0	0
CAP, tuotantotuet (100 M€ v. 2020)	-25 %	-30 %	-100 %
LFA (520 M€ v, 2020)	0	0	0
Ympäristökorvaus ^{*)} (300 M€ v. 2020)	+30 %	0	0
Kansalliset kotieläintuet (250 M€ v. 2020)	-10 %	-30 %	-100 %
Maaperän khk-päästöjen päästövähennyspalkkio (0 € v. 2020)	60 M€ ^{**)}	0	0
Yhteensä	+47 M€	-105 M€	-350 M€

^{*)} Noin 350M€ vuosittain, ns. perustukea n. 300 M€.

^{**)} Päästövähennyspalkkio 10 €/t CO₂ ekv.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa tuotantoon sidottuja EU-tukia (CAP) tai kansallisia tukia ei kotieläimille tarvita, koska tuotanto kasvaa vahvan maailmanlaajuisen kysynnän ja hintojen nousun vetämänä. Kotieläin-Suomi-skenaariossa on kuitenkin edelleen 2020 mukaisia tukia pallokasveille, joiden tuotannon on tarkoitus kasvaa kotimaisen valkuaisrehun saatavuuden parantamiseksi.

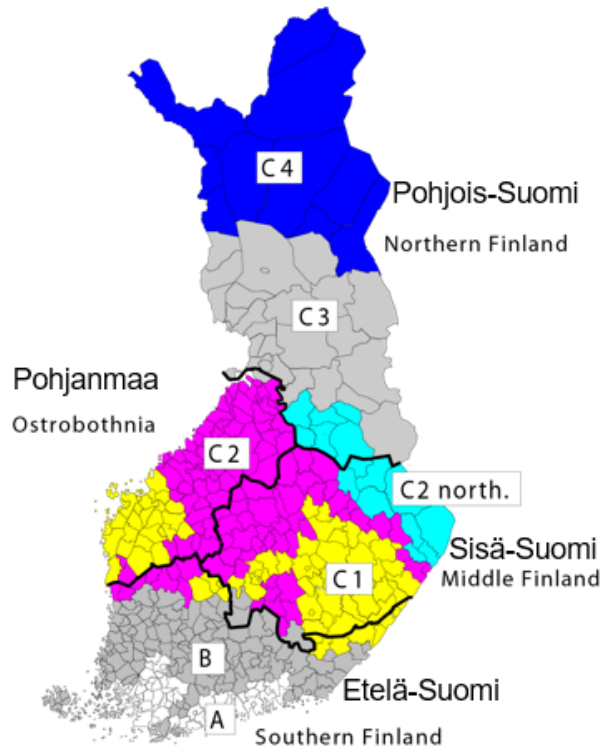
2.3. Tutkimusmenetelmä

Maataloustuotannon ja pellonkäytön muutokset eri skenaarioissa laskettiin DREMFIA (Dynamic multiREGional sector Model of Finnish Agriculture) -sektorimallilla (Lehtonen 2001, 2015), joka kuvaa maataloustuotteiden kotimaista tuotantoa, kotimaista kysyntää ja viennin ja tuonnin sekä pellonkäytön kehitystä vuosittain vuoteen 2050. Mallissa on mukana ns. perusmaatalous, joka ei sisällä puutarha-, hevos-, kala-, lammas- eikä turkistaloutta. Malli on alun perin suunniteltu ja toteutettu siten, että sen avulla on mahdollista arvioida erityisesti CAP:in muutosten vaikutuksia: EU:n maataloustuet tukiehtoineen ja Suomen kansalliset maataloustuet vaikuttavat maataloustuotannon määrään, sijoittumiseen ja maataloustuloon Suomessa (Lehtonen & Niemi 2018). DREMFIA-mallia on sovellettu myös arvioitaessa markkinamuutosten, ympäristötukijärjestelmän (Lehtonen & Rankinen 2015) ja muuttuvan ilmaston vaikutuksia maatalouden tuotantoon, pellonkäyttöön ja tuloihin (Lehtonen 2015).

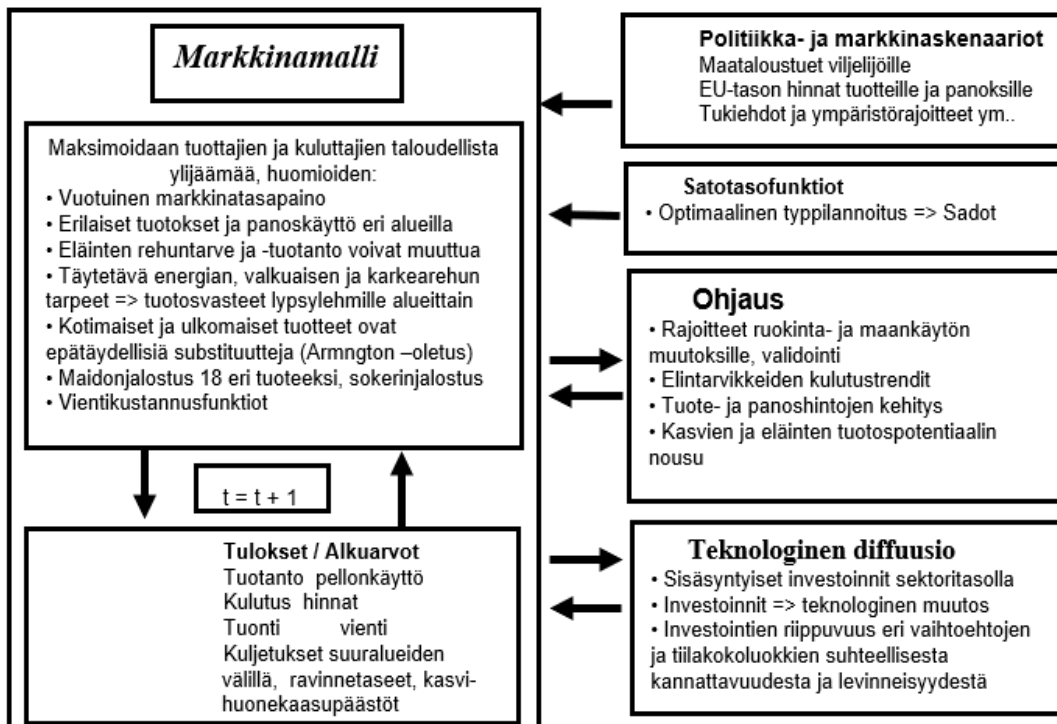
DREMFIA on Suomen maatalouden päätuotantosuunnat, pellonkäytön, kotimaisen kysynnän ja ulkomaankaupan kattava taloudellinen osittaistasapainomalli, jossa on neljä suuraluetta: Etelä-Suomi, Sisä-Suomi, Pohjanmaa ja Pohjois-Suomi (Lehtonen 2015). Suuralueet jakautuvat pienempiin tuotannollisiin alueisiin tukivyohekejaon mukaisesti (Kuva 1). Näin saavutetaan varsin tarkka tukipolitiikan kuvaus. Poro-, hevos- ja lammastaloutta ei ole DREMFIA-mallissa mukana eikä myöskään turkistarhausta ja puutarhataloutta. Malli kuitenkin kattaa yli 95 % Suomen maatalousmaan käytöstä.

Suuralueet ja tukivyohykkeet

Main areas and support regions



Kuva 1. DREMFA-mallin aluejako. Suuralueet Etelä-Suomi (kuvassa "Southern Finland"), Sisä-Suomi (Middle Finland), Pohjanmaa (Ostrobothnia) ja Pohjois-Suomi (Northern Finland) ja-kaulevat pienempiin alueisiin maatalouden tukivyohykkeen mukaisesti.



Kuva 2. DREMFA-mallin perusrakenne.

DREMFA-mallissa (Kuva 2) ovat mukana seuraavat viljelykasvit: Kevätvehnä, syysvehnä, syysruis, mallasohra, rehuohra, kaura, sekavilja (ohra–kaura), öljykasvit, herne, ruokaperuna, tärkkelysperuna, sokerijuurikas, kuivaheinä, matalan intensiteetin säilörehu (n. 100 kg N/ha), korkean intensiteetin säilörehu (n. 180 kg N/ha), apila-timotei-seos (50–50), yli 5-vuotinen rehunurmi, viherkesanto, muu kesanto.

Eläimet ruokintoineen ja tuotostasoineen on määritelty seuraavasti: Lypsylehmät, emolehvät, lypsylehmähiehot uudistukseen, lypsylehmähiehot teuraaksi, emolehmänhiehhot uudistukseen, emolehmänhiehhot teuraaksi, lypsykarjarotuiset sonnit teuraspaino alle 250 kg, lypsykarjarotuiset sonnit teuraspaino yli 300 kg, liharotuiset sonnit teuraspaino yli 350 kg, lihasiat, emakot, munivat kanat, broilerit. Eläinten rehunkulutus muuttuu hintasuhteiden ohjaamana ruokintasuositusten antamisissa puitteissa eri tuotostasoille. Näitä rehunkulutuksia ja tuotostasoja tarkistettiin ja päivitettiin KOTIETU-projektin aikana. Eläintuotanto vaikuttaa vahvasti rehun tuotantoon, ravinnekiertoon ja pellonkäyttöön. Eläinten tyyppien ja fosforin erityiskertoimet päivitettiin.

Suomen maatalouden rakennekehitys on mallinnettu endogeenisesti niin, että lypsylehmien lukumäärän havaittu kasvu suurimmissa tilakokoluokissa (alle 20 lehmää/tila, 20–49 lehmää/tila, 50–100 lehmää/tila, yli 100 lehmää/tila) ja tärkeimmillä tuotantoalueilla Suomessa toteutuu. Sen seurauksena muuttuva rehun tarve alueittain otetaan pellonkäytössä huomioon, koska ehtona on, että karkearehu eläimille on tuotettava paikallisesti, eikä sitä voi tai kannata kuljettaa pitkiä matkoja.

Malli on validoitu siten, että vuosien 1995–2020 toteutunut kehitys lypsykarjatilojen kokoluokkajakaumassa (Lehtonen ym. 2017), kotieläintuotannon kokonaismäärissä ja pellonkäytössä likimain toteutuu. Samalla huomioidaan Suomessa tuotettujen maataloustuotteiden kulutus kotimaassa yhtä aikaa tuonnin ja viennin muutosten kanssa. Kotimainen kulutus voidaan tyydyttää kotimaisella tuotannolla tai kilpailevilla tuontituotteilla. Vuosina 1995–2019 kulutus noudattaa toteutunutta kehitystä asukasta kohden.

Maatalouden tuote- ja panoshinnat määräytyvät pääosin EU- ja globaalilla tasolla, ja siten mallissa annetut ulkoiset panos- ja tuotehinnat pätevät ulkomaankaupassa eli viennissä ja tuonnissa. Kotimaan markkinoilla maataloustuotteiden hintataso voi kuitenkin vähäisessä tai kohtalaisessa määrin poiketa EU:n keskihinnoista. Tuotekohtaiset hintapoikkeamat vastaavat viimeisen 20 vuoden aikana toteutuneita poikkeamia ja ne toteutuvat mallin maidon ja lihan tuottajahinnoissa siten, että kotimaiset ja ulkomaiset tuotteet ovat epätäydellisiä substituutteja keskenään¹. Ne voivat siten korvata toisiaan eräissä tuotteissa varsin pitkälle, mutta toisissa taas rajallisesti ollen laadullisesti erilaisia. Esimerkiksi Suomeen tuodaan ja Suomesta vietään osin erilaista lihaa (eri ruhonosia) ja eri maitotuotteita (joita mallissa mukana yhteensä 18 erilaista).

Eri kasvien pinta-alojen kehitykseen vaikuttavat myös lannoitteiden ja maataloustuotteiden hinnat sekä maataloustuet. Näin ollen DREMFA-malli toistaa pääpiirteissään 1995–2020 kehityksen Suomen maatalouden tuotannossa ja maankäytössä ja sisältää keskeiset tarvittavat muuttujat arvioitaessa maatalouden kehitysuria ja maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen

¹ Substituutiojoustoja on siis käytetty kalibrointiparametreina, joiden arvoja on säädetty niin, että hinnat ja tuontimäärät vastaavat keskimäärin tilastoarvoja 2000-luvulla.

kehitystä vuoteen 2050. Maatalouden kehitysura sisältää vuosittaisen kehityksen vuoteen 2050.

DREMFIA-sektorimalliin on mahdollista sisällyttää eri skenaarioissa määriteltyjä muutoksia kasvien sadoissa, maatalouden tuottavuudessa, panoskäytössä ja maataloustuissa sekä maatalouden lopputuotteiden ja panoshintojen EU-hinnoissa (Kuva 2). Esimerkiksi epäorgaanisten lannoitteiden hintojen nousu, joka aiheutuu fossiilisen energian hintojen noususta, vaikuttaa mallissa suoraan kasvin lannoitusta ja satotasoa vähentävästi. Nousevat epäorgaanisten lannoitteiden hinnat kannustavat tyypeä sitovien apilanurmiseosten käyttöön. Tämä toteutuu mallissa siten, että voimakkaaseen epäorgaaniseen tyypilannoitukseen perustuvan säilörehunurmen tuotanto vähenee ja korvautuu osittain matalamman lannoituksen ja satotason nurmituotannolla, ml. apilaa sisältävät nurmiseokset (Lehtonen & Niskanen 2016).

DREMFIA-malli tuottaa tuloksina pellonkäytön ja eläinmäärät koko maassa ja suuralueittain tärkeimmille eläinluokille: naudoille, sioille ja siipikarjalle. Lisäksi tuotetaan ravinnekuormituslaskennan lähtötiedoiksi lannan ja keinolannoituksen tyypin ja fosforin määrät sekä kasvikohtaiset sadot erikseen kivennäismailla ja turvemaiilla neljällä suuralueella.

DREMFIA-mallissa on useita maatalouden monivaikutteisuutta ja ympäristövaikutuksia mittaavia laskentasuureita kuten lannoituksen kokonaismäärä, intensiteetti (tyypeä ja fosforia kg/ha), alueelliset ravinnetaset, pellonkäytön monimuotoisuuteen ja biodiversiteettiin liittyviä indeksejä sekä karkea laskuri maatalouden kasvihuonepäästöistä, jotka kattavat yli 90 % maatalouden päästöistä (verrattuna viralliseen kasvihuonekaasuinventaarioon). Kasvihuonekaasulaskurista puuttuvat luonnollisesti hevoset, lampaat, porot, turkiseläimet, joita mallissa ei ole mukana. Laskettaessa kasveille tarjolla olevaa lantatyyppiä ja nettoravinnetasetta hehtaaria kohden on otettu huomioon lannan tyypin hävikki 24 % (yhteensä eläinsuojassa, varastoinnissa ja levityksen yhteydessä). Lisäksi nettoravinnetasetta laskettaessa oletetaan tyypin kaukolaskema 5 kg N/ha vuodessa.

2.4. Vaikutukset tuotantoon

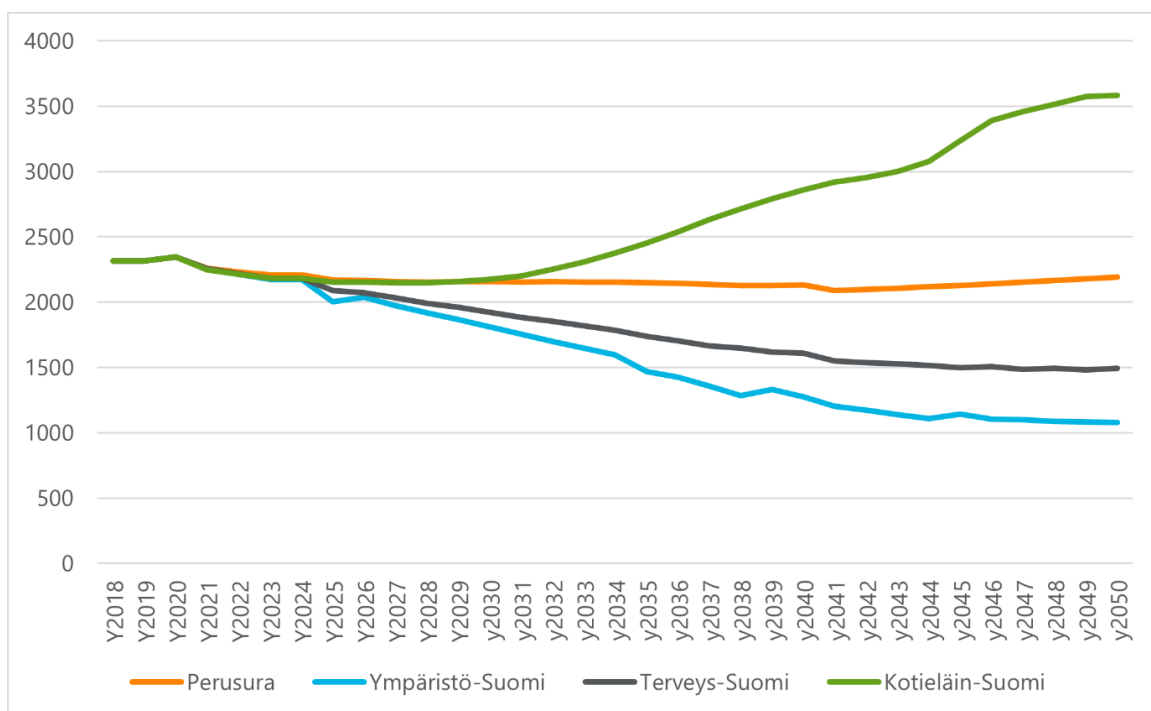
2.4.1. Maidontuotanto

Perusurassa maidontuotannon suunta on hitaasti laskeva 2020-luvulla nousevien energia- ja lannoitekustannusten vuoksi. 2030-luvulle tultaessa nopea tilakoon ja työn tuottavuuden kasvu ja tuotantokustannusten nousun hidastuminen johtaa vajaan 2,2 miljardin litran (runsaat 2,3 milj. litraa vuosina 2018–2020) maidontuotantoon (Kuva 3). Etelä-Suomessa maidontuotannon pitkään jatkunut väheneminen jatkuu mutta hidastuu. Etelä-Suomen maidontuotanto on vuonna 2050 noin 390 milj. litraa eli noin kolmanneksen vuoden 2018 tasoa alhaisempi. Etelä-Suomen suuralueeseen kuuluu DREMFIA-mallissa myös osia C1- ja C2-tukialueista, minkä vuoksi Etelä-Suomen maidontuotannon kokonaismäärä on jo alkutilanteessa eli 2018 suurempi kuin pelkästään AB-alueen tuotanto. Pohjanmaan suuralueella ja Sisä-Suomessa tuotanto kasvaa vain vähän ja hitaasti ja pysyy Pohjois-Suomessa likimain ennallaan (Taulukko 5).

Ympäristö-Suomi-skenaariossa maidontuotanto vähenee asteittain koko maan tasolla lähes puoleen eli likimain kysyntää vastaavalle tasolle vuoteen 2050 mennessä. Ympäristö-Suomi-skenaariossa maidontuotanto vähenee Etelä-Suomessa alle kolmannekseen 2018–2050 ja muilla alueilla noin puoleen (Taulukko 5).

Terveys-Suomi-skenaariossa maidontuotanto vähenee noin 36 % vuosina 2020–2050. Etelä-Suomessa maidontuotanto vähenee Terveys-Suomi-skenaariossa noin 40 %, Sisä-Suomessa noin 30 %, Pohjanmaalla 23 % ja Pohjois-Suomessa noin 45 % vuosina 2020–2050 (Taulukko 5). Pohjois-Suomessa tuotanto vähenee keskimääräistä enemmän, koska tuotantosidonnaisia tukia vähennetään 30 % Terveys-Suomi-skenaariossa kaikilla alueilla, ja se merkitsee pohjoisilla tukialueilla keskimääräistä suurempaa tuottojen menetystä maitolitraa kohden.

Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa maidontuotanto vähenee kuitenkin aluksi 2020- ja 2030-luvuilla vähän hitaammin kuin kotimainen kulutus (vienti kasvaa maltillisesti mutta väliaikaisesti), mutta vuonna 2050 tuotanto on vähentynyt likimain kulutusta vastaavasti (Kuva 3). Samoin naudanlihantuotanto vähenee maidontuotannon mukana, koska tuotannon kokonaismäärä kytkeytyy vahvasti maidontuotantoon.



Kuva 3. Maidontuotanto (milj. litraa) eri skenaarioissa.

Taulukko 5. Maidontuotannon muutokset suuralueittain ja koko maassa eri skenaarioissa 2020–2050. Vuoden 2018 tuotannon määrät olivat lähellä 2020 tasoa.

	Perusura	Ympäristö-Suomi	Terveys-Suomi	Kotieläin-Suomi
Etelä-Suomi	- 34 %	- 68 %	- 41 %	+93 %
Sisä-Suomi	+ 1 %	- 52 %	- 31 %	+79 %
Pohjanmaa	+ 4 %	- 47 %	- 23 %	+32 %
Pohjois-Suomi	+ 0 %	- 51 %	- 46 %	- 43 %
Koko maa	- 7 %	- 54 %	- 36 %	+53 %

Kotieläin-Suomi-skenaariossa maidontuotanto kasvaa aluksi hitaasti (Kuva 3), koska pannonshinnat nousevat nopeasti 2020 luvulla. Tuotannon kasvu kiihtyy 2030-luvulla ja etenkin vuoden 2035 jälkeen, kun suurin osa maidosta tuotetaan yli 100 lehmän karjoissa. Peltoa

Naudanlihantuotanto vähenee vuosina 2020–2050 perusurassa noin 20 %, Ympäristö-Suomi-skenaariossa noin 45 % ja Terveys-Suomi-skenaariossa noin 50 %. Naudanlihantuotanto kasvaa vuosina 2020–2050 noin 20 % Kotieläin-Suomi-skenaariossa, jossa lypsylehmien keskituotoksen nousu johtaa suhteessa pienempään naudanlihantuotannon kasvuun maidontuotantoon verrattuna.

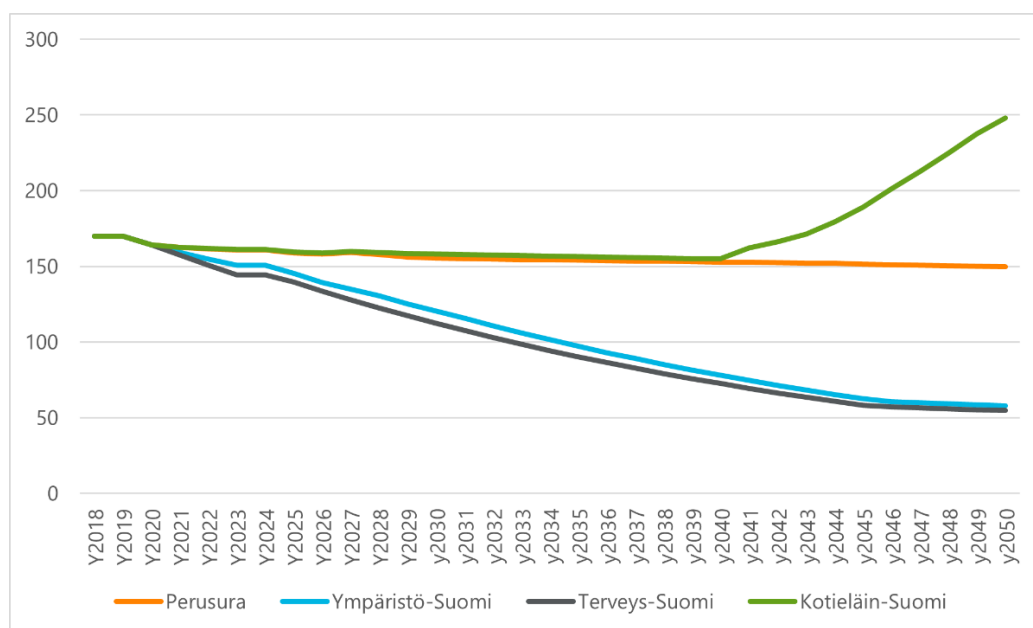
Ympäristö-Suomi-skenaariossa maidontuotanto vähenee 56 % ja Terveys-Suomi-skenaariossa 36 % vuosina 2020–2050. Naudanlihantuotanto vähenee kuitenkin Ympäristö-Suomi-skenaariossa 45 % ja Terveys-Suomi-skenaariossa noin 50 %. Tämä johtuu siitä, että Ympäristö-Suomi-skenaariossa nautaeläimille maksettavat tuotantosidonnaiset tuet vähenevät vain 10 % mutta Terveys-Suomi-skenaariossa 30 %, mikä johtaa emolehmien määrän vähenemiseen Terveys-Suomi-skenaariossa vuoden 2020 noin 60 000 emolehmästä tasolle 30 000 vuoteen 2050. Ympäristö-Suomi-skenaariossa emolehmien määrä kasvaa 80 000 eläimeen 2040-luvulle tultaessa. Tähän kannustavat paitsi em. tuotantosidonnaiset tuet myös tuki alhaisen lanonitustason nurmille kuten apilanurmiseoksille ja yli 5-vuotiaalle nurmille.

2.4.3. Sian- ja siipikarjanlihantuotanto

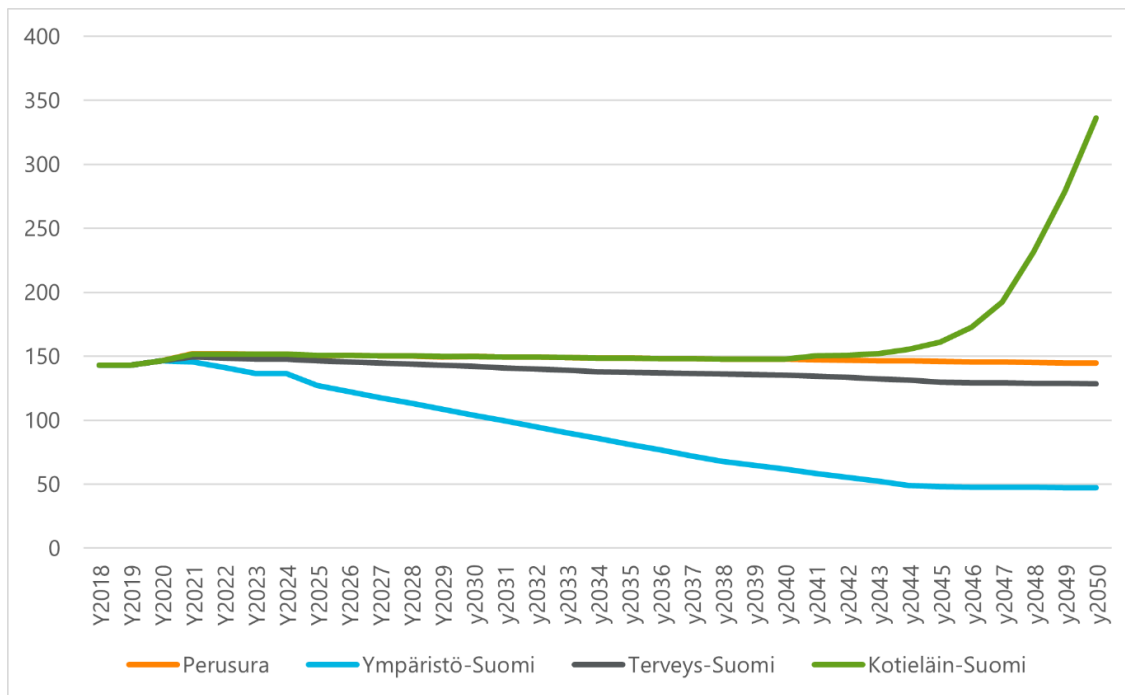
Sianlihantuotanto vähenee hitaasti perusurassa nousevien panoshintojen vuoksi, koska tuotannon kannattavuus oli aiempaa alhaisempi jo 2018–2020. Sen sijaan siipikarjanlihantuotanto pysyy perusurassa vakaana kustannusnousuista huolimatta.

Sian- ja siipikarjanlihantuotanto vastaavat nopeasti kysyntään ja asettuvat Ympäristö-Suomi- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa pian likimain kotimaista kysyntää vastaavalle tasolle. Ympäristö-Suomi-skenaariossa sian- ja siipikarjanlihan tuotanto vähenee noin 67 %. Terveys-Suomi-skenaariossa sianlihantuotanto vähenee 67 % ja siipikarjanlihan tuotanto 10 % vuosina 2020–2050.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa sianlihantuotanto kasvaa 46 % vuosina 2020–2050 (Kuvat 5 ja 6). Tuotannon kasvu sijoittuu nykyisille päätuotantoalueilla Lounais-Suomeen ja Pohjanmaalle. Samoin käy siipikarjanlihantuotannossa, joka kasvaa yli kaksinkertaiseksi yli 300 milj. kg:n tasolle 2040-luvun lopulla.



Kuva 5. Sianlihantuotanto (milj. kg) eri skenaarioissa.



Kuva 6. Siipikarjanlihantuotanto (milj. kg) eri skenaarioissa.

2.5. Pellonkäyttö

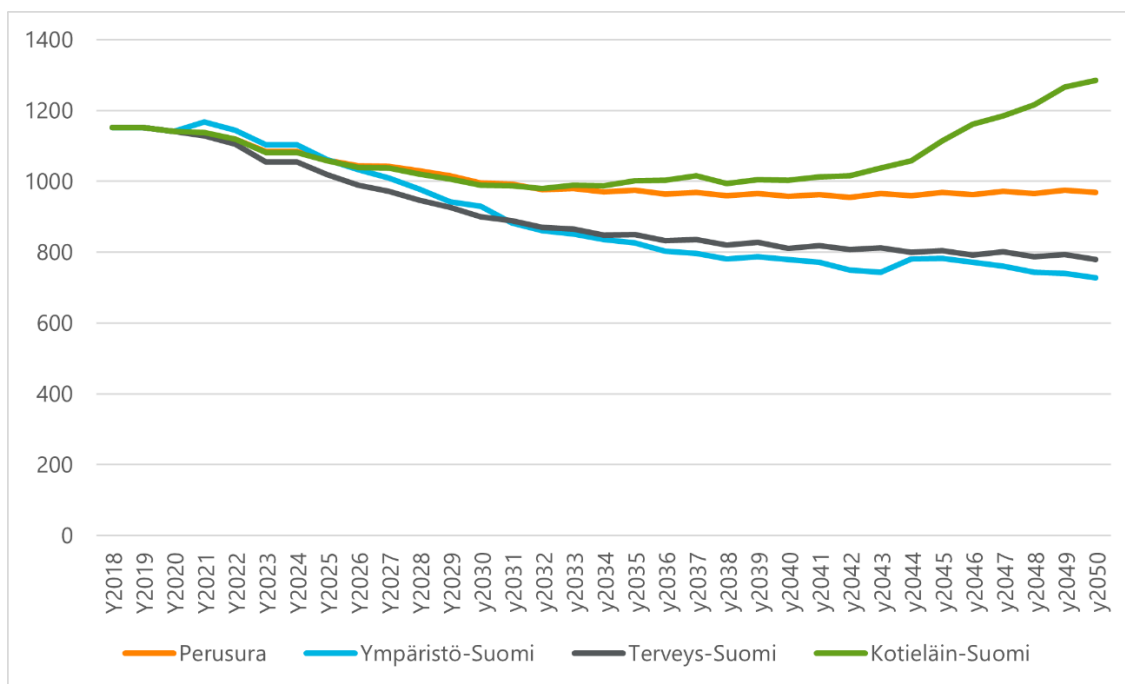
Perusurassa viljan viljelyala vähenee vajaat 10 % (Kuva 7), koska energian ja lannoitteiden hintojen nousu vaikuttaa suhteellisesti eniten viljantuotannon kannattavuuteen verrattuna rehunurmien ja esim. mallasohran ja öljykasvien ja eräiden erikoiskasvien viljelyyn. Viljantuotannon kannattavuus oli heikko jo vuosina 2018–2020, joten kustannusten nousu 2020-luvulla johtaa noin 10 % vilja-alan vähenemiseen ja vajaan 10 %:n vähenemiseen viljan kokonaistuotannossa, mikä vähentää erityisesti rehuviljan vientiä.

Edellä esitetyillä kotieläintuotannon muutoksilla eri skenaarioissa on suuri vaikutus pellonkäyttöön koko maan tasolla ja eri suuralueilla. Erityisesti viljan viljelyala koko maan tasolla vähenee merkittävästi Ympäristö-Suomi- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa, kun taas Kotieläin-Suomi-skenaariossa viljan viljelyala lisääntyy.

Ympäristö-Suomi-skenaariossa viljan viljelyala vähenee noin 37 % vuosina 2020–2050 päättyen runsaaseen 700 00 ha tasolle vuonna 2050. Rehuviljan tuotanto vähenee merkittävästi sian- ja siipikarjanlihan tuotannon vähentyessä noin kolmannekseen ja maidontuotannon puolittuessa. Vaikka leipäviljan ja kauran kulutus kasvaa, niiden vaatiman peltoalan kasvu jää hehtaareissa paljon rehuvilja-alan vähentymistä pienemmäksi. Vastaavanlainen kehitys tapahtuu Terveys-Suomi-skenaariossa, jossa vilja-ala vähenee noin 32 % vuosina 2020–2050.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa rehuviljan tarve lisääntyy merkittävästi, kun sianlihantuotanto kasvaa 46 %, siipikarjanlihantuotanto kaksinkertaistuu. Vilja-ala kasvaa vuoden 2020 noin 1,1 miljoonasta hehtaarista tasolle 1,3 milj. hehtaaria eli noin 12 % vuosina 2020–2050. Viljan vienti vähenee ja viljasato käytetään lähes kokonaan eläinten rehuksi kotimaassa, mikä selittää sitä, että viljan viljelyala kasvaa suhteellisesti vähemmän kuin kotieläintuotanto lisääntyy. Merkillepantavaa on myös se, että koska kotieläintuotanto alkaa kasvaa maidontuotannon osalta vasta 2030-luvulla ja sian- ja siipikarjanlihantuotannon osalta vasta 2040-luvulla, vilja-ala vähenee Kotieläin-Suomi-skenaariossa aina 2030-luvulle asti ja kääntyy selvään nousuun

vasta 2040-luvulla. Viljan tuotantomäärä kuitenkin kasvaa enemmän kuin 12 %, lähes 20 %, koska vilja-ala kasvaa lähes yksinomaan Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla, sika- ja siipikarjatuotannon pääalueilla, joilla viljan satotasot ovat maan keskiarvoa korkeampia.



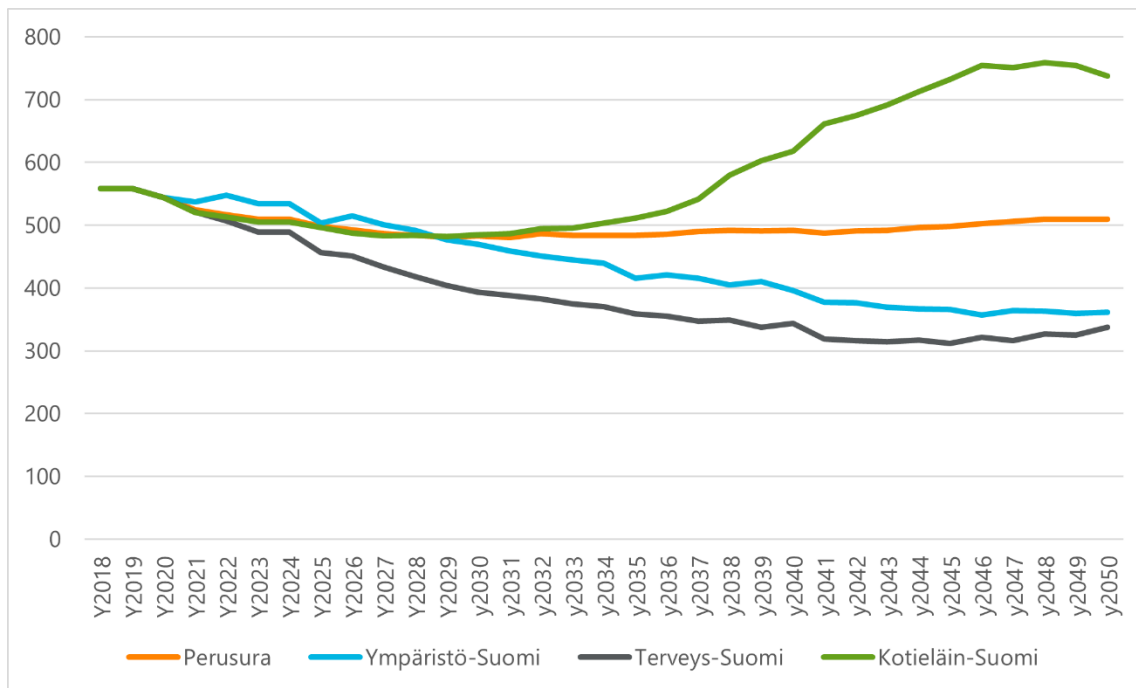
Kuva 7. Viljan viljelyala (1 000 ha) eri skenaarioissa.

Kasvavaa maidontuotannon rehuntarvetta tyydyttää pääosin nurmirehun kasvava tuotanto, mutta tuotannon lisäys vaatii myös rehuviljan käytön lisäämistä maidontuotannossa. Nurmi-rehuala on DREMFA-sektorimallissa alhaisempi (vajaat 600 000 ha 2018–2020) kuin maataloustilastoissa (noin 780 000 ha v. 2020), koska mallista puuttuvat hevoset, lampaat, vuohet ja muut eläimet (kuten porot), jotka käyttävät nurmirehua tai nurmialaa laidunnukseen.

Ympäristö-Suomi-skenaariossa maidontuotanto on vähäisempää kuin Terveys-Suomi-skenaariossa, mutta silti nurmiala on Ympäristö-Suomi-skenaariossa suurempi kuin Terveys-Suomi-skenaariossa (Kuva 8). Tämä johtuu siitä, että tuet apilapitoisille nurmille ja yli 5-vuotiaille nurmille ohjaavat vähäisempään epäorgaaniseen lannoitukseen kuin Terveys-Suomi-skenaariossa, jossa maataloustuet ovat samoja kuin perusurassa.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa rehunurmien ala nousee voimakkaasti 2030–2040-lukujen vaihteessa, kun maidontuotanto kasvaa lopulta 46 % vuoteen 2050 mennessä vuodesta 2020. Rehunurmien kokonaisala kasvaa 32 % vuosina 2020–2050. Nurmisato riittää kuitenkin kasvavan maidontuotannon ja nautaeläinten kasvavan kokonaismäärän tarpeisiin, koska suurin osa nurmialasta on 2040–2050 voimakkaasti lannoitettua säilörehunurmea, samalla kun muiden nurmien (alhaisen lannoitustason säilörehunurmi, apilanurmiseokset, yli 5-vuotiaat nurmet, kuivaheinä) alat vähenevät.

Perusskenaariossa ja Terveys-Suomi-skenaarioissa apilapitoisten nurmien ala kasvaa maltillisesti nousevien tyyppilannoitteiden hintojen vuoksi ja korvaa osin voimakkaasti lannoitettua säilörehunurmea mutta kuitenkin selvästi vähemmässä määrin kuin Ympäristö-Suomi-skenaariossa.



Kuva 8. Rehunurmien viljelyala (1 000 ha eri skenaarioissa).

Muiden kasvien (öljykasvit, palkoviljat, peruna, sokerijuurikas) kokonaisala nousee aluksi kaikissa skenaarioissa vuoden 2018 tavallista alhaisemmalla lähtötasolta (Kuva 9). Tämä tapahtuu DREMFA-mallin tuloksissa lähinnä öljykasvien ja herneen viljelyalojen kasvun ansiosta, mihin vaikuttavat typpilannoitteiden hintojen nousu sekä tuontivalvauksirehujen hintojen nousu vuodesta 2018. Perusurassa muiden kasvien alat pysyvät melko vakaina 2020-luvulta vuoteen 2050, mutta nousevat muissa skenaarioissa joko ruokakäyttöön tuotettujen palkoviljojen kysynnän kasvun ansiosta (Terveys- ja Ympäristö-Suomi-skenaariot), tai valvauksirehujen kasvavan kysynnän ansiosta (Kotieläin-Suomi-skenaario).

Ympäristö-Suomi-skenaariossa palkoviljojen kysynnän kasvu toteutuu aiemmin kuin Terveys-Suomi-skenaariossa osin palkokasveille maksettavien tukien vuoksi. Palkoviljojen tuotannon pinta-ala kasvaa yli 50 000 ha tasolle Ympäristö-Suomi-skenaariossa ja yli 55 000 ha tasolle Terveys-Suomi-skenaariossa (kokonaissato yli 150 milj. kg). Viljelystä alasta runsaat 2/3 on Etelä-Suomessa ja noin kolmannes Pohjanmaalla ja osin Sisä-Suomessa. Perusskenaariossa palkoviljojen tuotannon kasvu vuoden 2018 tasosta jää maltilliseksi, ja tuontivalvauksirehujen suuri osuus säilyy eikä juurikaan korvautu kotimaisen valvauksirehujen tuotannolla öljykasveja lukuun ottamatta.

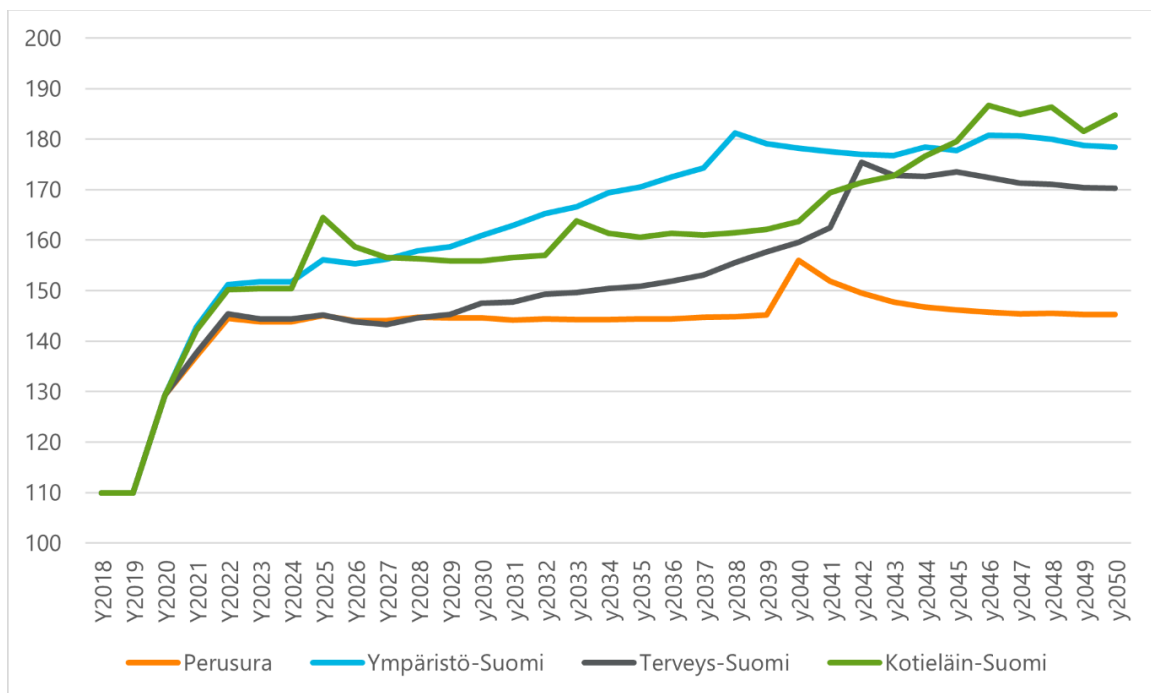
Öljykasvien tuotanto nousee perusskenaariossa nousevien hintojen vetämänä vajaaseen 90 000 hehtaariin vuonna 2050 samalla kun viljojen viljelyala vähenee. Ympäristö-Suomi-skenaariossa öljykasviala lähes kaksinkertaistuu vuoden 2018 alhaiselta tasoltaan yli 80 000 hehtaariin vuoteen 2050 mennessä. Terveys-Suomi-skenaariossa öljykasvien viljelyala nousee vajaaseen 70 000 hehtaariin. Näissä skenaarioissa noin 2/3 öljykasvialasta on Etelä-Suomessa ja lähes kaikki loput Pohjanmaan alueella.

Merkillepantavaa on, että palkoviljojen ja öljykasvien, alat nousevat suuren valvauksirehujen kysynnän vuoksi myös Kotieläin-Suomi-skenaariossa, jossa palkokasvien ala nousee vajaaseen 40 000 hehtaariin ja öljykasvien ala lähes 150 000 hehtaariin vuoteen 2050. Öljykasvien viljely, vielä selvemmin kuin palkokasvien tuotanto, keskittyy lähes yksinomaan Etelä-Suomeen samalla, kun yksimahaistuotanto ja sitä palveleva rehuviljantuuotanto kasvavat voimakkaasti

Pohjanmaan alueella ja suhteellisesti enemmän kuin Etelä-Suomessa, jossa sian- ja siipikarjanlihan tuotannon kasvu on myös voimakasta. Yksimahaistuotanto vaatii merkittävässä määrin valkuaisrehujen tuonnin kasvua ulkomailta, mutta kasvava lypsykarjatalous saa Kotieläin-Suomi-skenaariossa merkittävän osan rypsirouheesta kotimaasta.

Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa muiden kasvien ala yhteensä ja myös palkokasvien ala toisaalta kasvaa palkoviljojen elintarvikekäytön kasvun ansiosta, mutta toisaalta rehuvalkuaisen tarve ja tuotanto vähenee kotieläintuotannon vähenemisen vuoksi. Siksi eri skenaarioissa ei ole suurta eroa muiden kasvien alassa, vaikka ruokavalion ja kotieläintuotannon muutokset ovat hyvin erilaisia.

Kokonaisuutena pellonkäyttö monipuolistuu Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa, kun muiden kasvien ala kasvaa ja viljan ala vähenee. Samalla kuitenkin nurmien ala vähenee, ja nurmien lannoitustaso ja sadot laskevat. Nurmien monipuolisuus lisääntyy etenkin Ympäristö-Suomi-skenaariossa ja osin myös Terveys-Suomi-skenaariossa ja myös perusurassa, kun lannoitteiden hinta nousee. Sen sijaan Kotieläin-Suomi-skenaariossa pellonkäytön ei voida katsoa monipuolistuvan, koska vilja-alan ja voimakkaasti lannoitettujen nurmien alat kasvavat, vaikka muiden kasvien kuten öljykasvien ja palkoviljojen alat vähän kasvavatkin.



Kuva 9. Muiden viljelykasvien alat eri skenaarioissa (1 000 ha). Muut viljelykasvit: öljykasvit, palkoviljat, peruna, sokerijuurikas. Vuosien 2018–2020 alhaista lähtötasoa selittää öljykasvialan poikkeuksellinen vähäisyys. Öljykasvien ja herneen alat nousevat DREMFIAn tuloksissa 2020 alkaen.

Kesantoalat kasvavat voimakkaasti likimain kaksinkertaisiksi vuoteen 2020 verrattuna Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa. Tämä johtuu siitä, että maataloustukien kokonaismäärä pysyy edelleen sellaisella tasolla, että pellot on taloudellisesti järkevää pitää viljelyksessä suurimmassa osassa maata. Sen sijaan etenkin Sisä- ja Pohjois-Suomessa osa pellostä jää tulosten mukaan kokonaan käyttämättä näissä skenaarioissa, koska kotieläintalouden supistuessa viljan ja muiden kasvien viljely on heikosti kannattavaa, kun samalla myös maataloustuet vähenevät näissä skenaarioissa.

2.5.1. Viljelyksessä olevan peltoalan muutokset

Perusurassa pellonkäyttö ja viljelyksessä olevan peltoalan kokonaismäärä pysyvät lähellä 2018 tilannetta. Koska DREMFA-sektorimallissa ei ole mukana hevosia (noin 70 000 v. 2018) ja lampaita ja vuohia ja niiden tarvitsemaa arviolta noin 100 000 ha peltoalaa, perusuran pellonkäyttö jää noin 2,1 miljoonaan hehtaariin (Taulukko 6). Koska viime vuosina Suomessa viljellyn peltoalan (ml. kesannot) kokonaisala on ollut noin 2,3 milj. ha, perusuran pellonkäytöstä jää vielä riittävästi, noin 100 000 ha, peltoa esim. hevos- ja lammastalouden käyttöön.

Kesantoala kasvaa perusurassa lähes 200 000 hehtaarilla vuodesta 2018 vuoteen 2050 saavuttaen 390 000 ha tason 2050. Tämä selittyy sillä, että kasvintuotannon, erityisesti viljan, tuotantokustannukset nousevat 2020-luvulla nopeasti ja sen seurauksena viljan ja osiin myös nurmen viljelyalat vähenevät. Koska perusurassa maatalouspolitiikka pysyy ennallaan, maataloustuet pitävät peltoalan suurimmaksi osaksi viljelyssä.

Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa viljelyksessä oleva peltoala vähenee Suomessa alle 1,8 miljoonaan hehtaariin (Taulukko 6). Tämä johtuu edellä esitetyn mukaisesti kotieläintuotannon vähenemisestä ja rehuntuotannon laskusta niin viljojen kuin nurmikasvien osalta. Kesantoala nousee molemmissa skenaarioissa noin 450 000 hehtaariin. Arvio kesantoalan kehityksestä on kuitenkin epävarma, koska se on jossain määrin herkkä kesannon perustamis- ja hoitokustannuksille, jotka riippuvat siitä, voidaanko kesantojen perustaminen ja hoito tehdä maatilalla tehokkaasti itse, vai voidaanko nämä työt ulkoistaa edullisesti urakoitsijoille. Pelkästään maatilakohtaisesti tarkasteltuna maataloustukien ehdot vähentävät maataloustukea, jos kesantoalaa on yli puolet tilan peltoalasta. Luonnonhoitopeltojen tukea on rajattu noin 15 %:iin maatilojen peltoalasta, joten muu kesantoala on niitä vähemmän tuettua. Siksi arvoitiin, että kesantoa tuskin tulee olemaan paljoo yli neljännestä perusmaatalouden peltoalasta, joka jää alle 1,8 miljoonan hehtaarin Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa.

Ruokavaliomuutoksesta johtuva leipäviljan, kauran ja valkuaiskasvien kysynnän kasvu Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa lisää selvästi vähemmän pellon tarvetta kuin rehuntuotannon väheneminen vähentää sitä. Valkuaiskasvien kuten herneen viljely elintarvikkeiksi lisääntyy, mutta samaan aikaan palkoviljojen viljely rehuksi vähenee, jolloin valkuaiskasvien kokonaisalan kasvu jää pieneksi tai korkeintaan maltilliseksi. Viljelty peltoala vähenee eniten alueilla, joilla kotieläintalouden osuus maankäytöstä oli suurin 2018, kuten Pohjois- ja Sisä-Suomessa sekä Pohjanmaalla. Etelä-Suomessa rehuntuotannon ala vähenee ja korvautuu leipäviljan ja valkuaiskasvien alan lisäyksellä, mutta silti viljellyn peltoalan kokonaismäärä vähenee.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa kotieläintuotannon kasvu toteutuu pääasiassa vuoden 2035 jälkeen. Samalla kun kotieläintuotanto ja siihen liittyvä rehuntuotanto kasvaa nopeasti 2040-luvulla, lähes koko 2,3 miljoonan hehtaarin peltoala on käytössä ja kesantoala on hyvin vähäinen. Koska viljelty peltoala on 2050 noin 2,26 miljoonaa hehtaaria koko maan tasolla (Taulukko 6), vain noin 40 000 ha peltoa jää käyttämättä Kotieläin-Suomi-skenaariossa. Tämä ei täytä hevosten ja lampaiden tarvitsemaa, arviolta noin 100 000 ha peltoalaa, mikäli hevosten ja lampaiden määrä pysyy vuoden 2018 tasolla. Näin ollen Kotieläin-Suomi-skenaariossa kasvavan kotieläintuotannon rehutarve edellyttää noin 60 000 ha lisäpeltoa. Tältä voitaisiin välttyä, jos esim. leipäviljaa, mallasohraa ja öljykasvien siemeniä tuotaisiin ulkomailta. Näin ei kuitenkaan tulosten mukaan käy, vaan ne tuotetaan Kotieläin-Suomi-skenaariossa lähes kokonaan kotimaassa Etelä-Suomen alueella. Siksi Kotieläin-Suomi-skenaario, jossa maataloustuet pysyvät lähtötilanteen eli 2018 mukaisina, voi johtaa 60 000 hehtaarin suuruiseen pellonraivaukseen.

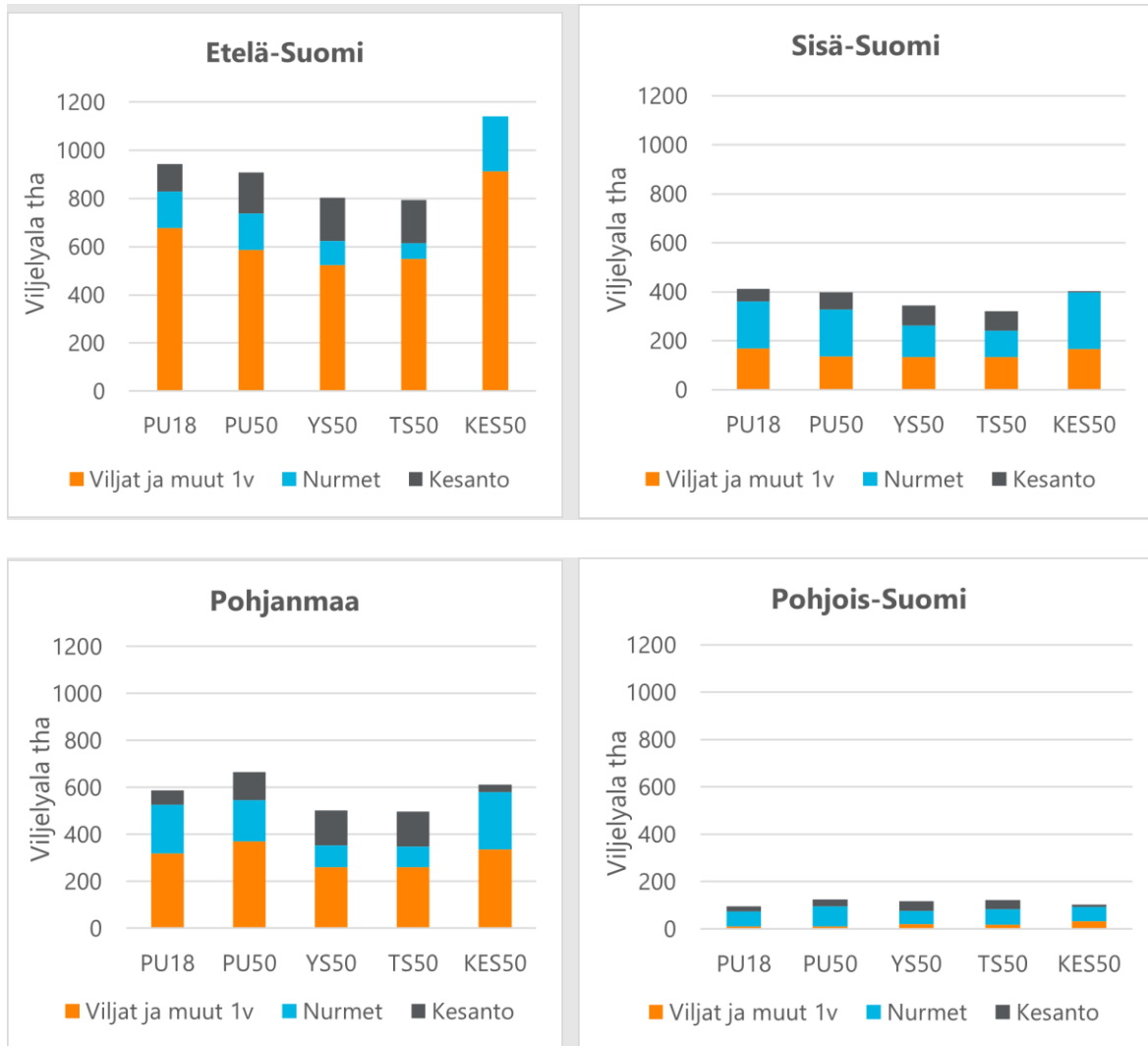
Taulukko 6. Nurmet ja kesannot yhteensä, viljojen ja muiden yksivuotisten kasvien viljelyalat (1 000 ha) yhteensä 2018 ja eri skenaarioissa 2050. Muut kasvit: Öljykasvit, peruna, sokerijuurikas, palkoviljat.

	2018	Perusura	Ympäristö-Suomi	Terveys-Suomi	Kotieläin-Suomi
Rehunurmet ^{*)}	760,4	601,6	378,3	324,6	763,2
Viljat ^{*)}	1 040,5	964,4	763,1	798,5	1 221,4
Muut ^{**)}	110	138,7	175,5	164	225,4
Kesannot ^{**)}	245	390	450	450	49
Yhteensä	2 156	2 095	1 767	1 737	2 259

*) Vuonna 2018 pellonkäyttötilaston mukainen ala, vuoden 2050 alat DREMFI-mallin tuloksia.

***) DREMFI-mallin tuloksia 2018, 2050. Muiden kasvien pinta-ala oli poikkeuksellisen alhainen vuonna 2018 ja nousi tuloksissa tasolle 140 000 ha jo 2020 herneen (palkoviljojen) alan noustessa.

Peltopinta-alan sekä viljelykasvien pinta-alojen suhteelliset muutokset suuralueittain on esitetty kuvassa 10. Viljelyalaa on kaikissa skenaarioissa selvästi eniten Etelä-Suomessa ja Pohjois-Suomen peltoala on siihen verrattuna hyvin pieni. Tuotannon rakenne heijastuu pellonkäyttöön eri alueilla: Etelä-Suomessa viljaa viljellään runsaasti kaikissa skenaarioissa, myös Kotieläin-Suomi-skenaariossa, missä suuri osa eläintuotannosta on sikoja ja siipikarjaa. Nurmen osuus kasvaa pohjoiseen mentäessä, ja siellä eläintuotanto painottuu enemmän nautoihin. Kotieläin-Suomessa nurmiala lisääntyy Etelä-Suomessakin, kuten myös Pohjanmaalla ja Sisä-Suomessa, mutta samalla peltojen kesannointi vähenee murto-osaan koko maassa yhteensä ja häviää Etelä-Suomessa käytännössä kokonaan. Muissa skenaarioissa kesannoinnilla on merkittävä rooli.



Kuva 10. Viljan ja muiden yksivuotisten kasvien, nurmen sekä kesannoidun pellon pinta-alat eri skenaariossa Etelä-Suomessa, Sisä-Suomessa, Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa. PU18 = perusura 2018 (lähtötilanne), PU50 = perusura 2050, YS50 = Ympäristö-Suomi 2050, TS50 = Terveys-Suomi 2050, KS50 = Kotieläin-Suomi 2050. Kuvan lukuihin eivät sisälly maa- ja elintarviketalouden ulkopuolinen peltopinta-ala.

2.6. Vaikutukset maataloustuloon ja työnmenekkiin

Edellä esitetyillä tuotanto- ja pellonkäyttömuutoksilla sekä skenaarioiden tuotehintojen ja maataloustukien muutoksilla on luonnollisesti vaikutuksia maataloustuloon, joka on viljelijän oman työn ja oman pääoman tuotoksi jäävä osuus, kun kaikista maatalouden tuotoista on vähennetty kaikki kustannukset. Sektoritasolla maataloustulo on tässä tapauksessa perusmaatalouden tuloksi jäävän maataloustulon kokonaismäärä. Erityisesti on huomattava, että vaikka maataloustulo yhteensä ajan yli vähenee, maatilaa kohden maataloustulo voi nousta, kun maatilojen lukumäärä vähenee. Seuraavassa on esitetty maataloustulon kehitys koko maan tasolla. Maataloustulon muodostumisen päätekijät, kuten DREMFIAn mallin tuloksista lasketut maatalouden kokonaistuoton määräävät markkinatuotto ja tukituotto sekä kustannukset ja niiden muutokset esitetään alueittain luvussa 5.

Perusurassa maataloustulon kokonaismäärä vähenee hitaasti (Kuva 11). Se johtuu toisaalta siitä, että markkinatuotot nousevat hyvin vähän, ja toisaalta siitä, että kustannukset nousevat. Markkinatuottojen heikko nousu nimellishintojen noususta huolimatta (nimellishinnat nousevat 2020–2029 ja pysyvät sen jälkeen ennallaan) johtuu viljantuotannon, naudanlihantuotannon ja osin myös viljellyn alan pienestä vähenemisestä. Toisaalta maidontuotanto, siipikarjanlihantuotanto sekä eräät kasvintuotannon alat, kuten mallasohran, leipäviljan, perunan ja sokerijuurikkaan pinta-alat ja tuotanto pysyvät likimain ennallaan. Palkoviljojen kuten herneen viljelyala vähän kasvaa, samoin öljykasvien. Näiden muutosten seurauksena markkinatuottoja ja myös maataloustukituottoja kertyy vähitellen aiempaa vähemmän. Edellä mainittujen yhteisvaikutuksena maataloustulo vähenee noin 7 % vuosina 2020–2050. Tämä on paljon pienempi muutos kuin, mitä tapahtui maatalouden yrittäjätulossa vuosina 2000–2020 (Kuva 12). Maatilaa kohti lasketulle maataloustulolle ei laskettu erillistä arviota (maatilojen lukumäärän kehitystä on vaikea arvioida eri tuotantosunnissa vuoteen 2035 tai 2050²). Koska kaikkien maatilojen lukumäärä on vähentynyt 2000-luvulla noin 2,55 prosentin vuosivauhtia, 7 % väheneminen maataloustulon kokonaismäärässä tarkoittaa sitä, että maataloustulo maatilaa kohden nousee likimain kaksinkertaiseksi, jos maatilojen lukumäärä vähenee 2000–2020 trendin mukaisesti noin 55 % vuosina 2020–2050. Samalla maatilojen koko ja tuottavuus kasvavat.

Kotieläintalouden voimakas väheneminen johtaa maataloustulon vähenemiseen koko maan tasolla ja etenkin Sisä- ja Pohjois-Suomessa Ympäristö-Suomi-skenaariossa (Kuva 13). Tätä selittää erityisesti markkinatuottojen väheneminen ja pienin osin myös maataloustukituottojen väheneminen kotieläintuotannon vähentyessä. Perusmaatalouden markkinatuotot vähenvät hitaasti Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa 2020-luvulla (Kuva 14), mutta sen jälkeen väheneminen kiihtyy suhteessa perusuraan, jossa markkinatuottojen kehitys pysyy vakaana. Terveys-Suomi-skenaariossa maataloustulo muuttuu vain vähän Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla. Tätä selittää se, että punaisen lihan tuotannon vähentyessä kolmannekseen siipikarjanlihantuotanto vähenee alle 10 %, ja lisäksi leipäviljan ja etenkin palkokasvien tuotanto kasvavat. Maidontuotanto vähenee Pohjanmaalla selvästi vähemmän kuin muilla alueilla Terveys-Suomi-skenaariossa, jossa koko maan maidontuotanto vähenee noin 35 %. Ympäristö-Suomi-skenaariossa maidontuotanto vähenee likimain puoleen kaikilla alueilla.

Huomionarvoista on kuitenkin se, että Terveys-Suomi-skenaariossa maataloustulo on vuonna 2050 lähes samaa tasoa kuin perusurassa, vaikka kotieläintuotanto vähenee voimakkaasti. Keskeinen syy tähän on ennen muuta kustannusten väheneminen likimain samassa suhteessa kuin markkinatuototkin, mikä hillitsee maataloustuen vähenemistä myös Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Lisäksi eräiden kasvituotteiden kuten palkokasvien ja leipäviljan tuotannon kasvu korvaa tuottojen menetyksiä lähinnä Etelä-Suomessa.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa maataloustulo nousee voimakkaasti, kun tuotannon kasvu hintojen nousun vetämänä lisää investointeja pääosin yli 100 lehmän kokoisilla tiloilla, joilla työn ja koneiden käyttö on tehokkaampaa kuin pienemmillä tiloilla (Lehtonen & Niskanen 2017). Tämä kehitys jää kuitenkin vähäiseksi Pohjois-Suomessa (Kuva 15), missä lypsykarjatalous ei kasva Kotieläin-Suomi-skenaariossa, koska kotieläintalouden kasvu on oletettu täysin markkinaehtoiseksi ja kaikki tuotantosidonnaiset tuet kotieläimille lopetetaan. Kotieläin-Suomi-skenaario ei tulosten mukaan johda kotieläintalouden, edes lypsykarjatalouden kasvuun vaan sen vähenemiseen Pohjois-Suomessa, jossa kansallisilla tuotantoperusteisilla tuilla on ollut

² Luken Taloustohtori-palvelu tuottaa vuosittaiset maatilojen lukumääräennusteet vuoteen 2030, ei kuitenkaan tämän tutkimuksen eri skenaarioille. <https://www.luke.fi/fi/palvelut/taloustohtorisivusto>

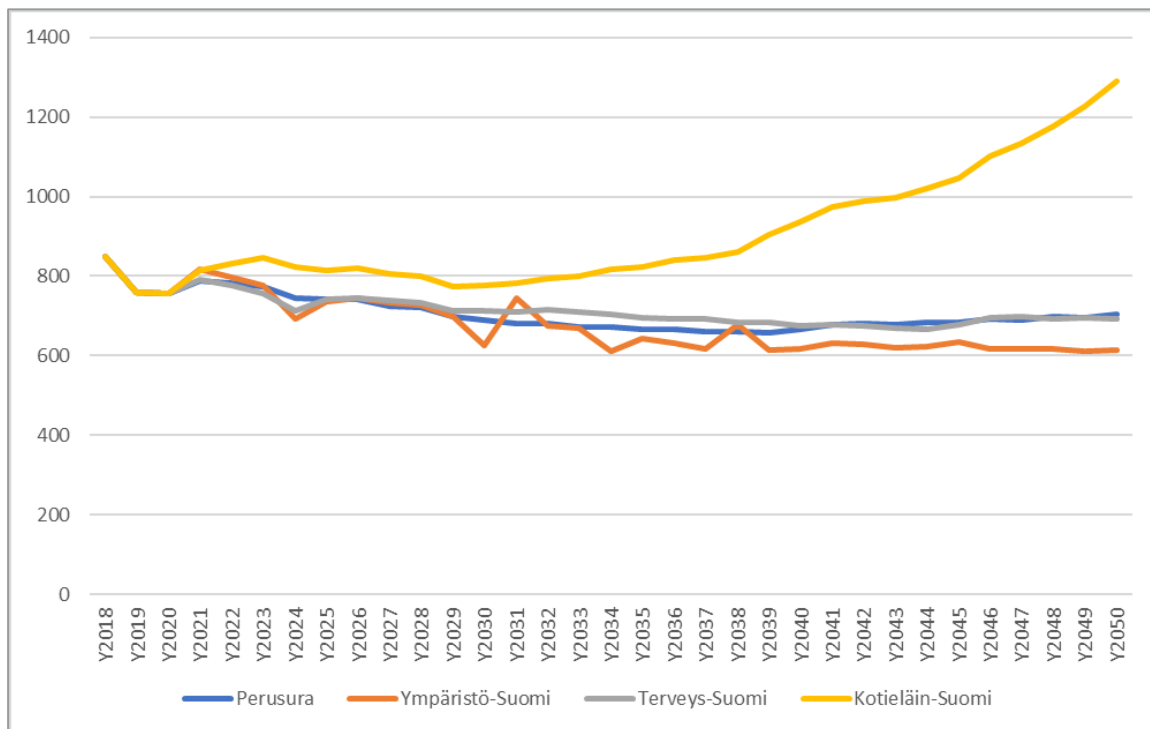
merkittävä osuus lypsykarjatalouden tuotoista. Investointien ja tuotannon väheneminen Pohjois-Suomen lypsykarjatiljoilla on keskeinen syy alueen maataloustulon vähenemiseen Kotieläin-Suomi-skenaariossa (Taulukko 7).

Taulukko 7. Maataloustulon kokonaismäärän muutokset suuralueittain ja koko maassa eri skenaarioissa 2020–2050.

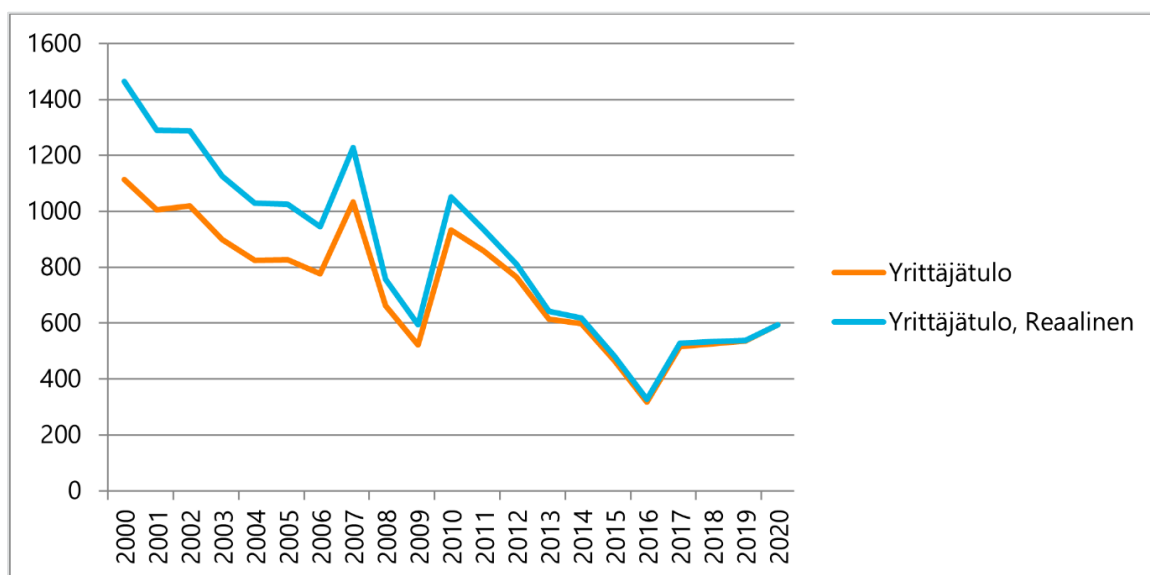
	Perusura	Ympäristö-Suomi	Terveys-Suomi	Kotieläin-Suomi
Etelä-Suomi	- 6 %	- 8 %	- 6 %	+92 %
Sisä-Suomi	- 8 %	- 28 %	- 26 %	+70 %
Pohjanmaa	- 5 %	- 19 %	+3 %	+68 %
Pohjois-Suomi	- 22 %	- 51 %	- 45 %	- 40 %
Koko maa	- 7 %	- 19 %	- 9 %	+70 %

Kustannusten kehitys koko maassa (Kuva 16) ja suuralueittain (Kuva 17) noudattaa pitkälti samantyyppistä kehitystä kuin markkinatuottojen kehitys. Kustannukset eivät sisällä viljelijäperheen oman työn arvoa, mutta sisältävät ostotyön kustannukset. Tuottavuuden kehitys, erityisesti kotieläintaloudessa ja siinä lypsykarjataloudessa, kuitenkin vähentää tuotannon yksikkökustannuksia, mikä vähentää tuotantopanosten hintojen nousun vaikutusta maataloustuloon. Työn tuottavuus vähentää kokonaistyon menekkiä muissa skenaarioissa paitsi Kotieläin-Suomi-skenaariossa (Kuva 18). Työn menekki vähenee vuosina 2020–2050 koko maan tasolla perusskenaariossa 27 %, Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa noin puoleen ja kasvaa noin 10 % Kotieläin-Suomi-skenaariossa. Näin tapahtuu ennen muuta kotieläintuotannon tuottavuuden kasvun vuoksi, joka jatkuu voimakkaana etenkin lypsykarjataloudessa. Kotieläin-Suomi-skenaariossa kotieläintalouden kasvun suhteellisesti suurin vaikutus työllisiin on Sisä-Suomessa lypsykarjataloudessa (Taulukko 8). Alueella ei ole peltomaasta lypsykarjataloudelle vahvoja kilpailijoita läheskään samassa määrin kuin merkittävässä osassa Pohjanmaata ja Etelä-Suomea. Tällöin maitotuotteiden maailmanlaajuisen kysynnän kasvu ja hintojen nousu lisää lypsykarjatalouden tuotantoa ja pellonkäyttöä sekä perusmaatalouden työllisten määrän kasvua suhteellisesti eniten nimenomaan Sisä-Suomen alueella (Kuva 19). Yksimahaistuotannon kasvu Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla vaatii suhteellisesti vähemmän työpanosta, koska tuotannon työnkäytön tehokkuus on korkealla tasolla jo lähtötilanteessa ja kehittyä vähitellen edelleen.

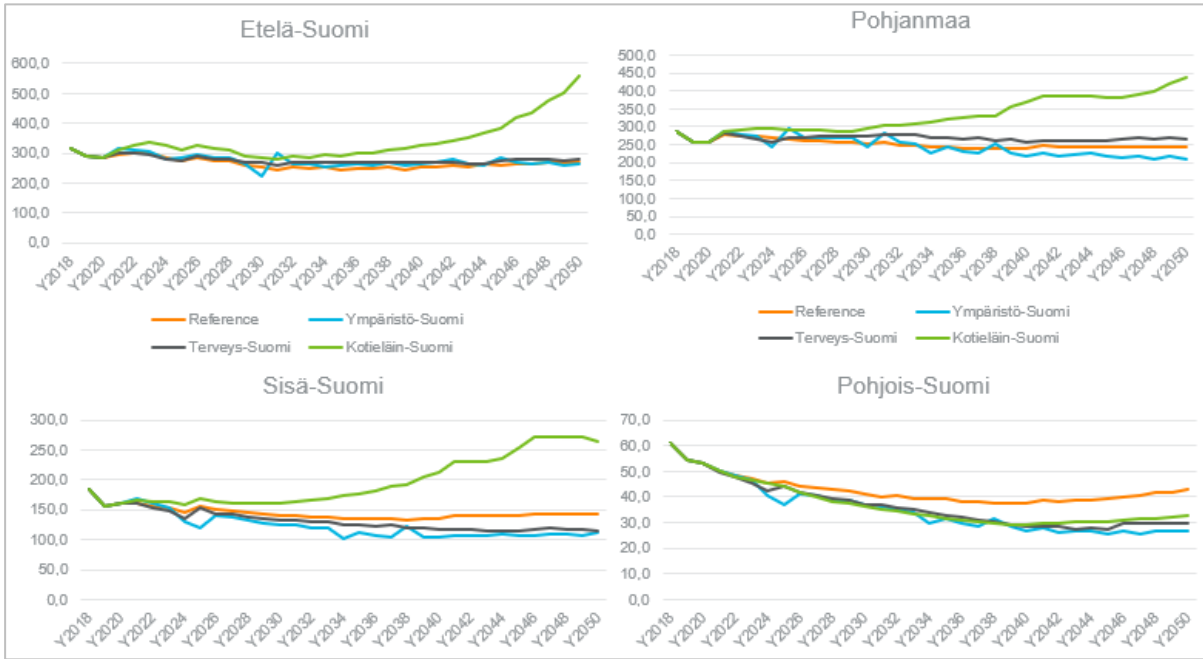
Lypsykarjatalouden rakennekehityksen voimistuminen käynnistyi Suomessa 1990-luvun lopulla myöhemmin kuin sika- ja siipikarjataloudessa, jossa rakennekehitys eteni nopeasti jo 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä ja on sen jälkeen jatkunut. Lypsykarjataloudessa ei voida muun muassa tilakohtaisesti suurten karkearehun tuotantomäärien ja suuren lantamäärän vuoksi edetä yhtä tehokkaiisiin tuotantojärjestelyihin kuin yksimahaistuotannossa, etenkin Suomen usein hajanaisen peltolohkorakenteen rajoittaessa työn ja pääomainvestointien käytön tehokkuutta. Asiaan vaikuttaa myös se, että eläintiheydet Suomen lypsykarjatiljoilla ovat eurooppalaisittain alhaisia ja nousseet hyvin maltillisesti 2000-luvulla. Tähän vaikuttavat osaltaan myös maatilojen suojautuminen heikon nurmisadon riskeiltä runsasta nurmialaa ylläpitämällä sekä investointien ympäristölupien ehdot ja ympäristökorvaus-järjestelmän ehdot ja kannustimet.



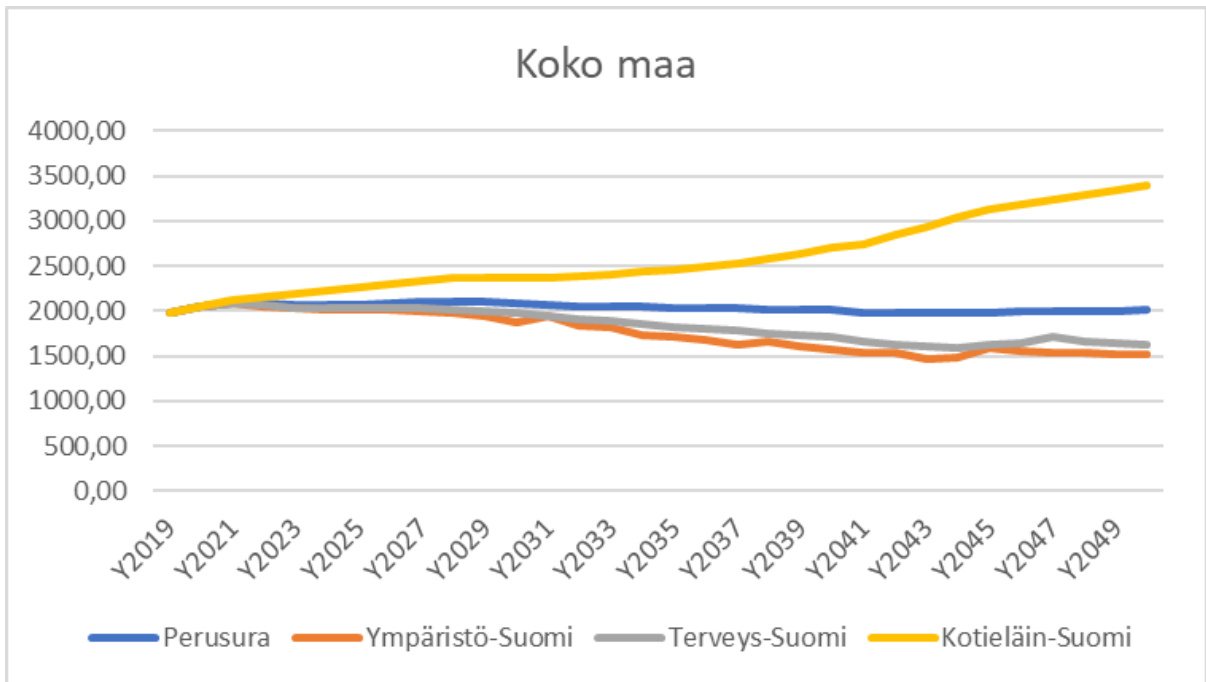
Kuva 11. Perusmaatalouden maataloustulon kokonaismäärän (milj. €) kehitys koko maassa yhteensä eri skenaarioissa.



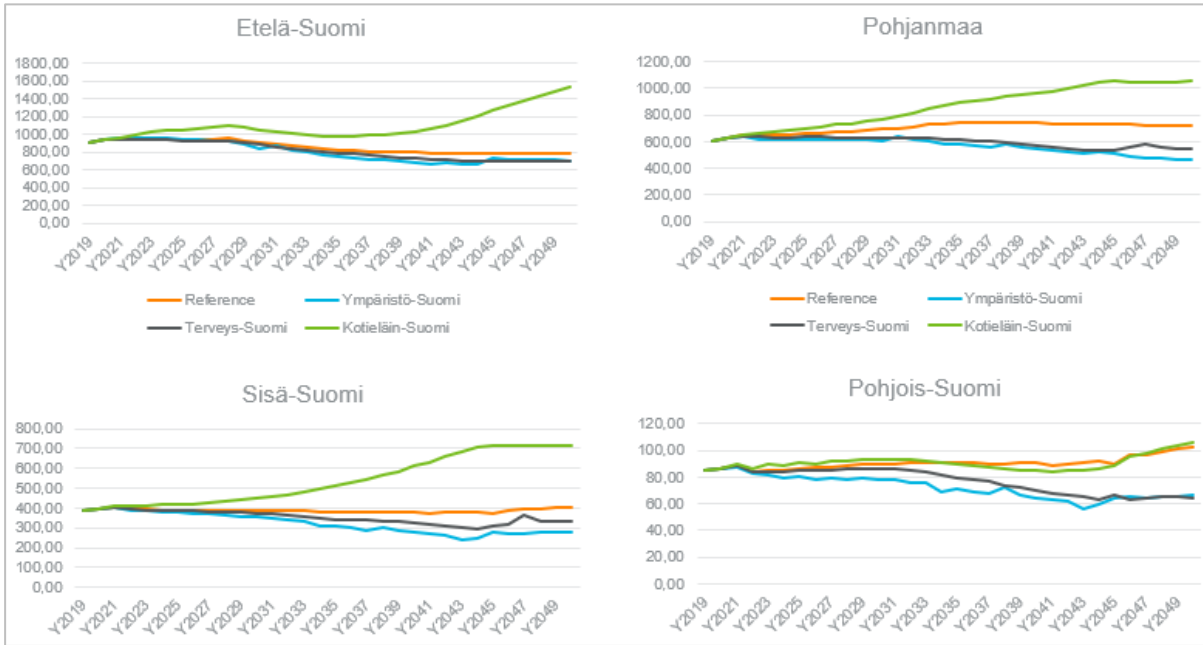
Kuva 12. Maatalouden yrittäjätulon kehitys 2000–2020. Lähde: Luken Taloustohtori, Kokonaislaskelma.



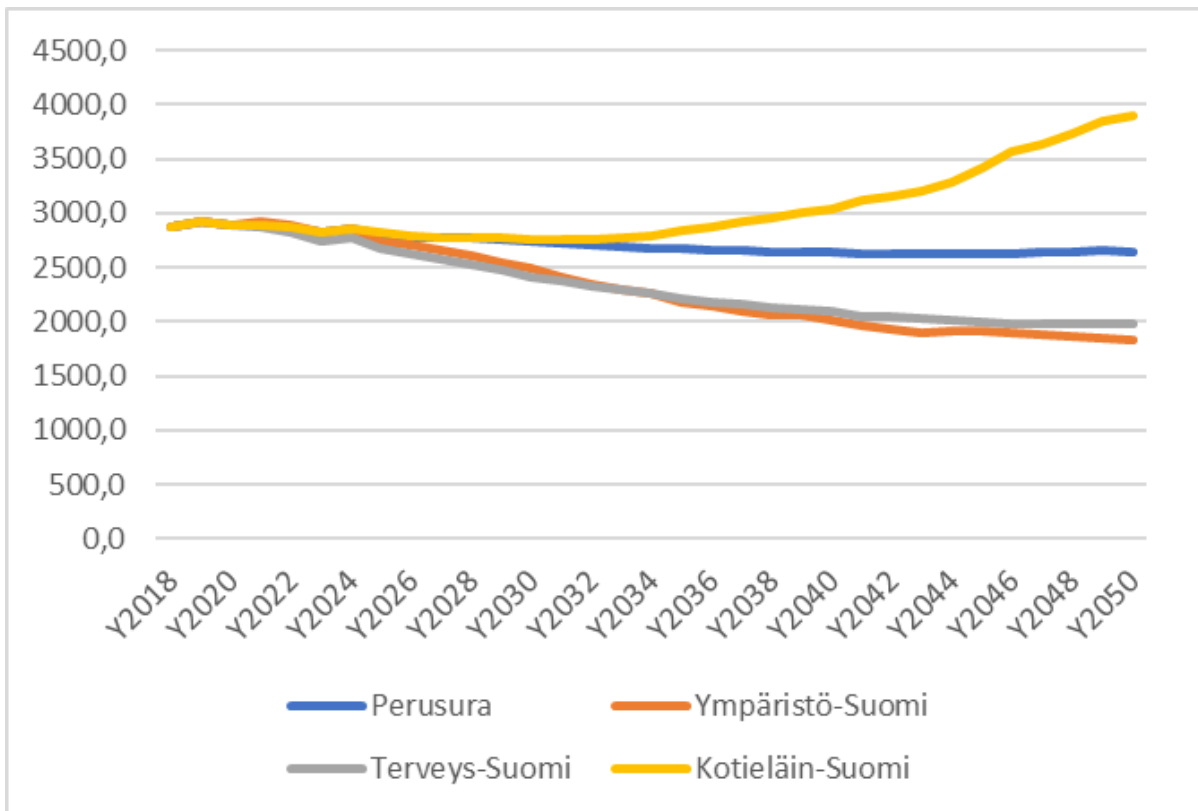
Kuva 13. Perusmaatalouden maataloustulon kokonaismäärän (milj. €) kehitys suuralueittain yhteensä eri skenaarioissa. "Reference" = Perusura.



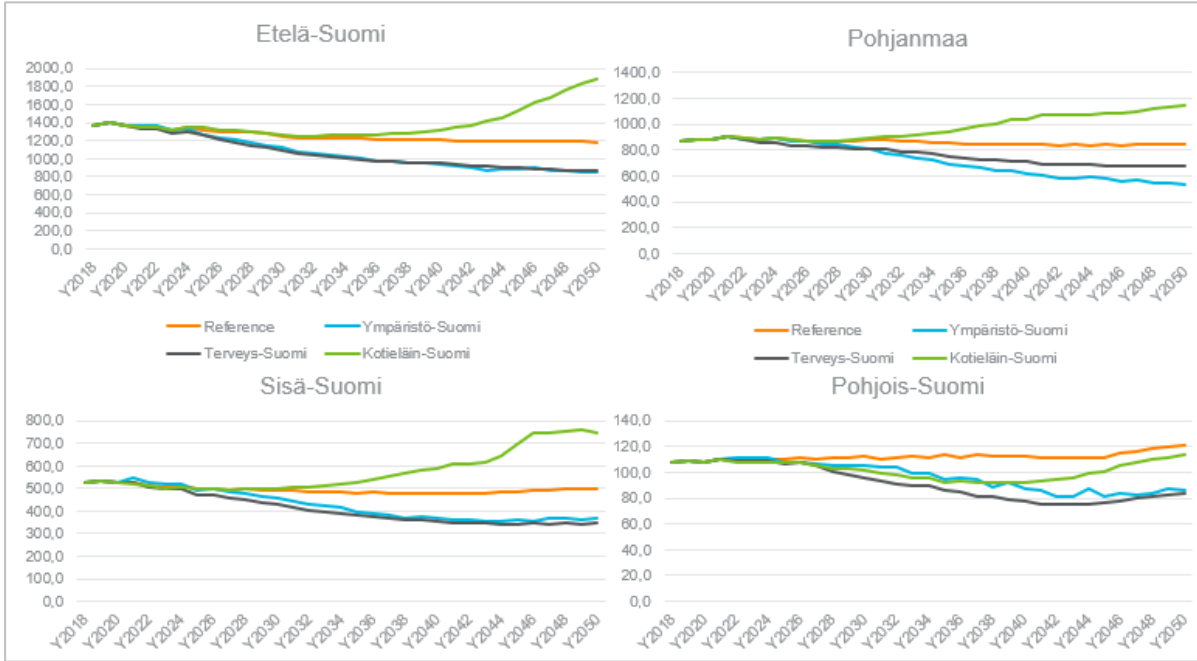
Kuva 14. Perusmaatalouden markkinatuotot koko maassa (milj.€) eri skenaarioissa.



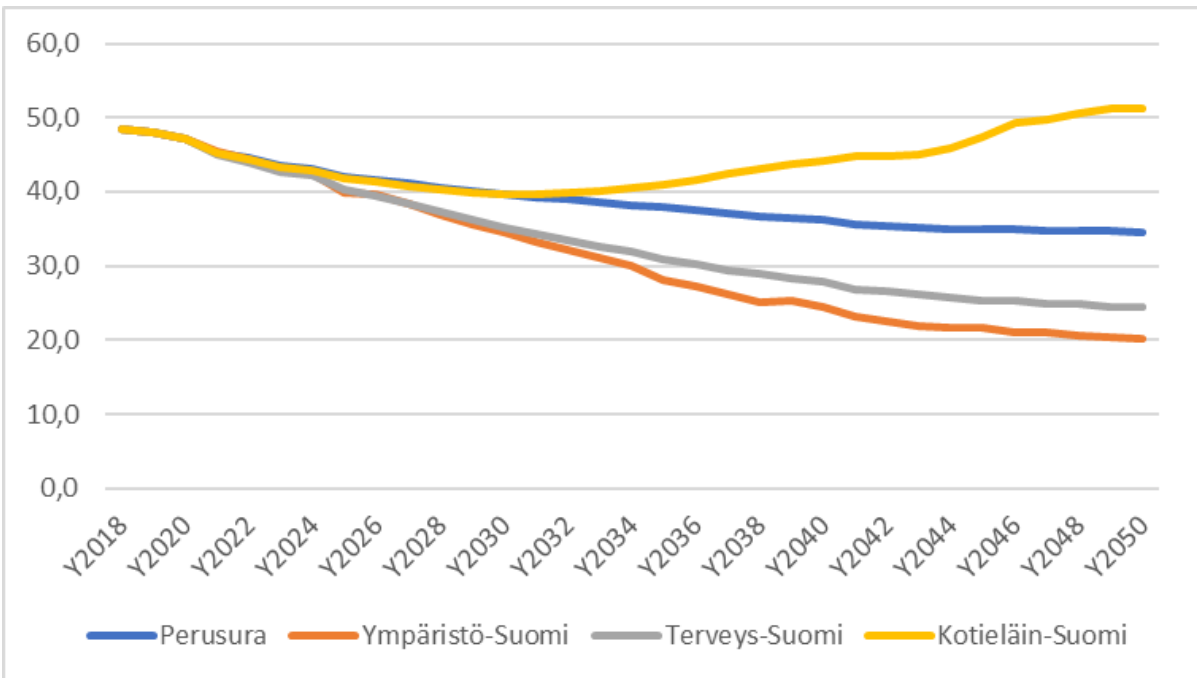
Kuva 15. Perusmaatalouden markkinatuotot (milj.€) suuralueittain eri skenaarioissa. "Reference"=Perusura.



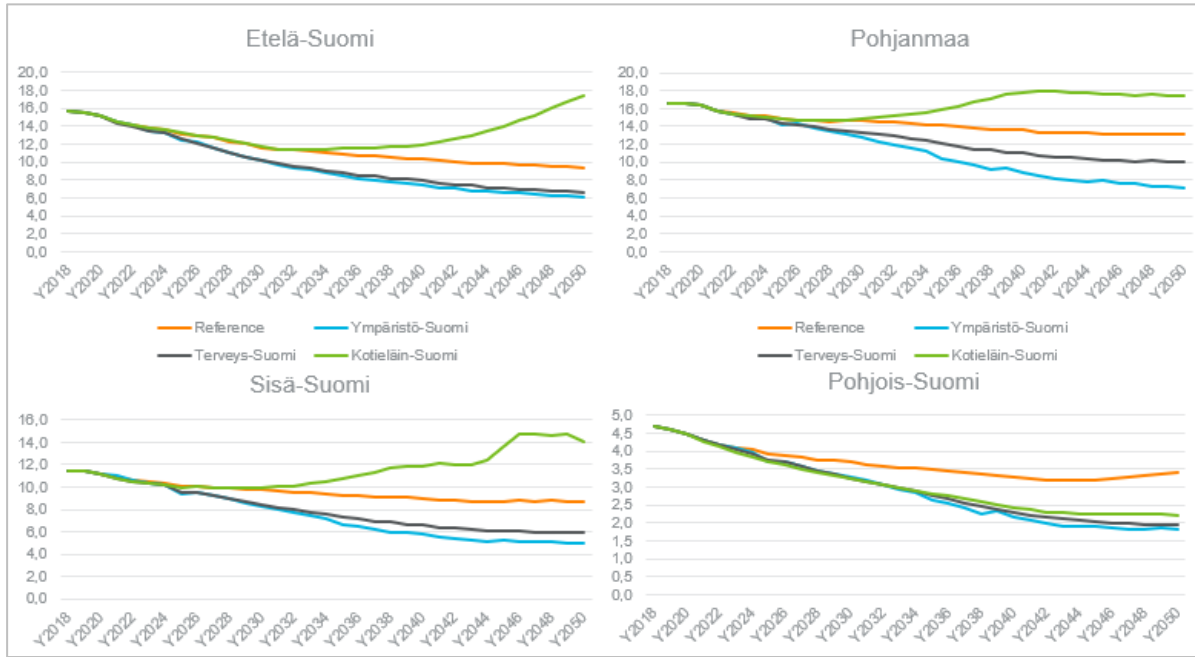
Kuva 16. Perusmaatalouden kustannukset (milj.€) koko maassa eri skenaarioissa.



Kuva 17. Perusmaatalouden kustannukset (milj.€) suuralueittain eri skenaarioissa. "Reference"=Perusura.



Kuva18. Perusmaatalouden työlliset koko maassa (1 000 työllistä; 1 työllinen = 1 700 työtuntia/vuosi) eri skenaarioissa.



Kuva 19. Perusmaatalouden työlliset suuralueittain (1 000 työllistä; 1 työllinen = 1 700 työtuntia/vuosi) eri skenaarioissa. "Reference" = Perusura.

Taulukko 8. Perusmaatalouden työllisten kokonaismäärän muutos (%) 2018–2050 suuralueittain ja koko maassa eri skenaarioissa.

	Perusura	Ympäristö-Suomi	Terveys-Suomi	Kotieläin-Suomi
Etelä-Suomi	- 38 %	- 60 %	- 56 %	+ 15 %
Sisä-Suomi	- 22 %	- 55 %	- 47 %	+ 26 %
Pohjanmaa	- 20 %	- 56 %	- 39 %	+ 7 %
Pohjois-Suomi	- 24 %	- 39 %	- 57 %	- 50 %
Koko maa	- 27 %	- 57 %	- 48 %	+ 9 %

2.7. Vaikutukset lihan vienti- ja tuontimääriin

DREMFA-mallissa on määritelty vienti ja tuonti ainoastaan ns. perusmaatalouden tuotteille (luku 2.2), jotka on hinnoiteltu pääasiassa tuottajahintatasolla. Poikkeuksena ovat maitotuotteet, jotka on hinnoiteltu ns. teollisuuden tukkuhintatasolla, kuten OECD-FAO Agricultural Outlookin (OECD-FAO 2020) vuosiraporteissa on määritelty voin, maitojauheen ja juustojen hinnat. Tähän lähteeseen perustuvat myös DREMFA-mallissa käytetyt EU-tason hinnat, jotka toimivat mallissa hintatasona, jolle kysyntäfunktioiden tasot määritellään.

DREMFA-mallissa on Armington-oletukseen perustuvat kysyntäfunktiot kotimaiselle ja vastaavalle tuontituotteelle Suomessa. Tämä tarkoittaa sitä, että tuontimäärien muutokset vaikuttavat vastaavan kotimaisen tuotteen hintoihin, ja päinvastoin, jos kotimaisen tuotteen kysyntä Suomessa muuttuu, se vaikuttaa myös vastaavan tuontituotteen hintaan Suomessa. Toisin sanoen kotimaan markkinoilla kysyntä-tarjonta-tilanne eli tuonnin ja kotimaisen tuotteen kysynnän muutokset voivat aiheuttaa pieniä poikkeamia annetuista EU-tason tuontihinnoista.

Viimeksi mainitut toimivat myös vientihintoina. Viennissä puolestaan viennin kasvu edellisvuodesta aiheuttaa pientä kasvua vientikustannuksissa eli alentaa vientituotteesta saatavaa hintaa. Olennaista on se, että viennillä ja tuonnilla on mallissa oma muuttujansa, koska myös todellisuudessa samoista maataloustuotteista on samanaikaista tuontia ja vientiä. Armington-oletuksessa on kyse siitä, että vienti- ja tuontituotteet ovat usein laadullisesti enemmän tai vähemmän erilaisia ja voivat osin korvata toisiaan, mutta ei täydellisesti. Esim. lihan vienti ja tuonti voivat olla eri ruhonosista käytävää kauppaa.

Seuraavassa esitetään lyhyesti mallinnuksen tuloksina saadut vienti- ja tuontimäärät lihatuotteille miljoonina kilogrammoina eri skenaarioissa. Viennin ja tuonnin arvot (määrä kertaa hinta) lihatuotteille, maitotuotteille ja kasvuotteille esitetään luvussa 6. Siihen liittyen on todettava, että DREMFA-mallin tulokset viennin ja tuonnin arvoista eivät vastaa Suomen koko elintarvikeviennin tai -tuonnin todellisia arvoja, koska mallissa on mukana vain osa maatalouden tuotteista ja niistä pääosa on hinnoiteltu tuottajahintatasolla. Tuloksina saadut viennin ja tuonnin määrien muutokset ovat siksi vain suuntaa antavia koko elintarviketalouden viennin ja tuonnin muutoksista eri skenaarioissa. Tulokset luovat suuntaa antavaa käsitystä siitä, missä määrin ja miksi vienti ja tuonti muuttuvat eri tavalla eri skenaarioissa.

2.7.1. Naudanlihan vienti ja tuonti

Lähtötilanteessa Suomen naudanlihankulutuksesta noin 20–25 % on tuontilihaa. Perusurassa naudanlihan tuonti kasvaa kulutuksen pysyessä likimain ennallaan. Kulutus (noin 102 milj. kg Suomessa yhteensä 2018) pysyy perusurassa, samoin kuin Terveys-Suomi- ja Kotieläin-Suomi-skenaarioissa henkilöä kohden muuttumattomana samalla kun väkiluku vähenee 1,8 % vuosina 2018–2050 Tilastokeskuksen 2019 väkilukuennusteen mukaan.

Koska perusurassa naudanlihantuotanto vähenee (ks. luku 2.3) lypsylehmien keskituotoksen kasvaessa ja lypsylehmien ja muiden nautojen kokonaismäärän vähentyessä, tuonti kasvaa 2020-luvulla (Kuva 20). Koska emolehmien lukumäärä kasvaa hitaasti korvaten osan maitorotuisista nautaeläimistä saatavaa vähenevää naudanlihan määrää, naudanlihantuotannon väheneminen hidastuu. Samalla väkiluku hitaasti vähenee. Tällöin naudanlihan tuonti vakiintuu 2030-luvulla noin 33 milj. kg:n tasolle, kun lähtötasona oli noin 25 milj. kg vuonna 2018.

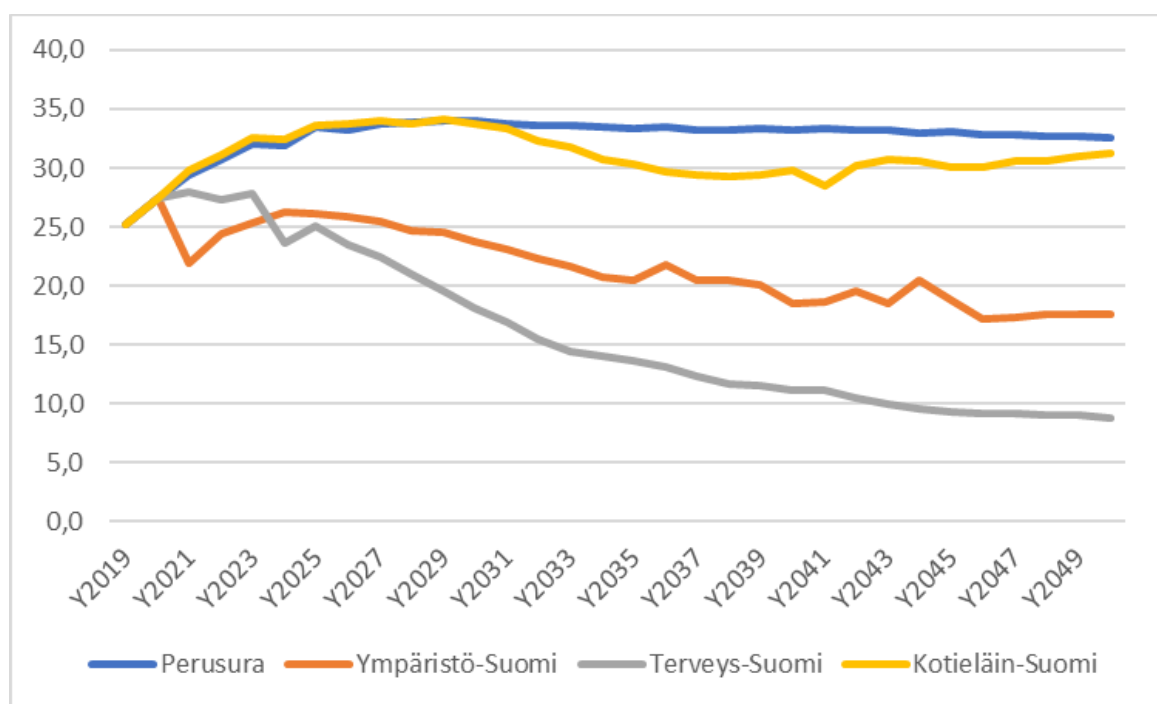
Naudanlihan vienti vähenee nopeasti perusurassa (Kuva 22), kun naudanlihantuotanto vähenee eikä riitä kattamaan kotimaista kysyntää. Tällöin vienti vähenee, koska kotimaisen lihan kysyntään riittämätön tarjonta nostaa vähän naudanlihan hintoja edellisvuodesta, ja silloin on aiempaa kannattavampaa suunnata kotimaista tuotantoa enemmän kotimaahan kuin vientimarkkinoille, joihin liittyy enemmän kustannuksia.

Huomionarvoista tuloksissa on se, että naudanlihan vienti vähenee likimain yhtä nopeasti perusskenaariossa ja Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Tämä selittyy ennen muuta sillä, että vientiin menevällä naudanlihalla on ulkomailla oma enemmän tai vähemmän vakiintunut kysyntänsä, joten vienti on jatkossakin kannattavaa molemmissa skenaarioissa. Lisäksi asiaan vaikuttaa se, että Ympäristö-Suomi-skenaariossa naudanlihan kysyntä (-35 %) ja kotimainen tuotanto (vähennystä noin 50 %) molemmat vähenevät. Tällöin naudanlihaa kannattaa myös viedä, koska kotimainen kysyntä ei ole niin vahvaa, että kaikki kotimainen naudanlihan kannattaisi myydä kotimaassa viennin sijaan.

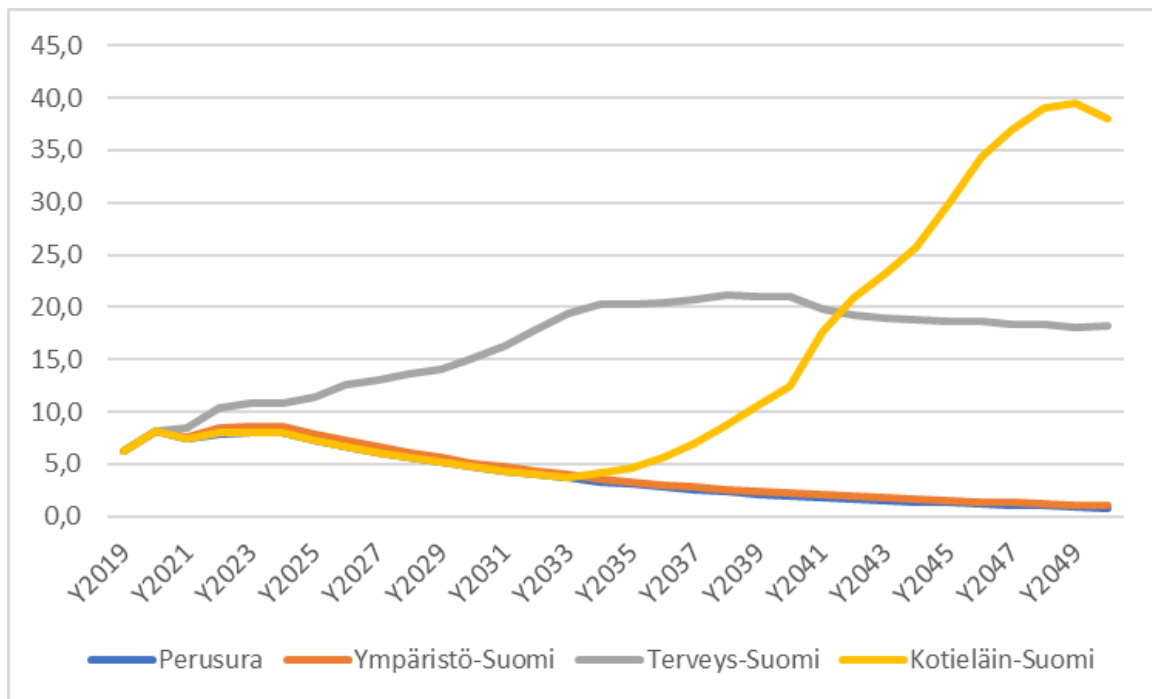
Terveys-Suomi-skenaariossa naudanlihan kotimainen kysyntä (-67 %) vähenee selvästi enemmän kuin kotimainen tuotanto (-45 %). Tällöin naudanlihan vienti, jolle on tietty kysyntä, kasvaa. Vastaavasti naudanlihan tuonti vähenee nopeasti päätyen 2050 noin 9 milj. kg tasolle, kun lähtötaso oli 25 milj. kg vuonna 2018.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa naudanlihan kotimainen kysyntä säilyy kokonaisuutena ennallaan. Tällöin myös tuontinaudanlihan kysyntä säilyy. Koska viety ja tuotu naudanliha ovat melko heikosti toisiaan korvaavia tuotteita (ts. alhainen DREMFA-mallissa käytetty substituoijousto selittää sen, että naudanlihaa viedään ja tuodaan samanaikaisesti, vaikka kotimaisesta naudanlihasta on merkittävää vajausta), usein esim. eri ruhonosia tai valmiita kuluttajatuotteita, naudanlihan tuonti jää vain vähän alemmalle tasolle (noin 30 milj. kg) Kotieläin-Suomi-skenaariossa kuin perusurassa. Tämä ei välttämättä pidä paikkaansa, jos kotimaisella naudanlihalla aletaan jatkossa enemmän ja tietoisesti korvaamaan tuontilihaa, jolloin naudanlihantuonti vähenee enemmän kuin nyt esitetyissä tuloksissa.

Naudanlihan vienti kasvaa Kotieläin-Suomi-skenaariossa vuoden 2018 noin 6 miljoonasta kg:sta yli 6-kertaiseksi, noin 38 milj. kg:n tasolle vuoteen 2050. Tämä ylittää tuonnin 8 milj. kg:lla. Voimakkain tuotannon kasvu saavutetaan vasta 2040-luvulla (ks. luku 2.3).



Kuva 20. Naudanlihan tuonti (milj. kg) eri skenaarioissa 2018–2050.



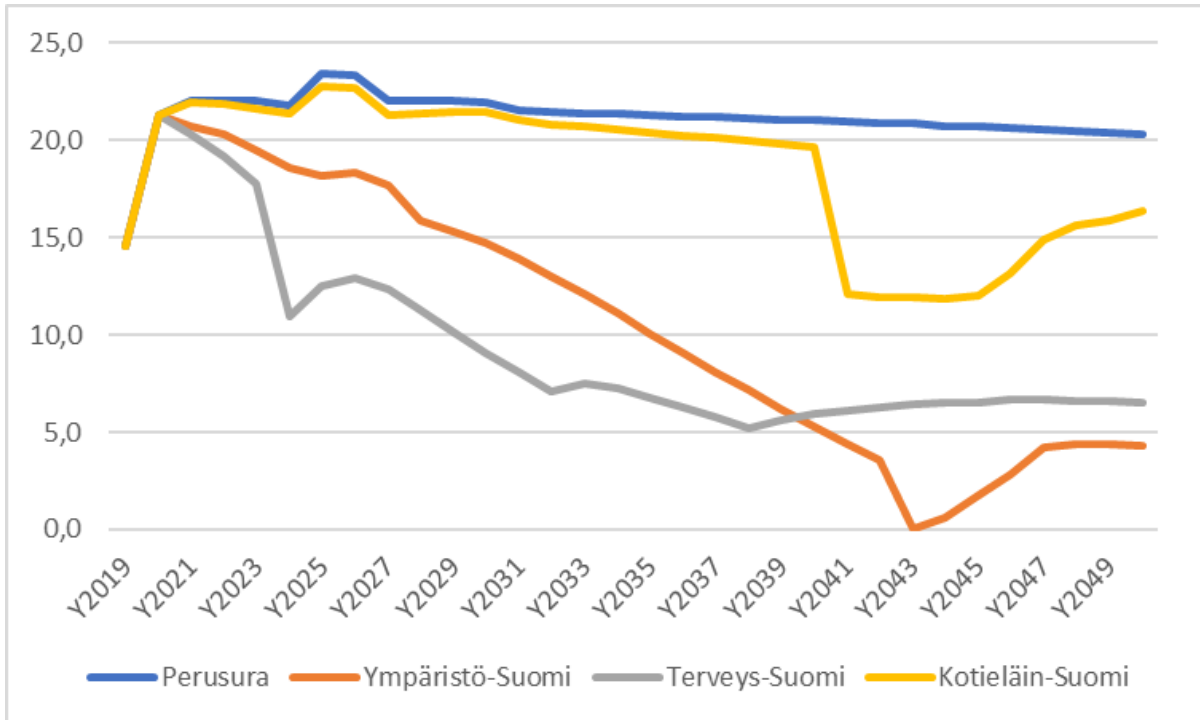
Kuva 21. Naudanlihan vienti (milj. kg) eri skenaarioissa 2018–2050.

2.7.2. Sian- ja siipikarjanlihan tuonti ja vienti

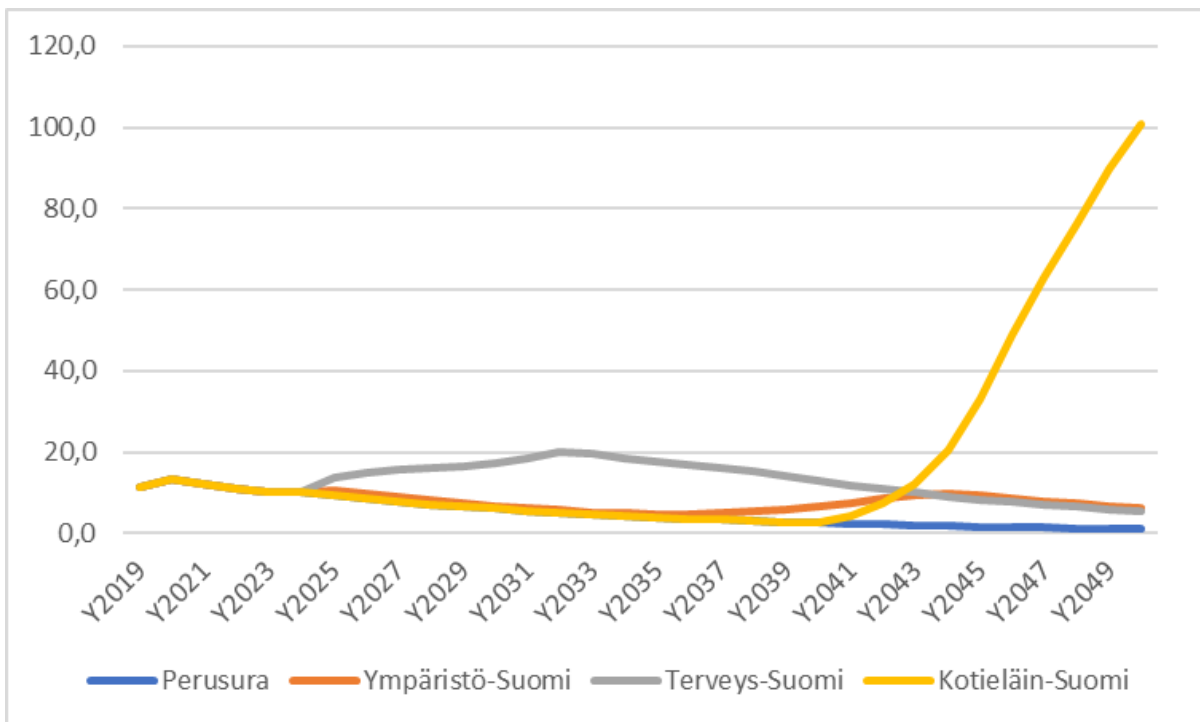
Vastaavalla tavalla kuin naudanlihan tapauksessa, sian- ja siipikarjanlihalla on samanaikaista tuontia ja vientiä (Kuvat 22, 23, 24 ja 25) joka selittyy vain siten, että tuonti ja vienti ovat laadullisesti erilaisia, esim. eri ruhonosia tai valmiita kuluttajatuotteita tai puolivalmisteita.

Sianlihan kysyntä vähenee 67 % Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa. Sen seurauksena sianlihan tuonti vähenee 20–30 %:iin lähtötasosta vuoteen 2050 (Kuva 22). Terveys-Suomi-skenaariossa sianlihan kotimainen tuotanto ja tarjonta markkinoille pysyy vähän korkeampana kuin Ympäristö-Suomi-skenaariossa, jossa peltoalalle maksettavien tukien vähennykset vähentävät rehuviljan tarjontaa. Sianlihan kysyntä pysyy ennallaan Kotieläin-Suomi-skenaariossa, joten samalla tavoin kuin naudanlihan tapauksessa sianlihan tuonti on pitkään lähes samalla tasolla kuin perusurassa. Koska kotimainen ja tuontisianliha ovat paremmin toisiaan korvaavia tuotteita kuin kotimainen ja tuontinaudanliha ja koska kotimainen sianlihantuotanto kasvaa erittäin voimakkaasti 2040-luvulla, kotimainen liha korvaa jossain määrin ulkomaista myös kotimaan markkinoilla.

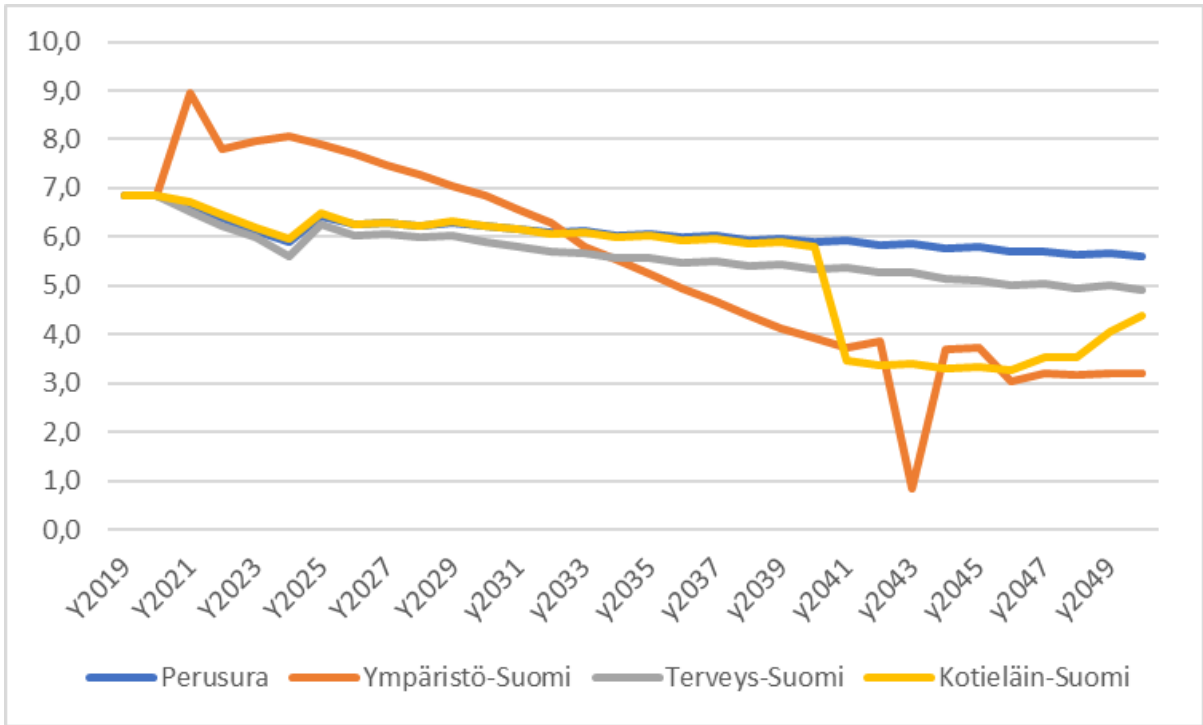
Vastaavanlaiset muutokset ja muutosten syyt pätevät myös siipikarjanlihan tapauksessa. (Kuvat 24 ja 25). Perusurassa siipikarjanlihan tuonti ja vienti pysyvät likimain ennallaan.



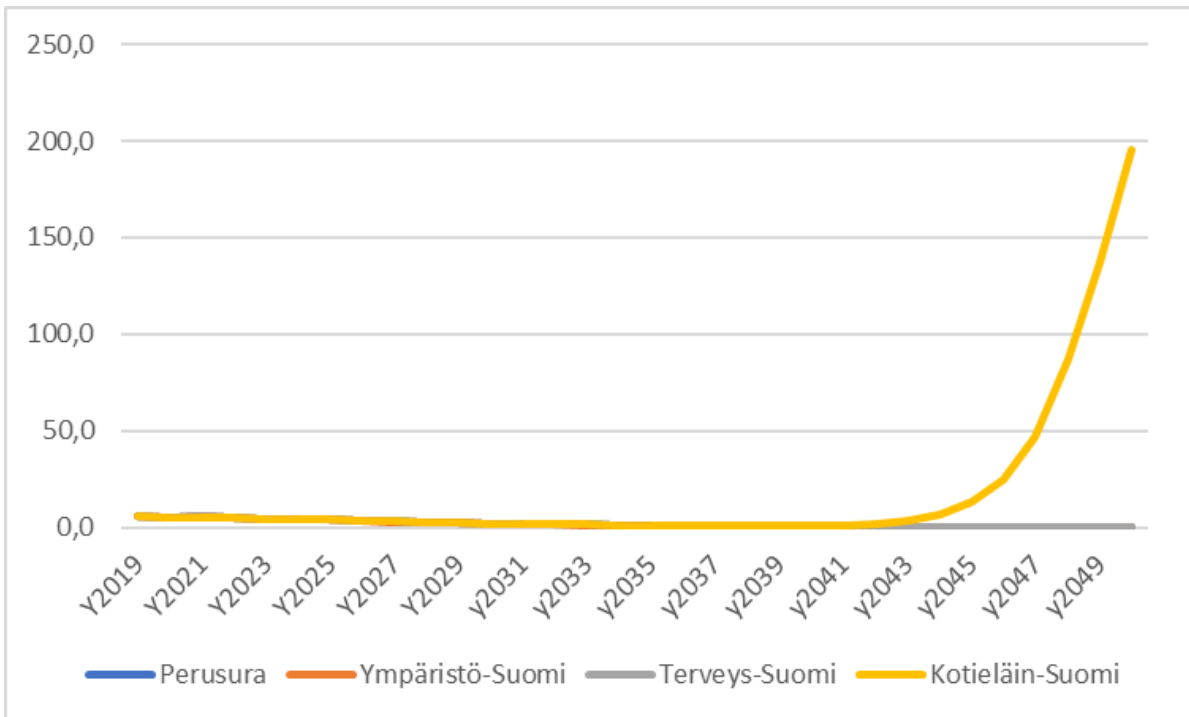
Kuva 22. Sianlihan tuonti (milj. kg) eri skenaarioissa 2018–2050.



Kuva 23. Sianlihan vienti (milj. kg) eri skenaarioissa 2018–2050.



Kuva 24. Siipikarjanlihan tuonti (milj. kg) eri skenaarioissa 2018–2050.



Kuva 25. Siipikarjanlihan vienti (milj. kg) eri skenaarioissa 2018–2050.

2.8. Viitteet

- Lehtonen, H. 2001. Principles, structure and application of dynamic regional sector model of Finnish agriculture. Academic dissertation. Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology. Publications 98. Agrifood Research Finland, Economic Research (MTTL). Helsinki. 265 p. <http://lib.tkk.fi/Diss/2001/isbn9512256894/>
- Lehtonen, H. 2015. Evaluating adaptation and the production development of Finnish agriculture in climate and global change. *Agricultural and Food Science*, 24: 219–234. <https://doi.org/10.23986/afsci.51080>
- Lehtonen, H. & Niskanen, O. 2016. Promoting clover-grass: Implications for agricultural land use in Finland. *Land Use Policy* 59: 310–319. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.09.005>
- Lehtonen, H. & Rankinen, K. 2015. Impacts of agri-environmental policy on land use and nitrogen leaching in Finland. *Environmental Science and Policy* 50: 130–144. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.02.001>
- Lehtonen, H., Niskanen, O., Karhula, T. & Jansik, C. 2017. Maatalouden rakennekehitys ja investointitarve vuoteen 2030. Markkinaskenaarioiden vaikutus maatalouden tuotantorakenteeseen (an English abstract: "Structural change and investment needs in Finnish agriculture by 2030"). *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 19/2017. 57 s. Saatavissa: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/538895>
- Lehtonen, H. & Niemi, J.S. 2018. Effects of reducing EU agricultural support payments on production and farm income in Finland. *Agricultural and Food Science* 27: 124–137 <https://doi.org/10.23986/afsci.67673>
- Lehtonen, H., Huan-Niemi, E. & Niemi, J. 2022. The transition of agriculture to low carbon pathways with regional distributive impacts. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 44: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.05.002>
- MMM 2021. Hallitus hyväksyi Suomen CAP-suunnitelman - esitys lähtee Euroopan komission käsittelyyn. Maa- ja metsätalousministeriön tiedote 16.12. 2021. https://mmm.fi/-/hallitus-hyvaksyi-suomen-cap-suunnitelman-esitys-lahtee-euroopan-komission-kasittelyyn?languageId=fi_FI
- OECD-FAO 2020. OECD-FAO Agricultural Outlook 2020–2029. FAO, Rome/OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/1112c23b-en>
- Purola, T. & Lehtonen, H. 2022. Farm-Level Effects of Emissions Tax and Adjustable Drainage on Peatlands. *Environmental Management* 69: 154–168. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01543-1>
- Saarinen, M., Kaljonen, M., Niemi, J., Antikainen, R., Hakala, K., Hartikainen, H., Heikkinen, J., Joensuu, K., Lehtonen, H., Mattila, T., Nisonen, S., Ketoja, E., Knuuttila, M., Regina, K., Rikkinen, P., Seppälä, J. & Varho, V. 2019. Ruokavaliomuutoksen vaikutukset ja muu-
tosta tukevat politiikkayhdistelmät: RuokaMinimi-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019: 47. 157 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-773-4>

3. Ympäristövaikutukset

Katri Joensuu¹, Heikki Lehtonen¹, Lasse Aro², Antti Wall³, Kirsi Järvenranta⁴, Terho Hyvönen⁵ ja Perttu Virkajärvi⁴

¹ Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

² Luonnonvarakeskus, Itäinen Pitkäkatu 4 A 20520 Turku

³ Luonnonvarakeskus, Teknologiakatu 7 67100 Kokkola

⁴ Luonnonvarakeskus, Halolantie 31A, 71750 Maaninka

⁵ Luonnonvarakeskus, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Työpakettien 3 tavoitteena oli arvioida työpaketeissa 1 ja 2 määritettyjen skenaarioiden ympäristövaikutuksia. Luvussa tarkastellaan kasvihuonekaasupäästöt, ylijäämäpellon käyttömahdollisuudet, viljelymaan hiilivarastojen kehitys, ravinnetaseiden ja peltojen fosforitilan kehitys sekä vesistökuormitusesimerkki Saaristomeren valuma-alueelta ja luonnon monimuotoisuus. Kasvihuonekaasupäästöjen määrä ja ravinnetaseet laskettiin luvussa 2 esitettyjen DREMFIAMallinnusten mukaisen pellonkäytön ja viljelypanosten käytön perustella maalajeittain eri suuralueille. Muiden muuttujien osalta käytettiin erilaisia malleja mm. YASSO ja VEMALA sekä laskelmia ja muita taustatietoja (mm. VALSE, viljavuusanalyysitilastot ja IPCC päästökertoimet). Luonnon monimuotoisuuden tarkastelu tehtiin maatalousmaan käytön perustella yleisellä tasolla. Lähes kaikkien tarkasteltujen muuttujien osalta suurimmat ympäristöhyödyt perusuraan verrattuna saavutettiin odotetusti Ympäristö-Suomi-skenaariossa, kun taas Kotieläin-Suomi-skenaariossa ympäristöhaitat lisääntyivät. Ympäristö-Suomen etu näkyi erityisesti kasvihuonepäästöissä, jotka puolittuivat perusuraan verrattuna. Muissa skenaariossa vähennys oli pienempi. Terveelliseen ruokavalioon perustuvassa Terveys-Suomi-skenaariossa ympäristöhyödyt olivat vähäisempiä kuin Ympäristö-Suomessa. Selvimmin ero Ympäristö-Suomi- ja Terveys-Suomi-skenaarioiden välillä näkyi kasvihuonekaasupäästöissä: Terveys-Suomi-skenaariossa ne alenivat perusuraan verrattuna vain noin 10 % eivätkä peltomaan CO₂ päästöt vähentyneet lainkaan. Kotieläin-Suomen kasvihuonekaasupäästöt nousevat voimakkaasti tarkastelujakson loppupuolella. Toisin kuin kasvihuonekaasupäästöjen osalta, Saaristomeren vesistökuormitukseen Terveys-Suomi-skenaariossa ruokavalioon pohjautuvilla pellonkäytön muutoksilla oli lähes yhtä suuri vaikutus kuin Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Vaikka kaikkien skenaarioiden väliset erot ravinnetaseissa olivat selkeitä ja noudattivat samaa järjestystä kuin kasvihuonekaasupäästöt, peltojen fosforipitoisuus laski käytännössä samalla tavalla kaikissa skenaarioissa. Skenaarioiden ympäristövaikutukset poikkesivat alueellisesti toisistaan. Erityisesti Pohjanmaan ja Etelä-Suomen osalta Kotieläin-Suomi-skenaariossa negatiiviset ympäristövaikutukset korostuivat, sillä mahdollisuus lisätä tuotantoa oli näillä alueilla suurin, ja erityisesti Pohjanmaalla korostui turvepeltojen laajamittainen käyttö rehuviljan ja -nurmen tuotannossa. Ympäristövaikutusten kannalta keskeisimpiä ajureita olivat muutokset viljelyssä kokonaispeltoalassa, turvemaiden käytössä sekä viherkesannon ja nurmen osuudessa peltoalasta. Kotieläintuotannon määrä ja jakautuminen eri eläinlajeihin oli merkityksellinen etenkin ravinnetaseiden osalta. Leudot talvet tulevat lisäämään Saaristomeren kuormitusta. Myös viljelystä pois jäävän pellon käyttömuoto tai peltoalan mahdollinen lisätarve ovat oleellisia tekijöitä vaikutusten arvioinnissa.

Asiasanat: ilmastovaikutus, viljelymaan hiilivarastojen kehitys, ravinnetaseet, maatalouden vesistökuormitus, maatalousmaan biodiversiteetti, pellonkäyttö, maankäytön muutokset

3.1. Johdanto

Työpaketti 3 perustuu työpaketeissa 1 ja 2 määritettyjen skenaarioiden kotieläintuotannosta ja pellonkäytöstä aiheutuvien ympäristövaikutusten arvioimiseen. Tarkastelun pääpaino on kasvihuonekaasupäästöissä (KHK), vesistökuormituksessa ja luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvissa vaikutuksissa.

Luvun alussa tarkastellaan suoraan luvussa 2 esitettyihin skenaariotuloksiin perustuvat ympäristömuuttujat eli KHK-päästöt, maan hiilivarastojen kehitys, ylijäämäpellon käyttömahdollisuudet, peltojen fosforitilan kehitys sekä vesistökuormitusesimerkki Saaristomeren valuma-alueelta.

Naudanlihan tuotannon KHK-päästöjen laskennassa otettiin huomioon myös peltomaan hiilivarastojen muutoksen arviointi. Koska ympäristövaikutukset ovat suoraan riippuvaisia käytössä olevasta peltopinta-alasta ja sen käyttömuodoista, tehtiin kvantitatiivinen tarkastelu maatalouden osalta poistuvan maan jatkokäyttömahdollisuuksista ja tämän vaikutuksista KHK-päästöihin. Vesistökuormituksen osalta tarkastelu rajattiin Saaristomeren valuma-alueelle, joka on Suomen vesialueista kriittisimmässä tilassa ja jonka alueella maatalouden vaikutus on erityisen suuri. Monimuotoisuuden osalta yleistarkastelu on kvalitatiivinen perustuen suuralueiden pellonkäytön muutoksiin.

Työpakettiin 3 kuului myös naudanlihan osalta kotimaisen tuotannon ja tuontilihan ympäristövaikutusten arviointia, mikä esitetään luvussa 4.

3.2. Kasvihuonepäästöt eri skenaarioissa

Perttu Virkajärvi, Heikki Lehtonen ja Kirsi Järvenranta

Maataloudelta odotetaan ruokaturvan ohella merkittävää KHK-päästöjen vähennystä osana Suomen haastavia ilmastotavoitteita, kuten nettomääräisen hiilineutraalisuuden tavoitetta vuoteen 2035 ja hiilinegatiivisuutta pian sen jälkeen. Sanna Marinin hallitus asetti joulukuussa 2021 Suomen CAP-suunnitelman valmistumisen yhteydessä koko maatalouden KHK-päästöjen (maataloussektorin, maatalouden LULUCF-sektorin ja maatalouden energiankäytön päästöt) vähentämistavoitteeksi 29 % vuoteen 2035 mennessä (MMM 2021).

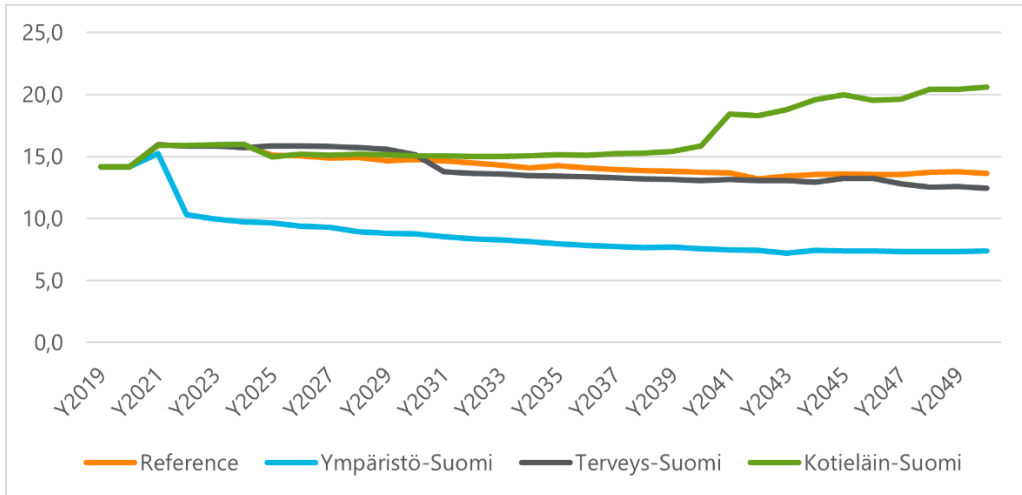
KHK-päästöjen arviointi sisältyy DREMFA-malliin ja laskenta perustuu eri maankäyttömuotojen ja -toimenpiteiden CO₂-ekvivalenttikertoimin (IPCC 2013). Eri tulevaisuuskuvioiden kvantifiointi DREMFA-sektorimallilla tuotti edellä esitettyjä tuotanto-, lannoitus- ja pellonkäyttömuutoksia. Niiden perusteella DREMFA-mallilla laskettujen maatalouden KHK-päästöjen kehitysura on esitetty kuvassa 1. Seuraavassa esitetään vain KHK-päästöjen pääasiallinen syntymistapa eri skenaarioissa pääpiirteittäin.

Tulosten mukaan KHK-päästöt vähenevät vain vähän ja hyvin hitaasti perusskenaariossa (Kuvat 1 ja 2). Näin siitä huolimatta, että vuoden 2020 tilanteessa maataloustuet ja niiden ehdot epäsuorasti ja vähäisessä määrin myös suoraan kannustavat peltojen nurmipeitteisyyteen (Viitala ym. 2022). Nurmipeitteisellä turvepellolla KHK-päästöt ovat selvästi alhaisemmat kuin, jos turvepelto on yksivuotisen kasvin viljelyssä. Koska vuoden 2020 mukaiset maataloustuet ja niiden ehdot ovat olleet voimassa jo useita vuosia, ja samantyyppisiä ehtoja nurmien ja suoja- vyöhykkeiden ylläpitämiseksi on ollut jo 2000-luvun alusta, asetelman jatkaminen ei johda enää nurmipeitteisyyden lisääntymiseen, eikä siten myöskään enää päästövähennyksiin. Vuoden 2020 mukaisella maataloustukien ja niiden ehtojen asetelmalla on lähinnä

myötävaikutettu siihen, että KHK-päästöt maataloudesta ovat pysyneet hyvin vakaina koko 2000-luvun, vaikka peltoja on raivattu lisää useita kymmeniä tuhansia hehtaareja ja myös turvemaista, joilla KHK-päästöt ovat suuret. Maatalouden KHK-päästöjen on arvioitu tämän vuoksi kasvaneen 2000-luvulla noin 1 Mt CO₂ ekv. Kokonaispäästöt ovat pysyneet vakaina myös sen vuoksi, että nautakarjan kokonaismäärä on vähentynyt (Maanvilja ym. 2021). Saatu tulos, että vuoden 2020 maatalouspolitiikan, ruoan kysynnän ja markkinoiden asetelma jatkuisi vuoteen 2050 asti vähentää vain hyvin hitaasti ja vähän maatalouden KHK-päästöjä, on toteutuneen kehityksen valossa uskottava.

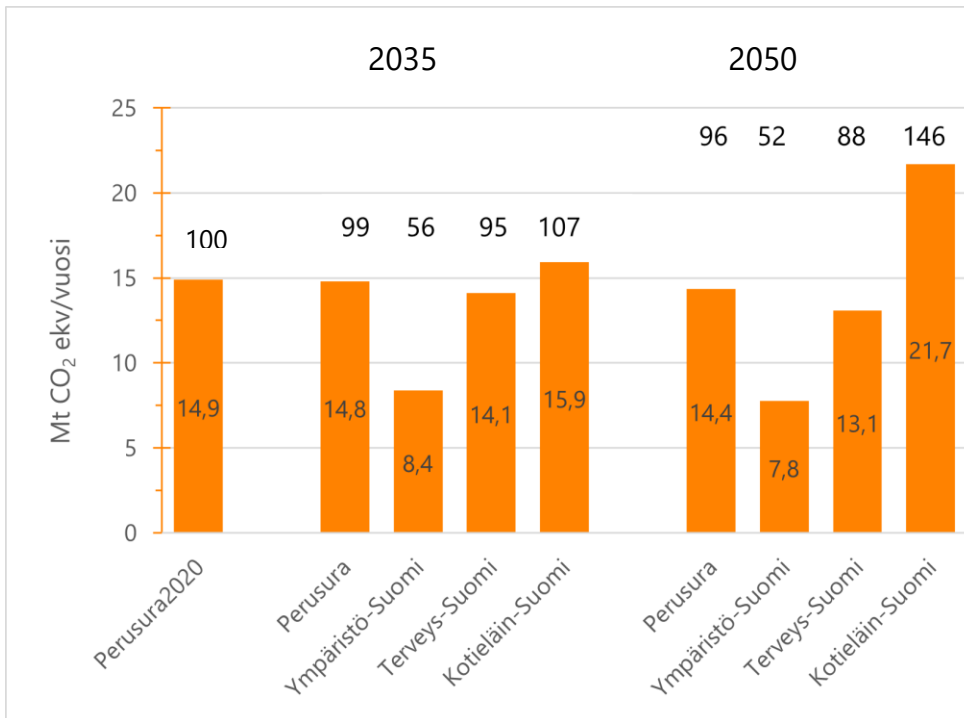
Ympäristö-Suomi-skenaariossa maaperän päästöille asetettu päästövähennyspalkkio (10 €/t CO₂ ekv) vähentää maatalouden KHK-päästöjä lähes välittömästi noin 5 Mt CO₂ ekv vuositasolla jo ennen, kuin kotieläintuotanto ja viljelyala ovat ehtineet vähentyä muuttuneen kysynnän vuoksi. Ensi vaiheessa lähes kaikki viljanviljely siirtyy turvemailta (alkutilanteessa 2018 noin kolmannes turvepelloista, noin 250 tha, oli yksivuotisten kasvien, käytännössä viljan, viljelyssä ja 2/3 monivuotisten kasvien, lähes yksinomaan nurmikasvien viljelyssä) kivennäismaille. Turvemaat siirtyvät siis Ympäristö-Suomi-skenaariossa nopeasti pelkästään nurmikasvien viljelyyn, ensin pääosin rehunurmina, ja myöhemmin myös viherkesannoille sitä mukaan, kuin nautojen määrä vähenee Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Kaikkien kotieläinten lukumäärän ja rehualan väheneminen vähentävät vähitellen KHK-päästöjä lisää. Myös kokonaispeltoala vähenee n. 330 tha (ks. luku 2). DREMFA-mallin tuottamia tuloksia pellonkäytön muutoksista voidaan pitää epärealistisen nopeina ja suurina, mutta muutosten suunta on hyvin perusteltavissa päästövähennyspalkkion ja lisäksi esim. vanhojen nurmien tuen ja apilanurmitukien antamalla kannustimilla. Käytännössä kaikkea viljanviljelyä ei ole helppoa siirtää muutamassa vuodessa lähes kokonaan turvemailta kivennäismaille. Kotieläinten määrän väheneminen antaa tälle muutokselle kuitenkin enemmän mahdollisuuksia (Lehtonen ym. 2022).

Terveys-Suomi-skenaariossa ei ole perusskenaariosta ja vuoden 2020 tilanteesta poikkeavia lisäkannustimia maatalouden KHK-päästöille. Tällöin ruokavaliomuutos on ainoa maatalouden tuotantoon ja pellonkäyttöön vaikuttava tekijä. Terveys-Suomi-skenaariossa kotieläintuotannon, etenkin sikojen ja nautakarjan (punaisen lihan) sekä osin myös maidontuotannon, väheneminen on suhteellisen suuri, kuten edellä on esitetty. Tästä seuraa kuitenkin vain noin 10 % vähennys maatalouden KHK-päästöissä, ja sekin toteutuu varsin hitaasti ruokavaliomuutoksen seurauksena. Syynä suhteellisen vähäiseen päästövähennykseen on se, että nurmirehun kysynnän vähentyessä osa turvemaista otetaan rehuviljan viljelyyn, mikä lisää KHK-päästöjä etenkin turvemailta ja pienin osin myös kivennäismailta. Tulos osoittaa, että ilman KHK-päästövähennyksiä tukevaa pellonkäytön ohjausta suurenkin ruokavaliomuutoksen vaikutus päästöihin voi jäädä pieneksi. Näin etenkin tilanteessa, jossa maataloustuet kannustavat pitämään koko peltoalan viljelyksessä ja osin myös päästölähteinä (Viitala ym. 2022). Koska koko maatalouden KHK-päästöistä 75 % on viljelysmaista eri muodoissaan ja kotieläimistä aiheutuu suoraan vajaa 20 % maatalouden KHK-kaasupäästöistä, pelkästään ruokavaliomuutoksilla ei voida varmuudella saavuttaa suuria päästövähennyksiä.



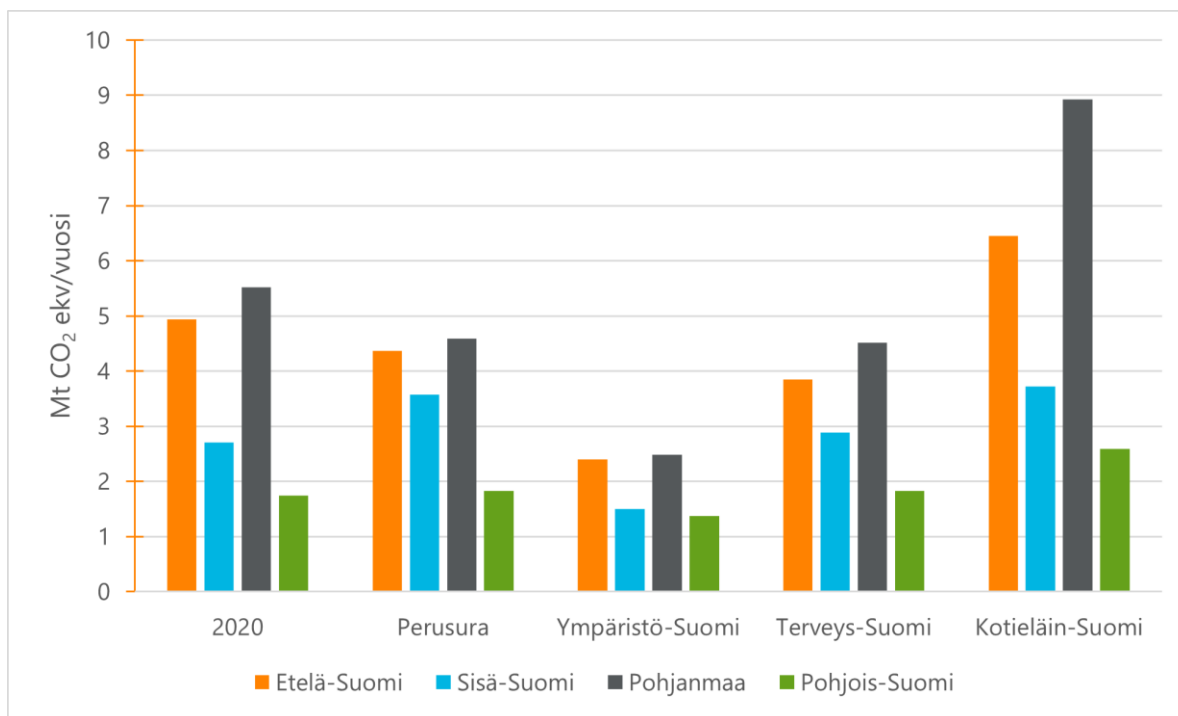
Kuva 1. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂ ekv) (maataloussektori ja maatalouden LULUCF-sektori) eri skenaarioissa. "Reference"=Perusura.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa kotieläintuotannon hyvin hidas kasvu ja sen aiheuttama pieneksi jäävä pellonkäytön muutos aina 2030-luvulle asti johtaa vain vähäiseen KHK-päästöjen kasvuun (Kuvat 1 ja 2). Kotieläintuotannon kiihtyessä 2030-luvun lopulla ja jatkuessa 2040-luvulle kaikki pelto otetaan pääosin melko intensiiviseen tuotantokäyttöön. Koska erillisiä 2020 tilanteesta poikkeavia kannustimia ei KHK-päästöjen vähentämiseen ole, osa turve- maista otetaan rehuviljan tuotantoon tai korkean lannoitustason nurmirehun tuotantoon. Myös kotieläinten määrän kasvu lisää suoraan KHK-päästöjä, erityisesti nautojen metaani- ja dityppi- oksidipäästöjä. Päästöjä maaperästä kasvattaa myös se, että kesannot otetaan tehokkaampaan viljelyyn, laajaperäiset nurmet siirtyvät intensiivinurmiin ja pellon kokonaisala todennäköisesti kasvaa vähintään 60 tha tai jopa 164 tha vuoteen 2050 mennessä (ks. luku 2 ja luku 3.3).



Kuva 2. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt lähtötilanteessa 2020 ja eri skenaariossa vuosina 2035 ja 2050. Suhdeluvut: perusura 2020 =100.

Alueellisessa KHK-tarkastelussa nähdään, että muutokset eri suuralueilla poikkeavat toisistaan eri skenaarioissa. (Kuva 3). Merkittävää on, että perusuraan verrattuna Ympäristö-Suomessa KHK-päästöt laskevat kaikilla alueilla ja alueiden erot myös tasaantuvat. Terveys-Suomen ja perusuran välinen ero on pieni. Kotieläin-Suomessa KHK-päästöt kasvavat Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla. Pohjanmaan päästöjen voimakas nousu johtuu sika- ja siipikarjatuotannon kasvusta, joka ajoittuu vuoden 2040 jälkeiseen aikaan. Vaikutus näkyy vasta jälkimmäisellä jaksolla, sillä kotieläintuotannossa investointien vaikutus tuotannossa näkyy viiveellä. Muutos Sisä-Suomessa ja Pohjois-Suomessa on hyvin pieni.



Kuva 3. Suuralueittaiset maatalouden kasvihuonekaasupäästöt lähtötilanteessa 2020 ja eri skenaariossa vuonna 2050.

3.2.1. Johtopäätökset

Kasvihuonekaasujen osalta orgaanisten maiden määrä ja niiden käyttömuoto (nurmet vs. viljat) ovat selvästi hallitsevin tekijä. Tämä ilmenee Ympäristö-Suomi-skenaarion mukaisessa päästöjen puolittumisessa, kun pelkästään dieettimuutoksiin nojautuvassa Terveys-Suomi-skenaariossa päästöt alenisivat perusuraan verrattuna vain noin 10 %. Tätä tukee myös se, että märehitjoiden määrän/tuotannon huomattava vähennys näkyy hyvin vähän perusuran ja Terveys-Suomen KHK-päästöjen erossa 2050. Kotieläin-Suomen päästöt nousevat voimakkaasti tarkastelujakson loppupuolella ja erityisesti Pohjanmaalla ja Etelä-Suomen suuralueilla.

3.3. Pellonmetsityksen, vettämisen ja metsäkadon ilmastovaikutus eri skenaarioissa

Lasse Aro¹ ja Antti Wall²

Maankäytön muutoksen ilmastovaikutuksia vuoteen 2050 tarkasteltiin kolmessa skenaariossa: Ympäristö-Suomi, Terveys-Suomi ja Kotieläin-Suomi. Näihin saatiin DREMFIAtasapainomallilla viljelypinta-alan muutokset erikseen kivennäis- ja turvemaille. Kotieläin-Suomi-skenaario oli näistä ainut, jossa koko maan tasolla tarvittiin lisää viljelypinta-alaa: se lisääntyi lähes 173 000 ha kivennäismaille (Taulukko 1). Eri toimenpiteiden ilmastovaikutuksien arvioinnissa käytetyt päästökertoimet saatiin Lehtosen ym. (2021) ja Långin ym. (2022) julkaisuista (Taulukko 2). Ilmastovaikutuksien arvioinnissa tehtiin paljon oletuksia, joten tarkastelu on hyvin karkea ja kuvaa lähinnä eri skenaarioiden välisiä suuruusluokkia.

Taulukko 1. DREMFIAtasapainomallilla mallinnetut kivennäis- ja orgaanisten maiden viljelypinta-alojen muutokset (1 000 ha) eri skenaarioissa Perusuraan nähden vuoteen 2050 mennessä. Kotieläin-Suomi: A=suora vertailu Perusuraan; B=huomioitu "reservipellot"; ks. kappale 2.5.1. Positiivinen luku = viljelypinta-alaa vapautuu uuteen maankäyttöön.

Skenaario	Maaperä	
	Kivennäismaa (1 000 ha)	Orgaaninen maa (1 000 ha)
Ympäristö-Suomi	135,6	192,4
Terveys-Suomi	343,1	14,8
Kotieläin-Suomi_A	-172,8	8,9
Kotieläin-Suomi_B	-61,6	8,9

Taulukko 2. Toimenpiteiden ilmastovaikutus verrattuna aiempaan maankäyttöön (metsityksessä ja vettämässä maatalous) keskimäärin pinta-alayksikköä kohden (tn CO₂ ekv/ha/v). Negatiivinen luku = haitallinen ilmastovaikutus.

Toimenpide	Aika	Maaperä		Lähde
		Kivennäismaa (tn CO ₂ ekv/ha/v)	Orgaaninen (tn CO ₂ ekv/ha/v)	
Metsitys	2021–2035	3,8	9,8	Lehtonen ym. 2021
	2036–2050	6,4	15,4	Lehtonen ym. 2021
Metsänraivaus	2021–2050	-0,842		Lehtonen ym. 2021
Vettäminen	2021–2050		28,3	Lång ym. 2022

Skenaarioiden lähtöpisteenä oli vuosi 2018. Vapautuneen maatalousmaan maankäytön muutoksien ilmastovaikutuksien laskennassa kuitenkin oletettiin, että maatalousmaan metsitys tai kosteikkojen perustaminen aloitetaan aikaisintaan vuonna 2020 ja toimenpiteet alkaisivat vaikuttaa vasta 2021. Samoin meneteltiin uuden peltoalan raivauksen osalta. Vapautuneista

peltoista voitaneen metsittää tai vettä enintään 90 % mm. kaavoituksen asettamien rajoitteiden tai maisemanäkökohtien takia. Kivennäismaan pelloille ei tässä laskennassa perustettu kosteikkoja. Paksuturpeisia (turvetta vähintään 60 cm) turvepeltoja on Suomessa keskimäärin 60 % orgaanisista viljelysmaista (Kekkonen ym. 2019). Paksuturpeisille pelloille on ominaista metsänkasvatusta haittaavat ravinne- ja vesitalousongelmat (Hynönen & Hytönen 1998), joten niille luontevampi toimenpide olisi vettä kuin metsitys. Työssä ei huomioitu topografian, maanomistusolojen tai lähialueiden maankäytön asettamia rajoitteita vettä. Ohutturpeiset turvepellot (40 %) oletettiin metsityskelpoisiksi, ja niiden oletettiin pysyvän turvepeltoina koko tarkastelujakson ajan. Toimenpiteiden ajoituksessa tarkasteltiin kolmea eri tilannetta:

25-75-0, jossa 25 %:lla vapautuvasta viljelyalasta maankäyttö muuttuu heti, 75 %:lla pinta-alasta muutos tapahtuu skenaariojakson puolivälissä ja 0 % tarkoittaa, että jakson lopussa ei tehdä enää mitään toimenpiteitä

25-50-25, jossa 25 %:lla vapautuvasta viljelyalasta maankäyttö muuttuu heti, 50 %:lla pinta-alasta muutos tapahtuu skenaariojakson puolivälissä ja 25 %:lla alasta skenaariojakson loppupuolella siten, ettei sillä ole enää ilmasto vaikutuksia

10-50-40, jossa 10 %:lla vapautuvasta viljelyalasta maankäyttö muuttuu heti, 50 %:lla pinta-alasta muutos tapahtuu skenaariojakson puolivälissä ja 40 %:lla alasta skenaariojakson loppupuolella siten, ettei sillä ole enää ilmasto vaikutuksia

Suurin ilmastohyöty saavutettiin Ympäristö-Suomi -skenaariossa, 1,46–2,64 Mt CO₂ ekv/v toimenpiteiden ajoituksesta riippuen (Taulukko 3). Kotieläin-Suomi-skenaariossa vaatima lisäpeltoala raivattiin kangasmetsistä, millä oli negatiivinen ilmasto vaikutus. Kokonaisuudessaan siinäkin skenaariossa kuitenkin saavutettiin mahdollisuus päästövähennykseen turvepeltojen metsittämisen tai vettä kautta (Taulukko 3).

Taulukko 3. Päästövähennyspotentialiaali (Mt CO₂ ekv) eri skenaarioissa erilaisin toimenpitein erikseen kivennäismaille (Kiv) ja orgaanisille maille (Org). (A=suora vertailu perusuraan; B=huomioitu "reservipellot"). Toimenpiteiden ajoitus: esim. 25-75-0 tarkoittaa, että 25 %:lla vapautuvasta viljelyalasta maankäyttö muuttuu heti, 75 %:lla pinta-alasta muutos tapahtuu skenaariotarkastelun puolivälissä ja 0 %, että jakson lopussa ei tehdä enää mitään toimenpiteitä.

Ajoitus	Skenaario	Metsitys/metsäkato		Vettäminen	Yhteensä	
		Kiv Mt CO ₂ ekv	Org Mt CO ₂ ekv	Org Mt CO ₂ ekv	Mt CO ₂ ekv	Mt CO ₂ ekv /v
25–75–0	Ympäristö-Suomi	9,89	14,18	55,14	79,21	2,64
	Terveys-Suomi	25,01	1,09	4,23	30,34	1,01
	Kotieläin-Suomi_A	-2,73	0,65	2,54	0,47	0,02
	Kotieläin-Suomi_B	-0,97	0,65	2,54	2,22	0,07
25–50–25	Ympäristö-Suomi	8,15	11,64	44,11	63,90	2,13
	Terveys-Suomi	20,61	0,89	3,39	24,89	0,83
	Kotieläin-Suomi_A	-2,18	0,54	2,03	0,39	0,01
	Kotieläin-Suomi_B	-0,78	0,54	2,03	1,79	0,06
10–50–40	Ympäristö-Suomi	5,35	7,71	30,88	43,94	1,46
	Terveys-Suomi	13,52	0,59	2,37	16,49	0,55
	Kotieläin-Suomi_A	-1,53	0,36	1,42	0,25	0,01
	Kotieläin-Suomi_B	-0,54	0,36	1,42	1,23	0,04

3.4. Maaperän hiilivarastojen arvioiminen

Katri Joensuu

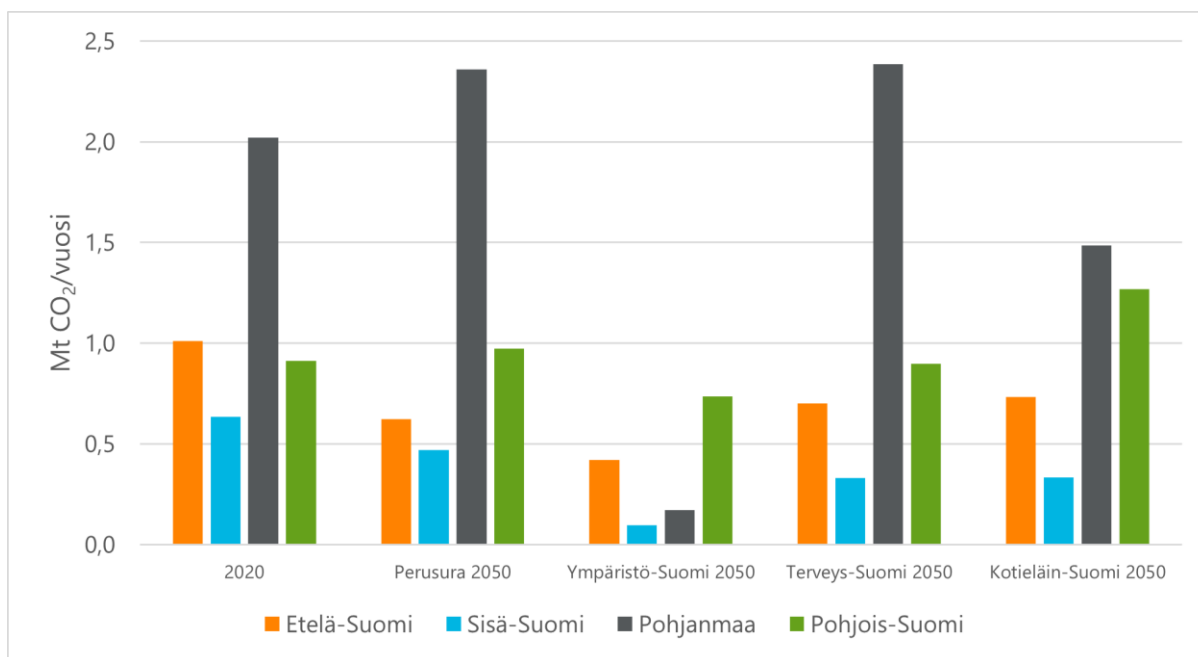
Skenaarioiden Ympäristö-Suomi, Terveys-Suomi ja Kotieläin-Suomi vaikutukset maaperän hiilivarastoon arvioitiin vertaamalla kasvien viljelypinta-aloja perusura-skenaarioon. Laskennassa käytettiin aiemmassa Ruokaminimi-hankkeessa (Saarinen ym. 2019) määritettyjä arvioita kunkin viljelykasvin vaikutuksesta maan hiilivarastoon kivennäismaapelloilla. Ruokaminimi-hankkeessa vaikutuskertoimet arvioitiin kahdella eri menetelmällä: 1) käyttäen valtakunnallisen maaperäseurannan (Valse) tuloksia ja 2) mallinnusta Yasso-mallilla. Molemmassa lähestymistavoissa kasvilajit jaoteltiin viiteen ryhmään: ruokavilja, rehuvilja, öljykasvit, vihannekset ja nurmet. Tässä hankkeessa ruoka- ja rehuviljoja ei eritelty, vaan kaikille viljoille käytettiin Ruokaminimi-hankkeen ruoka- ja rehuviljan vaikutuskertoimista laskettua keskiarvoa. Vaikutuskertoimet on esitetty taulukossa 4. Orgaanisten maiden osalta käytettiin IPCC:n (2013)

julkaisemia päästökertoimia, jotka olivat yksivuotisille kasveille 29 t CO₂/ha ja monivuotisille nurmille 21 t CO₂/ha.

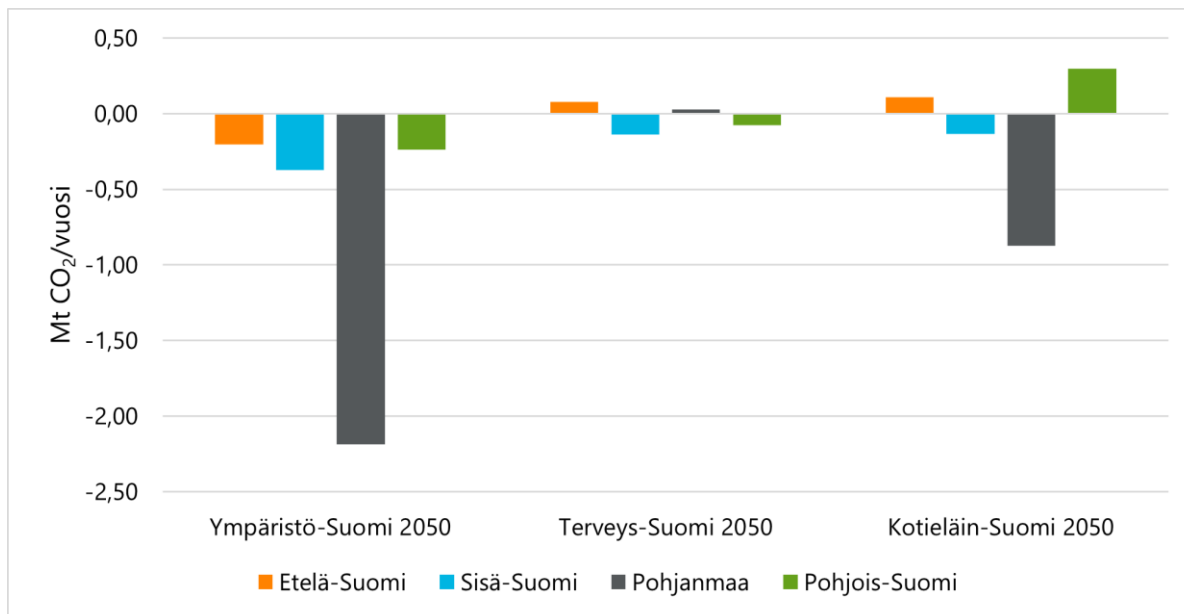
Taulukko 4. Maaperän hiilivaraston muutosten arvioinnissa käytetyt viljelykasvikohtaiset ker-
toimet hiilidioksidin vapautumiselle kivennäismaapelloilta, kg CO₂/ha.

	Viljat	Öljykasvit	Nurmi	Vihannekset
Maaperäseuranta	450	480	-100	650
Yasso-mallinnus	565	1050	200	1950

Peltomaan hiilivarastomuutoksista aiheutuvat kokonaishiilidioksidipäästöt on esitetty kuvassa 4. Tulokset on laskettu Suomen kokonaispeltoalaa kohden. Kuvassa 5 tulokset on esitetty erotuksena perusuraan. Hiilidioksidipäästöt kasvoivat perusuraan verrattuna eniten Kotieläin-Suomi-skenaariossa Pohjois-Suomen alueella ja toisaalta pienenivät eniten Ympäristö-Suomi-skenaariossa Pohjanmaalla. Koko suomen tasolla tarkasteltuna kaikissa skenaarioissa tapahtui hiilidioksidipäästöjen pienenemistä verrattuna perusuraan, eniten Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Päästöjen pieneneminen johtui Ympäristö-Suomi-skenaariossa pääasiassa siitä, että turvemaita poistui viljelystä. 'Kotieläin-Suomi'-skenaariossa hiilidioksidipäästöjen pienenemistä tapahtui Sisä-Suomessa ja Pohjanmaalla säilörehun viljelypinta-alan kasvun takia. Toisaalta Kotieläin-Suomi-skenaariossa Pohjois-Suomessa hiilidioksidipäästöjen kasvu johtui nurmien viljelypinta-alan pienenemisestä.



Kuva 4. Hiilidioksidipäästöt peltomaasta nykyhetkellä, perusuran mukaisesti vuonna 2050 ja Ympäristö-Suomi-, Terveys-Suomi- ja Kotieläin-Suomi-skenaarioissa.



Kuva 5. Hiilidioksidipäästöt peltomaasta Ympäristö-Suomi-, Terveys-Suomi- ja Kotieläin-Suomi-skenaarioissa. Päästöt on arvioitu erotuksena perusuraan. Negatiiviset päästöt tarkoittavat hiilidioksidipäästöjen pienenemistä verrattuna perusuraan.

3.5. Ravinnetaseiden kehitys eri skenaarioissa

Perttu Virkajärvi, Heikki Lehtonen ja Kirsi Järvenranta

DREMFA-mallissa typen ja fosforin ravinnetaseet lasketaan ensin kasveittain lannoitusravinteiden ja sadosta poistuneiden ravinteiden erotuksena. Lannoitus sisältää eläinten lannan ja keinolannoitteet. Kasvikohtaisista ravinnetaseista lasketaan viljelypinta-alojen perusteella keskimääräiset ravinnetaseet viljellylle alalle suuralueittain. Tässä esitetään ravinnetaseet ja niiden muutokset suuralueittain eri skenaarioissa pääpiirteittäin. Niitä hyödynnetään jatkossa ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Kuvassa 6 on esitetty typpitase vuonna 2018 ja typpitaseet eri skenaarioissa vuonna 2050 DREMFA-mallin tulosten mukaan kivennäismaille. Voidaan havaita, että perusurassa muutokset kivennäismaiden typpitaseessa 2018–2050 ovat melko pieniä. Kivennäismaiden keskimääräinen typpitase laskee Etelä-Suomessa ja nousee vähän Sisä-Suomessa ja Pohjanmaalla. Syynä on lypsykarjatalouden väheneminen ja sikatalouden ja viljanviljelyn pieni väheneminen perusurassa Etelä-Suomen alueella. Tällöin kesantoala kasvaa ja keskimääräinen typpitase alenee. Vastaavasti Sisä-Suomessa ja Pohjanmaalla pieni kasvu lypsykarjataloudessa nostaa keskimääräistä typpitasetta. Muutokset eivät kuitenkaan ole suuria ja kivennäismaiden typpitaseissa jäädytään alle 40 kg N/ha tason.

Kivennäismaiden keskimääräinen typpitase alenee Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa vuodesta 2018 vuoteen 2050. Se johtuu pääosin kotieläintuotannon ja siihen liittyvän rehuviljan ja rehunurmien tuotannon vähenemisestä ja kesantoalan kasvusta. Typpitase alenee Ympäristö-Suomi-skenaariossa enemmän kuin Terveys-Suomi-skenaariossa, koska Ympäristö-Suomi-skenaariossa maksetaan palkkioita matalan lannoitustason nurmille, apilanurmi-seoksille ja yli 5-vuotiaille nurmille. Näiden viljelyalat kasvavat ja ottavat sijaa korkean lannoitustason nurmilta Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Terveys-Suomi-skenaariossa tällaisia kannustimia ei ole.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa kivennäismaiden typpitase nousee vähitellen merkittävästi vuodesta 2018 vuoteen 2050 muualla paitsi Pohjois-Suomessa, jossa kotieläintalous vähenee. Nousu tapahtuu pääosin vuoden 2035 jälkeen, jolloin kotieläintuotanto kasvaa nopeasti ja lannoitustasot nousevat etenkin nurmilla. Lisäksi kesantoala vähenee selvästi alle puoleen 2018 tasosta. Näillä muutoksilla, jotka johtavat ravinnetaseiden (typpi ja fosfori, kuvat 6 ja 7) nousuun, peltoala saadaan riittämään kasvavalle kotieläintuotannolle Etelä- ja Sisä-Suomessa sekä Pohjanmaalla.

Kivennäismaiden fosforitaseet (Kuva 7) muuttuvat eri skenaarioissa vuodesta 2018 vuoteen 2050 hyvin samankaltaisesti ja edellä mainituista syistä kuin typpitasekin. Voidaan kuitenkin todeta, että kivennäismaiden fosforitase nousee Sisä-Suomessa suhteessa vähemmän kuin typpitase, joka Kotieläin-Suomi-skenaariossa nousee yli kaksinkertaiseksi vuodesta 2018 vuoteen 2050 mennessä. Sen sijaan Pohjanmaalla kivennäismaiden fosforitase yli kolminkertastuu, mutta typpitaseen muutos jää alle 100 %:n vuodesta 2018 vuoteen 2050 Kotieläin-Suomi-skenaariossa. Tämä johtuu siitä, että Pohjanmaalla sika- ja siipikarjatuotanto, jotka tuottavat selvästi fosforipitoisempaa lantaa kuin nautaeläintuotanto, kasvavat lypsykarjaloutta voimakkaammin Kotieläin-Suomi-skenaariossa. Etelä-Suomessa sekä typpi- että fosforitase kivennäismailla nousevat noin 50 % kotieläin-Suomi-skenaariossa. Ravinnetaseiden kasvu jää Etelä-Suomessa suhteellisesti alhaisemmaksi kuin Sisä-Suomessa ja Pohjanmaalla, koska peltoalaa on käytettävissä Etelä-Suomessa em. alueita runsaammin. Lisäksi suurempi osa Etelä-Suomen viljelyalasta etenkin viljantuotannossa ei ole alkutilanteessa 2018 suorassa yhteydessä kotieläintalouteen, eli on paljon sivutoimista kasvinviljelyä, jossa ei tavoitella suuria satoja eikä lantamäärä peltohehtaaria kohden ole keskimäärin yhtä suuri kuin Sisä-Suomessa ja Pohjanmaalla. Suurempi lantamäärä hehtaaria kohden ohjaa pellonkäyttöä satoisiin rehuksveihin kesannon ja muiden osin vähemmän lannoituksen kasveihin (esim. mallasohra) verrattuna.

Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa kivennäismaiden fosforitaseet laskevat selvästi vuodesta 2018 vuoteen 2050, mutta Pohjanmaalla kivennäismaiden fosforitase ei alene Terveys-Suomi-skenaariossa kuten Ympäristö-Suomi-skenaariossa (Kuva 7). Tämä johtuu osin siitä, että siipikarjatuotanto ei vähene Pohjanmaalla kuin hyvin vähän Terveys-Suomi-skenaariossa mutta Ympäristö-Suomi-skenaariossa sian- ja siipikarjanlihantuotanto vähenee 67 %.

Eloperäisten viljelysmaiden typpi- ja fosforitaseiden muutokset vuodesta 2018 vuoteen 2050 eri skenaarioissa selittyvät pitkälti eloperäisten viljelysmaiden käytön muutoksilla (Taulukot 5 ja 6). Perusuran pellonkäytössä tapahtuu melko pieniä muutoksia eloperäisten viljelysmaiden osalta. Kesantoala, joka on pääosin viherkesantoa, kasvaa kivennäismailla perusurassa 2018–2050, mikä selittää ”nurmet ja kesannot” alan kasvun 2018–2050. Viljan viljely oli todellisuudessa eloperäisillä mailla 2018 noin 90 000 ha, joka ei kuitenkaan täysin toteudu DREMFIAMallin tuloksissa 2018 mutta kylläkin likimain vuonna 2050, jolloin noin 1/3 eloperäisten viljelysmaiden pinta-alasta oli yksivuotisilla kasveilla ja 2/3 monivuotisilla kasveilla eli lähes kokonaan nurmina.

Taulukko 5. Pellonkäyttö (1 000 ha) perusurassa 2018 ja pellonkäyttö eri skenaarioissa 2050 DREMFA-sektorimallin tulosten mukaan.

	Nurmet ja kesannot	Viljat	Muut kasvit	Yhteensä
Perusura 2018¹				
Eloperäinen	191	63	19	254
Kivennäismaa	669	1114	227	1783
Yhteensä	860	1176	246	2037
Perusura 2050				
Eloperäinen	176	89	0	265
Kivennäismaa	816	875	139	1830
Yhteensä	992	964	139	2095
Ympäristö-Suomi				
Eloperäinen	73	0	0	73
Kivennäismaa	756	763	176	1694
Yhteensä	828	763	176	1767
Terveys-Suomi				
Eloperäinen	141	110	0	250
Kivennäismaa	634	689	164	1487
Yhteensä	775	799	164	1737
Kotieläin-Suomi				
Eloperäinen	49	207	0	256
Kivennäismaa	763	1014	225	2003
Yhteensä	812	1221	225	2259

¹ Huom! Kaikki peltoala ei tule mallissa käyttöön 2018 eikä 2050, koska mallista puuttuvat mm. hevoset, lampaat, vuohet ja eräät viljelykasvit kuten kumina ja kaikki puutarhatuotanto.

Taulukko 6. DREMFA-mallissa käytettävissä oleva peltoala (1 000 ha) 2018 ja siitä turvepeltojen osuus (%) suuralueittain ja koko maassa.

	Etelä-Suomi	Sisä-Suomi	Pohjanmaa	Pohjois-Suomi	Koko maa
Peltoala yhteensä, 1 000 ha	1133,3	404,0	632,1	103,7	2273,2
Turvepeltoja yhteensä, 1 000 ha	51,9	43,0	107,1	54,2	256,2
Turvepeltojen osuus peltoalasta, %	4,6	10,6	16,9	52,3	11,3

Koska nurmet sopivat hyvin eloperäisille maille (useat nurmikasvit sietävät viljoja paremmin happamuutta ja hyödyntävät eloperäisestä aineksesta vapautuvan mineralisoituneen typen tehokkaasti viljoja pitemmän kasvukauden vuoksi), ja koska lannoitteiden hinnat nousevat jo perusurassa, nurmien viljely siirtyy kohden matalamman lannoitustason viljelyä perusurassa 2018–2050.

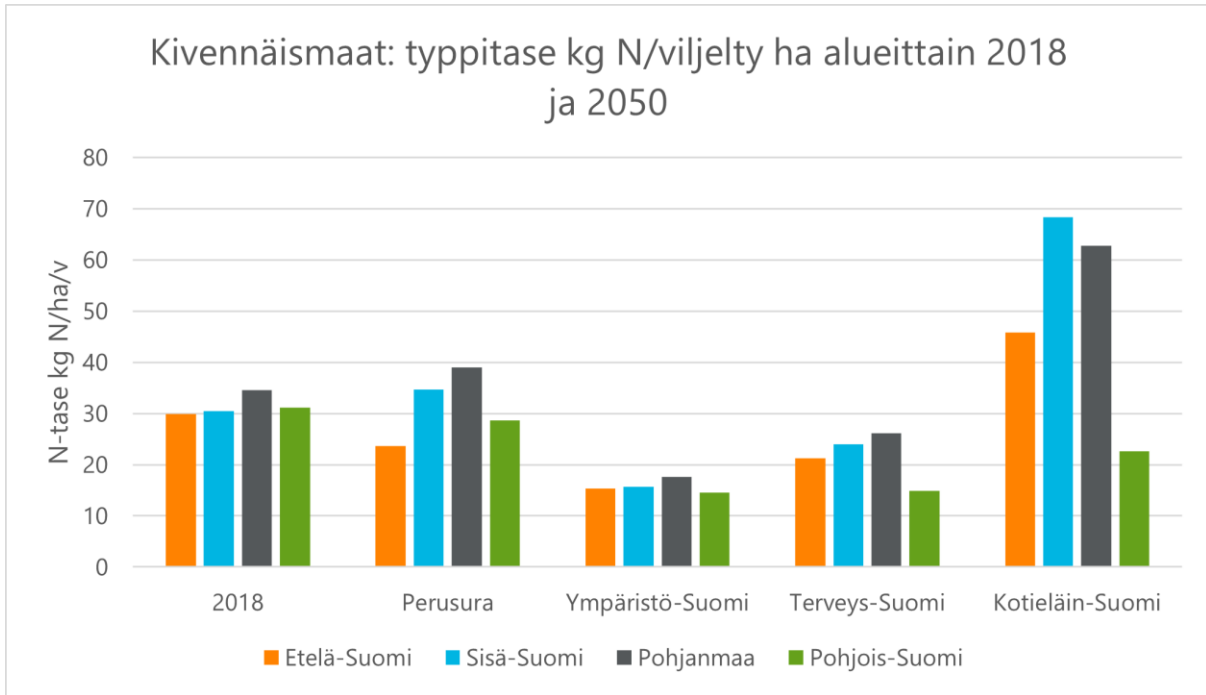
Alhaisen lannoitustason säilörehunurmen lisääntyvä viljely korkean lannoitustason säilörehunurmien sijaan sopii hyvin nimenomaan eloperäisille maille. Lisäksi kesantoala kasvaa eloperäisillä mailla. Nämä muutokset toteutuvat perusurassa pääosin jo 2020-luvulla ja sen seurauksena typpitase alenee eloperäisillä mailla. Nurmiala kasvaa perusskenaariossa matalamman lannoitustason nurmen viljelyn ja kesannon osuuksien lisääntyessä myös kivennäismailla. Apilanurmien ala kasvaa maltillisesti kivennäismailla perusskenaariossa vuodesta 2018 vuoteen 2050. Tämä muutos selittyy nousevilla lannoitteiden hinnoilla.

Ympäristö-Suomi-skenaariossa KHK-päästöille asetettu päästövähennyspalkkio 10 €/tCO₂ ekv ohjaa tehokkaasti viljan viljelyn pois eloperäisiltä mailta, joita käytetään 2050 pelkästään nurmikasveille tai kesannoiksi. Viljan ja muiden yksivuotisten kasvien kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 10 t CO₂ ekv/ha suuremmat kuin nurmikasveilla. Sen sijaan viljojen lannoitustasot ovat säilörehunurmia pienemmät hehtaaria kohden eloperäisillä mailla. Tästä johtuu se, että eloperäisten maiden typpitase on Ympäristö-Suomi-skenaariossa vähän korkeampi kuin perusurassa, jossa kesantojen osuus eloperäisten maiden käytöstä kasvaa vuodesta 2018–2050 (Kuva 8). Sen sijaan fosforitaseet alenevat voimakkaasti eloperäisillä mailla Ympäristö-Suomi-skenaariossa (Kuva 9), jossa myös kesantoala kasvaa kotieläintuotannon vähentyessä.

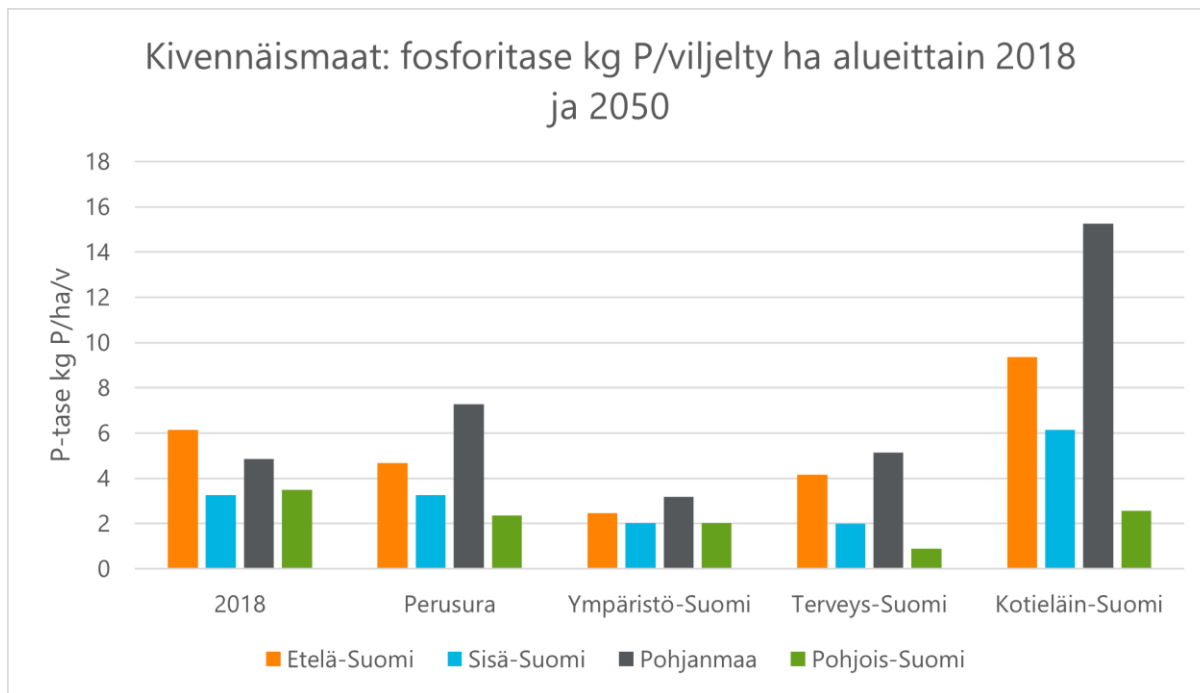
Terveys-Suomi-skenaariossa eloperäisten maiden typpitaseet alueittain 2050 ovat likimain samat muilla alueilla, mutta Pohjanmaalla eloperäisten maiden typpitase 2050 on vähän korkeampi kuin perusurassa. Sen sijaan fosforitaseet ovat Terveys-Suomi-skenaariossa kaikilla alueilla matalammat kuin perusurassa 2050, koska kotieläintuotanto ja lantamäärät vähenevät. Terveys-Suomi-skenaariossa ei ole erillistä ohjausta maaperän KHK-päästöjen vähentämiseksi, kuten Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Koska pinta-alatuet vähenevät Terveys-Suomi-skenaariossa, kesannon kannattavuus heikkenee. Siksi viljan osuus eloperäisillä mailla on jopa vähän suurempi Terveys-Suomi-skenaariossa 2050 kuin perusurassa vuonna 2050.

Kotieläin-Suomi-skenaariossa likimain kaikki liikenevä peltomaa käytetään kotieläintuotantoon ja perusuraa ja muita skenaarioita korkeamman lannoitus- ja satotason viljelyyn. Tämän seurauksena kivennäismaiden typpi- ja fosforitaseet nousevat merkittävästi, koska lannoituksen satoa lisäävä rajavaikutus (marginaalivaikutus eli yhden lisälannoiteyksiön vaikutus

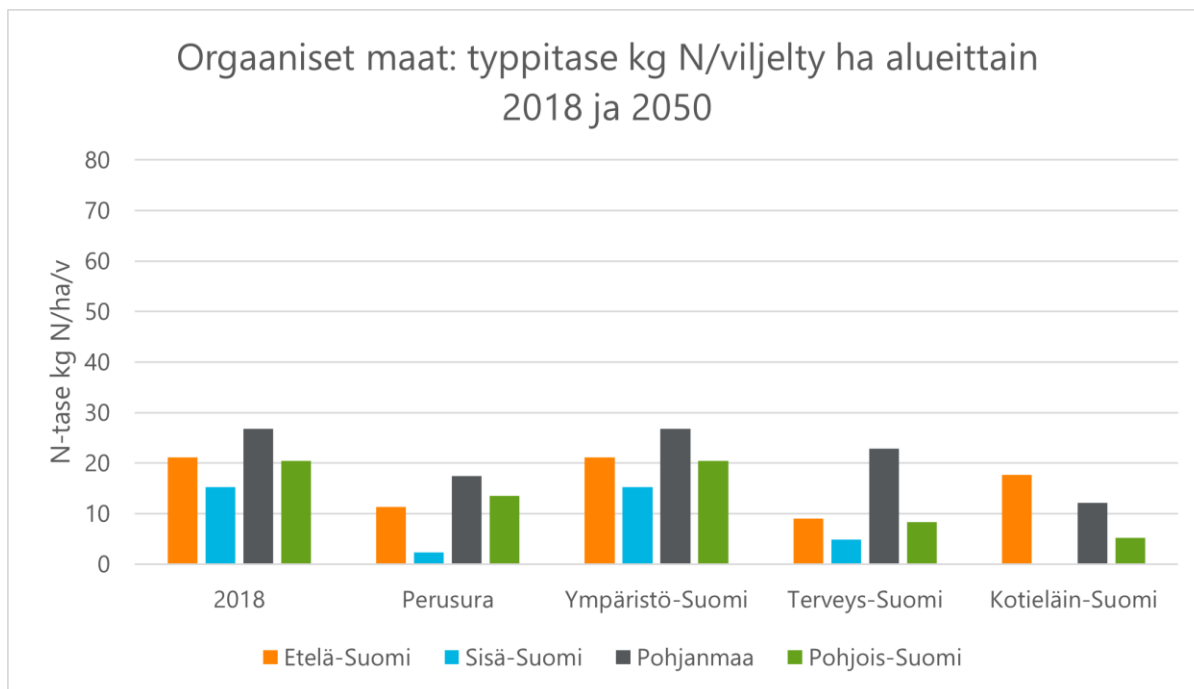
satotasoon) useimmiten heikkenee lannoitusta lisättäessä. Sen sijaan eloperäisillä mailla Sisä- ja Pohjois-Suomessa sekä typpi- että fosforitaseet alenevat Kotieläin-Suomi-skenaariossa suhteessa lähtötilanteeseen 2018 ja perusuraan 2050. Tämä johtuu siitä, että Kotieläin-Suomi-skenaariossa erityisesti Pohjanmaan eloperäiset pellot otetaan rehuviljan viljelyyn, koska sika- ja siipikarjatuotanto kasvaa alueella voimakkaasti. Sisä-Suomessa taas eloperäiset maat ohjautuvat Kotieläin-Suomi-skenaariossa matalan, ja kivennäismaat korkean lannoituksen ja satotason nurmille. Pohjois-Suomessa taas merkittävästi vähenevä kotieläintuotanto johtaa eloperäisten maiden kesannointiin, mikä selittää lähellä nollaa olevia ravinnetaseita.



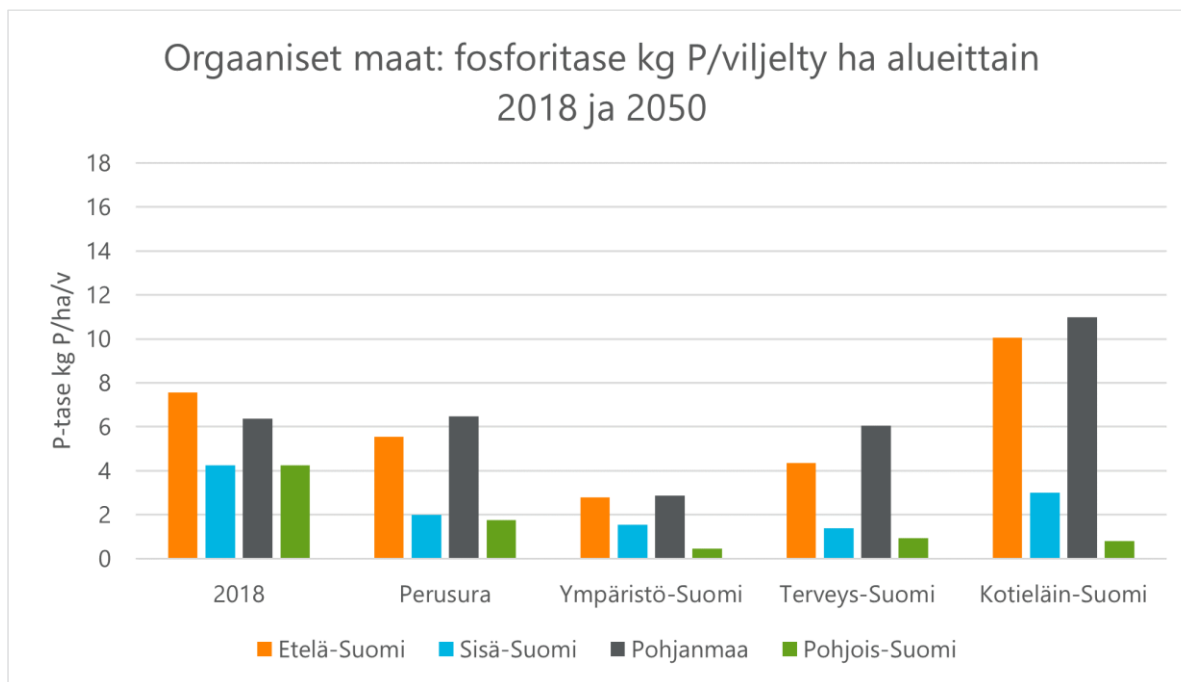
Kuva 6. Kivennäismaiden keskimääräinen typpitase (kg N/ha) suuralueittain 2018 ja eri skenaarioissa vuonna 2050.



Kuva 7. Kivennäismaiden keskimääräinen fosforitase (kg P/ha) suuralueittain 2018 ja eri skenaarioissa vuonna 2050.



Kuva 8. Eloperäisten viljelysmaiden keskimääräinen typpitase (kg N/ha) suuralueittain 2018 ja eri skenaarioissa vuonna 2050.



Kuva 9. Eloperäisten viljelysmaiden keskimääräinen fosforitase (kg P/ha) suuralueittain 2018 ja eri skenaarioissa vuonna 2050.

3.6. Maan fosforiluvun muutos eri skenaarioissa

Perttu Virkajärvi, Heikki Lehtonen ja Kirsi Järvenranta

Pellon viljavuusfosforin pitoisuus (P-luku, hapan ammoniumasetaattiuutto, mg P/l maata; Vuorinen & Mäkitie 1955) on keskeinen tekijä arvioitaessa maatalouden vesistökuormitusta useimmissa kuormitus- tai huuhtoumalleissa (Ylihalla-ym. 1995, Ekholm ym. 2005; Puustinen ym. 2010 (VIHMA), Puustinen ym. 2019). Sen kehitystä voidaan ennustaa varsin hyvin kivennäismailla maan P-luvun ja viljelyn fosforitaseen (kg P/ha) perusteella yleisesti (Ekholm ym. 2005) tai eri maalajien mukaan (Uusitalo ym. 2016). Fosforin pidättymisessä on merkittäviä eroja nimenomaan kivennäismaiden ja orgaanisten maiden välillä (Saarela 2002, Uusitalo ym. 2016).

Tässä työssä viljelyn fosforitase saatiin DREMFIAn ennusteista erikseen kivennäismaille ja eloperäisille maille. Maan P-luku saatiin viljavuusnäytteiden tilastoista (Lemola 2022). P-luvut laskettiin kuntakohtaisesti peltoalalla painotettuna ja sovitettiin suuralueisiin maalajeittain.

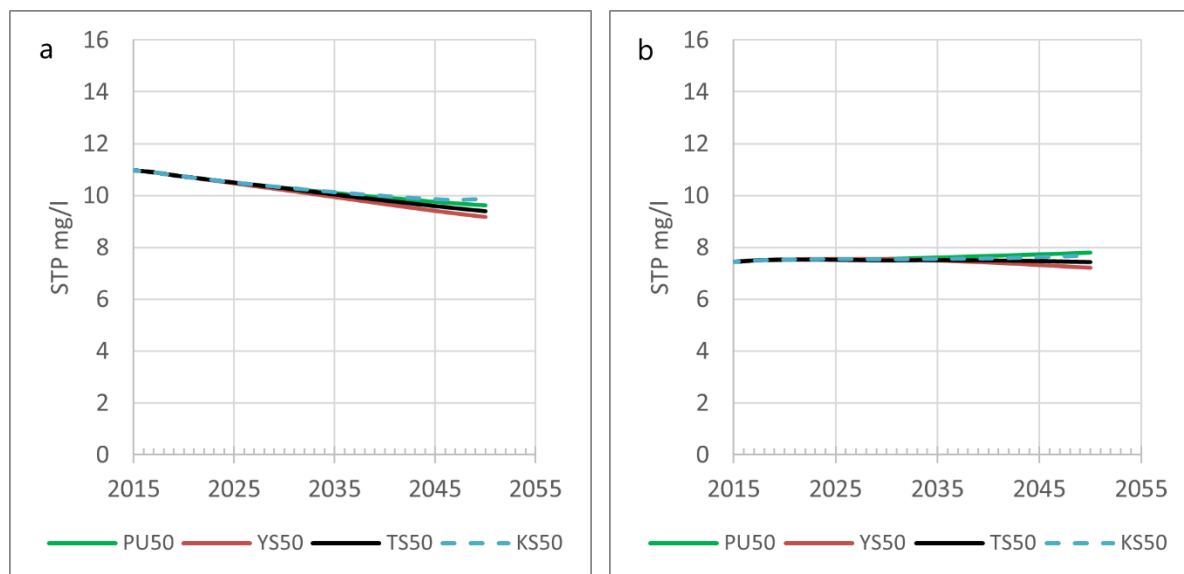
Mallinnustarkastelu tehtiin aluksi molemmilla malleilla (Ekholm ym. 2005, Uusitalo ym. 2016). Tässä ilmeni selvä ero: Ekholmin ym. (2005) mallin mukaan P-luvut laskivat huomattavasti jyrkemmin kuin Uusitalon ym. (2016) mallissa. Koska jako kivennäismaihin ja orgaanisiin maihin on ravinteiden huuhtoutumisen kannalta oleellista (Saarela 2002, Mylly ym. 2020), päädyttiin käyttämään Uusitalon ym. (2016) laskentamalleja, jossa erottelu oli mahdollista. Näissä ainoastaan orgaaniset maat poikkesivat oleellisesti kivennäismaista (savi- ja hiesumaat, karkeat kivennäismaat), joten kivennäismaiden ennusteet laskettiin käyttämällä karkeiden kivennäismaiden yhtälöitä.

P-luvun lasku kivennäismailla oli selvää mutta hidasta kaikissa skenaarioissa: ennustettu lasku ajanjaksolla 2018–2050 oli vain 1,0–1,7 mg/l, joten myös skenaarioiden väliset erot olivat

pieniä (Kuva 10a). P-luvun lasku oli hienoisesti nopeinta Ympäristö-Suomi-skenaariossa, ja hitainta Kotieläin-Suomi-skenaariossa. Fosforin huuhtoutumisen kannalta erot ovat käytännössä merkityksettömät vuoteen 2050 asti. Hidas aleneminen johtuu siitä, että P-luku ilmaisee kivennäismailla vain noin muutaman prosentin maan fosforivarannoista (Uusitalo ym. 2007), joten sen muutokset ovat hyvin puskuroitu muutoksia vastaan: toisaalta ylijäämäfosfori (positiivinen fosforitase) sitoutuu maassa oleville kiinnityspaikoille ja toisaalta viljelyn ollessa P-alijäämäinen fosforia vapautuu pädätyspaikoilta maanesteeseen. Sen sijaan turvemailla vastaavaa puskuria ei ole ja siksi turvemailla positiivinen P-tase nostaa P-lukua herkästi (Kuva 10b) ja P myös huuhtoutuu herkästi.

Kivennäismaiden P-luvun hyvin puskuroitu hidas lasku onkin keskeinen syy siihen, että maatalouden vesistökuormituksen vähentäminen ei tapahdu nopeasti ja että viljelypinta-alan vähentyminen selittää skenaarioiden eroja paremmin kuin viljelyratkaisut ja siitä seurannet erilaiset fosforitaseet. Ennusteen mukaista laskua voidaan pitää hyvänä, joskin vaatimattomana vesistökuormituksen kannalta. Toisaalta ei ole mitään todisteita siitä, että lasku tulisi haittaamaan kasvituotantoa (YM ja MMM:n Fosforiasetustyöryhmän tausta-aineisto 2022).

Orgaaniset maat poikkesivat selkeästi kivennäismaista, mikä pitää sisällään myös suuremman epätarkkuuden mallinnuksen osalta, sillä mallien kehittämisen taustalla orgaanisten maiden havaintojen osuus on huomattavasti pienempi (Uusitalo ym. 2016). Skenaariot poikkesivat toisistaan siten, että Ympäristö-Suomi-skenaariossa oli hieman laskeva trendi (-0,3 mg/l), kun taas Perusurassa 2050 ja Kotieläin-Suomi-skenaariossa havaittiin pieni nouseva trendi (0,2–0,3 mg P_{ac}/l). Käytännössä erot ovat lähes merkityksettömiä.



Kuva 10. Koko Suomen alueelle ennustetun maan viljavuusfosforin muutos vuosina 2018–2050 kivennäismailla (a) ja orgaanisilla mailla (b) eri skenaarioissa. Kaikkien skenaarioiden lähtöpiste on perusura 2018. PU50 = perusura 2050, YS50 = Ympäristö-Suomi 2050, TS50 = Terveys-Suomi 2050, KS50 = Kotieläin-Suomi 2050.

Koska P-taseet olivat Pohjanmaan suuralueella osittain selvästi poikkeavat, ennustettiin P-luvun muutos Pohjanmaalla erikseen. Tulokset eivät kuitenkaan muuttuneet oleellisesti, kun niitä verrataan koko Suomeen: erot skenaarioiden välisissä taseissa olivat hyvin pieniä, joten niiden vaikutus maan P-luvussa näkyy vasta viimeisinä vuosina (2035–2050).

3.6.1. Johtopäätökset

Peltomaan fosforitila (viljavuusfosfori, P-luku) aleni selvästi ja käytännössä yhdenmukaisesti kaikissa skenaarioissa kivennäismailla. Sen sijaan se pysyi lähes ennallaan orgaanisilla mailla. P-luvun lasku oli nopeinta Ympäristö-Suomi-skenaariossa ja hitainta Kotieläin-Suomen skenaariossa, mutta käytännössä tällä ei ole merkitystä viljelyn tai vesistökuormituksen kannalta. Tulos kuvaa hyvin P-luvun puskuroitumista kivennäismailla ja sitä, että nopeita muutoksia ei ole odotettavissa. Ennusteen mukaista laskua kivennäismailla voidaan pitää hyvänä vesistökuormituksen kannalta, eikä ennustettu lasku tulisi haittaamaan kasvituotantoa. Orgaanisilla mailla mallinnuksen epätarkkuus on todennäköisesti suurempi kuin kivennäismailla, mikä johdattaa pienemmästä aineistosta. Orgaanisten maiden osalta empiirisiä tutkimuksia olisi syytä päivittää.

3.7. Vesistökuormitus – esimerkki Saaristomeren valuma-alueelta

Kirsi Järvenranta, Perttu Virkajärvi, ja Heikki Lehtonen

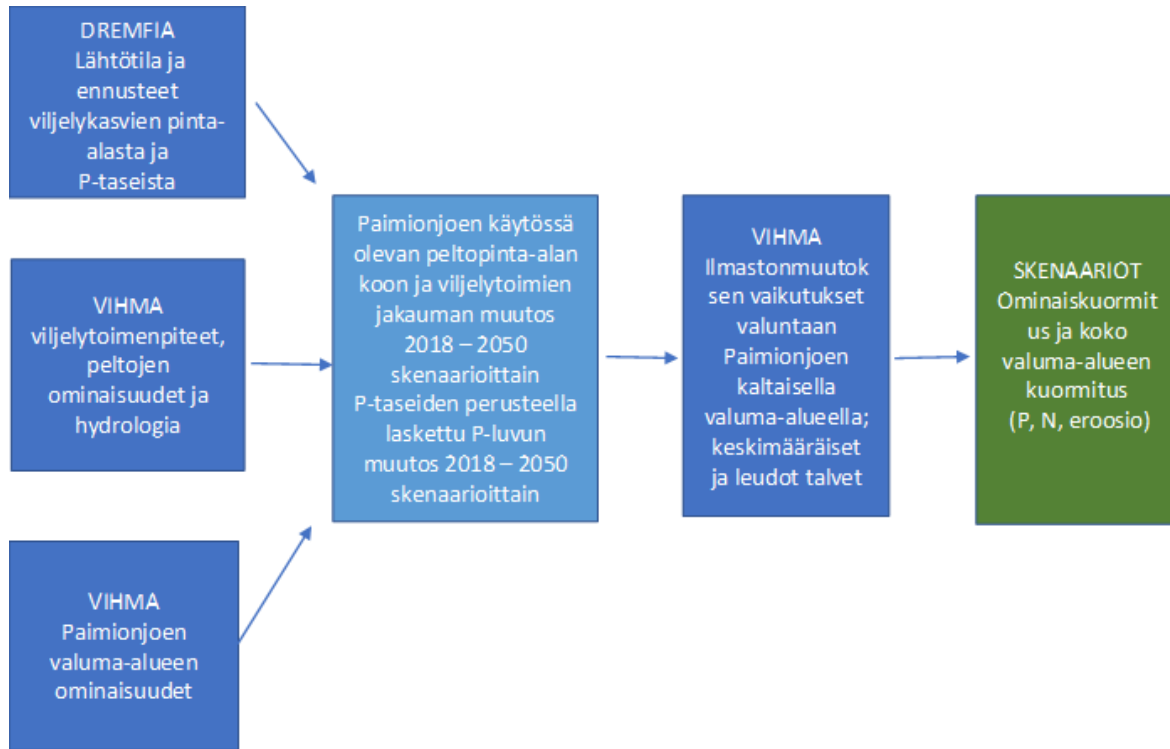
Maatalouden rakennemuutoksen heijastumia vesistökuormitukseen arvioitiin DREMFIAn mallilla luotujen skenaarioiden kautta. Skenaarioissa maatalousmaan pinta-ala muuttuu tukien yms. taustamuuttujien perusteella (kts. luku 2). Viljelyalan ja viljelykasvien sekä kotieläintuotannon määrä vaikuttavat peltojen ravinnekuormitukseen.

Vesistökuormituksen osalta tarkastelu rajattiin Saaristomeren valuma-alueelle, joka on Suomen vesialueista kriittisimmässä tilassa ja jonka alueella maatalouden vaikutus on erityisen suuri (Puustinen ym. 2019). Saaristomeren valuma-alueelta valittiin esimerkkilaskelmaan Paimionjoen osavaluma-alue, jolle laskettiin skenaarioiden aiheuttama kuormitusmuutos VIHMA – mallin avulla. Paimionjoen valuma-alueen pellonkäyttö laskettiin vastaamaan suhteellisesti Etelä-Suomen pellonkäyttöä ja sen muutosta eri skenaarioissa pinta-alamuunnoksen jälkeen (kts. Luku 2, Kuva 7). Paimionjoen valuma-alueen pinta-ala on 1087 km² ja se on virtaamaltaan suurin Saaristomereen laskeva joki. Valuma-alueen järvisyys on pieni, vain 1,5 % vesistöalueen kokonaispinta-alasta. Maatalousmaan osuus kokonaispinta-alasta on 42 %. Vallitsevat maalajit ovat HtS, KHT ja LjS. Paimionjoen valuma-alueella on käytetty pilottikohteena myös KiertoVesi -hankkeen skenaarioissa (Puustinen ym. 2019), joten alueen ominaisuudet ja hydrologia olivat hyvin tunnettuja.

Skenaarioiden kuormituslaskennan tausta on esitetty kuvassa 11. DREMFIAn tuotti lähtötietojen (Perusura 2018, PU18) ja skenaarioiden (Perusura 2050; Ympäristö-Suomi 2050, Terveys-Suomi 2050, Kotieläin-Suomi 2050) viljelykasvien pinta-alat ja ravinnetaseet. Etelä-Suomen ja Varsinais-Suomen kuntakohtaisista P-luvuista (Lemola ym. 2022) laskettiin maakuntakohtaiset P-luvut maalajeittain. Fosforiluvun muutos laskettiin Uusitalo ym. (2016) mallilla, koska ennusteet tarvittiin sekä kivennäis- että eloperäisille maille.

Varsinainen kuormituslaskenta tehtiin viljelyalueiden valumavesien hallintamalli VIHMAN avulla. Malli laskee valuma-alueilta tulevan peltoviljelyn kiintoaine- ja ravinnekuormituksen ja kuormituksen keskimääräisen vuosivaihtelun alueen peltojen ominaisuuksien perusteella. VIHMAN ominaiskuormitusluvut (muokkausikäytännöt, talviaikainen kasvipeitteisyys) perustuvat pitkäaikaisiin koekenttätutkimuksiin (Puustinen ym. 2010). Alueen ominaisuuksia (maalajiryhmät, kaltevuusluokat, P-lukuluokat) ja viljelykäytön yhdistelmiä vastaavat keskimääräiset ominaiskuormitusluvut sekä erilaisia hydrologisia vuosia vastaavat keskimääräiset minimi- ja maksimiarvot on johdettu kokeellisista aineistoista (Puustinen ym. 2019). Mallilla voidaan

vertailla erilaisia vuosia ja arvioida ilmaston lämpenemisen vaikutuksia vesistökuormitukseen. Ilmastonmuutoksen myötä talvet leudontuvat, joten vuoden 2050 osalta VIHMAN leutojen talvien mukaiset ennusteet ovat todennäköisesti oikeampia kuin keskimääräisten talvien ennusteet.



Kuva 11. Saaristomeren valuma-aluetta edustavan Paimionjoen kaltaisen valuma-alueen tarkastelun prosessikaavio.

3.7.1. Tulokset

Paimionjoen valuma-alueelle suhteutettuna eri kasvien viljelypinta-alojen muutos skenaarioissa on esitetty taulukossa 7. Viljelypinta-ala vähenee eniten (-16 %) Terveys-Suomessa ja lisääntyy eniten (21 %) Kotieläin-Suomessa. Perusura 2018 skenaarion tiedot vertautuvat hyvin KiertoVesi -hankkeen loppuraportin Paimionjoen MAVI 2017 tilanteeseen (Puustinen ym. 2019).

Skenaarioittain ennustettu eroosion määrä koko valuma-alueella (Ktn/vuosi) sekä ominaiskuormitus ovat taulukossa 8. Keskimääräisinä vuosina Ympäristö-Suomen ja Terveys-Suomen kuormitus oli alhaisin ja vastaavasti Kotieläin-Suomen on selvästi korkein. Myös perusuran eroosio pienenee vuodesta 2018 vuoteen 2050 yli 10 %. Ilmaston muuttuessa ennusteiden mukaan ovat lauhat talvet erityisen relevantteja tässä vuoden 2050 tarkastelussa. Verrattuna keskimääräisiin talviin, eroosio lisääntyy lauhoina talvina eniten Kotieläin-Suomessa (+ 24 %) ja vähiten Ympäristö- ja Terveys-Suomessa (+ 13 %). Ominaiskuormituslukujen (kg/ha/v) erot eri skenaarioiden välillä prosentteina ilmaistuna ovat selvästi pienempiä (12–15 %) kuin erot alueen kokonaiskuormituksessa (45–54 %), ja perusuran, Ympäristö-Suomen ja Terveys-Suomien väliset erot olivat varsin pienet. Ainoastaan Kotieläin-Suomen ominaiskuormitus oli merkittävästi muiden skenaarioiden kuormitusta suurempaa. Tulokset vastasivat määrällisesti hyvin Puustisen ym. (2019) tuloksia, mitä selittää se, että molemmissa tutkimuksissa eroosio mallinettiin VIHMAlla.

Taulukko 7. Muokkausmenetelmien ja kasvipeitteisyyden osuudet (% pinta-alasta) sekä viljelypinta-alan muutos (% perusura 2018 pinta-alasta) eri skenaarioissa.

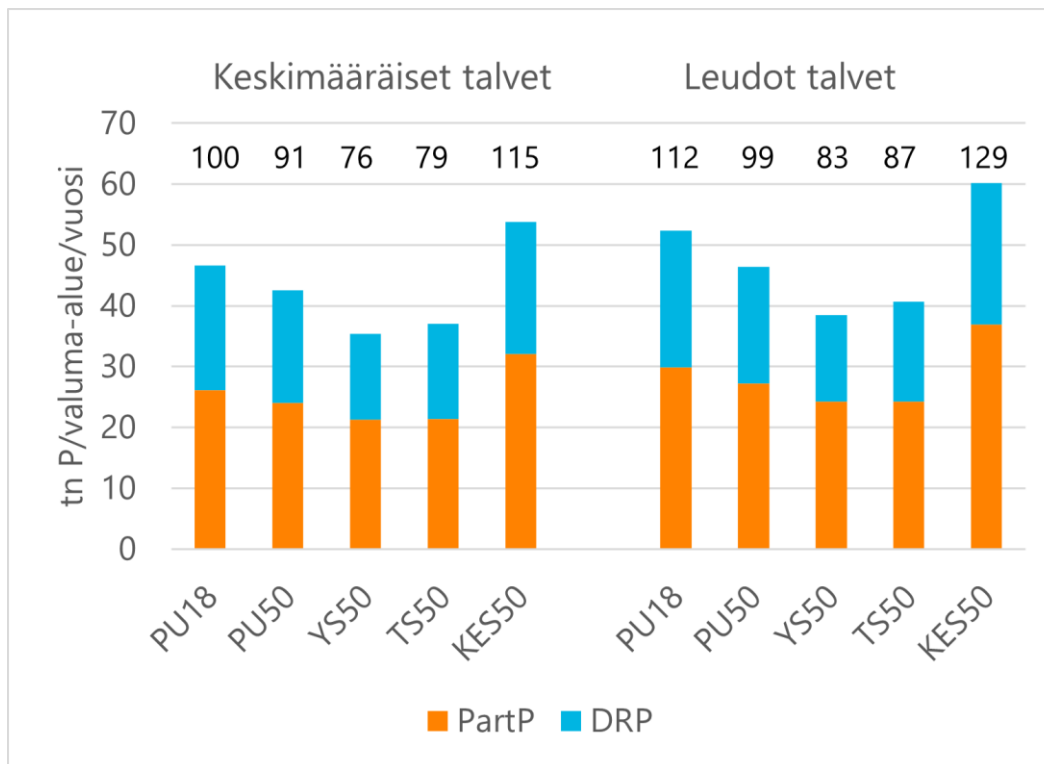
	Perusura 2018	Perusura 2050	Ympäristö-Suomi 2050	Terveys-Suomi 2050	Kotieläin-Suomi 2050
Summa	45 158	43 478	38 521	38 103	54 664
Normaali syys- kyntö	25	20	19	20	25
Perinteinen kyntö/kylvö	6	10	13	14	12
Kevennetty muokkaus	30	24	23	24	30
Suorakylvö	11	10	10	11	13
Nurmet	16	17	12	8	20
Kesanto	12	19	22	23	0
Viljelypinta- alan muutos %		-4	-15	-16	+21

Taulukko 8. Paimionjoen kaltaisen valuma-alueen vuotuinen eroosio keskimääräisinä talvina ja leutoina talvina laskettuna koko valuma-alueelle ja ominaiskuormituksena per hehtaari lähöttilanteessa (perusura 2018) ja eri skenaarioissa.

Talven tyyppi	Yksikkö	Perusura 2018	Perusura 2050	Ympäristö-Suomi 2050	Terveys-Suomi 2050	Kotieläin-Suomi 2050
Keskimääräiset	Ktn/va- luma- alue/v	18,21	15,89	14,46	14,34	22,55
Leudot talvet		21,29	18,41	16,80	16,68	26,45
Keskimääräiset	Kg/ha/v	403	379	371	386	420
Leudot talvet		471	439	431	449	493

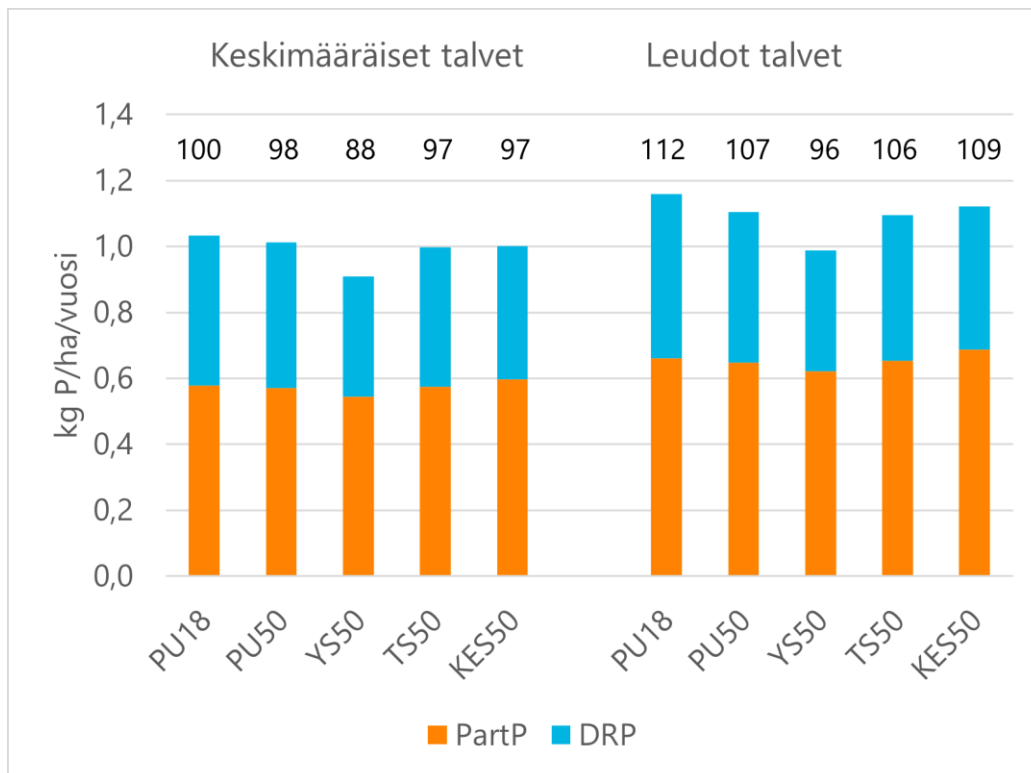
*Taulukon lukuihin eivät sisälly taustahuhtoman eikä maa- ja elintarviketalouden ulkopuolisen peltopinta-alan kuormitus.

Paimionjoen kaltaisen valuma-alueen kokonaisfosforikuormitus laskee vuoteen 2050 kaikissa skenaarioissa lukuun ottamatta Kotieläin-Suomea (Kuva 12). Terveys-Suomen ja Ympäristö-Suomen kuormitus oli alhaisin. Leudot talvet nostivat fosforikuormitusta vähiten Ympäristö-Suomi-skenaariossa ja eniten Kotieläin-Suomi-skenaariossa. Vuonna 2050 Ympäristö-Suomi-skenaariossa kokonaisfosforikuormitus on noin 65 % Kotieläin-Suomen kuormituksesta.



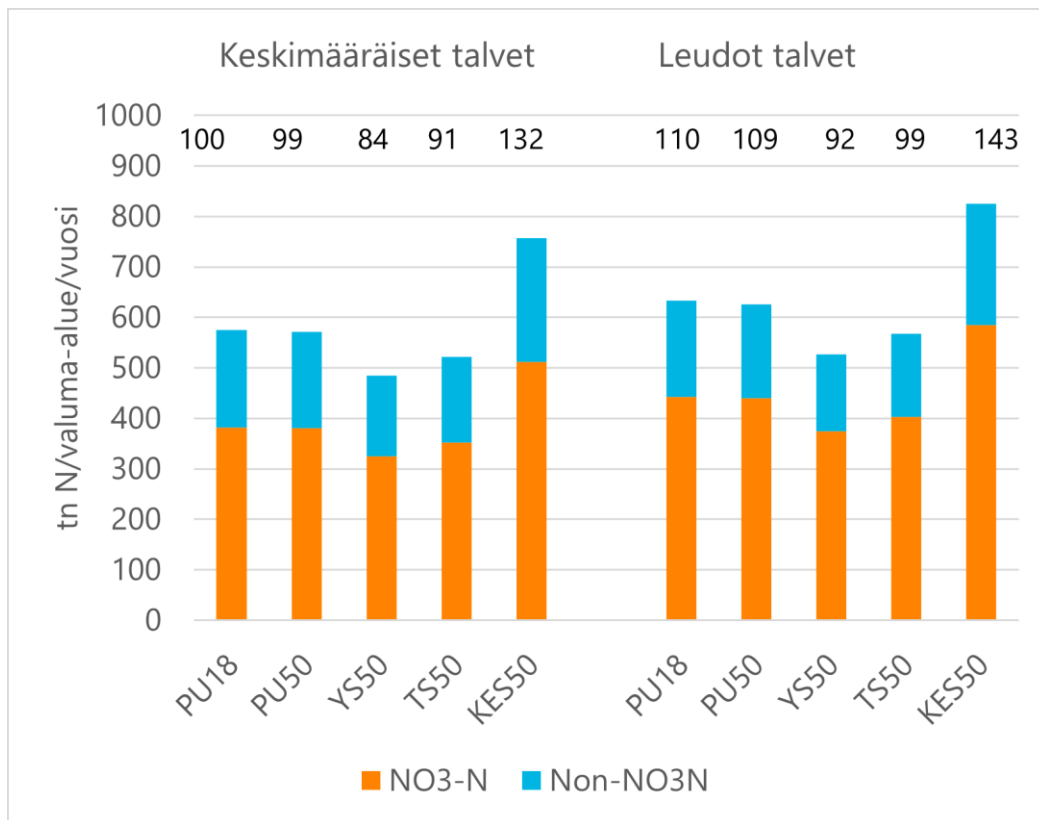
Kuva 12. Paimionjoen kaltaisen valuma-alueen fosforikuormitus eri skenaarioissa keskimääräisinä talvina ja leutoina talvina. Fosforihuuhtouma tn per valuma-alue per vuosi. PartP = partikkelifosfori, DRP = liuennut reaktiivinen fosfori. PU18 = perusura 2018 (lähtötilanne), PU50 = perusura 2050, YS50 = Ympäristö-Suomi 2050, TS50 = Terveys-Suomi 2050, KS50 = Koti-eläin-Suomi 2050. Suhdeluvut: 100 = PU18. Kuvan lukuihin eivät sisälly taustahuuhtoman eikä maa- ja elintarviketalouden ulkopuolisen peltopinta-alan kuormitus.

Vaihtelu ominaiskuormitusluvuissa (kg/ha) oli selvästi pienempää kuin kokonaiskuormituksessa (Kuva 13). Kokonaisfosforin ominaiskuormitusluku pysyi keskimääräisinä talvina tasolla noin 1 kg P/ha ja lauhoina talvina noin 1,1 kg P/ha, lukuun ottamatta Ympäristö-Suomea, missä ominaiskuormitus laski muihin verrattuna n. 10 %. Partikkeli-P:n ja DRP:n suhde pysyi skenaarioissa lähes yhdenmukaisena (0,39–0,44), mutta leutoina talvina Ympäristö-Suomi-skenaariossa suhde on aavistuksen matalampi (0,37). Tasoltaan ominaiskuormitus noin 1 kg P/ha/v on tyypillinen Suomen peltomaille (Puustinen ym. 2010, 2019).



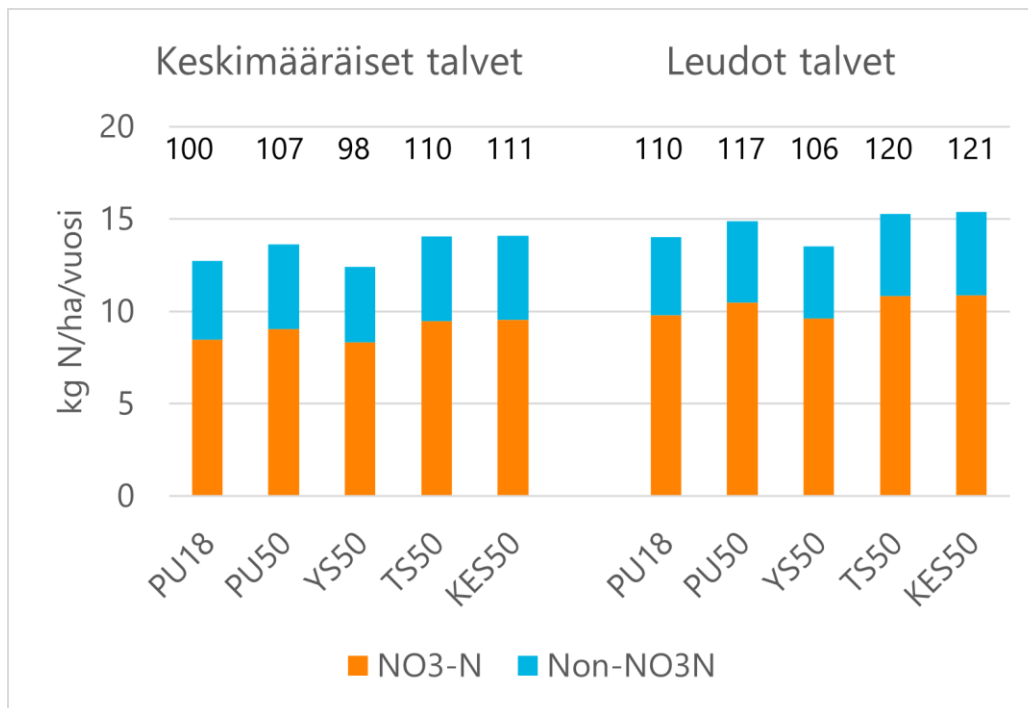
Kuva 13. Paimionjoen kaltaisen valuma-alueen hehtaarikohtainen fosforikuormitus eri skenaarioissa keskimääräisinä talvina ja leutoina talvina. Fosforihuuhtouma kg/ha/vuosi. PartP = partikkelifosfori, DRP = liennut reaktiivinen fosfori. PU18 = perusura 2018 (lähtötilanne), PU50 = perusura 2050, YS50 = Ympäristö-Suomi 2050, TS50 = Terveys-Suomi 2050, KS50 = Koti-eläin-Suomi 2050. Suhdeluvut: 100 = PU18. Kuvan lukuihin eivät sisälly taustahuuhtoman eikä maa- ja elintarviketalouden ulkopuolisen peltopinta-alan kuormitus.

Kokonaistypen kuormitus keskimääräisinä vuosina oli korkein Kotieläin-Suomi-skenaariossa ja pienin Ympäristö-Suomi-skenaariossa. (Kuva 14). Terveys-Suomi-skenaariossa oli noin 12 % suurempi kuormitus kuin Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Leutoina vuosina kaikkien skenaarioiden typpikuormitus suureni noin 10 %, ja eniten Kotieläin-Suomi- ja vähiten Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Vuoden leutoudesta riippumatta perusuran skenaarioissa ei ollut eroa vuoden 2018 ja 2050 välillä.



Kuva 14. Paimionjoen kaltaisen valuma-alueen typpekuormitus eri skenaarioissa keskimääräisinä talvina ja leutoina talvina. Typpihuuhtouma tn per valuma-alue per vuosi. NO₃-N = nitraattityppi, Non-NO₃N = ei nitraattityppi. PU18 = perusura 2018 (lähtötilanne), PU50 = perusura 2050, YS50 = Ympäristö-Suomi 2050, TS50 = Terveys-Suomi 2050, KS50 = Kotieläin-Suomi 2050. Suhdeluvut: 100 = PU18. Kuvan lukuihin eivät sisälly taustahuuhtoman eikä maa- ja elintarviketalouden ulkopuolisen peltopinta-alan kuormitus.

Kokonaistypen ominaiskuormitus vaihteli välillä 12,4–14,1 kg Ntot/ha/v (Kuva 15). Se oli korkein Kotieläin-Suomi-skenaariossa sekä Terveys-Suomi-skenaariossa ja vastaavasti pienin Ympäristö-Suomi-skenaariossa. Lukuun ottamatta Ympäristö-Suomi-skenaariota olivat kaikkien skenaarioiden ominaiskuormitukset korkeampia vuonna 2050 kuin perusuran vuoden 2018 ominaiskuormitus. Leudot talvet nostivat typen ominaiskuormitusta noin 10 % verrattuna keskimääräisiin talviin. Nitraattitypen osuus kokonaistypestä oli noin 67–68 % keskimääräisinä vuosina ja 71–72 % leutoina vuosina.



Kuva 15. Paimionjoen kaltaisen valuma-alueen tyypin ominaiskuormitus eri skenaarioissa keskimääräisinä talvina ja leutoina talvina. Typpihuuhtouma kg/ha/vuosi. NO₃-N = nitraattityppi, Non-NO₃N = ei nitraattityppi. PU18 = perusura 2018 (lähtötilanne), PU50 = perusura 2050, YS50 = Ympäristö-Suomi 2050, TS50 = Terveys-Suomi 2050, KS50 = Kotieläin-Suomi 2050. Suhdeluvut: 100 = PU18. Kuvan lukuihin eivät sisälly taustahuuhtoman eikä maa- ja elintarviketalouden ulkopuolisen peltopinta-alan kuormitus.

Saaristomeren rehevöitymisen kannalta valumavesien fosfori sekä typpi ovat molemmat merkittäviä (Kirkkala ym. 1999). VIHMAN mukaan ennustettu fosforin ominaiskuormitus oli suomalaisille peltomaille tyypillisellä tasolla: pienien valuma-alueiden kolmenkymmenen vuoden seuranta-aineistoihin perustuvat maatalouden kuormitusarvot ovat olleet 1,1 kg fosforia hehtaarilta vuodessa (Tattari ym. 2017). P-luku laskee hitaasti kuten oletettua. Myös eroosion osalta tulokset vastasivat määrällisesti hyvin Puustisen ym. (2019) tuloksia, mitä selittää se, että molemmissa tutkimuksissa eroosio mallinettiin VIHMAlla.

Tyypin osalta havaittu huuhtouma oli savimaan viljanviljelylle (tutkimusalueen hallitsevin peltonkäyttömuoto) tyypillinen 10–15 kg/ha/v (vrt 15 kg/ha/v, Tattari ym. 2017), mikä sopi suhteellisen hyvin yhteen myös havaitun typpitaseen kanssa (Salo & Turtola 2006, Valkama ym. 2013). Kummankin ravinteen osalta oli skenaarioiden välinen ero lauhojen vuosien ominaiskuormituksessa (Ympäristö-Suomi 2050/Kotieläin-Suomi 2050=0,88) selvästi pienempi kuin valuma-alueen kokonaiskuormituksessa (Ympäristö-Suomi 2050/Kotieläin-Suomi 2050 =0,64), mikä kuvastaa viljelypinta-alan merkitystä sekä N- että P-kuormituksen pääajurina verrattuna eri viljelytoimiin.

VIHMA-malli laskee fosforipäästöjä painottaen maan fosforipitoisuutta ja pellonkäyttömuotoa eikä huomioi laskennassa lannoituksen suoraa vaikutusta vesistökuormitukseen. Levitetyn fosforilannoitteen määrän ja muodon (väkilannoite vs. karjanlanta), sekä levityksen ajankohdan on kuitenkin havaittu vaikuttavan kuormitusriskiin nurmilla (Puustinen ym. 2019, NURMAP-malli, <https://maatalousinfo.luke.fi/fi/nurmenfosforihuuhtoumalaskuri>, Järvenranta & Virkajärvi 2020) ja voidaan olettaa vaikutuksen näkyvän myös yksivuotisten kasvien viljelyssä, varsinkin, kun ilmastonmuutos lisää syys- ja talvisateiden määrää. Kotieläin-Suomessa

eläinten määrä kasvaa huomattavasti ja sitä kautta myös lannanlevitys pelloille lisääntyy: lannan sisältämän typen määrä kasvaa perusuraan verrattuna 37 % ja fosforin määrä 57 %. Vaikka laskennallisesti lannan määrä pinta-alaa kohti säilyy ympäristöluvituksen vuoksi kohtuullisena, käytännössä kuormitukseen vaikuttaa myös se, miten lanta jaetaan tilan sisällä eri lohkoille. Tunnetusti lähinnä tilakeskusta sijaitsevilla lohkoilla on korkein fosforipitoisuus ja kauimpana sijaitsevilla lohkoilla pitoisuudet ovat matalampia. Näin ollen Kotieläin-Suomi-skenaariossa riski VIHMA-mallin ennustamaa suurempaan kuormituksen kasvuun on todellinen. Toisaalta paine lannan ravinteiden entistä tehokkaampaan hyödyntämiseen esim. erottamistekniikoiden avulla tuottaa todennäköisesti uusia innovaatiota lannankäsittelyyn ja lannoitusmenetelmiin. Vastaavasti Ympäristö-Suomessa lannan sisältämän typen määrä alenee 32 % ja fosforin määrä 57 % perusuraan 2018 verrattuna, mistä voidaan olettaa syntyvän VIHMAN arviota suuremman vesistöhyödyn. Terveys-Suomessa vesistöhyödyt lannan fosforin osalta jäävät selvästi Ympäristö-Suomea pienemmiksi, koska lannan fosforimäärä laskee selkeästi vähemmän kuin Ympäristö-Suomessa (42 %). Tämä johtunee siipikarjanlihan suosimisesta. Koska Perusuran 2018 ja 2050 välillä ei tapahdu suuria muutoksia lannan ravinteidenosalta, VIHMAN ennuste pitäneen hyvin paikkansa.

3.7.2. Yhteenveto ja johtopäätökset

Koko Suomen vesistökuormituksen osalta on merkittävää peltopinta-alan erilainen sijoittuminen Suomen sisällä: Etelä-Suomessa peltoa on paljon ja Pohjois-Suomessa hyvin vähän. Se, miten kuormitus näkyy vesistöissä, riippuu myös valuma-alueen koostumuksen lisäksi vastaanottavan vesistön ominaisuuksista.

Vesistökuormituksen osalta tarkastelu rajattiin Saaristomeren valuma-alueelle, jonka alueella maatalouden vaikutus on erityisen suuri. Skenaarioiden vaikutus Saaristomeren vesistökuormitukseen näkyy sekä fosfori- että typpikuormituksessa. Suurin ravinnekuormitus syntyy Kotieläin-Suomi-skenaariossa, pienin odotetusti Ympäristö-Suomessa. Tuotannon erot heijastuvat ennen kaikkea valuma-alueen viljelypinta-alan kautta, mutta todellisuudessa myös kasvilaji ja ravinnetaseet vaikuttavat kuormitukseen. Kotieläin-Suomessa viljelypinta-ala on selvästi suurempi kuin Ympäristö-Suomessa eikä peltoa kesannoida käytännössä lainkaan, koska peltopinta-ala tarvitaan rehuntuotantoon. Ympäristö-Suomessa ruoantuotanto suuntautuu kotimaan tarpeisiin ja näin ollen myös pinta-alan tarve on pienempi kuin Kotieläin-Suomessa, missä lihaa tuotetaan myös vientiin. Suurempi aktiivisessa viljelykäytössä oleva peltopinta-ala johtaa suoraan suurempaan ravinnepäästöihin. Peltojen ominaiskuormitus riippuu ravinnetaseita seurailevasta maan typpi- ja fosforipitoisuudesta sekä pellonkäytöstä. Fosforin osalta ravinnetase vaikuttaa maan pitoisuuteen hyvin hitaasti, joten mallinnuksessa skenaarioiden väliset erot fosforin ominaiskuormituksessa jäivät pieniksi. Ilmastonmuutos lisää leutojen talvien esiintymistä ja sitä kautta ravinnekuormitusta. Jos tuotannon kehitys jatkuu nykyisellään ilman mitään toimenpiteitä sekä fosforin että typen ominaiskuormitus kasvaa, mutta tämä kompensoituu viljelypinta-alan vähenemisellä ja näin ollen kokonaiskuormitus säilyy suurin piirtein ennallaan. Jos maan fosforipitoisuus on jo lähtökohtaisesti maltillisella tasolla ja ravinnetaseet lähellä nollaa tai vain hieman positiivisia, fosforikuormitukseen voidaan pitkälläkin aikavälillä vaikuttaa lähinnä viljelypinta-alan muutoksen kautta. Typpikuormitus sen sijaan reagoi herkemmin myös tuotantomuodon ja tuotannon tehokkuuden muuttamiseen.

Mallinnuksen tulosten tulkinnessa on otettava huomioon se, että tilastojen mukaan Suomessa oli vuonna 2018 käytössä maatalousmaata 2,27 Mha (Luke 2019). Tästä DREMFIA:n pellonkäyttömallinnus koskee lähtötilanteessa 2,04 Mha, koska mm. puutarhatalous ja hevos- ja lammastalous puuttuvat päämaataloussuuntiin keskittyvästä talousmallitarkastelusta (ks. Luku 2). DREMFIA laskee skenaarioiden mukaisen absoluuttisen peltopinta-alatarpeen.

Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella nimenomaan skenaarioiden välisiä kuormituseroja, ja siksi ylijäämäalaa ei sisällytetty VIHMAlla tehtyihin vesistökuormituslaskelmiin. Ylijäämäalan vaihtoehtoisia käyttömuotoja ja pinta-alaa on tarkasteltu luvussa 3.2.

Nyt esitetyt kuormitusarviot kuvaavat lähinnä skenaarioiden suhteellisia eroja eivätkä ole tarkkoja kuormituslukuja. VIHMA-mallinnuksen mukaan nimenomaan viljelty pinta-ala oli halvitseva kuormituksen määrän kannalta ja vaihtelu ominaiskuormitusluvuissa oli huomattavasti pienempää. Siksi ylijäämäpinta-alan merkitys todellisen kuormituksen osalta on merkittävä. Käytöstä pois jäävän pellon kuormitus on alussa sama kuin viljellyn pellon, mutta laskee fosforin osalta hitaasti ajan myötä kohti taustakuormituksen tasoa. Tätä kuvaa hyvin peltojen P-luvun hidaskasvu (Kuva 10a,b). Typen osalta muutos on nopeampi. Kotieläin-Suomi-skenaariossa riski VIHMA-mallin ennustamaa suurempaan vesistökuormituksen kasvuun on todellinen ja vastaavasti etenkin Ympäristö-Suomi- ja vähäisemmässä määrin Terveys-Suomi-skenaariossa hyödyt voisivat olla ennustettua suurempia.

3.8. Eri skenaarioiden vaikutus maatalousmaan biodiversiteettiin yleisesti

Terho Hyvönen

Maatalousmaan biodiversiteetti koostuu eri eliöryhmien lajiston monimuotoisuudesta, jotka elävät joko maatalousmaalla, niiden reuna-alueilla tai ympäröivässä luonnossa (Tiainen ym. 2004). Lajien menestyminen maatalousmaalla riippuu siitä, kuinka hyvin ne ovat sopeutuneet siellä tehtäviin viljelytoimenpiteisiin. Niinpä eri viljelykasvien hyöty lajiston monimuotoisuudelle vaihtelee ja määräytyy sen mukaan, kuinka hyvin eri eliöryhmien lajisto on sopeutunut viljelytoimenpiteisiin. Maanmuokkauksen toistuvuus ja muokkaussyvyys ovat keskeinen tekijä maaperäeliöstölle, erityisesti lieroille. Muokkaamattomuus edistää maaperälajiston monimuotoisuutta. Mesikasvien saatavuus on tärkeää pölyttäjähönteisille. Sopivien talvehtimispaikkojen saatavuus pientareilla edistää tuholaisten luontaisten vihollisten, maakiitäjäskovakuoriaisten, menestymistä. Maatalousympäristön linnut hyödyntävät monipuolisesti erilaisia elinympäristöjä (Tiainen & Seimola 2013). Tarkasteluissa olleiden viljelykasvien välillä on suuria eroja siinä, kuinka hyvin ne edistävät lajiston monimuotoisuutta (Hyvönen ym. 2020). Monimuotoisuuden kannalta parhaita ovat pitkäaikaiset viherkesannot, etenkin jos ne ovat ns. luonnonhoitopeltoja, joita ei lannoiteta ja jotka niitetään harvoin. Luonnonhoitopellot hyödyttävät erityisesti kasvi- ja päiväperhoslajiston monimuotoisuutta (Toivonen ym. 2022). Erilaisista nurmista säännöllisesti uudistettavat ja niitettävät, voimakkaasti kilpailevilla heinälajeilla perustetut säilörehunurmet ovat maanpäällisen monimuotoisuuden kannalta heikoin pellonkäyttömuoto, mutta ne edistävät maaperäeliöstön monimuotoisuutta. Yli 5-vuotiaiden nurmien luokkaan kuuluvat pellot vaihtelevat monimuotoisuusarvoltaan riippuen siitä onko niillä esimerkiksi pölyttäjähönteisiä houkuttelevia mesikasveja. Viljapelto ovat myös voimakkaasti kilpailevia kasvustoja, joilla menestyy vain tietty kasvilajisto (Salonen ym. 2011). Viljoista syysviljat ovat monimuotoisuudeltaan parempia kuin kevätiljat (Toivonen ym. 2022). Viljojen osalta luomuviljely lisää huomattavasti kasvilajiston monimuotoisuutta (Hyvönen ym. 2003). Luomuviljely oli kuitenkin tämän tarkastelun ulkopuolella. Öljykasvit eivät välttämättä poikkea juurikaan viljoista kasvilajiston monimuotoisuuden suhteen, mutta hyödyttävät erityisesti kimalaislajistoa (Toivonen ym. 2022). Intensiivisintä peltoviljelyä edustavat sokerijuurikas ja peruna, jotka ovat kasvilajiston monimuotoisuuden suhteen viljapeltojen alapuolella ja pölyttäjälajiston monimuotoisuuden suhteen samalla tasolla.

Skenaarioiden muutosten tulkinnassa keskeistä on viherkesannon alan muutokset, jolla on suurimmat vaikutukset indikaattorina käytettyyn perhosten lajimäärään perustuvaan indeksiin. Viherkesannon ala oli suurin Ympäristö- ja Terveys-Suomi-skenaarioissa. Ero oli huomattava erityisesti Kotieläin-Suomi-skenaariossa, jossa viherkesannon ala oli kaikkein pienin ja perhosten monimuotoisuutta heikosti edistävän säilörehunurmen ala puolestaan suurin. Kotieläin-Suomi-skenaariossa pölyttäjien monimuotoisuuden kannalta positiivista oli muita skenaarioita suurempi öljykasvien viljelypinta-ala. Eloperäiset vs. mineraalimaat -tarkastelu ei ole lajiston monimuotoisuuden kannalta niin keskeinen kuin kasvihuonekaasupäästöjen kohdalla. Tosin kuiville mineraalimaille perustetut pitkäaikaiset luonnonhoitopellot tai viherkesannot voivat parhaimmillaan muistuttaa kuivia niittyjä ja ketoja, jotka voisivat osaltaan kompensoida näiden uhanalaistuneiden elinympäristöjen katoa.

Tarkastelun ulkopuolelle jäi jo aiemmin mainittu luomuviljely, jolla on merkitystä erityisesti viljapeltojen lajiston monimuotoisuuteen. Laidunnusta ei myöskään tarkastelu erikseen. Laidunnuksella on potentiaalisesti hyvin suuri merkitys useiden eliöryhmien lajiston monimuotoisuuden kannalta (Tiainen ym. 2020). Metsä- ja rantalaidunnuksen avulla voidaan pitää avoinna umpeen kasvavia elinympäristöjä, joilta tavataan uhanalaisia kasvi- ja hyönteislajeja (Hyvärinen ym. 2019). Nykyisin näiden alueiden hoito on paljolti erillisen perinnebiotooppien hoitosopimusten varassa. Yksi karjatalouteen liittyvä monimuotoisuushaaste onkin saada näiden alueiden hoito osaksi tuottavaa karjataloutta. Pihapiirin linnusto (esim. pääskyt ja kottarainen) hyötyy myös laitumista ja laiduntavista naudoista tarjoamalla elinympäristön ruokailuun ja lisäämällä hyönteisravinnon määrää (Tiainen ym. 2020). Maaperäeliöstölle nurmikierto on hyödyllinen lisäämällä orgaanisen aineksen määrää maaperässä. Maisematasolla lajiston monimuotoisuudelle on tärkeää sekä viljelykasvien monimuotoisuus että maisemarakenne (Tscharntke ym. 2021). Skenaarioissa, joissa yksi viljelykasvi saa paljon viljelypinta-alaa, maisema yksipuolistuu viljelyn osalta, mikä voi heijastua lajiston yksipuolistumiseen. Näissä tapauksissa monimuotoisuutta voidaan lisätä erityisin monimuotoisuutta edistävien toimenpitein, kuten monimuotoisuuskaistojen avulla (Korpela ym. 2013).

3.9. Viitteet

- Ekholm, P., Turtola, E., Grönroos, J., Seuri, P. & Ylivainio, K. 2005. Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 110: 266–278.
- Hynönen, T. & Hytönen, J. 1998. Pellosta metsäksi. Metsälehti Kustannus, Metsäntutkimuslaitos. Pihlaja-sarja 1. 152 s.
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kempainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.
- Hyvönen, T., Ketoja, E., Salonen, J., Jalli, H. & Tiainen, J. 2003. Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97: 131–149.
- Hyvönen, T., Miettinen, A., Hietaranta, E., Karttunen, K. & Valkama, P. 2021. 4.4. Tavoite 4: Maatalousmaa, jolla hyvin monimuotoisia maisemapiirteitä. Teoksessa: Arvio EU:n biodiversiteettistrategian 2030 vaikutuksista Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 75/2021: 139–147.

- Hyvönen, T., Heliölä, J., Koikkalainen, K., Kuussaari, M., Lemola, R., Miettinen, A., Rankinen, K., Regina, K. & Turtola, E. 2020. Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO): Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2020: 76 s.
- IPCC 2013. Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Teoksessa: Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. & Troxler, T.G. (toim.). Published: IPCC, Switzerland.
- Järvenranta, K. & Virkajärvi, P. 2020. The effect of spring melt conditions on phosphorus losses in surface runoff from grassland fertilised with mineral P or slurry. Teoksessa: Meeting the future demands for grassland production. Proceedings of 28th General Meeting of the European Grassland Federation Helsinki, Finland 2020. Teoksessa: Virkajärvi, P., Hakala, K., Hakojärvi, M., Helin, J., Herzon, I., Jokela, V., Peltonen, S., Rinne, M., Seppänen, M. & Uusi-Kämppeä, J. (toim.). Grassland Science in Europe 25: 433–435.
- Kekkonen, H., Ojanen, H., Haakana, M., Latukka, A. & Regina, K. 2019. Mapping of cultivated organic soils for targeting greenhouse gas mitigation. Carbon Management 10: 115–126.
- Kirkkala, T., Helminen, H. & Erkkilä, A. 1998. Variability of nutrient limitation in the Archipelago Sea, SW Finland. Teoksessa: Tamminen, T. & Kuosa, H. (toim.). Eutrophication in Planktonic Ecosystems: Food Web Dynamics and Elemental Cycling. Developments in Hydrobiology, vol 127. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1493-8_9.
- Korpela, E.-L., Hyvönen, T., Lindgren, S. & Kuussaari, M. 2013. Can pollination services, biodiversity and conservation be simultaneously promoted by sown wildflower strips on farmland? Agriculture, Ecosystems and Environment 179: 18–24.
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkonen, P., Rätty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinne, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A. & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 121 s.
- Lehtonen, H., Huan-Niemi, E. & Niemi, J. 2022. The transition of agriculture to low carbon pathways with regional distributive impacts. Environmental Innovation and Societal Transitions 44: 1–13.
- Lemola R. 2022. Suullinen tiedonanto 29.11.2022.
- Lång, K., Aro, L., Assmuth, A., Haltia, E., Hellsten, S., Larmola, T., Lempinen, H., Lindfors, L., Lohila, A., Miettinen, A., Minkkinen, K., Nieminen, M., Ollikainen, M., Ojanen, P., Sarkkola, S., Sorvali, J., Seppälä, J., Tolvanen, A., Vainio, A., Wall, A. & Vesala, T. 2022. Turvemaiden käytön vaihtoehdot hiilineutraalissa Suomessa. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2022. 85 s. <https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2022/04/ilmastopaneelin-raportti-2-2022-turvemaiden-kayton-vaihtoehdot-hiilineutraalissa-suomessa.pdf>

- Maanavilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Ollila, P., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035: Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021 63: 102 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-263-3>
- MMM 2021. Hallitus hyväksyi Suomen CAP-suunnitelman - esitys lähtee Euroopan komission käsittelyyn. Maa- ja metsätalousministeriön tiedote 16.12. 2021. https://mmm.fi/-/hallitus-hyvakysi-suomen-cap-suunnitelman-esitys-lahtee-euroopan-komission-kasittelyyn?languaged=fi_FI.
- Myllys, M., Huhta, H., Partala, A., Virkajärvi, P. & Turtola, E. 2020. Nurmen viljely vähentää turvepellon ravinnehuhtoumia. Teoksessa: Puhakainen, T. & Jokela, V. Maataloustieteen päivät 2020. Esitelmä- ja posteritiivistelmät p 28.
- Peltovuori T. 2006. Phosphorus in agricultural soils of Finland – characterization of reserves and retention in mineral soils. Doctoral dissertation, Univ. Helsinki, Finland, 69 s.
- Puustinen, M., Turtola, E., Kukkonen, M., Koskiaho, J., Linjama, J., Niinioja, R. & Tattari, S. 2010. VIHMA - A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. Agriculture, Ecosystems and Environment 138: 306–317.
- Puustinen, M., Tattari, S., Väisänen, S., Virkajärvi, P., Rätty, M., Järvenranta, K., Koskiaho, J., Röman, E., Sammalkorpi, I., Uusitalo, R., Lemola, R., Uusi-Kämppe, J., Lepistö, A., Hjerpe, T., Riihimäki, J. & Ruuhijärvi, J. 2019. Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan. KiertoVesi-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22/2019.
- Saarinen, M., Kaljonen, M., Niemi, J., Antikainen, R., Hakala, K., Hartikainen, H., Heikkinen, J., Joensuu, K., Lehtonen, H., Mattila, T., Nisonen, S., Ketoja, E., Knuuttila, M., Regina, K., Rikkinen, P., Seppälä, J. & Varho, V. 2019. Ruokavaliomuutoksen vaikutukset ja muutosta tukevat politiikkayhdistelmät: RuokaMinimi-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019: 47. 157 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-773-4>
- Salo, T. & Turtola, E. 2006. Nitrogen balance as an indicator of nitrogen leaching in Finland., Agriculture, Ecosystems and Environment 113: 98–107.
- Salonen, J., Hyvönen, T. & Jalli, H. 2011. Composition of weed flora in spring cereals in Finland – a fourth survey. Agricultural and Food Science 20: 245–261.
- Tattari, S., Koskiaho, J., Kosunen, M., Lepistö, A., Linjama, J. & Puustinen, M. 2017. Nutrient loads from agricultural and forested areas in Finland from 1981 up to 2010. Environmental Monitoring and Assessment 189: 95, 25 p.
- Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.) 2004. Elämää pellossa – Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. - Edita Publishing Oy, Helsinki, 366 s.
- Tiainen, J., Hyvönen, T., Hagner, M., Huusela-Veistola, E., Louhi, P., Miettinen, A., Nieminen, T., Palojarvi, A., Seimola, T., Taimisto, P. & Virkajärvi, P. 2020. Biodiversity in intensive and extensive grasslands in Finland: the impacts of spatial and temporal changes of agricultural land use. Agricultural and Food Science 29: 68–97.

- Tiainen, J. & Seimola, T. 2013. Maatalousympäristön linnuston habitaattien välinen vaihtelu. Linnut-vuosikirja 72–79.
- Toivonen, M., Huusela, E., Hyvönen, T., Marjamäki, P., Järvinen, A. & Kuussaari, M. 2022. Effects of crop type and production method on arable biodiversity in boreal farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 337: 108061.
- Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T.C., Westphal, C. & Batáry, P. 2021. Beyond organic farming – harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in Ecology & Evolution* 36: 919–930.
- Uusitalo, R., Ylivainio, K., Turtola, E. & Kangas, A. 2007. Accumulation and translocation of sparingly soluble manure phosphorus in different types of soils after long-term excessive inputs. *Agricultural and Food Science* 16: 317–331.
- Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Valkama, E., Ketoja, E., Vaahtoranta, A., Virkajärvi, P., Grönroos, J., Lemola, R., Ylivainio, K., Rasa, K. & Turtola, E. 2016. A simple dynamic model of soil test phosphorus responses to phosphorus balances. *Journal of Environmental Quality* 45: 977–983.
- Valkama, E., Salo, T., Esala, M. & Turtola, E. 2013. Nitrogen balances and yields of spring cereals as affected by nitrogen fertilization in northern conditions: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164: 1–13.
- Viitala, E.-J., Assmuth, A., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Mutanen, A., Wall, A., Wejberg, H. & Lehtonen, H. 2022. Maa- ja metsätalouden kannustinjärjestelmien ilmastovaikutukset. 99 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-388-6>
- Vuorinen, J. & Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeological Publications* 63: 1–44.
- Yli-Halla, M., Hartikainen, H., Ekholm, P., Turtola, E., Puustinen, M. & Kallio, K. 1995. Assessment of soluble phosphorus load in surface runoff by soil analyses. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 56: 53–62.

4. Nautakarjatuotteiden viennin ja tuonnin muutosten osalta skenaarioiden vaikutukset globaalisti ilmastovaikutukseen, vesijalanjälkeen, luonnon monimuotoisuuteen, happamoitumiseen ja rehevöitymiseen

Katri Joensuu¹, Sanna Hietala² ja Kirsi Usva³

¹ Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

² Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulu

³ Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Tässä luvussa käsitellään tarkennetusti suomalaisten nautakarjatuotteiden sekä Suomeen tuotujen nautakarjatuotteiden ympäristövaikutuksia. Vaikutuksia tarkastellaan nykytilanteessa, eli suoraa linkitystä skenaariomalleihin ei ole. Naudanlihan tuonnin ja viennin määrät eri skenaarioissa on avattu luvussa 2. Toisena tavoitteena oli tarkastella käytettävissä olevia menetelmiä ja niiden käyttökelpoisuutta.

Asiasanat: naudanlihantuotanto, tuontiliha, ilmastovaikutus, vesijalanjälki, biodiversiteetti, happamoituminen, rehevöityminen

4.1. Johdanto

Suomalaisen naudanlihan ympäristövaikutuksista on aiemmissa tutkimuksissa arvioitu ilmastovaikutusta, happamoittavia sekä rehevöittäviä vaikutuksia (Hietala ym. 2021). Suomalaisesta naudanlihasta valtaosa tulee maidontuotannon ohessa syntyvistä jälkeläisistä, jotka kasvatetaan lihatuotantoon. Erityisesti maitorotuisilla sonneilla on erityisasema suomalaisessa lihan tuotannossa. Maitorotuisen lihan osuus koko suomalaisen naudanlihan tuotannosta on 83 %. Tästä sonnivasikoiden osuus on 60 %, poistettujen lypsylehmien osuus 32 % ja hiehovasikoiden osuus 8 %. Vastaavasti liharotuisen tuotannon osuus koko suomalaisen naudanlihan tuotannosta on 17 %. Tästä sonnivasikoiden osuus on 56 %, emolehmien 25 % ja hiehovasikoiden osuus 19 %. Aiemman tutkimuksen (Hietala ym. 2021) tuottamia tietoja kotimaisesta naudanlihantuotannosta käytettiin tässä tutkimuksessa, kun arvioitiin vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen sekä vesiniukkuuteen (Liite 1).

4.2. Naudanlihan tuonti

Naudanlihaa tuotiin Suomeen 16 milj. kg vuonna 2019. Kotimaisesta kulutuksesta tämän osuus on noin 22 %. Suomessa kulutetun tuontinaudanlihan ympäristövaikutusten arviointia varten tunnistettiin tärkeimmät tuontimaat vuodelta 2019. Luonnonvarakeskuksen (Luke) tuontitilastojen perusteella arvioitiin tuontimäärien kuukausittaisen vaihtelun perusteella kolme erilaista kuukautta lähempään tarkasteluun (Luonnonvarakeskus 2022a). Tarkastelulla haluttiin selvittää, ovatko Luonnonvarakeskuksen tuontimaat ja Ruokaviraston keräämä tieto tuontilihan alkuperämaista toisiaan vastaavia. Ruokavirastolta hankittu aineisto sisälsi helmi-, touko- ja lokakuussa 2019 Suomeen sisämarkkinoilta tuodut ja Ruokavirastolle ilmoitetut

nautaelintarvikkeet sellaisena, kuin ne on Ruokavirastoon ilmoitettu. Tuonti- ja kauttakulku- maiden sekä alkuperämaiden tarkasteluun sisällytettiin Ruokavirastolle ilmoitettavien elintarvikkeiden nautatuotekategoriat. Eri kategorioiden osuudet tuonnista on esitetty tuontinauta- tuotteiden osalta taulukossa 1. Suurimmat tuotekategoriat tuontinaudanlihan osalta olivat si- ten tuore naudanliha ja jauheliha sekä pakastettu naudanliha ja jauheliha.

Taulukko 1. Ruokavirastolle ilmoitettavien elintarvikkeiden tuonti kategorioittain vuonna 2019 (Ruokaviraston aineisto).

	Helmikuu 2019	Toukokuu 2019	Lokakuu 2019
Naudanliha ja -jauheliha, tuore	42 %	46 %	47 %
Naudanliha ja -jauheliha, pakaste	26 %	23 %	27 %
Naudanliha MSM, tuore	0 %	0 %	0 %
Naudanliha MSM, pakaste	1 %	1 %	1 %
Naudanliha, raakalihavalmiste	9 %	13 %	7 %
Naudanliha, lihavalmiste	6 %	4 %	4 %
Nauta, muut teuraseläimistä saadut tuotteet	17 %	13 %	14 %

Ruokaviraston aineiston perusteella tarkasteltiin myös naudanlihan tuonnin kauttakulkumaita ja näiden osuuksia eri tuontimaista tulevan naudanlihan osuudesta (Taulukko 2). Helmikuun 2019 osalta toisen maan kautta tuotavaa naudanlihaa oli noin 8 % kokonaistuonnista. Tästä suurin osa oli saksalaista alkuperää (3,4 %), ja sitä tuotiin Ruotsin, Ranskan, Hollannin ja Viron kautta. Pienemmillä osuuksilla (0,8–0,6 %) tuotiin toisten maiden kautta australialaista, liettu- alaista ja irlantilaisista naudanlihaa. Lopun toisen maan kautta tulevan naudanlihan (0,4–0,1 %) alkuperämaat olivat Suomi, Uusi-Seelanti, Yhdysvallat, Hollanti, Puola, Brasilia, Uruguay, Lat- via, Paraguay, Itävalta ja Argentiina. Vastaavasti toukokuun osalta merkittävin määrä toisen maan kautta tuodusta naudanlihasta oli saksalaista alkuperää (1,2 %) ja hieman pienemmällä osuudella (0,8 %) tuotiin australialaista lihaa. Muiden maiden osalta yksittäisten maiden osuu- det tuontilihasta olivat alle 0,5 % ja maat olivat samoja kuin helmikuussa. Lokakuun osalta toi- sen maan kautta tulevan lihan osuus oli merkittävämpää kuin muina tarkasteltuina kuukausina (26 %). Huomattava osuus toisen maan kautta tuodusta tuontilihasta tuli lokakuussa Puolasta (8,3 %). Toiseksi suurin osa oli alkuperältään tuntematonta (8,15 %). Tässä vertailussa tämän tuntematonta alkuperää olevan tuontilihan alkuperäksi oletettiin kyseisen kuun tuontilihan muu jakauma. Myös ruotsalaisen ja saksalaisen naudanlihan tuonti oli lokakuussa suurempaa toisen maan kautta kuin muina tarkastelun kuukausina (3,1 % ja 2,4 % tuontilihasta). Muilta osin lokakuun tuonti kauttakulkumaiden kautta oli muiden tarkasteltujen kuukausien kaltai- nen.

Näiden kolmen tarkastellun tuontikuukauden painotettujen keskiarvojen perusteella 85,7 % tuontilihasta tuli suoraan alkuperämaasta ja 14,3 % toisen maan kautta. Ruokaviraston aineis- ton osalta huomioitiin eri maiden osuudeksi alkuperämaan mukaiset osuudet siten, että toi- sen maan kautta tuotu liha laskettiin tuotantomaa osuuteen eikä tuontimaan osuuteen (Tau- lukko 2).

Taulukko 2. Naudanlihan tuonti suoraan alkuperämaista ja toisen maan kautta vuonna 2019.

	Helmikuu 2019		Toukokuu 2019		Lokakuu 2019	
	kg	%	kg	%	kg	%
Tuotua lihaa ja lihatuotteita, kg	1 686 377		2 357 578		2 088 946	
Suoraan alkuperämaasta	1 546 827	92	2 166 852	92	1 543 267	74
Toisen maan kautta	139 549	8	190 726	8	545 678	26

Ruokaviraston aineistoa verrattiin Luken tilastoon naudanlihantuonnista. Ruokaviraston tilastojen osalta tarkasteluun sisällytettiin nautatuotekategoriat lukuun ottamatta kategoriaa "Nauta, muut teuraseläimistä saadut tuotteet". Näiden tilastolähteiden välillä oli pieniä eroja eri maiden osuuksissa, mutta kuusi tärkeintä tuontimaata olivat molempien perusteella samat eli Puola, Liettua, Saksa, Alankomaat, Tanska ja Ruotsi (Taulukko 3).

Taulukko 3. Tärkeimpien tuontimaiden ja -alueiden osuudet tuontinaudanlihasta.

Tuontimaa	Luken tilasto		Ruokaviraston tilasto				
	Keskiarvo	Painotettu keskiarvo	Helmi-kuu	Touko-kuu	Loka-kuu	Painotettu keskiarvo	Tarkempi alue
Suurimmat yksittäiset maat							
Saksa	15 %	15 %	29 %	44 %	24 %	33 %	
Puola	35 %	35 %	23 %	22 %	23 %	23 %	
Tanska	6 %	6 %	19 %	11 %	18 %	15 %	
Liettua	20 %	20 %	10 %	4 %	4 %	5 %	
Alankomaat	9 %	9 %	7 %	4 %	5 %	5 %	
Ruotsi	4 %	4 %	3 %	4 %	8 %	5 %	
Yhteensä	89 %	90 %	91 %	89 %	82 %	87 %	
Muut alueittain							
EU	5 %	5 %	6 %	7 %	11 %	8 %	Irlanti ja Viro
Australia/Uusi-Seelanti	2 %	2 %	1 %	1 %	2 %	2 %	Australia
Etelä-Amerikka	3 %	3 %	1 %	1 %	3 %	1 %	Uruguay ja Brasilia
Pohjois-Amerikka	0 %	0 %	1 %	0 %	1 %	1 %	USA
Aasia	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	Kiina
Yhteensä	11 %	10 %	9 %	11 %	17 %	12 %	

Tärkeimmät tuotantoalueet ja eläintyypit (maito- tai liharotu) tunnistettiin kirjallisuustietojen ja Eurostatin tilastojen pohjalta. Kuudessa tärkeimmässä tuontimaassa naudanlihantuotanto perustui pääasiassa maitorotuisiin eläimiin. Tässä arvioinnissa tuontinaudanlihan oletettiin olevan keskimääräistä tai tyyppillisintä kyseisen maan tuotantoa vastaavaa.

Tuontimaiden naudanlihasta ei ollut saatavilla yksityiskohtaista tietoa siitä, onko tuontitavaraksi myyty naudanliha tyyppillistä maassa tuotettua lihaa eli kuuden suurimman tuojamaan osalta maitorotuisista karjoista. Monimuotoisuus- ja vesiniukkuusvaikutukset ovat paikka- sidonnaisia ja niiden osalta rehuntuotantoalue on erityisen tärkeä. Tässä arvioinnissa on tehty oletus, että naudanlihan tuotannossa käytetty soijarehu on peräisin Argentiinasta ja kaikki muut rehut on kasvatettu siinä maassa, mihin eläintuotantokin sijoittuu.

4.3. Suomalaisen naudanlihan sekä tuontinaudanlihan vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen

Elinkaariarviointiin soveltuvia monimuotoisuusvaikutusten arviointimenetelmiä on kehitetty runsaasti, mutta mikään niistä ei tällä hetkellä pysty ottamaan huomioon monimuotoisuuden kaikkia osa-alueita aiheen monitahoisuuden takia. UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (Frischknecht & Jolliet 2016) on suositellut Chaudharyn ym. (2015) kehittämää menetelmää. Menetelmä kuvaa lajien potentiaalista häviämistä (potentially disappeared fraction of species, PDF) maankäytön ja maankäytön muutoksen vaikutuksesta. Menetelmä ottaa huomioon maapinta-alan käytön, intensiteetin ja maantieteellisen sijainnin. Lajien häviämisen todennäköisyys perustuu niiden maantieteelliseen jakaumaan ja kunkin lajin uhanalaisuuteen. Vaikutuskertoimet lajien häviämiseksi esitetään alueellisella ja globaalilla tasolla 804 kasvillisuusvyöhykkeelle (ecoregion) sekä valtioille ja globaaleina keskiarvioina. Maankäytön intensiteettiä kuvaavat kuusi maankäyttötyyppiä: hoidetut metsät (intensiivinen ja laajaperäinen metsänhoito), plantaasit, laitumet, muu viljelysmaa ja rakennettu ympäristö.

FAO LEAPin (2020) tuoreemmassa ohjeistuksessa kotieläintuotannon biologisen monimuotoisuuden vaikutusten kvantitatiiviseen arviointiin suositellaan päivitettyä versiota Chaudharyn menetelmästä: Chaudhary & Brooks (2018), jossa määritellään maankäytön intensiteetti tarkemmin kolmella intensiteettitasolla (vähäinen, kevyt ja intensiivinen käyttö) kullekin maankäyttötyypille. Molemmat yllä mainituista menetelmistä huomioivat kuitenkin vain vaikutukset lajirunsauteen, vaikka luonnon monimuotoisuudella on muitakin tasoja. UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (2016) suosittelee myös Coelho & Michelsen (2014) menetelmää, joka keskittyy biodiversiteetin kannalta tärkeiden ympäristöolosuhteiden muutoksiin ekosysteemitasolla.

Tässä hankkeessa kotimaisen ja tuontinaudanlihan tuotannon vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen arvioitiin kahden yllä mainitun menetelmän avulla (Chaudhary & Brooks 2018 ja Coelho & Michelsen 2014). Laskentaa varten tarvittiin molempia menetelmiä varten tiedot:

1. Maan käytön pinta-ala (m²) joka tarvitaan tarkasteltavan tuotteen (esim. naudanliha) tuotantoon
2. Maankäytön tyyppi (laidun ja viljelykierrossa oleva peltoala)
3. Maankäytön maantieteellinen sijainti kasvillisuusvyöhykkeen tasolla (WWF 2020a)

Lisäksi Chaudhary & Brooks (2018) menetelmää varten tarvittiin mahdollinen maankäytön muutoksen pinta-ala (m²) ja Coelho & Michelsen (2014) menetelmää varten kasvillisuusvyöhykkeen suojelustatus, asteikolla 1–3 ja kokonaispinta-ala (WWF wildfinder-tietopankki, WWF 2020b).

Naudanlihan tuotantoon tarvittava maapinta-ala tuontimaissa arvioitiin saatavilla olevan kirjallisuuden perusteella. Tietolähteiksi valittiin kustakin tuontimaasta viimeisin julkaisu, joka tarjosi riittävän yksityiskohtaisia maankäyttötietoja (mukaan lukien maantieteellinen alue, jolla maankäyttö sijaitsee sekä laitumena ja viljelykierrossa olevan maan osuudet erikseen) (Taulukko 4). Ensisijaisesti käytettiin julkaisuja, jotka käsittelivät tuotantoa kunkin maan tärkeimmällä tuotantoalueella ja tärkeintä eläintyyppiä. Puolan, Liettuan, Alankomaiden ja muut EU-maat -ryhmän osalta riittävän edustavia LCA-julkaisuja ei ollut saatavilla, joten niiden osalta käytettiin Nguyenin ym. (2010) keskimääräiselle EU-alueen tuotannolle laskemia maankäyttö-arvioita.

Taulukko 4. Naudanlihantuotannossa käytetty rehuntuotantoala, m²/kg teuraspainoa.

	Keskiarvo			Min		Max		Lähde
	Laidun	Viljelykierrossa olevat kasvit	Tuontisoijaa*	Laidun	Viljelykierrossa olevat kasvit	Laidun	Viljelykierrossa olevat kasvit	
Suomi	3	24	-	0,1	10	22	38	Hietala ym. 2021
Suurimmat yksittäiset tuontimaat								
Saksa	0	35	2	0	25	0	46	Zehetmeier ym. 2014
Puola	7	12	2	0	17	37	6	Nguyen ym. 2010
Tanska	11	18	1	0	13	142	15	Mogensen ym. 2015
Liettua	7	12	2	0	17	37	6	Nguyen ym. 2010
Alankomaat	1	16	4	0	17	37	6	Nguyen ym. 2010
Ruotsi	30	14	-	17	14	52	13	Hessle ym. (2017)
Muut alueittain								
EU muu	14	10	2	0	17	37	6	Nguyen ym. (2010)
Australia/Uusi-Seelanti	136	8	-	107	0	192	10	Ridoutt ym. (2014)
Etelä-Amerikka	189	1	-	42	0	470	0	Dick ym. (2015), Cardoso ym. (2016)
Pohjois-Amerikka	33	40	-	0	55	99	0	Capper ym. (2012)
Aasia (Kiina)	55	5	-	47	5	429	2	Gerssen-Gondelach ym. (2017)

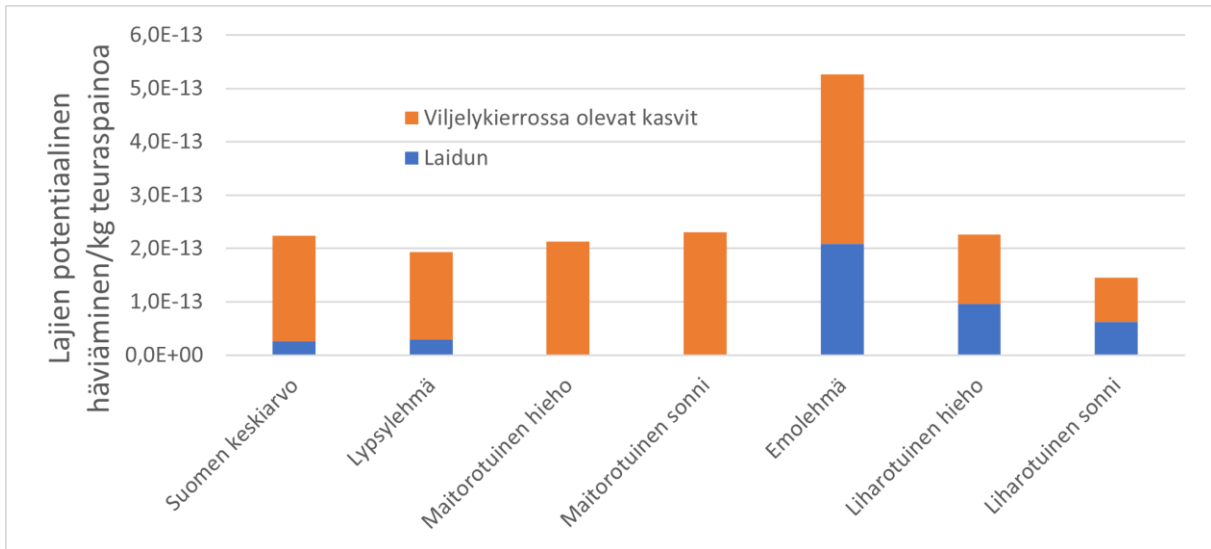
*sisältyy 'viljelykierrossa olevat kasvit'-kokonaispinta-alaan.

Suurin osa rehunviljelyssä käytetystä maapinta-alasta sijaitsi samalla alueella tai ainakin samassa maassa kuin itse naudanlihantuotanto, mutta monissa maissa ruokintaan käytettiin myös soijapohjaista rehua, joka oletettavasti oli peräisin Argentiinasta (Nguyen ym. 2010). Etelä-Amerikassa (Dick ym. 2015, Cardoso ym. 2016) ja Kiinassa (Gerssen-Gondelach ym. 2017) rehuntuotannon oletettiin aiheuttavan suoraa maankäytön muutosta, mutta ei ollut selvää, kuinka suurta osuutta viljelyalasta maankäytönmuutos koski, joten osuuden oletettiin olevan 50 % maankäyttöalasta. Pinta-alatietoihin sisältyvä hajonta huomioitiin laskennassa

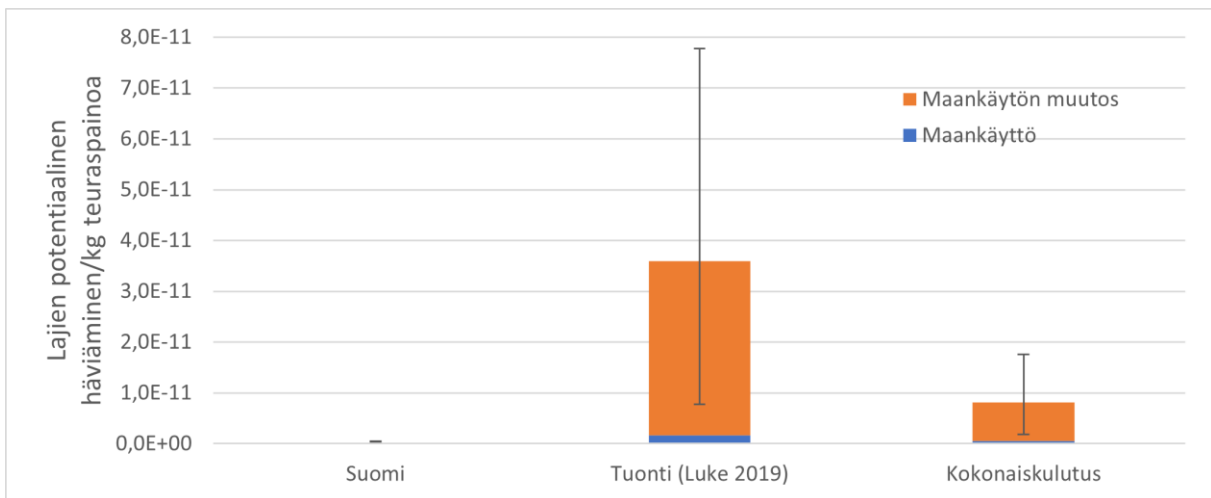
huomioimalla keskimääräisten pinta-alojen lisäksi tietolähteissä ilmoitetut minimi- ja maksimiarviot (Taulukko 4).

4.4. Tulokset/monimuotoisuus

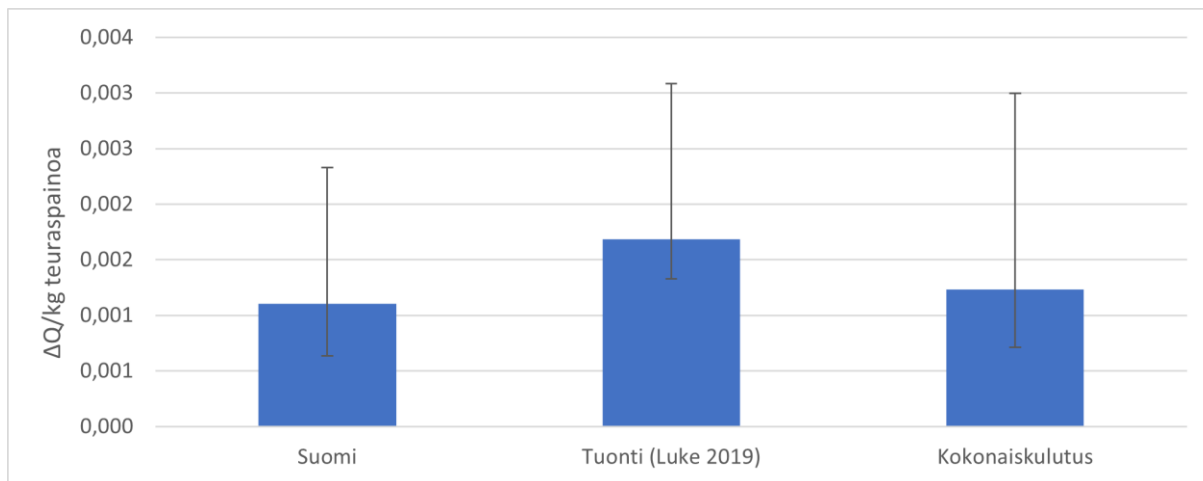
Suomalaisessa naudanlihantuotannossa monimuotoisuusvaikutus oli suurin emolehmien lihallalla (Kuva 1). Kokonaisuudessaan suomalaisen naudanlihantuotannon vaikutus oli kuitenkin suhteellisen pieni tuontinaudanlihaan verrattuna laskettuna Chaudhary & Brooks (2018) menetelmällä (Kuva 2). Kuitenkin Coelho & Michelsenin (2014) menetelmällä arvioituna suomalaisen ja tuontinaudanlihantuotannon vaikutuksilla ei ollut selkeää eroa, kun lähtötietojen vaihtelu otettiin huomioon (Kuva 3). Ero johtuu todennäköisesti siitä, että Coelho & Michelsenin (2014) menetelmässä maankäytön muutosten vaikutusta ei ole arvioitu erikseen. Chaudhary & Brooks (2018) menetelmällä laskettuna soijarehun tuotannon aiheuttamat maankäytön muutoksen vaikutukset hallitsivat tuloksia (Kuva 2).



Kuva 1. Suomalaisen naudanlihantuotannon monimuotoisuuden vähenemisvaikutus eläintyypeittäin laskettuna Chaudhary & Brooks (2018) -menetelmällä.



Kuva 2. Keskimääräisen suomalaisen ja tuontinaudanlihan tuotannon monimuotoisuuden vähenemisvaikutus laskettuna Chaudhary & Brooks (2018) -menetelmällä.



Kuva 3. Keskimääräisen suomalaisen ja tuontinaudanlihan tuotannon monimuotoisuuden vähenemisvaikutus laskettuna Coelho & Michelsen (2014) -menetelmällä. Yksikkö ΔQ kuvaa ekosysteemien laadun muutosta.

Naudanlihantuotannon monimuotoisuusvaikutuksien eroja eri eläintyyppien välillä ovat aiemmin tutkineet vain Mogensen ym. (2015) Knudsenin ym. (2017) menetelmällä. Heidän tulostensa mukaan emolehmissä ja niiden jälkeläisistä peräisin oleva liha vaikutti positiivisesti luonnon monimuotoisuuteen, kun taas lypsylehmistä peräisin olevan lihan vaikutus oli negatiivinen. Syynä tähän oli, että emolehmien ja niiden jälkeläisten ruokinta perustuu pääosin laidunnukseen, kun taas maitorotuisia eläimiä ruokitaan viljalla ja säilörehulla. Knudsenin ym. (2017) menetelmässä katsotaan, että laitumien vaikutus luonnon monimuotoisuuteen on positiivinen, ja mitä enemmän laidunpinta-alaa tuotannossa käytetään, sitä suurempi positiivinen vaikutus tuotannolla on luonnon monimuotoisuuteen. Aiemmin tätä menetelmää on käytetty Solid-hankkeessa myös suomalaiselle maidontuotannolle (Knudsen ym. 2016). Menetelmä kattaa kuitenkin vain yhden kasvillisuusvyöhykkeen: Keski-Euroopan lauhkean vyöhykkeen lehti- ja sekametsän, jonka takia sen avulla lasketut tulokset eivät ole tieteellisesti vertailukelpoisia tämän alueen ulkopuolella, esim. Suomessa.

Aiemmin Tiainen ym. (2020) tarkastelivat suomalaisen nurmenviljelyn monimuotoisuusvaikutuksia kirjallisuustiedon pohjalta. Heidän mukaansa kotieläintuotannolla on merkittävä vaikutus biologiselle monimuotoisuudelle, mutta vaikutus riippuu tuotannon intensiteetistä. Laitumien tiedetään tukevan rikasta lajistoa ja ekologisia prosesseja. Erityisesti maidontuotanto keskittyy nykyisin kuitenkin yhä enemmän suuriin yksiköihin, joissa eläimet pidetään suurissa navetoissa, joista niillä on yleensä hyvin rajallinen pääsy laitumille. Tällä on selvä kielteinen vaikutus viljelymaan biologiseen monimuotoisuuteen. Ottaen huomioon, että valtaosa (yli 80 %) suomalaisesta naudanlihasta on peräisin maitorotuisista naudoista, tuotannon kehitys on huolestuttavaa. Suomalaisen naudanlihantuotannon biodiversiteettivaikutusten vähentämiseksi olisi suositeltavaa lisätä laiduntamista maitotiloilla.

Tässä tutkimuksessa käytetyt monimuotoisuusvaikutusten arviointimenetelmät eivät kuitenkaan näytä laitumien positiivista vaikutusta, vaikka niiden mukaan laitumien vaikutus on kuitenkin vähemmän negatiivinen kuin muiden viljelykasvien. Jatkossa menetelmiä tulisi kehittää vastaamaan paremmin eri maankäyttötapojen vaikutuksista saatua empiiristä tietoa.

4.5. Suomalaisen naudanlihan sekä tuontinaudanlihan vaikutukset vesiniukkuuteen

4.5.1. Tausta / vesiniukkuus

Vesiniukkuusvaikutus kuvaa tuotannon vaikutusta makean veden resurssiin. Vesiniukkuusindikaattoriin vaikuttavat erityisesti tuotannon kuluttaman veden määrä ja alue, jolla vesi on kulutettu. Vedenkulutus vesiniukalla alueella aiheuttaa suuremman vesiniukkuusvaikutuksen kuin samansuuruinen vedenkulutus alueella, jolla vesiniukkuus on pienempää.

Elintarviketuotannossa viljelykasvien kastelu on maailmanlaajuisesti merkittävin vedenkuluttaja. Naudanlihan tuotannon vesiniukkuusvaikutus yleisellä tasolla muodostuukin mahdollisista kasteluista rehukasveista, eläinten juoma- ja pesuvesistä sekä teollisten panosten tuotannossa syntyneestä vedenkulutuksesta. Koska kyseessä on paikkaan sidottu indikaattori, tulee kaikki kulutetut vesivirrat sitoa paikkaan vähintään maatasolla.

Tässä työssä laskettiin vesiniukkuusvaikutus suomalaiselle naudanlihalle hyödyntäen aiemmin julkaistua naudanlihantuotannon mallia (Hietala ym. 2021). Tuontinaudanlihan vesiniukkuusvaikutuksen arviointi toteutettiin eri periaatteella, koska vastaavaa mallia ulkomaiselle naudanlihantuotannolle ei ollut olemassa. Tuontinaudanlihan arviointi ei perustu yhtä yksityiskohtaiseen malliin, vaan on karkeammalla tasolla. Arviointi tehtiin kuuden tärkeimmän tuojamaan naudanlihalle.

4.5.2. Menetelmät / vesiniukkuus

Vesiniukkuusvaikutuksen arviointi pohjautui yleisellä tasolla elinkaariarviointiin ja sen mukaiseen vesijalanjäljen laskentaan (ISO 14046). On huomattava, että vesijalanjälkilaskentaa tehdään myös menetelmällä, jonka on kehittänyt ja ylläpitää Water Footprint Network. Kyseessä on kuitenkin eri menetelmä, jonka tulokset eivät ole vertailukelpoisia elinkaariarviointiin pohjautuvat vesijalanjälkilaskennan kanssa.

Vesiniukkuuden vaikutusarviointiin käytettiin AWARE-menetelmää (Boulay ym. 2018). AWARE:ssa tuotteen elinkaaren aikainen vedenkulutus suhteutetaan alueelliseen veden niukkuuteen. Keskeinen parametri on AMD (Availability Minus Demand) eli makean veden saataavuus valuma-alueella sen jälkeen, kun ihmisten ja ekosysteemien tarpeet on tyydytetty, eli ns. käytettävissä oleva vesi. Käytännössä tuotteen vesiniukkuusvaikutus AWARE:lla mitattuna on sitä suurempi, mitä enemmän vettä on kulutettu vesiniukalla alueella. Sekä vedenkulutus että alue vaikuttavat, mutta usein alueella on suurempi merkitys lopputuloksen kannalta.

Taulukossa 5 on esitetty Suomen ja kuuden tärkeimmän tuontimaan sekä soijantuontimaa Argentiinan osalta käytetyt karakterisointikertoimet. Mitä suurempi karakterisointikerroin on, sitä suuremman vesiniukkuusvaikutuksen alueella kulutettu vesikuutio saa. Taulukosta havaitaan, että Pohjois- ja Keski- ja Itä-Euroopan maat, joista naudanlihaa tuodaan, saavat melko pieniä karakterisointikertoimia. Sen sijaan Argentiinan kerroin on korkea, johtuen sen vesiniukkuustilanteesta. Kaikkien maakohtaisten karakterisointikertoimien mediaani on 8,8. Vesiniukkuusvaikutusta kuvataan yksiköllä kuutioekvivalentti (m^3 ekv).

Taulukko 5. Maakohtaiset karakterisointikertoimet Suomelle ja kuudelle naudanlihan tuojamaalle sekä Argentiinalle (soijan tuonti).

Karakterisointikerroin	Suomi	Tanska	Saksa	Liettua	Alankomaat	Puola	Ruotsi	Argentiina
Muun kuin kasteluveden arvioinnissa	1,73	1,99	1,12	1,27	0,96	2,00	1,69	4,19
Kasteluveden arvioinnissa	1,52	2,04	1,78	1,70	1,59	2,10	2,78	37,60

Nguyen ym. (2010) on tutkinut naudanlihan tuotannon ympäristövaikutuksia Euroopan eri maissa. Tuotantosysteemien lihantuotanto ja tärkeimmät panokset kuten rehut ja kotoisten rehujen osalta tärkeimmät viljelypanokset on eritelty neljälle eri eläintyyppille, jotka ovat:

- Eläimet intensiivisesti tuotetusta lypsykarjasta:
 - o 12 kuukauden ikäinen sonnivasikka
 - o 16 kuukauden ikäinen sonnivasikka
 - o 24 kuukauden ikäinen sonni
- Eläimet lihakarjasta
 - o 16 kuukauden ikäinen hieho tai sonni

Nguyenin ym. (2010) julkaisussa kaikkiin maihin on oletettu sama rehun- ja muiden panosten kulutus. Varsinainen inventaariodata panosten määristä perustuu osittain Weidema ym. (2008). Jaottelu on kuitenkin osittain erilainen Weidema ym. (2008) kuin Nguyen ym. (2010), eikä inventaariodatan lähteitä ole muulla tavoin avattu. Koska tämä on kuitenkin ainoa saatavilla oleva koko Euroopan tasolle skaalattu lähde, on se valittu pohjaksi tuontinaudanlihan vesiniukkuusarvioinnille.

Tuontinaudanlihan vesiniukkuusarviointi tehtiin Puolasta, Liettuasta, Saksasta, Alankomaista, Ruotsista ja Tanskasta tuodulle naudanlihalle. Vesiniukkuusvaikutus on arvioitu erikseen liharotuiselle eläimelle sekä kolmelle eri-ikäiselle eläimelle maitorotuisen systeemistä (12, 16 ja 24 kk) Nguyenin ym. (2010) mukaan. Samoin rehustus ja muu panosten käyttö on mallinnettu Nguyenin ym. (2010) mukaisesti. Rehustus eläinryhmittäin on esitetty Liitteessä 1.

Vesiniukkuusvaikutuksen kannalta oleelliset oletukset lähtötiedoista liittyivät rehuihin, niiden kasteluun sekä alkuperämaihin. Tuontinaudanlihan mallinnuksen oletukset:

- Nguyen ym. (2010) on jaotellut rehut kotoisiin rehuihin, joita ovat: laidun (nurmi), säilörehu (nurmi), säilörehu (maissi), kevätohra ja olki, sekä tuontirehuihin, joita ovat soijapuriste sekä kivennäisrehut. Kotoisten rehujen tuotannon oletetaan tässä vesiniukkuusarvioinnissa sijoittuvan lihantuotantomahaan. Kivennäisrehu on mallinnettu ns. globaalina rehuna eli niin, että sen tuotanto jakautuu eri maihin. Soijantuotantoalueeksi on oletettu Argentiina.
- Rehuntuotannossa käytettyjen kasteluviesien arviona on käytetty mallinnettua kasteluvien tarvetta Pfisterin & Bauerin (2014) mukaan.
- Rehuntuotannon lannoite- ja energiankäytön lähteenä on Nguyen ym. (2010).

- Teollisten syötteiden (lannoitteet, polttoaineet, sähkö ja kuljetukset) vesiniukkuusarvioina on käytetty Ecolnvent-tietokannan arvioita. Tuotantoalueiksi on oletettu Eurooppa ja/tai maailma.
- Eläinten juomaveden kulutuksena on käytetty Rotzin ym. (2019) arviota 49,6 litraa vettä/teuras-kg. Kotimaisen naudan osalta tehtiin tarkennettu laskelma juomavedestä eläinryhmittäin. Sen perusteella nuorkarjan juomaveden kulutus on alle tämän arvion, mutta lehmien kulutus reilusti yli. Suuruusluokka on sama.
- Eläinten pesuvedet on arvioitu samoin kuin kotimaisen naudan osalta. Arvoksi saatiin 3,6 l vettä/eläin/päivä. Arvio on muodostettu lypsykarjalle tuotettua mallia (Usva ym. 2014, Virtanen 2015) soveltaen.
- Soijapuristeen tuotannon allokointiprosentiksi (soijapavun kuormituksen allokointi puristeelle) on oletettu 55,7 % Feed PEF:n mukaan (source: Feed for food producing animals_v4.1 - Life Cycle Inventory (23-01-2018).xlsx, Feed PEF:n liite).

Johtuen hyvin karkean tasoisesta datasta, joka sisältää merkittäviä oletuksia, eikä sen avulla pystytä laskemaan arviota kyseistä maata edustavalla tavalla kuvaavaa vesiniukkuusvaikutusta, ei tuontinaudanlihan eläinluokkoja tuloksia ole yhdistetty maakohtaisiksi luvuiksi. Tulokset esitetään eläinluokkojen kohdalla, jolloin on helpompi myös tarkastella, mitkä tekijät tulokseen vaikuttavat.

Kotimaisen naudan vesiniukkuuden arviointi oli mahdollista tehdä tarkempaan tietoihin pohjautuen. Pohjana käytettiin suomalaisen naudanlihan tuotannon mallia (Hietala ym. 2021). Arviointi tehtiin erikseen maitorotuiselle lehmälle, sonnille ja hieholle sekä liharotuiselle emolehmälle, sonnille ja hieholle. Malliin lisättiin tuotannon panosten (rehut, energia ym.) vesiniukkuusvaikutusarvot. Teollisten panosten (lannoitteet, energiat) vesiniukkuusvaikutustulokset perustuvat pääasiassa Ecolnvent-tietokannan tietoihin.

Alkuperäisessä mallissa ei ollut mukana navettojen vedenkulutusta, joten sekä juoma- että pesuvesi lisättiin. Arvio pesuvesistä perustuu mallinnukseen, jossa on käytetty mm. lypsykooneiden teknisiä tietoja (Usva ym. 2014, Virtanen 2015), koska kattavaa mittaustietoa ei ollut saatavilla.

Juomaveden määrän mallinnus perustuu lypsy- ja emolehmien osalta Appuhamyn ym. (2016) kaavoihin (lypsävät, kaava 1, ummessa olevat kaava 5, oletuksena lämpötila 16 astetta). Nuorkarjan osalta laskettiin kokonaisveden tarve suhteessa kuiva-aineen syöntiin keskiarvona lämpötilaluokista <16 ja 16–20 °C (McDonald ym. 2011). Juomaveden määrä on arvioitu vähentämällä kokonaisveden tarpeesta syödyn rehun vesi.

4.5.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu / vesiniukkuus

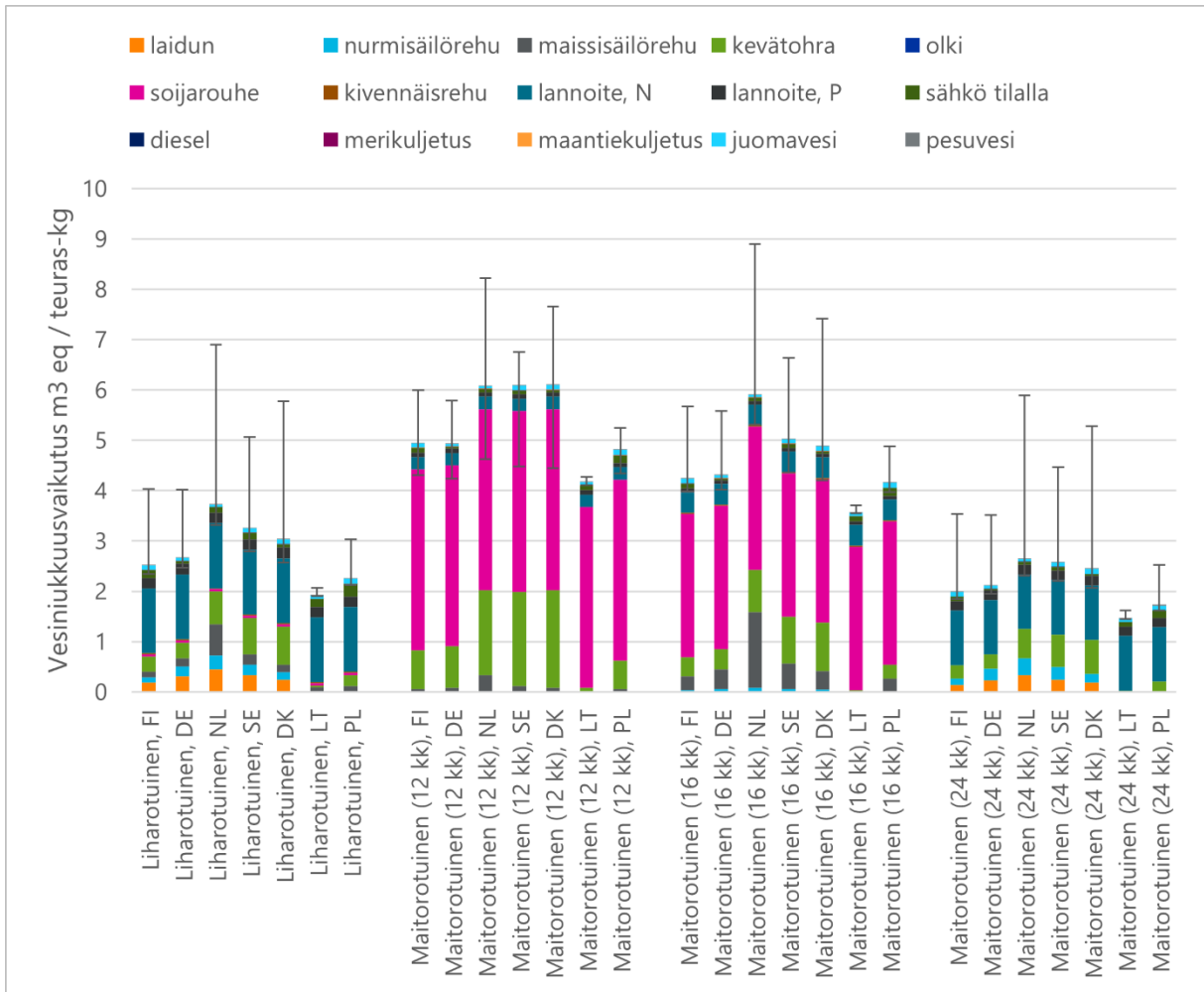
Naudanlihan vesiniukkuustulokset eläinryhmittäin on esitetty taulukossa 6. Valtaosa vaikutuksista (87–90 %) syntyi epäsuorasta vedenkäytöstä panosten kautta ja vain reilu kymmenesosa suorasta vedenkäytöstä navetoissa (pesuvedet ja juomavedet). Maitorotuisen karjan naudanlihan vesiniukkuusvaikutus on alle 1 m³ ekv/ruho-kg. Liharotuisen osalta vain emolehman vaikutus nousee korkeammaksi, mutta toisaalta emolehmanlihan osuus kokonaisuudessa on pieni. Kun lypsylehmien, sonnien ja hiehojen vesiniukkuusvaikutuksia painotettiin niiden tuotettavan lihan osuuksilla suomalaisessa tuotannossa, maitorotuisen naudanlihan keskimääräiseksi vesiniukkuusvaikutukseksi saatiin 0,8 m³ ekv/ruho-kg. Vastaavasti keskimääräisen suomalaisen liharotuisen naudanlihan vesiniukkuusvaikutus oli, emolehmien, sonnien ja

hiehojen osuuksilla painotettuna, 1,2 m³ ekv/ruho-kg. Suomalaisesta tuotannosta maitorotui-
nen naudanliha kattaa noin 83 %, joten keskimääräisen suomalaisen naudanlihan vesiniuk-
kuusvaikutukseksi saatiin 0,9 m³ ekv/ruho-kg.

Taulukko 6. Kotimaisen naudan vesiniukkuusvaikutus m³ ekv/ruho-kg.

	Lehmä	Sonni	Hieho
Maitorotuiset	0,7 m ³ ekv/ruho-kg	0,9 m ³ ekv/ruho-kg	0,9 m ³ ekv/ruho-kg
Liharotuiset	2,3 m ³ ekv/ruho-kg	0,8 m ³ ekv/ruho-kg	0,7 m ³ ekv/ruho-kg

Tuontinaudanlihan vesiniukkuusvaikutus on hieman korkeampi, mutta toisaalta myös suoma-
laisen naudanlihan vesiniukkuusvaikutus nousee 2–5 m³ ekv/ruho-kg, kun se lasketaan sa-
moilla oletuksilla kuin tuontinaudanlihat. Tällöin tulosta nostavat mm. rehustukseen kuuluva
soija. Lisäksi laskenta perustuu kasteluveden osalta mallinnukseen, joka olettaa kastelua ta-
pahtuvan myös suomalaisella ohralla (muut oletukset listattu edellisessä kappaleessa). Todel-
lisuudessa tiedetään, että soijaa ei Suomessa käytetä nautakarjan rehustuksessa eikä kotimai-
sia rehuviljoja kastella.



Kuva 4. Suomen ja kuuden tuontimaan naudanlihan vesiniukkuusvaikutus Nguyenin ym. (2010) rehustuksen perusteella laskettuna.

Nguyen ym. (2010) rehustukseen pohjautuvat vesiniukkuusvaikutuslaskennan tulokset on esitetty kuvassa 4. Näissä tuloksissa soijan osuus korostuu, koska sitä oletetaan käytettävän maistorotuisen nuorkarjan ruokinnassa, ja soja oletetaan tuotavaksi Argentiinasta. Myös teolliset panokset, erityisesti lannoitteiden valmistus, nostavat vesiniukkuusvaikutusta.

Tärkeimmät naudanlihan tuontimaat sijaitsevat Pohjois-Euroopassa. Yhdessäkään tuontimaassa vedenniukkuustilanne ei ole vakava (Boulay ym. 2018). Tämä antaa osviittaa siihen, että näissä maissa olisi mahdollista tuottaa naudanlihaa, jonka vesiniukkuusvaikutus on maltillinen. Ajatusta voidaan edelleen jatkaa siihen suuntaan, että näissä maissa tuotettu naudanliha ei välttämättä poikkea suomalaisesta naudanlihasta kovinkaan paljon.

Kuitenkin tiettyjen rehujen käyttö voi näissä, kuten muissakin tuotantojärjestelmissä nostaa lihan vesiniukkuusvaikutusta jopa moninkertaiseksi. Kaikkien muiden rehujen oletettiin olevan peräisin tuontimaasta, mutta virhetolppa kuvaa tässä laskennassa tilannetta, jossa 25 % ohrasta olisi tuontiohrra. Maailman valtioista poistettiin 5 % karakterisointikertoimensa suhteen pienimpiä ja suurimpia maita. Virhetolpan alin arvo kuvaa tilannetta, jossa 25 % ohrasta olisi matalimman karakterisointikertoimen maasta (kun 5 % poistettu) ja korkein arvo tilannetta, jossa 25 % ohrasta olisi korkeimman karakterisointikertoimen maasta (kun 5 % poistettu). 25 % ohrasta on maltillinen tuontimäärä. Tarkastelusta huomataan, että rehujen tuonti eläintuotantomajaan saattaa aiheuttaa merkittävää nousua vesiniukkuusvaikutuksessa. Näin ollen pelkkä eläintuotantomaa ei vielä anna takeita pienestä vesiniukkuusvaikutuksesta. Vastaavia havaintoja on tehty aikaisemmin mm. broilerin osalta (Usva ym. 2022).

Vesiniukkuusarviointia voidaan pitää menetelmäkokeiluna, joka antaa suuntaviivoja sille, mikä vesiniukkuusarvioinnissa on tärkeää ja oleellista. Absoluuttiset tulokset ovat hyvinkin suuntaa antavia ja käyttökelpoisia etupäässä jatkotutkimuksen pohjaksi. Merkittävimmät virhelähteet ovat puutteellinen tieto rehujen alkuperämaista, rehujen koostumuksesta ja rehujen kastelusta. Myös sillä on merkitystä, mistä tuotantojärjestelmästä naudanliha tulee.

Vesiniukkuusvaikutuksen vaikutusten tutkimiseksi olisi tärkeää pystyä saamaan hieman tarkempaan tietoa tutkittavista systeemeistä. Tässä toteutetun arvioinnin tulosta herkkyystarkasteluineen voidaan pitää ennemminkin riskin arviointina: millaiset vesiniukkuusvaikutukset voivat olla mahdollisia tuontinaudanlihan suhteen.

4.5.4. Johtopäätökset / vesiniukkuus

Tässä työssä on jouduttu lähtötiedon osalta tekemään oletuksia, jotka vaikuttavat merkittävästi tuloksiin. Tästä syystä tuontinaudanlihan vesijalanjäljen kulutus on parhaimmillaankin karkea arvio, joka kuitenkin voi antaa suuntaviivoja siitä, mitkä tekijät tulokseen vaikuttavat ja miten asiaa tulisi jatkossa lähestyä.

Kotimainen naudanlihantuotanto tunnetaan paremmin kuin tuontiliha, joten riski sille, että kotimaisen naudanlihan vesiniukkuus olisikin merkittävästi esitettyä suurempi, on pienempi kuin tuontilihallalla. Tuontituotteiden osalta alkuperän tunteminen on kriittistä. Tuontituotannon heikko tuntemus kasvattaa riskiä sille, että tosiasiasa vesiniukkuusvaikutus onkin merkittävästi suurempi, kuin tässä esitetty tulos.

4.6. Tuontinaudanlihan ilmasto-, rehevöittävä ja happamoittava vaikutus

Kotimaisen naudanlihan elinkaariset, tuotekilokohtaiset ympäristövaikutukset on aikaisemmin määritetty ilmasto-, rehevöittävien ja happamoittavien vaikutusten osalta (Hietala ym. 2021). Tässä selvityksessä tarkasteltiin vastaavia elinkaarisia, tuotekilokohtaisia naudanlihan ympäristövaikutuksia Suomeen tuodun naudanlihan osalta. Tarkastelu tehtiin merkittävimpien tuontimaiden osalta (Puola, Liettua, Saksa, Alankomaat, Tanska ja Ruotsi) sekä karkeammin alueille, joiden osuus tuonnista oli vähäisempi (EU, Australia/Uusi-Seelanti, Etelä-Amerikka, Pohjois-Amerikka ja Aasia). Tarkastelussa suurimmat tuontimaat olivat Luken tilastojen perusteella Puola ja Liettua. Näiden osalta tarkastelu toteutettiin yhdistetysti, sillä julkaistuja elinkaariarviointitutkimuksia tai tietokantatietoja oli hyvin niukasti saatavilla.

Puolalainen naudanliha kattaa huomattavan osuuden tuonnista. Luken tilaston mukaan Puolan ja Liettuan osuus tuonnista oli yhteensä 55 %. Julkaistuja ympäristövaikutusarvioiteja on kyseisistä maista raportoitu hyvin vähän, joten ilmastovaikutusarvio perustuu Bienkowskin ym. (2018) hiilijalanjälkiarvioon. Bienkowski ym. (2018) kuvaavat puolalaisen naudanlihatuotannon perustuvan hyvin suurelta osin maidontuotantoon ja maitorotuun. Kyseisessä tutkimuksessa elinkaariarviointi on kuitenkin toteutettu emolehmätuotannolle. Tutkimuksen mukaan hyvälaatuinen liharotuinen liha päättyy myös vientiin.

Puolassa maidontuotanto perustuu pitkälti holstein-friisiläiseen (HOL) rotuun ja lihantuotannossa käytetään limousin×HOL-risteytyksiä. Bienkowskin ym. (2018) tutkimuksessa arvioitiin limousin×HOL-risteytyksiin perustuvan naudanlihan tuotannon ilmastovaikutuksia. Elinkaariarvioinnissa käytettiin elopainoon perustuvaa toiminnallista yksikköä, muuntokertoimenä teuraspainoksi käytettiin kerrointa 59,05, joka kuvasi puolalaista limousin×HOL-risteytyssonnia (Pogorzelska-Przybyłek ym. 2018, Taulukko 7).

Taulukko 7. Puolalaisen naudanlihan ilmastovaikutus mukailten Bienkowski ym. (2018) ja muunnettu vastaamaan teuraspainoa Pogorzelska-Przybyłek ym. (2018) mukaisesti.

Elinkaaren vaihe	Koko järjestelmä, per elopaino-kg	Koko järjestelmä, per teuras-kg
Karkearehu	5,48	9,28
Väkirehu,	0,36	0,61
Kuivikkeet	0,23	0,39
Sähköenergia	0,66	1,12
Koneet	0,07	0,12
Ruoansulatuksen metaani	9,18	15,55
Lannan käsittely	9,45	16,00
Yhteensä	25,43	43,07

Puolalaisen ja liettualaisen tuontinaudanlihan ohella saksalaisen tuontilihan osuus oli merkittävä. Saksalaisen lihan ilmastovaikutusarvio perustuu Zehetmeierin ym. (2014) tutkimukseen. Tässä tutkimuksessa raportoitiin saksalaisen maitorotuisen naudanlihan ilmastovaikutus kahdesta eri tuotantosysteemistä perustuen kahteen tyyppilliseen maitorotuun Holstein-Friisiläiseen ja Fleckviehiin. Bullvine sivuston mukaan Holstein ja Fleckvieh ovat Saksan

merkittävimmät maitorodut, kattaen yhteensä n. 75 %roduista (<https://www.thebullvine.com/tag/german-dairy-industry/>).

Schütten ym. (2021) raportin mukaan Saksassa nautojen teurastusmäärä oli vuonna 2020 noin 1,1 miljoonaa tonnia. Teurastusmäärien perusteella naudanlihan tuotanto Saksassa on vähentynyt lähes 10 prosenttia viimeisen 10 vuoden aikana. Naudanlihan vienti vuonna 2020 oli noin 393 000 tonnia. Saksa on kuitenkin naudanlihan nettotuojaa. Naudanlihan tuonti Saksaan on huomattavasti suurempaa kuin vienti ja leikkauslaadulla mitattuna laadukkaampaa naudanlihaa tuodaan Saksaan enemmän kuin viedään.

Emolehmien osuus Saksan lehmistä on 14 %, eli valtaosa tuotannosta perustuu maitorotuun (Mosnier ym. 2021). Schütten ym. (2021) raportin mukaan sonnien osuus saksalaisesta naudanlihatuotannosta on lähes 50 %, joista nuorten sonnien osuus on ylivoimaisesti suurin tästä lihaluokasta. Lähes 32 % Saksan naudanlihasta tulee lehmistä, kun lypsylehmä- ja emolehmäkarjaa uudistetaan. Hiehot kattavat tuotannosta noin 16 prosenttia) ja aikuiset härät alle 1 % (Taulukko 8). Tämän jaottelun mukaisesti ei kuitenkaan ollut saatavilla eriteltäviä ilmastovaikutusarvioita eri nautatyypeille, joten ilmastovaikutuksen osalta on käytetty jaottelua.

Taulukko 8. Saksalaisen naudanlihatuotannon osuudet eläintyypeittäin Mosnier ym. (2021) ja Schütten ym. (2021) mukaisina.

Nautatyypit	Mosnier ym. (2021), 1 000 teuras-kg	Mosnier ym. (2021)	Schütten ym. (2021)
Vasikat ja nuorkarja	56 000	5 %	4,50 %
Hiehot	163 000	14 %	16,27 %
Lehmät (lypsy, emo)	399 000	35 %	31,97 %
Sonnit	522 000	45 %	46,47 %
Härät	9 000	1 %	0,79 %

Taulukko 9. Maitorotuisen naudanlihan ilmastovaikutus kahdesta tyypillisestä saksalaisesta tuotantosysteemistä (FLE = Fleckvieh; HOL = Holstein-Friisiläinen), Zehetmeier ym. (2014) mukaillen. Rotujen osuudet The Bullvine-sivusto.

	FLE, 32 % tuotannosta, kg CO ₂ ekv/teuras-kg	kg CO ₂ ekv/ teuras-kg	HOL, 67 % tuotannosta, kg CO ₂ ekv/teuras-kg	kg CO ₂ ekv/ teuras-kg	Painotettu ka. kg CO ₂ ekv/teuras-kg
Lihatyypit	Ka.	(maks.–min.)	Ka.	(maks.–min)	
Naudanliha lypsylehmistä	11	(21–6)	7	(13–3)	8,18
Naudanliha tilan ulkopuolella jatkokasvatetusta	33	(39–28)	17	(21–12)	21,84

Myös tanskalaisen naudanlihan osuus tuonnista oli merkittävä, jopa 15 % Ruokaviraston aineiston perusteella. Tanskalainen naudanliha on sisällytetty Mogensenin ym. (2015, 2016, 2020) mukaisena. Naudanlihan ilmastovaikutusarviossa oli käytetty luuttomaan lihaan perustuvaa toiminnallista yksikköä, joka muutettiin Mogensenin ym. (2016) raportoimien saantosuuksien perusteella koskemaan luullista teuraspainoa (Taulukko 10 ja tarkemmin Liite 1).

Taulukko 10. Tanskalaisen naudanlihan ilmastovaikutus, mukailien Mogensen ym. (2015, 2016, 2020).

	Tuotantomäärä, kg/vuosi	Korjattu järjestelmärajaus ja toiminnallinen yksikkö, kg CO ₂ ekv/teuras-kg	
Maitorotuinen (Holstein)			
Yhteensä	78 281	10,4	Osuus 83 %
Intensiivinen liharotu (Limousin)			
Yhteensä	14 418	14,8	Osuus 15 %
Extensiivinen liharotu (Highland)			
Yhteensä	2 137	29,0	Osuus 2 %
Kaikki yhteensä	94 836	11,46	Keskimääräinen kg CO ₂ ekv/teuras-kg

Pienemmillä osuuksilla (4–9 %) kontribuovista maista (Ruotsi ja Hollanti) elinkaariarviointitutkimuksia löytyi lähinnä koskien ruotsalaista tuotantoa. Viimeaikaisista tutkimuksista tähän vertailuun sisällytettiin Hesslen ym. (2017) tutkimus. Artikkelissa on raportoitu ja kuvattu tarkasti ruotsalaisen tyypillisen naudanlihatuotannon ympäristövaikutukset. Toiminnallinen yksikkö on 1 kg ulkofilettä. Tämä muutettiin vastaamaan 1 kg teuraspainoa käyttäen holsteinrodulle raportoituja lihasaanto-osuuksia (Bureš & Bartoň, 2018; Taulukko 11; tarkemmin Liite 1). Alankomaalaisen naudanlihan ilmastovaikutuksesta ei löytynyt viimeaikaisia ympäristövaikutusraportteja, joten tietoa haettiin tietokannoista sekä katsausartikkeleista. Agrifootprint-tietokannan mukaan hollantilaisen lypsylehmän ilmastovaikutus oli 17,7 kg CO₂ ekv/teuras-kg. Gerssen-Gondelachin ym. (2017) mukaan keskisen läntisen Euroopan, johon myös Alankomaat kuuluu, naudanlihan ilmastovaikutus on 14,4–37,2 kg CO₂ ekv/teuras-kg. Mosnierin ym. (2021) mukaan myös alankomaalainen naudanliha perustuu pitkälti maidontuotantoon ja liha saadaan lypsylehmistä sekä vasikoista, painotettiin Gerssen-Gondelachin ym. (2017) raportoimia alueellisia päästökertoimia laiduntamisen arvioidulla osuudella. Alankomaisen maidontuottajien järjestön, Nederlandse Zuivel Organisatie (NZO, 2020) mukaan laidunnuksen osuus tuotannossa oli 81,2 %. Näin ollen alankomaalaisen naudanlihan kertoimena käytettiin 32,9 kg CO₂ ekv/teuras-kg (Taulukko 12).

Taulukko 11. Ruotsalaisen tavanomaisen naudanlihantuotannon ympäristövaikutukset Hesse ym. (2017) ja Bureš & Bartoň (2018) mukaisena.

	kg CO ₂ ekv/ toiminnallinen yksikkö	Happamoittava, mol H ⁺ ekv	Rehevöittävä (makea vesi), kg P ekv	Rehevöittävä (merivesi), kg N ekv
Yhteensä, per kg ulkofilettä	54,2	0,69	0,0036	0,34
Muutettu toiminnallinen yksikkö, per 1 teuras-kg	39,1	0,50	0,0026	0,25

Eri maiden osuuksilla painotettu keskiarvo merkittävimpien tuontimaiden naudanlihan ilmastovaikutukselle oli Luken tilaston mukaisesti määritettynä 33,3 kg CO₂ ekv/teuras-kg ja Ruokaviraston aineiston mukaisesti määritettynä 27,1 kg CO₂ ekv/teuras-kg.

Taulukko 12. Merkittävimpien tuontimaiden ilmastovaikutukset eri tutkimuksien perusteella teuraskiloa kohti.

Suurimmat yksittäiset maat	Osuus, Ruokavirasto, %	Osuus, Luke, %	Ilmastovaikutus, kg CO ₂ ekv/teuras-kg
Saksa	33 %	15 %	29,34
Puola	23 %	35 %	43,07
Tanska	15 %	6 %	11,46
Liettua	5 %	20 %	-
Alankomaat	5 %	9 %	32,91
Ruotsi	5 %	4 %	39,07

Vertailua varten suomalaisen naudanlihan ympäristövaikutus kasvihuonekaasuinventaarion IPCC menetelmän mukaisena on esitetty Taulukossa 13 (Hietala ym. 2022). Painotettu ilmastovaikutus oli IPCC menetelmää noudattaen suomalaiselle naudanlihalle 22 kg CO₂ ekv/teuras-kg. Tämä on pienempi kuin määritetty tuontilihan keskimääräinen ilmastovaikutus. On kuitenkin huomioitava, että vertailuun sisältyy suuri epävarmuus johtuen erilaisista arviointimenetelmistä julkaistujen tutkimuksien välillä sekä täsmällisen tiedon puuttumisesta tuontilihan tuotantotapojen osalta.

Suomalaisen naudanlihan rehevöittävä vaikutus on myös esitetty Taulukossa 13. Rehevöittävien vaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty Suomeen kehitettyä menetelmää, eivätkä tulokset ole suoraan verrattavissa muiden menetelmien mukaisiin arviointeihin (Saarinen ym. 2011, Hietala ym. 2021). Keskimääräinen rehevöittävä vaikutus oli 23,32 g PO₄ ekv/teuras-kg. Hesslen ym. (2017) raportoiman ruotsalaisen naudanlihan rehevöittävä vaikutus vastaavalle järjestelmärajaukselle oli makean veden osalta 0,0026 kg P ekv ja 0,25 kg N ekv meriveden osalta. Hesse ym. (2017) raportoivat menetelmäksi ILCD ohjeistuksen, kuitenkin tarkempi menetelmäkuvaus puuttuu. Vastaavasti happamoittavien päästöjen osalta raportoituja tuloksia oli saatavilla niukasti. Agrifootprint-tietokannan mukaisesti alankomaalaisen lypsylehmänlihan happamoittavaksi vaikutus oli 75 gAE ekv, kun taas ruotsalaisen 0,5 mol H⁺ ekv. Menetelmäerojen vuoksi vertailu jätettiin tekemättä.

Taulukko 13. Suomalaisen naudanlihan ympäristövaikutus Hietalan ym. (2022) mukaisena käyttäen kasvihuonekaasuinventaarion mukaista IPCC menetelmää ilmastovaikutusarvioinnissa.

	Osuus tuotannosta	kg CO ₂ ekv/ teuras-kg	g PO ₄ ekv/ teuras-kg	g AE ekv/ teuras-kg
Lypsylehmät	27 %	15,8	28,55	69,93
Maitorotuiset hiehot	6 %	21,2	18,44	52,71
Maitorotuiset sonnit	50 %	21,9	18,06	53,96
Emolehmät	3 %	50,6	45,11	85,37
Liharotuiset hiehot	10 %	26,4	27,67	54,58
Liharotuiset sonnit	4 %	32,2	33,57	65,51
Painotettu, keskimääräinen		22,02	23,32	59,68

Eri elinkaariarviointien tuloksia pyrittiin yhdenmukaistamaan järjestelmärajauksen ja toiminnallisen yksikön muokkaamisella. Kuitenkin ilmastovaikutusarvioinnissa käytetyt menetelmät poikkesivat toisistaan, aiheuttaen epävarmuutta vertailukelpoisuuteen. Lisäksi puolalaisen ja liettualaisen naudanlihan ilmastovaikutusarvio perustui yhteen tutkimukseen, jonka perustana oli liharotuinen tuotanto. Tämän lihan ilmastovaikutus oli huomattavasti korkeampi kuin muiden tarkastelujen, jotka olivat lähinnä maitorotuista naudanlihaa. Selvää on, että maitorotuisella naudanlihalla on pienempi ilmastovaikutus kuin liharotuisella. Suomalaisen keskimääräisen naudanlihan ilmastovaikutus oli vertailun toiseksi pienin. Tanskalaisen naudanlihan huomattavasti pienempi ilmastovaikutus johtui nuorten sonnien merkittävästä osuudesta teurastetuista. Ilmastovaikutus lisääntyy eläinten painon noustessa heikentyneen rehuhyötysuhteen seurauksena (Huhtanen & Huuskonen 2020). Tanskalaisessa elinkaariarvioinnissa myös menetelmälliset erot saattoivat vaikuttaa. Esimerkiksi ruoansulatuksen metaanipäästö perustui tanskalaiseen menetelmään (Nielsen ym. 2013). Lannan käsittelyn päästön metaanin muodostumispotentiaali Bo oli 0,18 kaikille naudoille, kun suomalaisessa arviossa lypsylehmille on käytetty arvoa 0,24 (IPCC 2006, Mogensen ym. 2015)

4.7. Viitteet

- Appuhamy, J.A.D.R.N., Judy, J.V., Kebreab, E. & Kononoff, P.J. 2016. Prediction of drinking water intake by dairy cows. *Journal of Dairy Science* 99: 7191–7205.
- Bieńkowski, J., Holka, M., Dąbrowicz, R. & Jankowiak, J. 2018. Carbon footprint of beef cattle in a conventional production system: A case study of a large-area farming enterprise in the wielkopolska region. *Problems of World Agriculture/Problemy Rolnictwa Światowego* 18: 23–35.
- Bureš, D. & Bartoň, L. 2018. Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls. *Livestock Science* 214: 231–237.

- Boulay, A., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M.J., Manzardo, A., Margni, M., Motoshita, M., Núñez, M., Pastor, A.V., Ridoutt, B., Oki, T., Worbe, S. & Pfister, S. 2018. The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23: 368–378.
- Capper, J.L. 2012. Is the Grass Always Greener? Comparing the environmental impact of conventional, natural and grass-fed beef production systems. *Animals* 2: 127–143.
- Cardoso, A.S., Berndt, A., Leytem, A., Alves, B.J.R., Carvalho, I.N.O., Barros Soares, L.H., Urquiaga, S. & Boddey, R.M. 2016. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems* 143: 86–96.
- Chaudhary, A. & Brooks, T.M. 2018. Land use intensity-specific global characterization factors to assess product biodiversity footprints. *Environmental Science & Technology* 52: 5094–5104.
- Chaudhary, A., Verones, F., de Baan, L. & Hellweg, S. 2015. Quantifying land use impacts on biodiversity: combining species–area models and vulnerability indicators. *Environmental Science & Technology* 49: 9987–9995.
- Coelho, C.R.V. & Michelsen, O. 2014. Land use impacts on biodiversity from kiwifruit production in New Zealand assessed with global and national datasets. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19: 285–296.
- Deblitz, C., Brömmer, J. & Brüggemann, D. 2008. Beef production in Germany - production systems and their spatial distribution. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* (1/2 2008) 58: 29–44.
- Dick, M., Abreu da Silva, M. & Dewes, H. 2015. Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production* 96: 426–434.
- Eurostat 2021. Number of bovine animals. Eurostat Statistics. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/>. Accessed 18 Mar 2022.
- FAO 2020. Biodiversity and the livestock sector - Guidelines for quantitative assessment: Version 1. FAO, Rome, Italy.
- Frischknecht, R. & Jolliet, O. 2016. Global guidance for life cycle impact assessment indicators. Volume 1. Publication of the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative.
- Gerssen-Gondelach, S.J., Lauwerijssen, R.B.G., Havlík, P., Herrero, M., Valin, H., Faaij, A.P.C & Wicke, B. 2017. Intensification pathways for beef and dairy cattle production systems: Impacts on GHG emissions, land occupation and land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 240: 135–147.
- Hessle, A., Bertilsson, J., Stenberg, B., Kumm, K.-I. & Sonesson, U. 2017. Combining environmentally and economically sustainable dairy and beef production in Sweden. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 56: 105–114.
- Hietala, S., Heusala, H., Katajajuuri, J.M., Järvenranta, K., Virkajärvi, P., Huuskonen, A. & Nousiainen, J. 2021. Environmental life cycle assessment of Finnish beef–cradle-to-farm gate analysis of dairy and beef breed beef production. *Agricultural Systems* 194: 103250.

- Huhtanen, P. & Huuskonen, A. 2020. Modelling effects of carcass weight, dietary concentrate and protein levels on the CH₄ emission, N and P excretion of dairy bulls. *Livestock Science* 232, 103896.
- IPCC 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 4: Agriculture, forestry and other land use. Teoksessa: H.S, Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe (toim.). IGES, Kanagawa, Japan. <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>
- Knudsen, M.T., Hietala, S., Dennis, P., Padel, S. & Hermansen, J.E. 2016. Carbon footprint and biodiversity assessment in dairy production. Technical note 9. SOLID. Sustainable Organic and Low Input Dairying. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/534273/SOLID_technical_note9_carbon.pdf?sequence=1
- Knudsen, M.T., Hermansen, J.E., Cederberg, C., Herzog, F., Vale, J., Jeanneret, P., Sarthou, J.-P., Friedel, J.K., Balazs, K., Fjellstad, W., Kainz, M., Wolfrum, S. & Dennis, P. 2017. Characterization factors for land use impacts on biodiversity in life cycle assessment based on direct measures of plant species richness in European farmland in the 'Temperate Broadleaf and Mixed Forest' biome. *Science of The Total Environment* 580: 358–366.
- Li, X., Yan, C. & Zan, L. 2018. Current situation and future prospect of beef production in China. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 31: 984–991.
- Luke Statistics 2022a. Total meat production annually. <https://stat.luke.fi/en/>
- Luke Statistics 2022b. Foreign trade in agri-food products by year, product group, country, variable and flow. <https://stat.luke.fi/en/>
- Luke Statistics 2022c. Number of Livestock. <https://stat.luke.fi/en/>
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, R.A. & Wilkinson, R.G. 2011. *Animal Nutrition*. Seventh Edition. Clays Ltd. 692 p.
- McManus, C., Barcellos, J.O.J., Formenton, B.K., Hermuche, P.M., de Carvalho Jr, O.A., Guimarães, R.F., Gianezini, M. & Diaz, E.A. 2016. Dynamics of cattle production in Brazil. *PLOS ONE* 11: e0147138.
- MLA 2020. The red meat industry | Meat & Livestock Australia. Teoksessa: MLA Corp. <https://www.mla.com.au/about-mla/the-red-meat-industry/>
- Mogensen, L., Hermansen, J.E., Nguyen, L. & Preda, T. 2015. Environmental impact of beef: by life cycle assessment (LCA) - 13 Danish beef production systems. *DCA Rapport* 061. 85 p.
- Mogensen, L., Nguyen, T. L. T., Madsen, N. T., Pontoppidan, O., Preda, T. & Hermansen, J. E. 2016. Environmental impact of beef sourced from different production systems-focus on the slaughtering stage: input and output. *Journal of Cleaner Production* 133: 284–293.
- Mogensen, L., Hermansen, J.E. & Trolle, E. 2020. The climate and nutritional impact of beef in different dietary patterns in Denmark. *Foods* 9: 1176.

- Mosnier, C., Jarousse, A., Madrange, P., Balouzat, J., Guillier, M., Pirlo, G., Mertens, A., ORiordan, E., Pahmeyer, C., Hennart, S., Legein, L., Crosson, P., Kearney, M., Dimon, P., Bertozzi, C., Reding, E., Iacurto, M., Breen, J., Carè, S. & Veysset, P. 2021. Evaluation of the contribution of 16 European beef production systems to food security. *Agricultural Systems* 190: 103088.
- NCBA 2020. Industry Statistics. National Cattlemen’s Beef Association. Teoksessa: NCBA. <https://www.ncba.org/beefindustrystatistics.aspx>
- Nguyen, T.L.T., Hermansen, J.E. & Mogensen, L. 2010. Environmental consequences of different beef production systems in the EU. *Journal of Cleaner Production* 18: 756–766.
- NZO 2020. Dairy at the highest level. On the economic importance and quality of the Dutch dairy sector. <https://www.nzo.nl/media/uploads/NZO-Report-DAIRY-AT-THE-HIGHEST-LEVEL.pdf>
- Pfister, S. & Bayer, P. 2014. Monthly water stress: spatially and temporally explicit consumptive water footprint of global crop production, *Journal of Cleaner Production* 73: 52–62.
- Pogorzelska-Przybyłek, P., Nogalski, Z., Sobczuk-Szul, M., Purwin, C. & Momot, M. 2018. Carcass characteristics of grass-fed crossbred bulls and steers slaughtered at two different ages. *Canadian Journal of Animal Science* 98: 376–385.
- Ridoutt, B.G., Page, G., Opie, K., Huang, J. & Bellotti, W. 2014. Carbon, water and land use footprints of beef cattle production systems in southern Australia. *Journal of Cleaner Production* 73: 24–30.
- Rotz, C.A., Asem-Hiablie, S., Place, S. & Thoma, G. 2019. Environmental footprints of beef cattle production in the United States. *Agricultural Systems* 169: 1–13.
- Schütte, J., Davier, Z. von & Efken, J. 2021. Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Masttrinder. Braunschweig: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft. 16 p.
- The Beef Site 2010. Cattle In the Netherlands. Teoksessa: Beef Site. <https://www.thebeef-site.com/articles/2436/cattle-in-the-netherlands>
- Tiainen, J., Hyvönen, T., Hagner, M., Huusela-Veistola, E., Louhi, P., Miettinen, A., Nieminen, T.M., Palojärvi, A., Seimola, T., Taimisto, P. & Virkajärvi, P. 2020. Biodiversity in intensive and extensive grasslands in Finland: the impacts of spatial and temporal changes of agricultural land use. *Agricultural and Food Science* 29: 68–97.
- Usva, K., Virtanen, E., Hyvärinen, H., Nousiainen, J., Sinkko, T. & Kurppa, S. 2014. Water in an LCA framework: applying the methodology to milk production in Finland. Teoksessa: 9th International Life Cycle Assessment for Foods Conference. Saatavilla: <http://lcafood2014.org/papers/208.pdf>
- Usva, K., Hietala, S., Nousiainen, J., Vorne, V., Vieraankivi, M.-L., Jallinoja, M. & Leinonen, I. 2022. Environmental life cycle assessment of Finnish broiler chicken production – focus on climate change and water scarcity impacts. Unpublished manuscript (submitted 19.4.2022).
- Virtanen, E. 2015. Water footprint of Finnish milk production. Pro gradu. University of Helsinki.

Weidema, B.P, Wesnæs, M., Hermansen, J., Kristensen, T. & Halberg, N. 2008. Environmental Improvement Potentials of Meat and Dairy Products. JRC Scientific and Technical Reports.

WWF 2020a. WWF Terrestrial Ecoregions Of The World (Biomes).

<https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=d60ec415febb4874ac5e0960a6a2e448>

WWF 2020b. Wildfinder Database | Pages | World Wildlife Fund. Teoksessa: World Wildl. Fund. <https://www.worldwildlife.org/pages/wildfinder-database>

Zehetmeier, M., Hoffmann, H., Sauer, J., Hofmann, G., Dorfner, G. & O'Brien, G. 2014. A dominance analysis of greenhouse gas emissions, beef output and land use of German dairy farms. *Agricultural Systems* 129: 55–67.

Liite1. Naudanlihan suomalainen tuotanto ja tuonti Suomeen.

Taulukko1. Suomalaisen naudanlihatuotannon panoskäyttö per teuraseläin (mukailien Hietala ym. 2021).

			Väkilannoit- teet					
	Teuras- ikä, vrk	Teuras- kg	N, kg	P, kg	Kalkki, kg	Diesel, l (peltotyöt)	Sieme- net, kg	AIV- happo
Maitorotuiset								
Sonni	591	331	63,7	2,0	155,4	59,4	89,5	12,6
Hieho	490	228	41,3	1,1	97,0	35,2	45,8	9,0
Lehmä	1825	268,9	345,0	20,1	885,1	294,9	403,3	60,3
Liharotuiset								
Sonni	570	394	78,6	2,4	150,9	54,1	80,9	11,5
Hieho	460	253	47,4	0,6	86,6	27,8	34,3	7,4
Lehmä	2452	324	527,7	7,6	792,5	199,3	51,2	77,7

Taulukko 2. Tärkeimmät naudanlihan tuotantoalueet ja eläintyypit tuontimaissa.

Tuontimaa	Päätuotantoalue(et) maassa	Eläintyyppi	Tietolähde
Suurimmat yksittäiset maat			
Saksa	Baijeri & Nordrhein-Westfalen	87 % maitorotuisia	Deblitz ym. 2008
Puola	Koko maa	Pääasiassa maitorotuisia	Eurostat 2021
Tanska	Koko maa	83 % maitorotuisia	Mogensen ym. 2020
Liettua	Koko maa	Pääasiassa maitorotuisia	Eurostat 2021
Alankomaat	Koko maa	Pääasiassa maitorotuisia	The Beef Site 2010
Ruotsi	Länsi-Götanmaa	Pääasiassa maitorotuisia	Hessle ym. (2017), Eurostat 2021
Muut alueittain			
EU	Irlanti ja Viro		
Australia/Uusi-Seelanti	Queensland, New South Wales, Victoria	Liharotuisia	MLA (2020)
Etelä-Amerikka	Cerrado, Mato Grosso do Sul	Liharotuisia	McManus (2016)
Pohjois-Amerikka	Texas, Nebraska, Kansas, Oklahoma, Kalifornia	Liharotuisia	NCBA (2020)
Aasia (Kiina)	Kiina, keskitasangot	Epäselvä	Li ym. (2018)

Taulukko 3. Rehunkulutus naudanlihan tuotannossa Euroopassa Nguyen ym. (2010).

Per 1 000 kg (teuras-kg)		Liharotui- nen vasikka	Maitorotui- nen sonni (12 kk)	Maitorotui- nen sonni (16 kk)	Maitorotui- nen sonni (24 kk)
Teurasikä, pv		533	360	480	720
kg teuraspainoa / eläin		334	243	268	316
Kotoi- set re- hut	Laidun kg KA	9 021	0	0	6 675
	Nurmisäilörehu kg KA	5 446	0	1 574	6 675
	Maissisäilörehu kg KA	2 404	1 295	5 902	0
	Kevätohra kg KA	2 254	5 805	2 885	2 002
	Olki kg KA	1 726	345	262	1 335
Tuonti	Soijapuriste kg KA	12	993	787	0
	Kivennäisrehu kg KA	131	0	131	0

Taulukko 4. Tanskalaisen naudanlihan ilmastovaikutus, mukailtu Mogensen ym. (2015, 2016, 2020) ja korjaus järjestelmärajauksen ja toiminnallisen yksikön osalta vertailua varten.

	kg / vuosi	kg CO ₂ ekv/kg lihaa	Liha-% ruhosta	kg CO ₂ ekv/ teuras- kg	Teurastus- prosessi, kg CO ₂ ekv	Korjattu järjestelmä- rajaus ja toiminnalli- nen yksikkö kg CO ₂ ekv/teuras- kg	
Maitorotuinen (Holstein)							
Vasikat	22 171	10,4	97 %	10,0	0,2	9,8	
Nuoret sonnit	17 529	10,5	94 %	9,8	0,2	9,6	
Lypsylehmät	34 500	11,1	99 %	11,0	0,2	10,8	
Luomulehmät ja -härät	4 081	13,5	94 %	12,7	0,2	12,5	
Yhteensä	78 281	10,9		10,6		10,4	Osuus 83 %
Intensiivinen liharotu (Limousin)							
Vasikat	2 946	32	94 %	30			
Nuoret sonnit	3 196	31	94 %	29,1	0,2	28,9	
Hiehot	1 680	30,8	96 %	29,6	0,2	29,4	
Lehmät	6 596	11,3	98 %	11,0	0,2	10,3	
Yhteensä	14 418	22,2		21,1		14,8	Osuus 15 %
Extensiivinen liharotu (Highland)							
Nuoret sonnit	1 023	41,9	96 %	40,1	0,1	40,0	
Hiehot	245	45,8	95 %	43,3	0,1	43,2	
Lehmät	869	12,9	96 %	12,3	0,2	12,1	
Yhteensä	2 137	30,6		29,1		29,0	Osuus 2 %
Kaikki yh- teensä	94 836	13,1		12,6		11,5	keskimääräi- nen kg CO ₂ ekv/teuras-kg

Taulukko 5. Ruotsalaisen tavanomaisen naudanlihan ympäristövaikutukset Hessle ym. (2017) ja Bureš & Bartoň (2018) mukaisena.

Elinkaaren vaihe	kg CO₂ ekv/toiminnallinen yksikkö	Happamoittava, mol H⁺ ekv	Rehevöittävä (terrestrial), mol N ekv	Rehevöittävä (makeavesi), kg P ekv	Rehevöittävä (merivesi), kg N ekv
Rehut	28,26	0,2411	0,9628	0,003515	0,32447
Eläinten päästöt	25,12	0,4412	1,9722	0,000006	0,01351
Kuljetukset	0,489	0,0033	0,0126	0,000047	0,00129
Prosessointi	0,251	0,0006	0,0014	0,000039	0,00118
Pakkaus	0,055	0,0002	0,0006	0,000006	0,00014
Jakelu	0,056	0,0003	0,0012	0,000005	0,00014
Yhteensä, per kg ulkofilettä	54,2	0,6868	2,9507	0,003618	0,34073
Yhteensä, tilan portilla, per 1 kg ulkofilettä	53,4	0,68	2,94	0,003521	0,33798
Muutettu toiminnallinen yksikkö, per 1 teuras-kg	39,1	0,50	2,15	0,00	0,25

5. Aluetalousvaikutukset

Marja Knuuttila¹ ja Jyrki Niemi²

¹ Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Lönnrotinkatu 7, 50100 Mikkeli

² Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

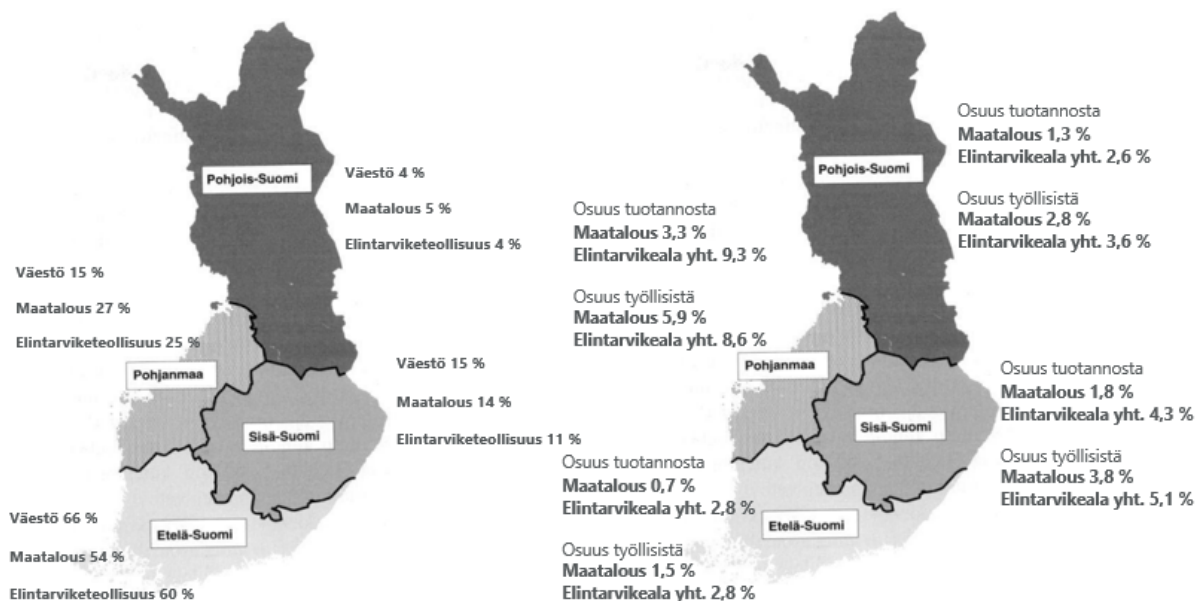
Tiivistelmä

Kotieläintuotannon vaihtoehtoisten tulevaisuuskuvien aluetalousvaikutusten tarkastelussa arvioidaan, millainen vaikutus kotieläintuotannon vähenemisellä tai lisääntymisellä olisi alueen talouteen. Tarkasteltavana on maatalouden oman tuotannonmuutosvaikutuksen lisäksi kerta- luonteisista panoksista eli välituotekysynnästä aiheutuvat vaikutukset alueen tuotantoon. Välitöntä taloudellista vaikutusta mitataan maatalouden ja elintarviketeollisuuden aluetalouteen tuottaman tuotoksen ja työllisten määrällä. Maatalouden ja elintarviketeollisuuden kerrannaisvaikutukset tuotokseen ja työllisyyteen muille aloille lasketaan aluetalouden panos-tuotosmallilla. Uusinvestointien ja käytöstä poistuvien rakennusten vaikutuksia alueen talouteen ei tarkastella.

Asiasanat: maatalous, elintarviketeollisuus, aluetalous, panos-tuotosanalyysi, taloudelliset vaikutukset, työllisyys

5.1. Johdanto

Tässä luvussa kuvataan, kuinka kotieläintuotannon tulevaisuuskuvien tuotantomuutokset vaikuttavat alueen talouteen. Kun maataloustuotannossa tapahtuu muutos, niin vaikutukset tuntuvat maatalouden lisäksi myös muilla tuotannonaloilla. Vaikutusten määrään vaikuttaa olennaisesti se, onko maatalousraaka-aineeseen kohdistuva kysyntä lähtöisin oman alueen jalostuksesta. Välitöntä taloudellista vaikutusta mitataankin seuraavassa maatalouden ja elintarviketeollisuuden aluetalouteen tuottaman tuotoksen ja työllisten määrällä. Alueiden kannalta merkitystä on erityisesti sillä, mikä osuus maatalouden ja elintarviketeollisuuden tuotoksella ja työllisyydellä on alueiden kokonaistuotannosta ja -työllisyydestä. Taloudelliselta kokonaisarvoltaan pienenkin elintarvikesektorin tuotanto- ja työllisyysvaikutus voi olla alueellisesti suhteellisen suuri.



Kuva 1. Maatalouden ja elintarviketeollisuuden sijoittuminen Suomessa suuralueittain ja osuus alueen kokonaistuotoksesta ja työllisestä työvoimasta vuonna 2019. Lähde: Tilastokeskus 2021.

Lähtötilanteessa eli vuonna 2019 elintarvikeala (sisältäen maatalouden tuotannon tukineen ja elintarviketeollisuuden) tuotti tuotosta Suomen kansantalouteen 17,8 mrd. euroa eli 3,9 % koko maan tuotoksesta työllistäen samalla noin 103 000 henkilöä eli 3,9 % koko maan työllisistä (Kuva 1). Eniten ala työllistää ja tuottaa tuotosta Etelä-Suomessa, jonka osuus alan tuotoksesta oli vuonna 2019 runsas 54 %, ja jossa sijaitsee noin 50 % alan kaikista työpaikoista. Etelä-Suomessa alan aluetaloudellinen merkitys on kuitenkin suhteellisesti tarkasteltuna pieni osuuden jäädessä 2,8 %:iin alueen työllisestä työvoimasta ja 2,8 %:iin alueen tuotoksesta. Suhteellisesti eniten elintarvikeala työllistää ja luo arvonlisäystä Pohjanmaalla, jossa sen osuus on 8,6 % alueen työllisestä työvoimasta ja 9,3 % alueen tuotoksesta. Seuraavaksi tulevat Sisä-Suomi (5,1 % ja 4,3 %) sekä Pohjois-Suomi (3,6 % ja 2,6 %) (Tilastokeskus 2021).

Aluetalousvaikutustarkastelun lähtökohta on DREMFA-mallin suuralueittaiset tulokset maataloudesta (luku 2). Maataloudesta saadaan markkinatuotot ja maatalouden tuet, joiden muutos kuvaa maatalouden tuotoksen skenaariokauden päättyessä vuonna 2050. Vastaavasti elintarviketeollisuuden tuotos alueella saadaan maatalouden markkinatuottojen muutoksella. Tällöin markkinatuottojen muutoksen oletetaan olevan seurausta lisääntyneestä/ vähentyneestä raaka-ainetarjonnasta ja elintarviketeollisuuden hankkivan muita välituotteita markkinatuottojen muutoksen suhteessa. Tuotantoteknologian oletetaan pysyvän muuttumattomana isostakin tuotannon kasvusta tai laskusta huolimatta.

Maatalouden ja elintarviketeollisuuden muilla aloilla aikaansaamia tuotantovaikutuksia kutsutaan kerrannaisvaikutuksiksi tai välilliseksi vaikutukseksi erotuksena tarkastelutoimialojen omaa tuotosta tai työllisyyttä kuvaavan välittömään vaikutukseen. Maatalouden ja elintarviketeollisuuden kerrannaisvaikutukset muille aloille lasketaan aluetalouden panos-tuotosmallilla (panos-tuotosmallista enemmän esim. Miller & Blair 2020). Tuotosmalli kuvaa toimialan koko tuotannon kerrannaisvaikutukset.

Tarkasteltavien tulevaisuuskuvien näkökulma on tulevaisuudessa noin kolmenkymmenen vuoden päässä vuodessa 2050. Panos-tuotoskertoimet ovat historian tulosta. Jos niillä arvioidaan tulevaisuutta ja kehitystä vuosien päähän, niin virhemarginaali kasvaa ja kertaantuu,

koska panos-tuotokertoimet elävät mm. teknologisen kehityksen, tuottavuuden muutosten ja hintasuhteiden muutosten johdosta. Tässä ajassa koko talouden tuotantorakenteet muuttuvat, kun tuotantoon tulee uusia tuotteita tavaroina ja palveluina ja vanhoja poistuu. Tuote-tarjonnan lisäksi tuotantoteknologiat ja tuotehinnat muuttuvat. Muutokset tarkoittavat sitä, että aluetalouksien tuotantorakenteet tarkasteluvuonna tulevaisuudessa poikkeavat nykyhet-keä kuvaavan tutkimusaineiston talousrakenteista.

Kun muutokset ovat suuria tai niissä tuotantomäärän lisäksi muuttuvat tuotettavat tuotteet, on investointien tarve ilmeinen tai vaihtoehtoisesti olemassa oleville investoinneille ei enää ole käyttöä. Esimerkiksi Kotieläin-Suomessa maidontuotanto sekä sianlihan- ja siipikarjanli-hantuotanto puolitoistakertaistuvat tehden rakennusinvestoinnit välttämättömiksi. Ympäristö-Suomessa maidontuotanto puolittuu ja sianlihan- sekä siipikarjanlihan tuotanto laskee jopa kolmannekseen, jolloin rakennuksille ei enää ole entistä käyttöä.

Tässä yhteydessä ei tarkastella uusinvestointien ja käytöstä poistuvien rakennusten vaikutuk-sia alueen talouteen. Tarkasteltavana on maatalouden oman tuotannonmuutosvaikutuksen lisäksi kertaluonteisista panoksista eli välituotekysynnästä aiheutuvat vaikutukset alueen tuo-tantoon. Tämä tarkoittaa sitä, että aluetalouden tuotannon muutokset ovat peräisin ainoas-taan maataloustuotannon muutoksesta ja tämän tuotannonmuutoksen vaikutuksesta maata-loustuotteita jalostavaan elintarviketeollisuuteen. Tarkastelussa maataloustuotannossa tapah-tuvan muutoksen oletetaan vaikuttavan samassa suhteessa alueen jalostavan teollisuuden raaka-ainekäyttöön. Alueen oletetaan pystyvän sopeutumaan muuttuneeseen tuotantotilan-teeseen nykyhinnoilla ja tarjoamaan maatalouden panoskysyntää vastaavan tuote- ja palvelu-tarjonnan. Tämä koskee erityisesti Kotieläin-Suomea, jossa tuotanto kasvaa. Vastaavasti tuo-tannon supistumista kuvaavissa Ympäristö- ja Terveys-Suomessa aluetaloudessa ei oleteta ta-pahtuvan muuta talouden sopeutumista muuttuneeseen tilanteeseen.

5.2. Aluetaloudelliset vaikutukset eri skenaarioissa

Kotieläintuotannon tulevaisuuskuvin maatalouden tuotos sekä pienenee että kasvaa (Tau-lukko 1). Nykykehityksen mukaista kotieläintuotantoa kuvailevassa perusurassa (business-as-usual) koko maan maatalouden tuotos alenee 93 prosenttiin vuoden 2019 tasosta. Tämä on seurausta tuotoksen vajaan 20 ja 10 prosentin laskuista Etelä- ja Sisä-Suomessa, sillä Pohjan-maalla ja Pohjois-Suomessa tuotos kasvaa 8 ja 3 prosentilla. Ympäristö- ja Terveys-Suomi muistuttavat tuotokseen muutoksen osalta toisiaan, kun tuotos alenee koko maassa noin kol-manneksen, eivätkä muutosvaikutusten erot suuralueittainkaan ole suuret.

Taulukko 1. Maatalouden tuotos kotieläintuotannon tulevaisuuskuvin vuonna 2050 vuo-teen 2019 verrattuna. Lähde: DREMFA-tulokset.

	Etelä-Suomi	Sisä-Suomi	Pohjanmaa	Pohjois-Suomi	Koko maa
Perusura	0,83	0,91	1,08	1,03	0,93
Ympäristö-Suomi	0,73	0,69	0,68	0,76	0,71
Terveys-Suomi	0,72	0,73	0,74	0,72	0,73
Kotieläin-Suomi	1,47	1,37	1,35	0,95	1,39

Suurin ero tulevaisuuskuvien kesken on Pohjanmaalla, jossa Terveys-Suomi tuottaa kuusi prosenttiyksikköä Ympäristö-Suomea suuremman tuotoksen. Suurin tuotosmuutos koetaan Kotieläin-Suomessa, jossa koko maan tuotos kasvaa 1,39 kertaiseksi, vaikka laskeekin Pohjois-Suomessa viidellä prosenttiyksiköllä.

Tuotos sisältää maataloustuotteiden myynnistä saadut markkinatuotot ja maatalouden tuet, joilla molemmilla tuotannosta aiheutuvia kustannuksia katetaan. Kotieläin-Suomessa, jossa kotieläintuotanto kasvaa, markkinatuottojen osuus tuotoksesta kasvaa kaikilla suuralueilla tuotoksen laskiessa Pohjanmaalla, Sisä- ja Pohjois-Suomessa ja kasvaessa markkinatuottoja vähemmän Etelä-Suomessa (Taulukot 2 ja 3). Tämä tarkoittaa sitä, että kotieläintuotoksesta suurempi osuus saadaan raaka-ainemyynnistä. Siinä missä perusuran tulevaisuuskuvassa tuotanto säilyy tuotteiltaan enemmän entisenlaisena, niin Kotieläin-Suomessa tuotoksen kasvu on nimensä mukaisesti kotieläintuotteiden tuotannon kasvua.

Taulukko 2. Maatalouden markkinatuotot kotieläintuotannon tulevaisuuskuvittain vuonna 2050 vuoteen 2019 verrattuna. Lähde: DREMFIA-tulokset.

	Etelä-Suomi	Sisä-Suomi	Pohjanmaa	Pohjois-Suomi	Koko maa
Perusura	0,86	1,05	1,19	1,21	1,01
Ympäristö-Suomi	0,77	0,72	0,78	0,78	0,76
Terveys-Suomi	0,77	0,86	0,90	0,76	0,82
Kotieläin-Suomi	1,69	1,86	1,74	1,26	1,72

Kun kertaluonteisten investointien tuotantovaikutukset aluetalouteen jätetään huomioimatta, niin eri tulevaisuuskuvien tuotantovaikutukset aluetalouteen aiheutuvat maatalouden lisäksi maataloustuotteiden jalostuksen vaikutuksista. Alueen elintarvikejalostuksen oletetaan tässä muuttuvan maatalouden markkinatuottojen suhteessa. Tällöin oletuksena on, että alueiden välisessä maatalousraaka-ainekaupassa ei tapahdu muutoksia, vaan tuotetusta raaka-aineesta suhteellisesti sama osuus edelleen jalostetaan alueella.

Taulukko 3. Maatalouden tuet kotieläintuotannon tulevaisuuskuvittain vuonna 2050 vuoteen 2019 verrattuna. Lähde: DREMFIA-tulokset.

	Etelä-Suomi	Sisä-Suomi	Pohjanmaa	Pohjois-Suomi	Koko maa
Perusura	0,79	0,75	0,95	0,88	0,84
Ympäristö-Suomi	0,68	0,66	0,57	0,74	0,65
Terveys-Suomi	0,66	0,59	0,55	0,69	0,61
Kotieläin-Suomi	1,18	0,84	0,88	0,71	0,98

Perusurassa markkinatuottojen kuvaamana elintarviketeollisuuden tuotos koko maassa säilyy ennallaan, mutta tuotos Etelä-Suomessa pienenee 14 prosentilla ja kasvaa suhteellisesti eniten Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa 19 ja 21 prosenttia (Taulukko 2). Ympäristö-Suomessa elintarviketeollisuuden tuotos pienenee enemmän (24 prosenttia) kuin Terveys-Suomessa (18 prosenttia). Ympäristö-Suomessa jalostavan teollisuuden tuotoksen lasku jakaantuu tasaisesti alueiden kesken, kun taas Terveys-Suomessa lasku kohdistuu suhteellisesti enemmän

Etelä- ja Pohjois-Suomeen. Kotieläintuotannon kasvusta vastaavassa Kotieläin-Suomessa koko maan elintarviketeollisuuden tuotos kasvaa 72 prosentilla vuoteen 2050. Kasvu on suhteellisesti suurinta Sisä-Suomessa (86 prosenttia) ja pienintä Pohjois-Suomessa (26 prosenttia).

Kotieläintuotannon tulevaisuuskuvien aluetalousvaikutuksia tarkastellaan lähemmin neljän esimerkkimaakunnan kautta. Kultakin DREMFA-suuralueelta on valittu yksi maakunta. Valintaan on vaikuttanut maatalouden ja elintarviketeollisuuden tuotannon määrän lisäksi tuotannon merkitys alueella eli osuus maakunnan tuotoksesta. Etelä-Suomen suuraluetta edustaa Varsinais-Suomi, Pohjanmaata Etelä-Pohjanmaa, Sisä-Suomea Pohjois-Savo ja Pohjois-Suomea Lapin maakunta. Taulukossa 4 on esitetty maatalouden ja elintarviketeollisuuden osuus tarkasteltavien maakuntien tuotannossa.

Pohjanmaan suuraluetta edustavan Etelä-Pohjanmaan maatalouden osuus maakunnan tuotoksesta, 4,9 prosenttia vuonna 2019, on myös suurin koko maan maakunnissa. Maatalouden merkitystä Pohjanmaan suuralueelle kuvaa se, että alueelle osuvat myös maan seuraavaksi suurimpien maatalousosuuksien maakunnat Keski-Pohjanmaa (3,8 prosenttia maakunnan tuotoksesta) ja Pohjanmaa (eli Vaasan rannikkoseutu, 3,2 prosenttia maakunnan tuotoksesta). Elintarvikealan merkitystä Etelä-Pohjanmaan aluetaloudelle vahvistaa se, että myös elintarviketeollisuuden osuus maakunnan tuotoksesta on maan suurin (14,3 prosenttia). Pienin maatalouden ja elintarviketeollisuuden merkitys tarkastelumaakunnista on Lapin maakunnassa, maataloudessa 0,8 ja elintarviketeollisuudessa 0,5 prosenttia. Tätä pienempi maatalouden merkitys on vain Etelä-Suomessa Uudellamaalla (0,1 prosenttia) ja yhtä suuri Pirkanmaalla (0,8 prosenttia).

Taulukko 4. Maatalouden ja elintarviketeollisuuden perushintaisen tuotoksen ja työllisten osuus tarkastelumaakunnan tuotoksesta vuonna 2019, %. Lähde: Tilastokeskus 2019.

	Maatalous, tuotos	Elintarviketeollisuus, tuotos	Maatalous, työlliset	Elintarviketeollisuus, työlliset
Varsinais-Suomi	1,9	2,7	3,2	1,4
Etelä-Pohjanmaa	4,9	14,3	8,2	4,6
Pohjois-Savo	2,4	3,7	4,8	1,4
Lappi	0,8	0,5	2,1	0,5

Maatalouden osuus työllisistä on tuotosta suurempi kaikissa tarkastelumaakunnissa (Taulukko 4). Tuotoksen tavoin maatalouden ja elintarviketeollisuuden osuudet työllisistä ovat tarkastelumaakunnista suurimmat Etelä-Pohjanmaalla ja pienimmät Lapissa.

Aluetalouden panos-tuotosmallin tulokset ilmaisevat, että tutkimusaineiston toimialajaolla suurimmat kerrannaisvaikutukset maatalous aikaansaa elintarviketeollisuudessa ja tukkukaupassa. Elintarviketeollisuuden kärkipaikkaa selittää se, että rehuteollisuus tuottaa eläinrehuja kotieläintuotannon tarpeisiin. Tukkukaupan sijoittumista kärkeen puolestaan selittää se, että käytännössä kaikki maatalouden tuotantopanokset hankitaan maataloustarvikekaupan välittämällä, vaikka itse toimitukset olisivat suoraan tehtaalta. Muista aloista maatalouden suurimmat kerrannaisvaikutukset maakunnissa kohdistuvat rakentamiseen, energia-, vesi- ja jätehuoltoon, muuhun teolliseen valmistukseen, kuljetukseen ja varastointiin sekä ammatilliseen ja tekniseen toimeen. Jälkimmäiseen sisältyvät esimerkiksi eläinlääkintäpalvelut.

Elintarviketeollisuuden suurimmat kerrannaisvaikutukset aluetaloudessa puolestaan kohdistuvat maatalouteen. Tämä on ymmärrettävää, sillä elintarviketeollisuuden hankinnoista suurimman osan muodostavat maataloudelta hankittavat raaka-aineet ja niitä hankitaan myös

omasta maakunnasta. Seuraavaksi suurimmat elintarviketeollisuuden kerrannaisvaikutukset alueella kohdistuvat kuljetukseen ja varastointiin, tukkukauppaan, ammatilliseen ja tekniseen toimeen, energia-, vesi- ja jätehuoltoon sekä rakentamiseen.

Kerrannaisvaikutusten maakunnittainen laskenta-aineisto on vuodelta 2015, joka on päivitetty versio Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen (PTT) viimeksi julkaisemista alueellisesta pannaos-tuotosaineistosta koskien vuotta 2014 (PTT 2019). Kerrannaisvaikutusten laskenta-aineisto on siten vanhempi kuin maatalouden ja elintarviketeollisuuden välitöntä tuotosta kuvaavat taulukon 4 vuoden 2019 luvut. Tuotantoteknologian muutosvaikutukset aluetalouden rakenteessa eivät kuitenkaan yleensä ole suuria johtuen välituotekäytön rakenteesta.

Taulukossa 5 on esitetty tulevaisuuskuvittain tulokset elintarvikealan osuudesta tarkastelumaakunnan tuotoksesta tarkastelukauden alussa vuonna 2019, joka kuvaa toteutunutta taloutta ja skenaariokauden päättyessä vuonna 2050. Elintarvikeala sisältää maatalouden ja elintarvike-toimialojen tuotokset ja näiden välituotekäytön tuotosvaikutukset muilla maakunnan toimialoilla. Päällekkäiset kysyntävaikutukset on poistettu kaksinkertaisen laskennan välttämiseksi.

Taulukko 5. Elintarvikealan osuus tarkastelumaakunnan tuotoksesta kotieläintuotannon tulevaisuuskuvittain vuonna 2019 (toteutunut) ja skenaariokauden päättyessä vuonna 2050, %.

	Alkutilanne 2019	Perusura 2050	Ympäristö-Suomi 2050	Terveys-Suomi 2050	Kotieläin-Suomi 2050
Etelä-Pohjanmaa	21,1	23,6	16,6	18,4	30,3
Varsinais-Suomi	6,8	5,8	5,2	5,1	10,4
Pohjois-Savo	7,8	7,8	5,6	6,3	12,3
Lappi	2,1	2,3	1,7	1,6	2,3

Perusurassa elintarvikealan tuotoksen osuus maakunnan tuotoksesta kasvaa Etelä-Pohjanmaan maakunnassa nykyisestä 21,1 prosentista 23,6 prosenttiin. Tämä johtuu maatalouden markkinatuotoista aiheutuvasta tuotoksen kasvusta ja elintarviketeollisuuden tuotoksen kasvusta. Varsinais-Suomessa elintarvikealan osuus maakunnan tuotoksesta laskee yhdellä prosenttiyksiköllä 5,8 prosenttiin maatalouden ja elintarviketeollisuuden tuotoksen pienentyessä. Pohjois-Savossa elintarvikealan osuus maakunnan tuotoksesta pysyy ennallaan, sillä maatalouden markkinatuottojen ja elintarviketeollisuuden tuotoksen hienoiset kasvut kompensoivat maataloustukien laskun. Lapissa elintarvikealan osuus maakunnan tuotoksesta kasvaa vain 0,2 prosenttiyksikköä huolimatta maatalouden tuotoksen ja elintarviketeollisuuden kasvusta. Tukien laskun lisäksi tämä johtuu maatalouden ja elintarviketeollisuuden pienemmästä koosta, molempien tuotos on alle prosenttiyksikön alueen koko tuotoksesta.

Ympäristö-Suomessa elintarvikealan osuus Etelä-Pohjanmaan tuotoksesta laskee vuoden 2019 tilanteeseen verrattuna 4,5 prosenttiyksiköllä, Varsinais-Suomessa 1,6 prosenttiyksiköllä, Pohjois-Savossa 2,2 prosenttiyksiköllä ja Lapissa 0,4 prosenttiyksiköllä maatalouden ja elintarviketeollisuuden tuotosten pienentyessä. Maatalouden ja elintarviketeollisuuden tuotosmuutosten lisäksi vaikutusta on sillä, mikä paino näillä on alueen koko tuotannossa eli tuotannon koko.

Terveys-Suomessa elintarvikealan osuus Etelä-Pohjanmaan tuotoksesta laskee Ympäristö-Suomea vähemmän, 2,7 prosenttiyksikköä, vaikka maatalouden tuet lähes puolittuvat Ympäristö-skenaariotavoin. Elintarvikealan pienempi tuotososuuden lasku Etelä-Pohjanmaan Terveys-Suomessa johtuu maatalouden markkinatuottojen ja elintarviketeollisuuden tuotoksen

Ympäristö-Suomea pienemmästä laskusta. Varsinais-Suomessa Terveys-Suomen elintarvikealan osuus maakunnan tuotoksesta on samaa tasoa kuin Ympäristö-Suomessa, eroa on vain 0,1 prosenttiyksikköä. Tämä johtuu siitä, että muutokset maatalouden ja elintarviketeollisuuden tuotoksissa ovat samaa suuruusluokkaa. Pohjois-Savossa Terveys-Suomessa elintarvikealan osuus maakunnan tuotoksesta on 0,7 prosenttiyksikköä Ympäristö-Suomea suurempi, mutta kuitenkin 1,5 prosenttiyksikköä perusuraa pienempi. Pohjois-Savossa maatalouden markkinatuotot ja elintarviketeollisuuden tuotos ovat Terveys-Suomessa Ympäristö-Suomea korkeammat, vaikka maatalouden tuet ovatkin pienemmät. Lapissa elintarvikealan osuudessa maakunnan tuotoksesta on Ympäristö-Suomen ja Terveys-Suomen välillä Varsinais-Suomen tavoin vain 0,1 prosenttiyksikön ero. Ympäristö-Suomessa elintarvikealan osuus maakunnan tuotoksesta on molemmissa 0,1 prosenttiyksikön verran Terveys-Suomea suurempi.

Kotieläin-Suomessa elintarvikealan osuus maakunnan tuotoksesta kasvaa Etelä-Pohjanmaalla 9,2 prosenttiyksikköä, Varsinais-Suomessa 3,6 prosenttiyksikköä, Pohjois-Savossa 4,5 prosenttiyksikköä ja Lapissa 0,2 prosenttiyksikköä. Varsinais-Suomen tilanne poikkeaa tuen osalta, siltä muista alueista poiketen maataloustuen osuus kasvaa 18 prosenttiyksiköllä, kun se muilla alueilla laskee. Markkinatuotot kasvavat suhteellisesti eniten Pohjois-Savossa, 69 prosenttiyksikköä. Lapissa maatalouden markkinatuotot ja elintarviketeollisuus kasvavat muita alueita vähemmän ja maataloustukien 29 prosenttiyksikön pienenemisen vaikutus on suuri verrattuna maatalouden markkinatuottojen ja elintarviketeollisuuden tuotoksen kasvuun.

Kotieläintuotannon tulevaisuuskuvien tuotannonmuutokset voidaan laskea aluetalouden panos-tuotosmallilla vain vahvojen oletusten vallitessa. Kaukana 30 vuoden päässä tulevaisuudessa oletettujen maataloustuotannon muutosten lisäksi talouden muut rakenteet myös muuttuvat tuotannon ja hintojen muuttuessa. Kaikkien toimialojen muutosten ennustaminen aluetalouksissa on haastavaa ja vaatisi omaa skenarointiaan. Tästä syystä maataloustuotannon tuotannonmuutosten oletetaan tapahtuvan nykyisen tuotantorakenteen kuvaamassa aluetaloudessa. Näin ollen tulokset kuvaavat suhteellisia eroja eri tulevaisuuskenaarioiden välillä nykyisten tuotantorakenteiden vallitessa.

Elintarviketeollisuuden tuotoksen alueella oletetaan muuttuvan maatalouden markkinatuotoksen suhteessa. Elintarviketeollisuuden välittömän tuotosvaikutuksen osalta on sinänsä sama, onko muutos peräisin hinnoista tai raaka-aineista, mutta merkitystä on elintarviketeollisuuden muun kuin maatalouden välituotteiden kysynnän ja työllisyyden näkökulmasta. Mikäli elintarviketeollisuuden tuotosmuutos johtuu raaka-ainekysyntämuutoksen sijaan hintamuutoksesta, niin esitetyt tulokset yliarvioivat elintarvikealan muutosvaikutuksen aluetalouteen. Tämä johtuu siitä, että elintarviketeollisuuden muun kuin raaka-ainevälituotekysynnän muutokset ovat sidoksissa materiaaliseen jalostustoimintaan. Sama koskee työllisyyttä. Työntekijöiden tarve lisääntyy tai vähenee tuotannon muuttuessa jalostettavan raaka-ainemäärän mukaan, mutta raaka-aineen hintamuutoksella samaa vaikutusta ei ole.

5.3. Viitteet

Miller, R. E. & Blair, P. D. 2009. Input-Output Analysis. Foundations and Extensions. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626982>

PTT 2019. Alueellisen taloustilastojen tietokanta (ALTA). Finnish regional input-output tables 2014. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos PTT. <https://www.ptt.fi/julkaisut-ja-hankkeet/kaikki-hankkeet/alueellisen-taloustilastojen-tietokanta-alta.html>

Tilastokeskus 2019. Kansantalouden aluetilinpito. <https://stat.fi/tilasto/altp#cubes>

Tilastokeskus 2021. Kansantalouden aluetilinpito. <https://stat.fi/tilasto/altp#cubes>

6. Ulkomaankauppavaikutukset

Marja Knuutila¹ ja Jyrki Niemi²

¹ Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Lönnrotinkatu 7, 50100 Mikkeli

² Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Tiivistelmä

Kotieläintuotannon vaihtoehtoisten tulevaisuuskuvien ulkomaankauppavaikutusten tarkastelussa arvioidaan panos-tuotosmenetelmää hyödyntämällä, millainen vaikutus kotieläintuotannon huomattavalla vähenemisellä tai lisääntymisellä olisi toimialan tuontiin ja vientiin. Ulkomaankauppavaikutukset sisältävät maatalouden tuotannon edellyttämän panostuonnin sekä maataloustuotteiden viennin ja tuonnin. Vaikutukset eivät sisällä kotieläintuotannon muutoksesta aiheutuvia investointeja ja investointitavaroiden hankintaa.

Asiasanat: tuonti, vienti, välituotekäyttö, panos-tuotosmalli

6.1. Johdanto

Kotieläintuotannon tulevaisuuskuvien ulkomaankaupan vaikutusten tarkastelu sisältää maatalouden tuotannon edellyttämän panostuonnin sekä maataloustuotteiden viennin ja tuonnin. Tarkastelun tavoite on tuottaa tietoa siitä, kuinka kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat eroavat toisistaan viennin ja tuonnin suhteen ja miten tulevaisuuskuvien mukainen tuotanto vertautuisi tarkastelun lähtötason, vuoden 2018 tuontiin ja vientiin.

Ulkomaankaupan vaikutusten tarkastelu perustuu DREMFIAn mallin tuloksiin (Luku 2), joita käytetään laskenta-aineistona. DREMFIAn mallin tulokset viljan- ja kotieläintuotannon kustannuksista sekä viljan, lihan ja maitotuotteiden viennistä ja tuonnista mahdollistavat tulevaisuuskuvien ulkomaankaupan keskinäisen vertailun.

Vuoden 2018 toteutunut vertailutaso maatalouden tuotannon edellyttämästä panostuonnista sekä maataloustuotteiden viennistä ja tuonnista saadaan Tilastokeskuksen vuoden 2018 panos-tuotosaineistosta (Tilastokeskus 2018). Maatalouden panostuontina käytetään panos-tuotosmallilla laskettavaa maatalouden kokonaispanostuontia (katso esim. Knuutila & Vatanen 2021). Tämä tarkoittaa sitä, että panostuonti sisältää myös maatalouden välillisen panostuonnin kuten energia-, lannoite- ja rehuraaka-aineet maatalouden välittömän panostuonnin (esimerkiksi kauppavalmiit kasvinsuojeluaineet, valmisrehut ja -lannoitteet) lisäksi. Vuoden 2018 toteutunut vertailutaso maataloustuotteiden viennistä ja tuonnista sisältää aineiston tuoteluokat "Maataloustuotteet (01)", "Lihat tuotteet (101)" ja "Maitotaloustuotteet (105)".

Vuoden 2050 maatalouden tuotannon edellyttämä panostuonti sekä maataloustuotteiden vienti ja tuonti kotieläintuotannon tulevaisuuskuvin saadaan DREMFIAn mallin aineistosta lasketuilla suhteellisilla muutoksilla.

Kotieläintuotannon tulevaisuuskuvat sisältävät oletuksen kotitalouksien ruokavaliosta. Ruokavaliio säilyy lähes ennallaan perusurassa, Kotieläin-Suomessa ja Huoltokyky-Suomessa, mutta kasvien osuus kasvaa Ympäristö-, Terveys- ja Kasvis-Suomessa. Tutkimus kohdistuu kotieläintuotannon muutosten aikaansaamiin ulkomaankauppavaikutuksiin ja ruokavaliomuutosten mahdollisesti edellyttämiä muutoksia elintarviketeollisuuden raaka-ainetuontiin ja

valmiselintarviketuontiin ei tässä yhteydessä tarkemmin käsitellä. Tämä tarkoittaa etenkin sitä, että eläinproteiinin korvaamistarvetta kasviperäisellä tuontiproteiinilla ei tarkemmin arvioida.

Ulkomaankauppavaikutukset eivät sisällä kotieläintuotannon tulevaisuuskuvien tuotannonmuutoksesta aiheutuvia investointeja ja investointitavaroiden tuontia. Panostuonnissa keskeistä on vuoden aikana loppuun käytettävät tavarat ja palvelut eli välituotteet sekä niiden osuus ja muutos tuotannossa tulevaisuuskenaariottain.

DREMFIAn tulokset eivät sisällä Huoltokyky- ja Kasvis-Suomen laskenta-aineistoa, joten kotieläintuotannon tulevaisuuskuvien panoskäytön sekä maataloustuotteiden viennin ja tuonnin ulkomaankauppavaikutuksia ei tarkastella näiden tulevaisuuskuvien osalta.

6.2. Panoskäytön tuontivaikutukset

Maatalouden tuotannon edellyttämää panostuontia on selvitetty Tuonti-hankkeissa (Knuuttila & Vatanen 2021). Tutkimuksen mukaan eniten tuodaan kemikaaleja ja kemiallisia aineita, mutta tuontiin sisältyy monenlaista tavaraa ja palvelua, ja energian raaka-ainetuonti on ja kaantunut useamman tuoteluokan alle.

Maatalouden panostuonnin selvittämiseksi kotieläintuotannon tulevaisuuskuissa DREMFIAMallin kustannuseristä poimittiin vuoden aikana loppuun käytettävät tuotteet eli niin sanotut välituotteet. Tämä sisälsi viljantuotannon lannoitteet ja kasvinsuojeluaineet, työkoneiden ja viljankuivatuksen polttoaineet sekä kotieläintuotannon sähkön ja eläinlääkinnän, teolliset rehut, koneiden ja rakennusten ylläpidon ja yleiskustannukset. Kun kustannuserät oli poimittu, laskettiin kunkin kustannuserän osuus kokonaiskustannuksista ja kustannuksen arvon muutos vuodesta 2018 vuoteen 2050 tulevaisuuskuittain. Laskenta on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

Välituotteiden osuus tulevaisuuskuviin kokonaiskustannuksesta on viljantuotannossa 42–43 prosenttia ja kotieläintuotannossa 23–26 prosenttia. Osuus ei isommin vaihtelee tulevaisuuskuittain lukuun ottamatta Kotieläin-Suomen muita tulevaisuuskuvia suurempaa 26 prosentin osuutta kotieläintuotannossa. Tämä johtuu Kotieläin-Suomessa teollisten rehujen osuuden kasvusta. Teollisten rehujen osuus kasvaa hieman myös Terveys-Suomessa. Lannoitteiden osuus on Ympäristö-Suomessa muita tulevaisuuskuvia pienempi.

Perusurassa kotieläin- ja viljantuotannon painotettu välituotekäyttökustannus ylittää kahdella prosentilla vastaavan vuoden 2018 tason (Taulukko 1) kustannuserittäisten nousujen ja laskujen vallitessa (liite 1). Kotieläintuotannossa välituotekäytön kustannuksen nousu on viljantuotannon kustannuksen nousua kaksi prosenttiyksikköä suurempi. Ympäristö-Suomessa kotieläin- ja viljantuotannon painotettu välituotekäyttökustannus alenee 29 prosentilla johtuen etenkin kotieläintuotannon välituotekäyttökustannuksen alenemisesta 46 prosentilla. Eniten laskua on teollisissa rehuissa, 52 prosenttia. Terveys-Suomessa kotieläin- ja viljantuotannon painotettu välituotekäytön kustannus alenee 23 prosentilla. Ympäristö-Suomen tavoin kotieläintuotannon välituotekäyttökustannuksen lasku, 32 prosenttia, on viljantuotannon välituotekäyttökustannuksen laskua suurempi. Ympäristö-Suomesta poiketen Terveys-Suomen teolliset rehut laskevat vähemmän, 28 prosenttia. Kotieläin-Suomessa kotieläin- ja viljantuotannon välituotekäytön kustannus kasvaa 58 prosentilla. Kotieläintuotannon välituotekäytön kustannuksen nousu, 82 prosenttia, on viljantuotannon välituotekäytön 38 prosentin kustannuksen nousua selvästi suurempi ja aiheutuu etenkin teollisten rehujen noususta.

Maatalouden vuoden 2018 toteutuneen tuotannon edellyttämä kokonaispanostuonti oli 1 147 miljoonaa euroa. Kotieläintuotannon tulevaisuuskuviin kotieläin- ja viljantuotannon

kustannuserittäin painotetuilla välituotekäytön muutoksilla laskien Perusuran maataloustuotannon edellyttämä kokonaispanostuonti vuonna 2050 olisi 1 170 milj. euroa, Ympäristö-Suomen kokonaispanostuonti 814 miljoonaa euroa, Terveys-Suomen 883 miljoonaa euroa ja Kotieläin-Suomen 1 812 miljoonaa euroa (Taulukko 1). Vuoden 2018 toteutuneesta panostuonnista maatalouden panostuonti kasvaa perusurassa kaksi prosenttia, vähenee Ympäristö-Suomessa 29 ja Terveys-Suomessa 23 prosenttia, mutta kasvaa Kotieläin-Suomessa 58 prosenttia. Tuloksissa kotieläintuotannon ja viljantuotannon panostuonin oletetaan muuttuvan samassa suhteessa kuin kotieläintuotannon ja viljantuotannon välituotekustannukset muuttuvat.

Taulukko 1. Kotieläin- ja viljantuotannon välituotekäytön kustannusten painotettu muutos (%) ja maatalouden tuotannon edellyttämä panostuonti (milj. euroa) vuonna 2018 ja vuonna 2050 kotieläintuotannon tulevaisuuskuvittain. Laskenta-aineisto: Tilastokeskus 2018, DREMFA-mallin tulokset.

	Toteutunut 2018	Perusura 2050	Ympäristö-Suomi 2050	Terveys-Suomi 2050	Kotieläin-Suomi 2050
Kotieläintuotannon välituotekäytön painotettu kustannusten muutos		3 %	-46 %	-32 %	82 %
Viljantuotannon välituotekäytön painotettu kustannusten muutos		1 %	-22 %	-18 %	38 %
Painotettu kotieläin- ja viljantuotannon välituotekäytön kustannusten muutos		2 %	-29 %	-23 %	58 %
Maatalouden tuotannon edellyttämä panostuonti	1 147 milj. €	1 170 milj. €	814 milj. €	883 milj. €	1 812 milj. €
Panostuonin muutos vuodesta 2018		23 milj. €	-333 milj. €	-264 milj. €	664 milj. €

6.3. Maataloustuotteiden vienti ja tuonti eri skenaarioissa

Maataloustuotteiden toteutunut vienti vuonna 2018 sisältäen maatalous-, liha- ja maitotaloustuotteet oli 923 miljoonaa euroa (Tilastokeskus 2018). Maataloustuotteiden vienti laskee vuodesta 2018 vuoteen 2050 perusurassa, Ympäristö-Suomessa ja Terveys-Suomessa, mutta kasvaa Kotieläin-Suomessa (Taulukko 2). Perusurassa laskua on 30 prosenttia, Ympäristö-Suomessa 58 prosenttia ja Terveys-Suomessa 54 prosenttia. Kotieläin-Suomessa vienti kasvaa 221 prosentilla.

Maataloustuotteiden toteutunut tuonti vuonna 2018, sisältäen maatalous-, liha- ja maitotaloustuotteet, oli vuonna 2018 1 198 miljoonaa euroa. Maataloustuotteiden tuonti laskee vuodesta 2018 vuoteen 2050 kaikissa tulevaisuuskuvissa. Perusurassa laskua on viisi prosenttia, Ympäristö-Suomessa 46 prosenttia, Terveys-Suomessa 48 prosenttia ja Kotieläin-Suomessa 31 prosenttia.

Maataloustuotteiden viennin laskiessa tuontia enemmän maataloustuotteiden viennin alijäämä säilyy perusurassa, Ympäristö-Suomessa ja Terveys-Suomessa. Maataloustuotteiden viennin alijäämä kasvaa selvästi perusurassa, 79 prosenttia, vuoden 2018 tilanteeseen verrattuna, mutta pienenee Ympäristö-Suomessa hiukan, noin kuusi prosenttia, ja Terveys-

Suomessa 28 prosenttia. Kotieläin-Suomessa puolestaan maataloustuotteiden vienti ylittää selvästi maataloustuotteiden tuonnin 2 136 miljoonalla eurolla eli 72 prosentilla.

Taulukko 2. Vuoden 2018 toteutunut maataloustuotteiden vienti ja tuonti sekä maataloustuotteiden viennin ja tuonnin muutos kotieläintuotannon tulevaisuuskuvittain vuodesta 2018 vuoteen 2050, prosenttia ja miljoonia euroja. Lähde: Tilastokeskus 2018, DREMFA-mallin tulokset.

	Toteutunut 2018	Perusura 2050	Ympäristö-Suomi 2050	Terveys-Suomi 2050	Kotieläin-Suomi 2050
Maataloustuotteiden vienti		-30 %	-58 %	-54 %	221 %
Maataloustuotteiden tuonti		-5 %	-46 %	-48 %	-31 %
Maataloustuotteiden vienti	923 milj. €	646 milj. €	388 milj. €	425 milj. €	2 963 milj. €
Maataloustuotteiden tuonti	1 198 milj. €	1 138 milj. €	647 milj. €	623 milj. €	827 milj. €
Maataloustuotteiden vienti miinus tuonti (viennin ali- tai ylijäämä)	-275 milj. €	-492 milj. €	-259 milj. €	-198 milj. €	2 136 milj. €
Maataloustuotteiden viennin alijäämän muutos, %		Viennin alijäämä kasvaa 79 %	Viennin alijäämä pienenee 6 %	Viennin alijäämä pienenee 28 %	Vienti ylittää tuonnin 72 %:lla

Maataloustuotteiden tuonti ja maatalouden tuotannon edellyttämä panostuonti vuonna 2018 oli yhteensä 2 345 miljoonaa euroa (Taulukko 3). Kun maataloustuotteiden vienti oli 923 miljoonaa euroa, niin tuonnin ylijäämä näin laskien oli 1 422 miljoonaa euroa. Kun otetaan huomioon maatalouden tuotannon edellyttämän panostuonnin muutos sekä maataloustuotteiden viennin ja tuonnin muutokset, niin tuonnin ylijäämä kasvaa perusurassa, mutta pienenee Ympäristö-Suomessa, Terveys-Suomessa ja Kotieläin-Suomessa (Taulukko 3). Tuonnin ylijäämä kasvaa perusurassa 17 prosentilla 1 662 miljoonaan euroon ja johtuu ennen kaikkea maataloustuotteiden viennin pienemisestä 30 prosentilla. Maataloustuotteiden tuonnin viiden prosentin pienenemisen ja maatalouden panostuonnin kahden prosentin kasvun vaikutus on vähäisempi.

Ympäristö-Suomessa tuonnin ylijäämä pienenee 24 prosentilla ja Terveys-Suomessa 32 prosentilla. Ympäristö-Suomessa tuonnin ylijäämän pieneneminen johtuu ennen kaikkea maatalouden tuotannon edellyttämän panostuonnin ja maataloustuotteiden tuonnin supistumisesta 29 ja 46 prosentilla, vaikka maataloustuotevienti vähenee huomattavasti (58 prosenttia). Sama koskee Terveys-Suomea, jossa tuonnin ylijäämä pienenee maatalouden panostuonnin ja maataloustuotetuonnin vähentyessä, vaikka maataloustuotteiden vienti vähenee.

Kotieläin-Suomessakin tuonnin ylijäämää säilyy 324 miljoonaa euroa, vaikka maataloustuotteiden vienti kasvaa 221 prosentilla 923 miljoonasta eurosta 2 963 miljoonaan euroon ja maataloustuotteiden tuonti vähenee 31 prosentilla. Viennin mahdollistava kotieläintuotannon kasvu edellyttää tuontipanoksia, ja tuotannon edellyttämä panostuonti kasvaa 58 prosentilla vuoteen 2018 verrattuna. Tuonnin ylijäämä pienenee kuitenkin 77 prosentilla vuoden 2018 tilanteeseen verrattuna.

Taulukko 2. Taulukko 3. Maatalouden tuotannon edellyttämä panostuonti vuonna 2018 ja kotieläintuotannon tulevaisuuskuvittain vuonna 2050 sekä maataloustuotteiden vienti ja tuonti vuonna 2018 ja kotieläintuotannon tulevaisuuskuvittain vuonna 2050, miljoonaa euroa. Lähde: Tilastokeskus, Panos-tuotos 2018. Laskenta-aineisto: DREMFIA-mallin tulokset.

	Vuosi 2018	Perusura 2050	Ympäristö- Suomi 2050	Terveys- Suomi 2050	Kotieläin- Suomi 2050
Maataloustuotteiden vienti	923	646	388	425	2 963
Maataloustuotteiden tuonti	1 198	1 138	647	623	827
Maatalouden tuotannon edellyttämä panostuonti	1 147	1 170	814	768	1 812
Maataloustuotteiden tuonti ja maatalouden tuotannon edellyttämä panostuonti yhteensä	2 345	2 308	1 461	1 391	2 639
Maataloustuotteiden vienti miinus (maatalouden tuotannon edellyttämä panostuonti + maataloustuotteiden tuonti) = Tuonnin ylijäämä	-1 422	-1 662	-1 073	-967	-324
Maatalouden tuotannon edellyttämän panostuonnin ja maataloustuotteiden tuonnin ja viennin muutos verrattuna vuoteen 2018, %		Tuonnin ylijäämä kasvaa 17 %	Tuonnin ylijäämä pienee 24 %	Tuonnin ylijäämä pienee 32 %	Tuonnin ylijäämä pienee 77 %

6.4. Viitteet

Knuuttila, M. & Vatanen, E. 2021. Elintarvikemarkkinoiden tuontiriippuvuus 2003–2016 Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 44/2021. Luonnonvarakeskus 2021. 72 s. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-231-5>.

Tilastokeskus. 2018. Panos-tuotos 2018. Saatavilla: <https://stat.fi/tilasto/pt>

Liite1. Panoskäytön tuontivaikutusten laskenta.

Perusurassa kotieläintuotannon kustannuserillään painotettu välituotekustannus kasvaa kolmella prosentilla (Taulukko 1). Välituotteiden osuus kokonaiskustannuksesta on 23 prosenttia. Näistä sähkön ja eläinlääkinnän sisältävä painoarvoltaan suurin välituotekäytön kustannuserä nousee 10 prosentilla. Yleiskustannuksen nousu on 11 prosenttia, mutta se on painoarvoltaan pienempi. Teollisten rehujen kustannus puolestaan alenee 11 prosentilla rakennusten ja koneiden ylläpito-kustannuksien alentuessa 1–2 prosentilla. Viljantuotannon välituotteiden osuus kokonaiskustannuksesta on kotieläintuotantoa suurempi, 43 prosenttia ja säilyy lähes ennallaan, sillä kasvaa on prosentin verran. Yleiskustannus laskee 25 prosentilla, mutta toisaalta lannoitekustannus nousee 30 prosentilla ja polttoaineen sisältävä viljankuivatuskustannus 16 prosentilla. Kemikaalikustannus sen sijaan kasvaa vain kahdella prosentilla ja työkoneiden polttoainekustannus laskee kolmella prosentilla.

Taulukko 1. Kotieläintuotannon kokonaiskustannuksen muutos, välituotekäytön osuus kokonaiskustannuksesta ja välituotekustannusten arvon muutos yksittäin ja painotettuna vuodesta 2018 vuoteen 2050 kotieläintuotannon tulevaisuusskenaarioittain, %. Laskenta-aineisto: DREMFA-mallin tulokset.

	Perus- ura 2018	Ympäristö- Suomi 2050	Ter- veys- Suomi 2050	Koti- eläin- Suomi 2050	Perus- ura 2050	Ympä- ristö- Suomi 2050	Ter- veys- Suomi 2050	Koti- eläin- Suomi 2050
	Osuus kokonaiskustannuksesta v. 2050, %				Kustannuksen arvon muutos vuodesta 2018 vuoteen 2050, %			
Kokonaiskustannus	100	100	100	100				
Yleiskustannus	4	4	4	4	11	-39	-28	78
Sähkö ja eläinlääkintä	10	9	9	10	10	-46	-34	80
Koneiden ylläpito	3	3	3	3	-1	-42	-37	57
Rakennusten ylläpito	1	1	1	1	-2	-45	-38	57
Teolliset rehut	6	6	7	8	-11	-52	-28	100
Välituotekäytön osuus kokonaiskustannuksesta v. 2050 ja arvon paino- tettu muutos vuodesta 2018 vuoteen 2050, %	23	24	23	26	3	-46	-32	82

Ympäristö-Suomessa välituotteiden osuus kokonaiskustannuksesta on 24 prosenttia, eivätkä osuudet kustannuserittäinkään juuri poikkea perusurasta (Taulukko 2). Välituotteiden kustannukset alenevat vuodesta 2018 keskimäärin 46 prosenttia vaihdellen yleiskustannuksen 39 prosentista teollisten rehujen 52 prosenttiin. Viljantuotannossa välituotekäytöstä vähiten alenee lannoitekustannus, kuudella prosentilla, ja eniten yleiskustannus, 40 prosenttia. Välituotteiden osuus Ympäristö-Suomen viljantuotannon kokonaiskustannuksesta on 42 prosenttia, ja välituotekustannus laskee keskimäärin 22 prosentilla vuodesta 2018.

Taulukko 2. Viljantuotannon kokonaiskustannuksen muutos, välituotekäytön osuus kokonaiskustannuksesta ja välituotekustannusten arvon muutos yksittäin ja painotettuna vuodesta 2018 vuoteen 2050 kotieläintuotannon tulevaisuuskenaarioittain, %. Laskenta-aineisto: DREMFIAMallin tulokset.

	Perus- ura 2018	Ympä- ristö- Suo-mi 2050	Ter- veys- Suomi 2050	Koti- eläin- Suomi 2050	Perus- ura 2050	Ympä- ristö- Suo-mi 2050	Ter- veys- Suomi 2050	Koti- eläin- Suo-mi 2050
	Osuus viljantuotannon kokonaiskustannuksesta v. 2050, %				Kustannuksen arvon muutos vuodesta 2018 vuoteen 2050, %			
Kokonaiskustannus	100	100	100	100				
Yleiskustannus	10	10	10	9	-25	-40	-41	-4
Lannoitteet	9	8	9	9	30	-6	5	87
Kemikaalikustannus	5	5	5	5	2	-19	-20	38
Viljankuivatus	6	6	6	6	16	-10	-4	57
Työkoneiden polttoainekustannus	9	9	9	9	-3	-25	-24	32
Välituotekäytön osuus kokonaiskustannuksesta v. 2050 ja arvon painotettu muutos vuodesta 2018 vuoteen 2050, %	43	42	43	43	1	-22	-18	38

Terveys-Suomessa kotieläintuotannon välituotekäytön kustannukset laskevat Ympäristö-Suomen tavoin kaikissa kustannuserissä selvästi, mutta Ympäristö-Suomea vähemmän, 28–38 prosenttia. Keskimäärin kotieläintuotannon välituotekäytön kustannukset laskevat 32 prosenttia Viljantuotannon välituotekäytön kustannukset laskevat 18 prosenttia. Lannoitekustannus kuitenkin kasvaa viidellä prosentilla muiden kustannuserien laskiessa. Lannoitekustannusta ja viljankuivatuksen pienempää laskua lukuun ottamatta Terveys-Suomen välituotekäytön kustannusten lasku muistuttaa Ympäristö-Suomea.

Kotieläin-Suomessa välituotekäytön osuus kokonaiskustannuksesta on pari prosenttiyksikköä perusuraa, Ympäristö- ja Terveys-Suomea suurempi, 26 prosenttia. Kotieläintuotannon välituotekäytön kustannusten osuudet eivät juuri poikkea aiemmin esitellyistä tulevaisuuskuviista, joskin teollisten rehujen osuus on hieman suurempi. Eniten nousee teolliset rehut, joiden kustannus kaksinkertaistuu vuoteen 2018 verrattuna. Myös sähkön sisältävä kustannuserä kasvaa 80 prosentilla samoin kuin yleiskustannukset 78 prosentilla. Keskimäärin kotieläintuotannon välituotekäytön kustannus nousee 82 prosentilla. Viljantuotannon välituotekustannuksissa lannoitekustannus kasvaa 87 prosentilla ja seuraavaksi eniten polttoaineen sisältävä viljankuivatus 57 prosenttia. Viljantuotannon välituotekustannuksista lannoitteiden tavoin suuri yleiskustannus kuitenkin laskee neljällä prosentilla. keskimäärin viljantuotannon välituotekustannus kasvaa 38 prosentilla.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

