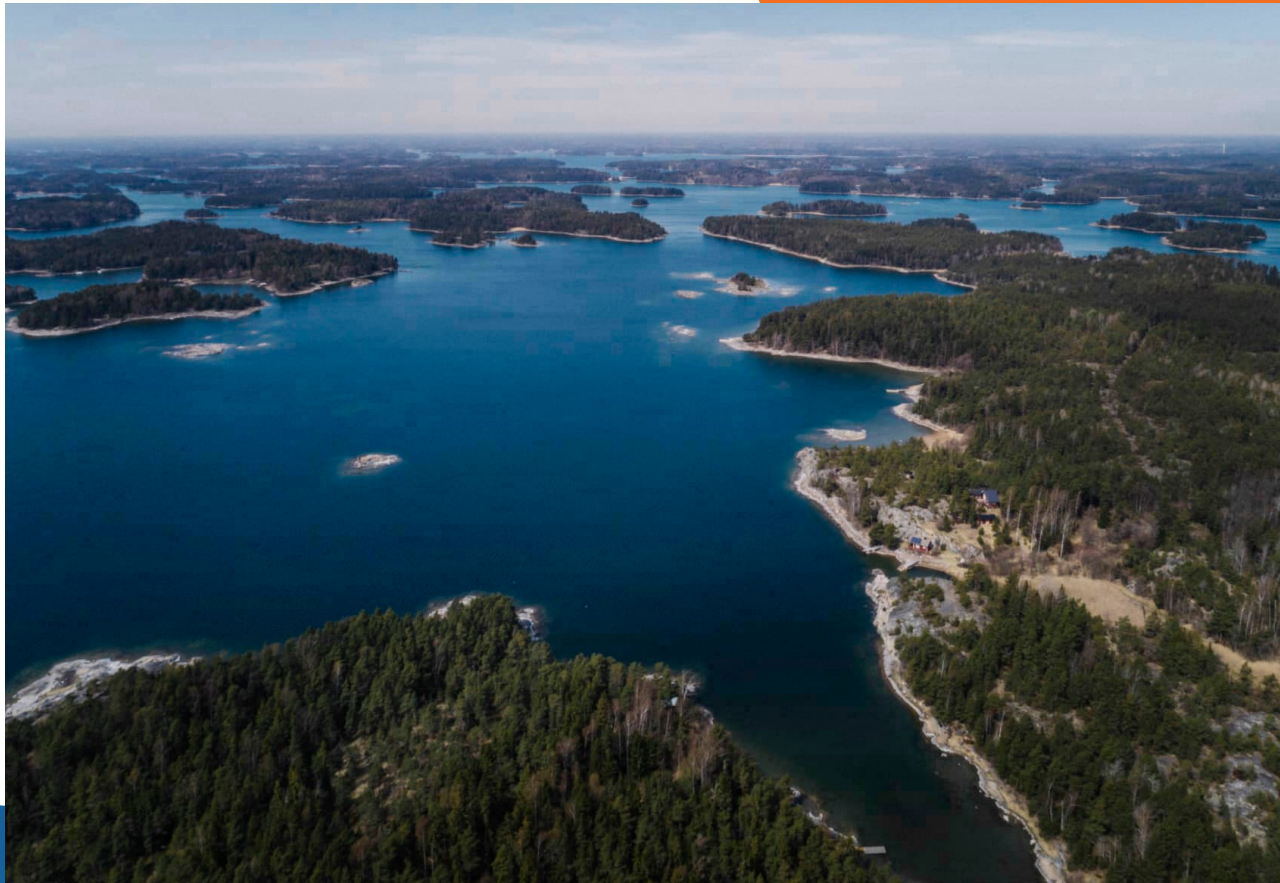




Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaselvitys

Tiina Koljonen | Tarja Silfver | Sampo Soimakallio |
Mari Kivinen | Jyrki Aakkula | Markus Haakana |
Minna Halonen | Kirsi Halttu | Hannu Hirvelä |
Sofi Kurki | Antti Lehtilä | Heikki Lehtonen |
Johanna Markkanen | Antti Mutanen |
Johanna Niemistö | Lassi Similä | Henna Sundqvist |
Terttu Vainio | Jari Viitanen | Sofia Vikfors

Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – pitkän aikavälin ilmasto-suunnitelman taustaselvitys

Tiina Koljonen¹, Tarja Silfver², Sampo Soimakallio³, Mari Kivinen⁴, Jyrki Aakkula², Markus Haakana², Minna Halonen¹, Kirsi Halttu¹, Hannu Hirvelä², Sofi Kurki¹, Antti Lehtilä¹, Heikki Lehtonen², Johanna Markkanen¹, Antti Mutanen², Johanna Niemistö³, Lassi Similä¹, Henna Sundqvist¹, Terttu Vainio¹, Jari Viitanen², Sofia Vikfors²

¹ Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

² Luonnonvarakeskus (Luke)

³ Suomen ympäristökeskus (Syke)

⁴ Geologian tutkimuskeskus (GTK)



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute



GTK



**Euroopan unionin
rahoittama**
NextGenerationEU

Euroopan unionin rahoittama – NextGenerationEU. Esitetyt näkemykset ja mielipiteet ovat ainoastaan tämän tekstin laatijoiden näkemyksiä eivätkä välttämättä vastaa Euroopan unionin tai komission kantaa. Euroopan unioni ja komissio eivät ole vastuussa niistä.

ISBN 978-951-38-8807-7

VTT Technology 443

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu)

DOI: 10.32040/2242-122X.2025.T443

Copyright © VTT 2025

JULKAISIJA – PUBLISHER

VTT

PL 1000

02044 VTT

Puh. 020 722 111

<https://www.vtt.fi>

VTT

P.O. Box 1000

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111

<https://www.vttresearch.com>

Esipuhe

Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) -hanke on toteutettu Euroopan unionin REPower-rahoitusinstrumentin avulla yhteistyössä Syken koordinoiman REPower-CEST (Clean Energy System Transition) ja Luken REPower-hankkeen kanssa. KEITO-työn toteutukseen on osallistunut laaja joukko tutkijoita VTT:ltä, Syke:stä, Luke:sta ja GTK:lta ja KEITO-kokonaisuutta on koordinoinut VTT. Työtä on ohjannut ministeriöiden edustajista koostuva seurantaryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut teollisuusneuvos Petteri Kuuva työ- ja elinkeinoministeriöstä.

KEITO-hankkeessa laaditut laskennalliset ja laadulliset skenaariot ovat tukeneet keskipitkän ja pitkän aikavälin energia- ja ilmastopoliittista päätöksentekoa. Keskipitkän aikavälin skenaariolaskelmien ja laadullisten vaikutusarvioiden tulokset on esitetty aiemmassa raportissa (Koljonen ym. 2025) ja tässä raportissa esitetään pitkän aikavälin skenaariotyö, jota on tukenut laaja sidosryhmäyhteistyö. Lisäksi kansalaisten näkökulmia on huomioitu laajan kansalaiskyselyn avulla ja yritysten pitkän aikavälin visioita ja skenaarioita on arvioitu laatimalla synteesi toimialojen vähähiilitiekartoista, jotka julkaistiin vuonna 2024.

Keskipitkän aikavälin skenaariotyöllä tuotettiin tutkimuksellista tietoa liittyen kansallisen energia- ja ilmastostrategian sekä keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman, eli KAISU:n laadintaan ja skenaarioiden määrittelyt laadittiin yhteistyössä ministeriöiden kanssa. Tässä raportissa esitetyt pitkän aikavälin skenaariot ja niiden lähtökohdat ovat puolestaan laadittu tutkijoiden toimesta, vaikka skenaarioiden lähtökohtana onkin ollut keskipitkän aikavälin skenaariotyö.

KEITO-hankkeen tutkijat haluavat kiittää seurantaryhmää työn ohjauksesta sekä kaikkia aktiivisia sidosryhmien edustajia, jotka ovat osallistuneet työpajoihin sekä keskusteluihin Suomen poluista kohti puhdasta energiasiirtymää ja hiilineutraalia Suomea.

Espoossa 27.10.2025

Tiina Koljonen

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
Sisällysluettelo	4
Symboliluettelo	6
1 Johdanto	8
2 Työn tavoite ja työssä käytetyt laskennalliset ja laadulliset menetelmät	10
2.1 Työn tavoite	10
2.2 Laskennalliset ja laadulliset menetelmät.....	11
3 Kansalaiskyselyn toteutus ja tulokset	13
3.1 Taustaa.....	13
3.2 Toteutus.....	14
3.3 Tulokset	14
3.3.1 Yleiset energia- ja ilmastonäkemykset	14
3.3.2 Henkilökohtaiset ja kotitalouden tason toimenpiteet.....	19
3.4 Pohdintaa.....	21
4 Synteesi toimialojen vähähiilisyystiekartoista	24
4.1 Taustaa ja tarkasteluiden tavoite	24
4.2 Yhteenveto ja johtopäätökset.....	25
5 LTS-skenaarioiden muodostaminen	30
5.1 Osallistaminen ja työpajat.....	30
5.2 Työpajojen tulokset ja vaihtoehtoisten LTS-polkujen muodostaminen.....	35
6 Vaihtoehtoisten LTS-skenaarioiden keskeiset lähtöoletukset	38
6.1 Skenaarioiden laskennallinen lähestymistapa	38
6.2 Yleiset lähtöoletukset.....	39
6.3 Kotimaan liikenne ja asuminen	41
6.3.1 Yhdyskuntarakenne ja teknologiat.....	41
6.3.2 Tieliikenne	42
6.3.3 Rakennukset ja rakennuskannan kehitykset	54

6.4	Prosessi- ja energiateollisuuden kehitykset	55
6.5	Maa- ja elintarviketalouden kehitykset	59
6.6	Metsäteollisuuden kehitys	65
7	Maatalouden, metsien ja maankäyttösektorin kehitys LTS-skenaarioissa.....	71
7.1	Maatalouden kehitys	71
7.1.1	Johtopäätöksiä maatalouden kehityksestä	84
7.1.2	Maataloussektorin päästökehitys LTS-skenaarioissa	86
7.2	Metsävarojen kehitys	88
7.3	Maankäyttösektorin päästöjen ja poistumien kehitys	94
8	Energiajärjestelmän ja kasvihuonekaasupäästöjen kehitykset	98
8.1	Energiajärjestelmän kehitys	98
8.1.1	Energian hankinta.....	98
8.1.2	Energian kulutus.....	102
8.2	Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys	108
8.2.1	Päästöjen kokonaistaseen kehitys.....	108
8.2.2	Taakanjakosektorin päästöjen kehitys.....	111
9	Kokonaispäästöjen kehitykset vaihtoehtoisissa skenaarioissa ja arvio ilmastolain tavoitteiden saavuttamisesta	116
10	Ympäristövaikutukset	120
11	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	123
11.1	Nykytila-analyysi	123
11.2	Vaihtoehtoiset LTS-skenaariot ja niiden muodostaminen	125
11.3	Haasteet ja mahdollisuudet kansallisen ilmastolain tavoitteiden saavuttamiseen pitkällä aikavälillä	127
	Kiitokset.....	131
	Lähdeluettelo	132
	Liite A: Kyselytutkimuksen kyselylomake.....	136
	Liite B: Tiekartoissa esitetty skenaariot	144
	Liite C: Metsävaraskenaarioiden tulokset koko Suomessa	147
	Liite D: Synteesi 1. sidosryhmätyöpajan tuloksista hyödyntäen PESTE- analyysiä	151
	Liite E: Synteesi 2. sidosryhmätyöpajan tuloksista.....	156

Symboliluettelo

3NOP	3-nitro-oksipropanoli on rehulisäaine, joka vähentää nautojen pötsikäymisessä syntyvää metaania estämällä metaanintuotannossa keskeisen entsyymien toimintaa
BECCS	Bioenergy Carbon Capture and Storage, biogeenisen hiilidioksidin talteenotto savu- tai prosessikaasuista ja varastointi
BECCU	Bioenergy with Carbon Capture and utilisation, Bioenergian tuotantoon yhdistetty hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö
CAP	Common Agricultural Policy, eli EU:n harjoittama yhteinen maatalouspolitiikka
CCU	Carbon Capture and Utilisation, hiilidioksidin talteenotto ja hyödyntäminen
CCUS	Carbon Capture, Utilisation and Storage, hiilidioksidin talteenotto, hyötykäyttö ja varastointi
CH ₄	Metaani
CO ₂	Hiilidioksidi
CO ₂ -ekv.	Hiilidioksidiekvivalentti, joka sisältää hiilidioksidin lisäksi muiden kasvihuonekaasujen päästöt, joiden ilmastovaikutus on muunnettu vastaamaan hiilidioksidin ilmastovaikutusta eli globaalia lämmityspotentiaalia (GWP) sadan vuoden tarkastelujaksolla
DACCS	Direct Air Capture and Storage, hiilidioksidin talteenotto suoraan ilmakehästä ja varastointi
ETS1	EU:n päästökauppa, joka sisältää yli 20 MW suuriset energiantuotantolaitokset, energiantensiivisen teollisuuden (esim. jalostamot, teräs-, sementti-, metsä- sekä osan muusta kemianteollisuudesta) sekä EU-alueen sisäinen kaupallinen lentotoiminta ja meriliikenne.
ETS2	Erillinen päästökauppajärjestelmä vuodesta 2027, joka kattaa liikenteen, rakennusten erillislämmityksen, työkoneiden ja maatalouden kasvihuonekaasupäästöt.
EU	Euroopan unioni
F-kaasut	Fluorattuja kasvihuonekaasuja, jotka lämmittävät ilmastoa

GTK	Geologian tutkimuskeskus
GWP	Global Warming Potential, ominaislämmitysvaikutus, lämmityspotentiaali
IEA	International Energy Agency, Kansainvälinen energiajärjestö
KAISU	Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma
KHK	Kasvihuonekaasu
LFA	Less Favoured Areas, eli tuki epäsuotuisille maanviljelysalueille EU:ssa
Luke	Luonnonvarakeskus
LTS	Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelma (Long Term Strategy)
LULUCF	Land Use, Land Use Change, and Forestry, maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous -sektori
N ₂ O	Dityppioksidi, typpioksiduuli, ilokaasu
P2X	Power-to-X -teknologiat eli prosessit, joissa uusiutuvaa sähköenergiaa muunnetaan esimerkiksi synteettisiksi polttoaineiksi
PM	Pääministeri
PPP	Public-Private Partnership on suurten hankkeiden malli, jolla julkinen sektori toimii palvelusopimuksen avulla yhdessä yrityksen kanssa.
SF ₆	Rikkiheksafluoridi
SMR	Pieni modulaarinen ydinreaktori (Small Modular Reactor), jolla voidaan tuottaa sekä sähköä että lämpöä
SOVA	Suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutukset
Syke	Suomen ympäristökeskus
TKI	Tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
WAM	With Additional Measures eli lisätoimiskenaario
WEM	With Existing Measures eli nykytoimiskenaario

1 Johdanto

Tiina Koljonen, VTT

Kansallinen ilmastolaki (Finlex 2022) määrittää, että valtioneuvosto hyväksyy vähintään kerran kymmenessä vuodessa pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman, jossa on esitetty taakanjako-, päästökauppa- ja maankäyttösektorin yhteenlaskettujen kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien kehitystä koskevat skenaariot, jotka kattavat vähintään seuraavat 30 vuotta. Ilmastolain mukaan keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma ulottuu seuraaviin 10–15 vuoteen, joka osaltaan määrittää, mitkä aikajaksot sisältyvät keskipitkään ja pitkään aikaväliin. Ilmastolain mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelma on annettava viimeistään vuonna 2025.

KEITO (Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot) -hankkeen tavoitteena on ollut laatia taustaselvitykset, joita voidaan hyödyntää uuden energia- ja ilmastostrategian, keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (I. KAISU:n) sekä pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman laadinnassa. KEITO-hankkeen kokonaiskesto on ollut reilun vuoden alkaen keväällä 2024 ja päättyen syksyyn 2025. Hankkeen alkupuoli painottui keskipitkän aikavälin laskelmien ja analyysien laadintaan, jonka jälkeen työssä keskityttiin pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaan liittyvään osuuteen. Analyysien painopiste on ollut laskennallisissa skenaarioarvioissa. Lisäksi työssä on lähinnä laadullisesti arvioitu vaikutuksia ympäristöön (I. SOVA), laadittu synteesi valikoitujen toimialojen vähähiilisyystiekartoista sekä kartoitettu kansalaisten asenteita, motivaatioita ja valmiuksia puhtaan energian siirtymään ja ilmastotoimiin laajan kansalaiskyselyn avulla.

Keskipitkän aikavälin skenaariotyön ja SOVA-analyysin tulokset on esitetty aiemmin julkaistussa VTT Technology -sarjan raportissa (Koljonen ym. 2025), ja tämä raportti keskittyy pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaan, eli LTS (Long Term Strategy) -skenaariotyöhön. Tässä työssä keskipitkällä aikavälillä viitataan vuoteen 2040 ulottuvaan ajanjaksoon ja pitkä aikaväli kattaa vuoden 2040 jälkeisen ajan vuoteen 2055 asti. KEITO:n keskipitkän aikavälin skenaariotyö ja -laskelmat ulotettiin kuitenkin myös vuoteen 2055 asti ja toisaalta tässä LTS-työssä tarkastellaan ilmastolakiin kirjattuja päästötavoitteita kokonaisuutena kattuen vuodet 2030, 2035, 2040 ja 2050. LTS-työn lähtökohtana voitiin siten hyödyntää

keskipitkän aikavälin analyysijä kokonaisuutena, mukaan lukien mallinnusmenetelmät ja niihin liittyvät lähtötiedot.

Tämän raportin luvussa 2 on kerrottu lyhyesti LTS-työn tavoitteet sekä työn toteuttamiseen käytetyt laadulliset ja laskennalliset menetelmät. Lisäksi raportissa on esitetty laajan kansalaiskyselyn tulokset (luku 3) ja synteesi toimialojen vähähiilitiekartoista (luku 4). Raportin pääpaino on kuitenkin LTS-skenaariotyön kuvauksessa, mukaan lukien työssä käytetty ennakointiprosessi (luku 5) ja laskennallisten skenaarioiden lähtötietojen määrittelyt (luku 6). Sektorimallinnuksia on esitetty sekä luvussa 6 (rakennukset ja rakentaminen sekä tieliikenne) että luvussa 7 (maatalous ja maankäyttö). Sektorimallinnusten osalta pystyttiin toisaalta tarkastelemaan vain suurimpia päästösektoreita rajallisten resurssien vuoksi ja esimerkiksi jätesektorin ja F-kaasujen kehityksen osalta käytettiin keskipitkän aikavälin skenaariotyön mallinnusten tuloksia (Koljonen ym. 2025) samoin kuin raide-, meri- ja lentoliikenteen osalta. Toisaalta myös näiden sektoreiden osalta KHK-päästöjen vähentäminen on mallinnettu integroiduissa mallitarkasteluissa liittyen energiajärjestelmän ja kasvihuonekaasupäästöjen kehityksiin, joita on esitetty luvussa 8. Kokonaisarviot Suomen mahdollisuuksista ja haasteista saavuttaa ilmastolain mukaiset päästötavoitteet on esitetty luvussa 9 perustuen lukujen 7 ja 8 yhteenlaskettuihin päästötaseisiin. Ilmastolain ja sen mukaisen ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmän tavoitteena on myös varmistaa, että Suomi saavuttaa Euroopan unionin lainsäädännöstä johtuvat kasvihuonekaasujen vähentämistä ja seurantaa, nielujen vahvistamista sekä sopeutumista koskevien velvoitteiden täyttyminen. mukaan LTS-työ ei sisältänyt laajaa SOVA-analyysiä, mutta luvussa 10 on esitetty yhteenveto mahdollisista ympäristövaikutuksista. Lopuksi luvussa 10 on esitetty yhteenveto ja johtopäätökset koko LTS-työstä ja Suomen mahdollisuuksista saavuttaa ilmastolain asettamat päästötavoitteet.

2 Työn tavoite ja työssä käytetyt laskennalliset ja laadulliset menetelmät

Tiina Koljonen, VTT

2.1 Työn tavoite

Kansallisen ilmastolain pykälät 9 § ja 23 § määrittävät, että valtioneuvosto hyväksyy vähintään kerran kymmenessä vuodessa pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman ja että ensimmäinen pitkä aikavälin ilmastosuunnitelma on hyväksyttävä viimeistään vuonna 2025 (Finlex 2022). Ilmastolain mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman tulee sisältää:

1. taakanjako-, päästökauppa- ja maankäyttösektorin yhteenlaskettujen kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien kehitystä koskevat skenaariot, jotka kattavat vähintään seuraavat 30 vuotta ja joissa otetaan huomioon kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen, nielujen vahvistaminen ja ilmastomuutokseen sopeutuminen;
2. kasvihuonekaasujen vähennystavoitteeseen sekä nielujen aikaansaamien poistumien kasvamista koskevaan tavoitteeseen perustuvat keskeiset toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot;
3. arvio kasvihuonekaasujen päästöjen vähennysmenetelmien ja nielujen vahvistamismenetelmien pitkän aikavälin kehitysnäkymistä;
4. muut kuin 1–3 kohdassa tarkoitetut tarpeelliset seikat.

KEITO-hankkeen LTS-työn tavoitteena oli tuottaa tutkimuksellista tietoa, jotka tukevat ilmastolain määrittelyitä ja toteutusta. LTS-työn pääpaino on ollut kokonaiskuvan luomisessa liittyen taakanjako-, päästökauppa- ja maankäyttösektorin yhteenlaskettujen kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien kehityksiin vaihtoehtoisissa etenemispoluissa. KEITO-hankkeen LTS-työssä ei sen sijaan lähtökohtaisesti tarkasteltu ilmastomuutokseen sopeutumista, vaikka ilmaston lämpenemisen vaikutuksia on sisällytetty jossain määrin joihinkin mallinnuksiin liittyen muun muassa energian kysyntään, uusiutuvan energian tuotantoon ja KHK-päästölaskentaan maankäyttösektorilla. Toimialakohtaisia etenemisvaihtoehtoja ei toisaalta määritetty siten, että Suomi saavuttaisi kaikki ilmastolain mukaiset päästötavoitteet kaikissa skenaarioissa. LTS-työn tavoitteena oli sen sijaan arvioida kasvihuonekaasupäästöjen vähennys- ja nielujen

vahvistamismenetelmien pitkän aikavälin kehitysnäkymiä erilaisissa toimintaympäristöissä ja kehityspoluissa.

2.2 Laskennalliset ja laadulliset menetelmät

KEITO:n LTS-työ perustui monitieteelliseen yhteistyöhön hankkeen tutkijatahojen kanssa sekä laajaan sidosryhmätyöskentelyyn. LTS:n laskennalliset mallit ja menetelmät olivat samat, kuin KEITO:n keskipitkän aikavälin skenaariotyössä (Koljonen ym. 2025), mutta vaihtoehtoiset skenaariot määriteltiin erilaisten tulevaisuusnäkymien ja -polkujen mukaisiksi, joissa varioitiin keskeisiä lähtöoletuksia liittyen asumiseen, liikkumiseen, teolliseen rakenteeseen, maa- ja metsätalouteen sekä kansalaisten arvoihin ja asenteisiin. Laadulliset skenaariopolut kvantifioitiin määrittämällä keskeisiä lähtötietoja eri sektorimallinnuksiin sekä integroituihin mallitarkasteluihin. Lähtötietojen määrittelyt perustuivat puhtaasti hankkeen tutkijoiden asiantuntemukseen ja visiointiin hyödyntäen sidosryhmätyöpajojen tuloksia. Skenaarioiden lähtötietojen taustalla oli kuitenkin KEITO-hankkeen skenaariomäärittelyt, joiden avulla tarkasteltiin uusien energia- ja ilmastopolitiisten toimien vaikutusta perusuraan, eli WEM (With Existing Measure) -skenaarioon. Lisätoimiskenaario, eli WAM (With Additional Measures) -skenaario ei kuitenkaan vastannut täysin PM Orpon hallituksen linjauksia, jotka on sisällytetty energia- ja ilmastostrategian (Työ- ja elinkeinoministeriö 2025) sekä KAISU:n luonnoksiin (Ympäristöministeriö 2025a), jotka lähetettiin lausuntokierrokselle heinäkuun alussa 2025.

Raportissa esitetty skenaariotyöskentely (t. skenaariosuunnittelu eli scenario planning) perustuu niin sanottuun backcasting-skenaariotyöskentelyyn, jossa määritetään tulevaisuuden tiloja tai tavoitteita, ja tulevaisuuspolkuja kuljetaan kohti nykyisyyttä. Tulevaisuuden tilojen määrittelyt olivat kuitenkin lähinnä laadullisia eikä laskelmiin asetettu esimerkiksi päästö- tai energiatavoitteita, jotka Suomen tulisi saavuttaa ennalta määrättyinä vuosina. Skenaariolaskemien avulla sen sijaan arvioitiin päästöuria erilaisissa tulevaisuuden poluissa. Päästöuria vertailtiin myös toisiinsa nähdessä kansallisen ilmastolain ja EU:n asettamien päästötavoitteiden näkökulmista.

Skenaariosuunnittelussa keskeistä on nykytilan huolellinen määrittely. KEITO:n LTS-työssä nykytilan hahmottamiseen käytettiin eri tutkimusmenetelmiä:

- Kansalaisten valmiuksia, motivaatiota ja mahdollisuuksia puhtaaseen energiasiirtymään ja KHK-päästöjen vähentämiseen arvioitiin laajan kyselytutkimuksen avulla (luku 3).
- Yritysten ja toimialojen valmiuksia ja motivaatioita puhtaaseen siirtymään arvioitiin toimialojen julkaisemien vähähiilitiekarttojen perusteella (luku 4).
- Tilastolliset tiedot ja analyysit mallitarkastelujen lähtötietojen määrittelyissä sekä laskentamallien kalibroinnissa.
- KEITO:n WEM- ja WAM-skenaariot (Koljonen ym. 2025), joiden avulla on arvioitu kehityksiä nykyisillä kansallisilla ja EU-tason toimilla sekä lisäisillä toimilla, jotka on suurelta osin linjattu PM Orpon hallituksen toimesta.

Toinen keskeinen tekijä skenaariosuunnittelussa on osallistaminen ja viestintä. Ideaalisessa tapauksessa osallistamista voisi toteuttaa työn eri vaiheissa ja erilaisissa sidos-, asiantuntija- tai muissa ryhmissä, mikä ei ollut toivotussa laajuudessa mahdollista LTS-työn tiukan aikataulun ja resurssien puitteissa. Aiemmissa vastaavissa pitkän aikavälin skenaariohankkeissa työn kesto on ollut pidempi ja/tai hankkeelle allokoitunut resurssit huomattavasti suuremmat (Koljonen ym. 2014, Koljonen ym. 2019, Aakkula ym. 2019). Aiempien LTS-töiden toteutus on lisäksi ajoittunut eri ajankohtaan, kuin energia- ja ilmastostrategian tai KAISU:n valmisteluihin liittyvät skenaariotyöt toisin kuin KEITO-hankkeessa, jossa LTS-työn toteutus ajoittui osittain päällekkäin keskipitkän aikavälin skenaariotyön kanssa. Alla on lueteltu osallistamiseen ja viestintään liittyvät menetelmät:

- Laaja sidosryhmätyöskentely kahdessa työpajassa, joista ensimmäinen pidettiin tammikuussa 2025 ja toinen huhtikuussa 2025 (luku 5.1).
- Alustavista tuloksista viestiminen toukokuussa 2025 kaikille avoimessa tulosseminaarissa, jossa yleisöllä oli myös mahdollisuudet kommentointiin.
- KEITO-viestintä työpajojen ja tulosseminaarin lisäksi REPower-CEST-hankkeen sivustoilla¹.

Kansallisen ilmastolain (Finlex 2022) tarkoituksena on vahvistaa eduskunnan ja yleisön mahdollisuuksia osallistua ja vaikuttaa ilmastopolitiikan suunnitteluun. KEITO:n LTS-työssä kaikille avoin tulosseminaari ei tavoittanut laajempaa yleisöä, jonka osallistuminen ja näkökulmat huomioitiin siten lähinnä kansalaiskyselyn avulla.

¹ <https://hiilineutraalisuomi.syke.fi/projektit/repower-cest/keito-hankeyhteisty/>

3 Kansalaiskyselyn toteutus ja tulokset

Lassi Similä & Tiina Koljonen, VTT

3.1 Taustaa

KEITO-hankkeessa laadittu kyselytutkimus pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman aihepiiristä kartoitti suomalaisten kansalaisten suhtautumista mahdollisiin energia- ja ilmastopoliittisiin tavoitteisiin, toimenpiteisiin ja ratkaisuihin sekä toisaalta kansalaisten motivaatiota, valmiuksia ja mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseen ja kestävään elintapaan. Kyselyn toteuttamisen tavoitteena oli saada kattavaa taustatietoa nykytilanteesta huomioiden muun muassa ikä- ja sukupuolijakauma, asuinpaikka ja koulutus. Lisäksi vastaajilta kysyttiin taustoittavia tekijöitä, kuten auton ja metsän omistajuus ja tuloluokka. Kyselyn avulla haluttiin arvioida skenaarioiden hyödynnettävyyttä pitkän ja keskipitkän aikavälin suunnitelmissa ja arvioitaessa vaihtoehtoisten kehityspolkujen toteutettavuutta mukaan lukien mahdolliset ohjaustoimet. Lähtökohtana oli myös heijastella EU:n REPower-suunnitelman² erityisiä tavoitteita Venäjä-riippuvuudesta irtautumisesta ja viime vuosina yhä enemmän puhtaaseen energiasiirtymään liittyvässä keskustelussa nousseita näkökohtia, kuten luonnon monimuotoisuus, energiaturvallisuus ja oikeudenmukainen siirtymä. Edellä esitetyn poikkileikkaustutkimuksen lisäksi haluttiin kerätä aineistoa pitkittäistutkimukseen, jonka mahdollisti vertailut aikaisempien energia- ja ilmastopoliittisten suunnitelmien yhteydessä tehtyihin kansalaiskyselyihin (Similä ym. 2014, Koljonen ym. 2019). KEITO:n kyselytutkimuksen tuloksia oli mahdollista myös verrata muihin viimeaikaisiin aihepiiriin liittyviin kyselytutkimuksiin (Energiateollisuus 2024, Ilmastobarometri 2025, Klöckner ym. 2024) ja myös täydentää näistä saatua kuvaa uusilla näkökulmilla.

Viime vuosien kriisien, kuten koronaviruksen ja Venäjän aloittama täysimittainen hyökkäyssota Ukrainaan ja siitä seuranneet energian hintojen nousu ja saatavuushuolet, arvioitiin voineen vaikuttaa kansalaisten energia- ja ilmastoaiheisiin asenteisiin. Lisäksi eri sektoreiden teknologiat, niiden kilpailukyky,

² https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en

kustannustehokkuus ja käsitykset eri teknologioiden ympäristövaikutuksista muuttuvat jatkuvasti ilman edellä mainittuja ulkoisia shokkejakin. Nämä lähtökohdat huomioitiin korostetusti kyselyn suunnittelussa, jotta tulokset voivat tehokkaasti palvella energia- ja ilmastopoliittisten suunnitelmien tarpeita nykyisessä toimintaympäristössä.

3.2 Toteutus

Kyselyä kehitettiin VTT:n ja Syken tutkijoiden kesken elo-syyskuusta 2024 alkaen. Luonnosversiota jalostettiin KEITO-hankkeen seurantaryhmän ja Luken REPower-hankkeen tutkijoiden antamat kommentit huomioiden tammi-helmikuussa 2025. Kyselylomake viimeisteltiin helmikuussa 2025 kyselyn toteuttaneen Taloustutkimus Oy:n kanssa, joka antoi erityisesti kyselyn tekniseen toteutukseen ja kysymysten muotoiluun liittyviä kommentteja selkeyden ja ymmärrettävyyden takaamiseksi vastaajille. Lopullisessa lomakkeessa (Liite A) oli noin 60 lähinnä monivalintakysymystä käsittäen noin 100 arvioitavaa vaihtoehtoa jaoteltuna karkeasti teemoihin tavoitteet ja motivaatio, valmiudet, esteet, ohjauskeinot ja mahdollisuudet. Kyselyyn sisällytettiin jossain määrin myös aikaisempien vastaavien kyselyiden (Similä ym. 2014, Koljonen ym. 2019) teemoja ja kysymyksiä, millä mahdollistettiin viitteellisten vertailujen teko kansalaisten mielipiteiden kehityksestä kymmenen vuoden aikajänteellä.

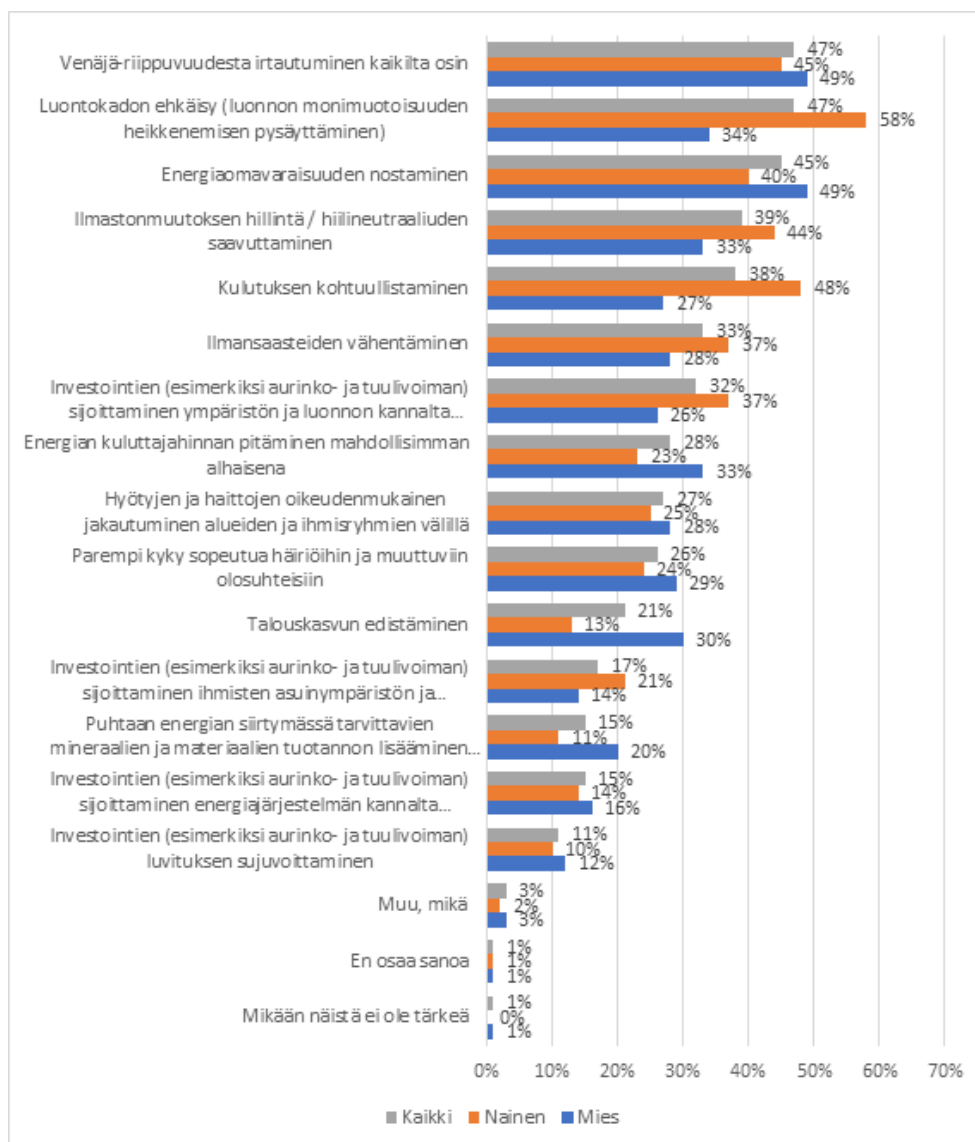
Kyselyn aineisto kerättiin Taloustutkimus Oy:n internet-paneelissa 17.2.–20.2.2025. Kohderyhmänä oli 18–84-vuotiaat suomalaiset (pl. Ahvenanmaa), ja kyselyyn vastasi yhteensä 1079 kansalaista. Mielenkiintoinen kohderyhmä olisi ollut myös Suomessa asuvat henkilöt, joilla ei ole Suomen kansalaisuutta, mutta hankkeen aikataulun ja resurssien puitteissa tätä kohderyhmää ei voitu sisällyttää tutkimukseen. Tulokset painotettiin Suomen väestöä edustavaksi, ja tulosten virhemarginaali on kokonaistasolla $\pm 3,2$ prosenttiyksikköä.

3.3 Tulokset

3.3.1 Yleiset energia- ja ilmastonäkemykset

Tavoiteprioriteetit, motivaatio

Kyselyn alkuosa käsitteli kansalaisten näkemyksiä ylätasen tavoitteista, ja heidän prioriteettejaan puhtaan energiasiirtymän ja ilmasto- ja energiapolitiikan suhteen (Kuva 1). Esitetyistä vaihtoehtoista kansalaisten mielestä **tärkeimmät tavoitteet** puhtaan energiasiirtymän toteuttamisessa ovat Venäjä-riippuvuudesta irtautuminen (47 %), luontokadon ehkäisy (47 %), energiaomavaraisuuden nostaminen (45 %), ilmastomuutoksen hillintä (39 %) ja kulutuksen kohtuullistaminen (38 %). Yli 50-vuotiaat miehet korostuvat niissä vastauksissa, jotka pitävät Venäjä-riippuvuudesta irtautumista tärkeänä, kun taas naiset ja 25–49-vuotiaat korostuvat vastauksissa, jotka pitävät luontokadon ehkäisyä tärkeänä.

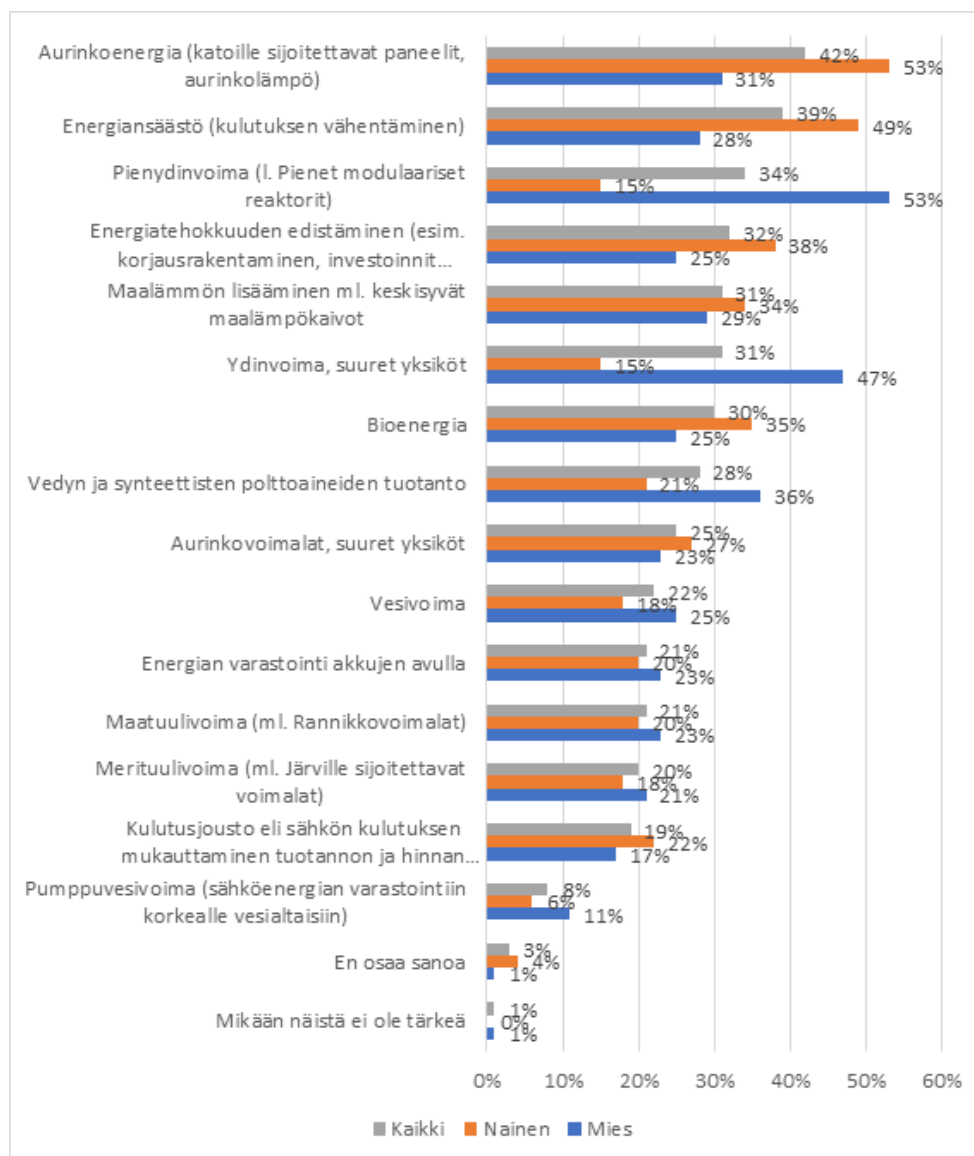


Kuva 1. Vastausten jakauma kysymykseen ”Valitse mielestäsi korkeintaan viisi tärkeintä tavoitetta puhtaan energiasiirtymän toteuttamisessa”.

Ilmastomuutoksen hillinnän perusteltavuudeksi kysytyistä indikaattoreista 68 % vastaajista on täysin tai melko samaa mieltä siitä, että tavoite kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi on tärkeä, ja 14 % melko tai täysin eri mieltä. Enemmistö vastaajista (58 %) on samaa mieltä myös siitä, että Suomen tulee pitää kiinni kansallisessa ilmastolaissa asetetuista tavoitteista ja pyrkiä saavuttamaan ne. Naiset, 18–34- sekä 65–79-vuotiaat ja Uudellamaalla asuvat ovat keskimääräistä useammin samaa mieltä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen ja ilmastolaista kiinnipitämisen tärkeyttä koskevien väittämien kanssa.

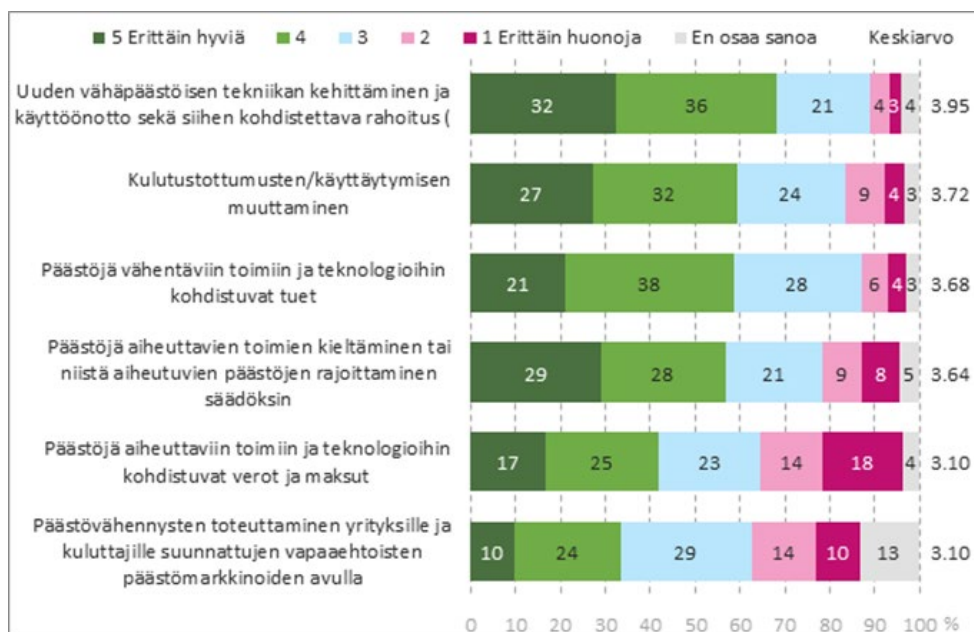
Keinot ja ratkaisut

Seuraavaksi vastaajia pyydettiin arvioimaan tarkemmalla jaottelulla esitettyjä tärkeimpiä teknologioita ja keinoja puhtaan energiantuotannon ja -käytön saavuttamiseksi (Kuva 2). Aurinkoenergia (42 %), energiansäästö (39 %), pienydinvoima (34 %), energiatehokkuuden edistäminen (32 %) ja maalämmön lisääminen (31 %) ovat vastaajien mielestä viisi tärkeintä keinoa (vastaajia pyydettiin valitsemaan viisi tärkeintä keinoa pidemmästä listasta). Naiset ja 65–79-vuotiaat pitävät aurinkoenergiaa keskimääräistä tärkeämpänä ja vastaavasti naiset ja 25–34-vuotiaat pitävät energiansäästöä keskimääräistä tärkeämpänä. Miehet ja 65–79-vuotiaat pitävät toisaalta pienydinvoimaa (SMR) keskimääräistä tärkeämpänä. Erikseen kysytyistä muista, energiantuotannon ulkopuolisista keinoista hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö (48 %), jatkuvapeitteinen metsänkasvatus (33 %) ja hiilinielujen kasvattaminen (32 %), ovat vastaajien mielestä kolme parasta keinoa ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Tässä kategoriassa vähiten suosittuja olivat vaihtoehdot ”Hiilidioksidin talteenotto teollisuudessa ja geologinen varastointi (tuhansia vuosia) Suomen rajojen ulkopuolella (ns. piipunpääteknologiat)” (15 %) ja päästöjen vähentäminen turvepeltojen kosteikkoviljelyllä (11 %).



Kuva 2. Vastausten jakauma kysymykseen ”Valitse mielestäsi korkeintaan viisi tärkeintä teknologiaa tai keinoa puhtaan energiantuotannon ja -käytön saavuttamiseksi”.

Mahdollisten ohjaustoimien tarkastelemiseksi vastaajia pyydettiin arvioimaan eri energia- ja ilmastopolitiikassa käytettävissä olevia päästövähennystapoja karkeasti eri luokkiin jaoteltuna (Kuva 3). Annetuista vaihtoehdoista vastaajien mukaan parhaita tapoja toteuttaa päästövähennyksiä ovat uuden vähäpäästöisen tekniikan kehittäminen ja käyttöönotto (68 %), kulutustottumusten muuttaminen esimerkiksi informaatio-ohjauksella (59 %) ja päästöjä vähentäviin toimiin ja teknologioihin kohdistuvat tuet (59 %). Naiset pitävät yleisesti esitettyjä tapoja hyvinä keskimääräistä useammin, kun taas nuoret korostuvat tukien, verojen ja maksujen sekä kieltojen kannattamisessa.



Kuva 3. Vastausten jakauma kysymykseen ”Miten hyviä seuraavat tavat ovat mielestäsi toteuttaa päästövähennyksiä?” Kaikki vastaajat, n=1079. Huom. vastausvaihtoehtoja on lyhennetty grafiikan luettavuudeksi. (graafi: Taloustutkimus Oy)

Esteet ja mahdollisuudet

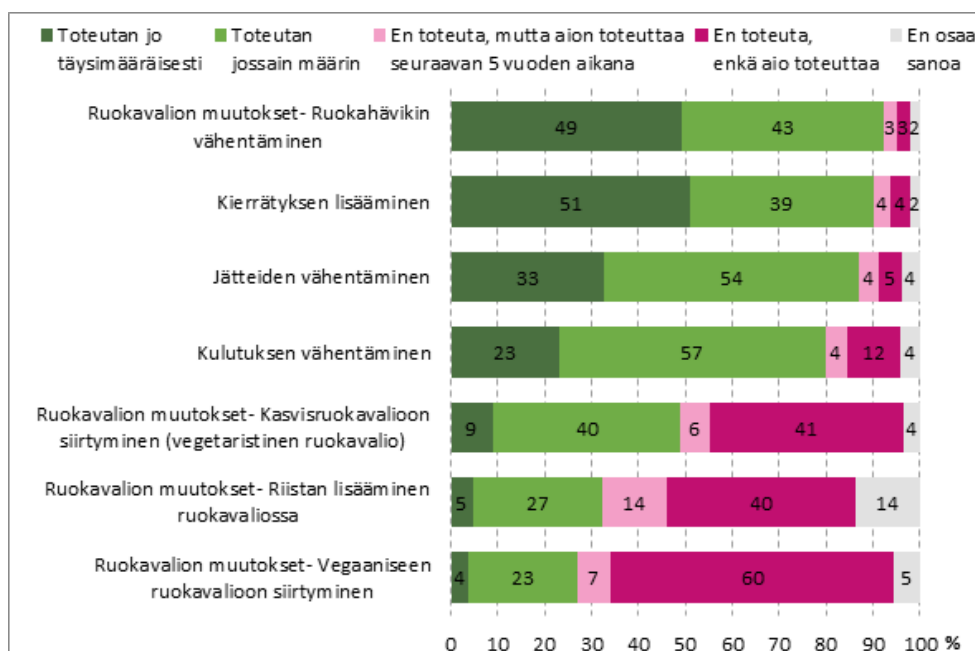
Kyselyssä haluttiin selvittää kansalaisia puhtaan energian siirtymässä huolettavia asioita, koska ne voivat muodostua esteiksi eri keinojen käyttöönotolle. Tiedolla voitaisiin mahdollistaa ohjaustoimien parempaa suunnittelua, lisätä niiden hyväksyttävyyttä ja kohdistaa jatkotutkimus- ja tiedotustoimia. Esitetyistä puhtaan energian mahdollisista kielteisistä vaikutuksista Suomen yhteiskunnan ja kansantalouden tasolla vastaajia huolettavat eniten kriittiseen infrastruktuuriin kohdistuvat uhat (59 %), vastakkainasettelujen lisääntyminen (56 %) ja vaikutusten oikeudenmukainen jakautuminen (48 %). Vähiten huolissaan vastaajat olivat äänivaikutuksista (28 %), sisäilmaongelmista (25 %) ja työvoiman riittävydestä puhtaan energian siirtymän toteuttamiseksi (18 %). Naisia ja vanhempia ikäluokkia huolettaa keskimäärin enemmän puhtaaseen energian siirtymään liitetyt asiat.

Esteiden ja huolien vastapainona kysely kartoitti vastaajien näkemyksiä mahdollisuuksista, jotka voisivat lähtökohtaisesti toivottavina tekijöinä voimistaa puhtaan energian siirtymää eri tasoilla. Puhtaan energian siirtymän tuomista mahdollisuuksista kansantalouden ja yhteiskunnan tasolla tärkeimmiksi arvioitiin uudet vientimahdollisuudet (51 %), työllisyyden lisäys kotimaassa (49 %) ja ilmastomuutoksen hillintä (47 %).

3.3.2 Henkilökohtaiset ja kotitalouden tason toimenpiteet

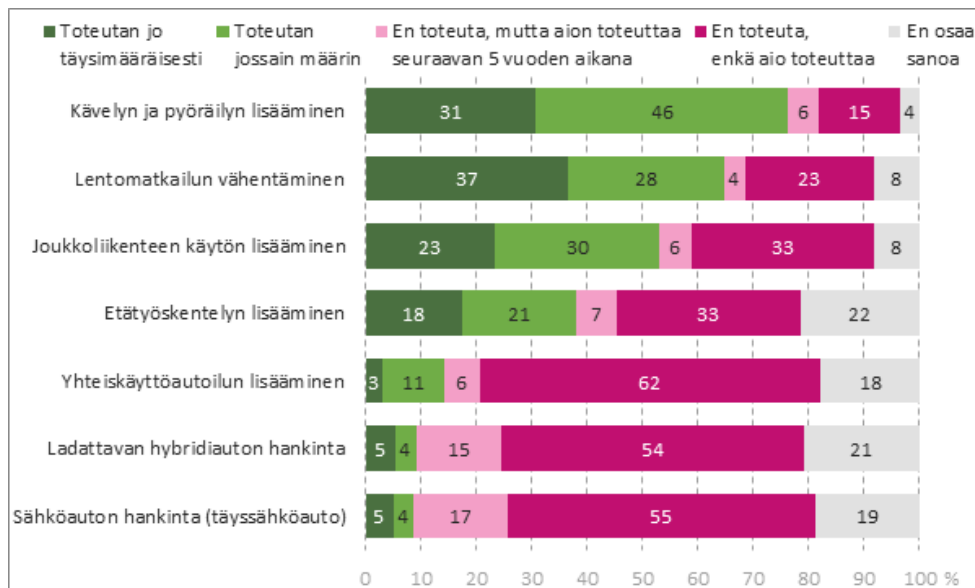
Vastaajien henkilökohtaisten ja kotitalouden tason toimenpiteiden toteuttamista selvitettiin ruokavalion / muun kulutuksen, asumisen ja liikenteen pääluokissa, joihin kuuluvien toimenpiteiden toteuttaminen on yleisemmin kuluttajien oman päätätävällän rajoissa (Kuva 4).

Ruokavalion ja muun kulutuksen luokassa suurin osa vastaajista toteuttaa joko täysimääräisesti tai jossain määrin seuraavia toimenpiteitä: ruokahävikin vähentäminen (92 %), kierrätyksen lisääminen (90 %), jätteiden vähentäminen (88 %) ja kulutuksen vähentäminen (80 %). Toisaalta vegetaristiseen ruokavalioon siirtyminen (41 % ei aio toteuttaa), riistan lisääminen (40 % ei aio toteuttaa) tai vegaaniseen ruokavalioon siirtyminen (60 % ei aio toteuttaa) ovat mainituista toimenpiteistä vähiten suosittuja.



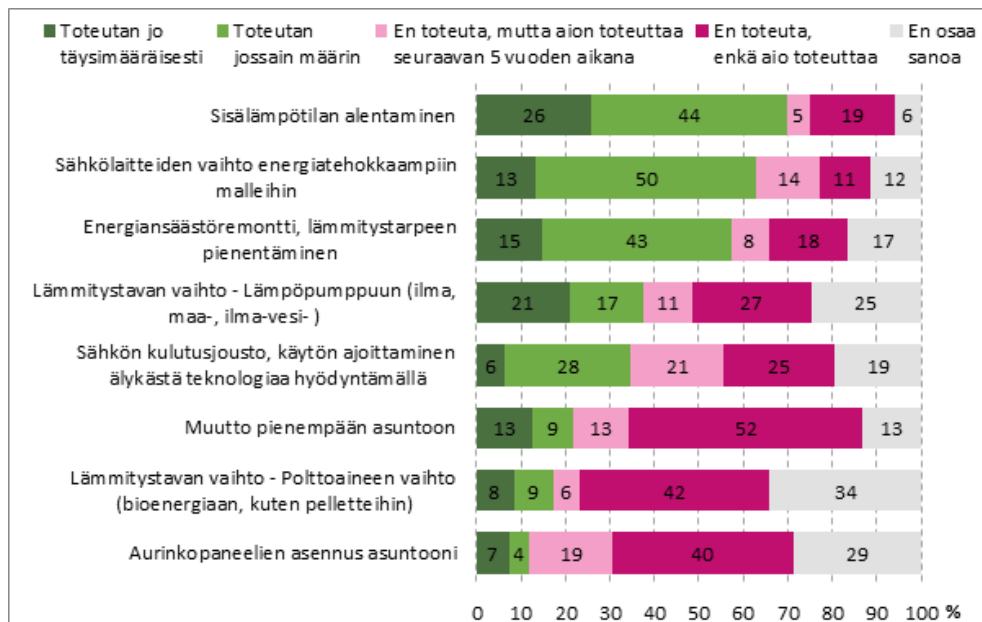
Kuva 4. Miten toteutat puhdasta energiasiirtymää ja ilmastotavoitteita edistäviä toimenpiteitä henkilökohtaisella ja kotitaloutesi tasolla? Ruokavalio / muu kulutus. Kaikki vastaajat, n=1079. (graafi: Taloustutkimus Oy)

Liikenteessä ja liikkumisessa enemmistö vastaajista toteuttaa joko täysimääräisesti tai jossain määrin seuraavia toimenpiteitä (Kuva 5): kävelyn ja pyöräilyn lisääminen (77 %), lentomatkailun vähentäminen (65 %) ja joukkoliikenteen käytön lisääminen (53 %). Vähiten suosituista toimenpiteistä valtaosa vastanneista ei aio toteuttaa ladattavan hybridi-auton (54 %) tai täyssähköauton hankintaa (55 %). Hybridi- ja täyssähköauton hankinnan toteuttamisessa myös en osaa sanoa -vastausten osuus on myös verrattain suuri (21 % ja 19 %).



Kuva 5. Miten toteutat puhdasta energiasiirtymää ja ilmastotavoitteita edistäviä toimenpiteitä henkilökohtaisella ja kotitaloutesi tasolla? Liikenne ja liikkuminen. Kaikki vastaajat, n=1079. (graafi: Taloustutkimus Oy)

Asumisessa enemmistö vastaajista kertoo toteuttavansa joko täysimääräisesti tai jossain määrin seuraavia toimenpiteitä (Kuva 6): sisälämpötilan alentaminen (70 %), sähkölaitteiden vaihto (63 %) ja energiasäästöremontti (58 %). Vähiten suosittuja ovat muutto pienempään asuntoon (52 % ei aio toteuttaa), lämmitystavan vaihto bioenergiaan (42 % ei aio toteuttaa) ja aurinkopaneelien asennus (40 % ei aio toteuttaa).



Kuva 6. Miten toteutat puhdasta energiasiirtymää ja ilmastotavoitteita edistäviä toimenpiteitä henkilökohtaisella ja kotitaloutesi tasolla? Asuminen. Kaikki vastaajat, n=1079. (graafi: Taloustutkimus Oy)

Esteet ja mahdollisuudet

Kyselyssä haluttiin lisäksi selvittää mahdollisia esteitä henkilökohtaisten ja kotitalouden tason muutoksille. Tätä varten vastaajille esitettiin väittämiä, jotka heijastelivat ympäristömyönteisiä käyttäytymismuutosten esteitä koskevaa tutkimusta (Dioba ym. 2024) ja aiemmin toteutettuja kyselyitä (Similä ym. 2014, Koljonen ym. 2019). Väittämät jakavat vastaajia paljon, eikä missään väittämässä ole yli 50 % samaa mieltä olevia. Eniten samaa mieltä ollaan seuraavien väittämien kanssa: vähäpäästöiset vaihtoehdot ovat itselleni liian kalliita (42 %), tekniikan toimivuus ja tietoturva huolestuttavat minua (43 %). 66 % vastaajista on eri mieltä väittämän ”Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on mielestäni tarpeetonta” kanssa. 50 % on eri mieltä väittämän ”En tiedä miten voisin käytännössä vähentää omia päästöjäni” kanssa.

Vastaajien henkilökohtaiselta kannalta tärkeimpinä puhtaan energian siirtymän tuomista mahdollisuuksina annetuista vaihtoehdoista pidettiin ”Kotitalouden energiakustannusten hillintä” (49 %), ”kotitalouden energian kulutuksen vähentäminen ja energiaomavaraisuuden lisääminen” (45 %) ja ”oman terveydentilan parantuminen” (32 %) kolmena tärkeimpänä.

3.4 Pohdintaa

Vertailtaessa kyselyn tuloksia aiempiin vastaaviin kyselytutkimuksiin (Similä ym. 2014; Koljonen ym. 2019) kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen näyttyy

hienoisesti vähemmän tärkeänä tavoitteena (ka. 2025: 3,95; aiemmin 4,2). Voidaan pohtia, johtuuko kehitys viime vuosien kriiseistä ja niiden aiheuttamista painotuksissa yhteiskunnallisessa ja poliittisessa keskustelussa ja priorisoinneissa. Tulkintaa tukevaa muutosta voidaan nähdä myös eri vuosina laadittujen ilmastobarometrien välillä (Ilmastobarometri 2025). Väittämän ”ilmastonmuutoksen hillitsemisellä on kiire” kanssa täysin tai jokseenkin samaa mieltä olevien osuus putosi vuoden 2019 83 %:sta 72 %:iin vuonna 2023 ja edelleen vuonna 2025 77 %:iin. Energia- ja ilmastopolitiikan tavoitteiden monipuolistumisen tarkeyttä korostaa tässä kyselyssä tutkittujen Venäjä-riippuvuudesta irtautumisen, luontokadon ehkäisyn ja energiaomavaraisuuden nostamisen näyttäytyminen tärkeimpinä tavoitteina. Ilmastomuutoksen hillinnälle vaikuttaa yhä olevan kansalaisten keskuudessa laaja tuki, mutta muidenkin tavoitteiden entistä selvempi huomioiminen puhtaan energijärjestelmän siirtymässä on kansalaisten näkemyksissä havaittavissa. Vastaavaa kehitystä voidaan nähdä myös koko EU-alueella tuoreimman Eurobarometrin (European Parliament 2025) perusteella, jonka kyselytutkimuksen tulokset osoittavat, että EU:n jäsenmaiden kansalaisten mielestä EU:n tulisi vahvistaa asemaansa puolustuksessa ja turvallisuudessa (37 % vastaajista) sekä energiaomavaraisuudessa (27 % vastaajista), kun taas ilmastotoimet nähtiin vasta kahdeksanneksi tärkeimpänä fokusalueena (17 % vastaajista).

Yleisistä ilmastopolitiikan ohjauskeinoista teknologian kehittäminen on pysynyt suosituimpana. Tässä kyselyssä sen suosio on jonkin verran pienempi kuin aiemmissa (v. 2014: 4,5; v. 2018: 4,4; v. 2025: 3,95), ja ero muihin keinoihin on pienempi kuin aiemmin (Koljonen ym. 2019, Similä ym. 2014). Kulutustottumusten/käyttäytymisen muutos ei saa yhtä korkeaa arviota kuin aiemmin (4,2; 4,2; 3,7), toisaalta määräysten ja säädösten suosio näyttäisi hienoisesti kasvaneen (3,4; 3,4; 3,64). Voidaan pohtia, pitävätkö kansalaiset tarvittavaa teknologiaa aiempaa laajemmin ”valmiina”, kun edistysaskeleita monien kuluttajateknologioiden kehityksessä on tapahtunut. Edelleen voidaan spekuloida, heijastelevatko havainnot muutoksista vastaajien näkemyksiä puhtaan markkinaehtoisen ohjauksen tai toisaalta kulutuskäyttäytymisen muuttamiseen kohdistuvien keinojen riittämättömyydestä tarvittavien päästövähennyksien saavuttamiseksi. Muihin ohjauskeinoihin suhtautuminen on pysynyt tulosten perusteella silmiinpistävänsäkin samanlaisena.

Kotitalouksien esteistä toimenpiteiden toteuttamiseksi tiedonpuute ei vaikuttaisi olevan enää yhtä suuri este kuin aiemmin. Tämän voi optimistisesti tulkittuna nähdä signaalina tutkimuksen etenemisestä tai toisaalta menestyksellisestä viestinnästä. Lisäksi kansalaiset ovat enenevässä määrin investoineet uusiin teknologioihin, jolloin käyttökokemukset kasvavat ja samalla myös vertaistuki lisääntyy. Hinta on kansalaisten merkittävimpänä pitämä este, mutta sekin näyttäytyy pienempänä kuin aiemmin. Tämä saattaa heijastella monien kotitalouksien näkökulmasta harkittavien teknologioiden, kuten lämpöpumput, aurinkopaneelit ja sähköautot, kustannuskilpailukyvyn kehittymisestä viimeisen noin 10 vuoden aikana. Aiempiin kyselyihin (Similä ym. 2014, Koljonen ym. 2019) nähden uutena vaihtoehtona kysytty *tekniikan toimivuus ja tietoturva huolestuttavat minua* osoittautui myös

relevantiksi tekijäksi toimenpiteiden toteuttamisen mahdollisia esteitä pohdittaessa (43 % oli samaa mieltä).

Pienen mittaluokan aurinkoenergia on suosituin mainituista teknologioista kansalaisten keskuudessa, ja aurinkosähkö näyttäytyy suosituimpana vaihtoehtona myös Energiateollisuuden vuoden 2024 lopussa tuottamassa kyselyssä sähköntuotannon kehittämissuunnista (Energiateollisuus 2024). Kuten edellä jo esitettiin, sukupuolten ja ikäluokkien väliset erot näkyvät kyselyiden vastauksissa. Energiansäästön ja energiatehokkuuden mahdollisuudet tunnistetaan erityisesti naisten parissa, mutta miesten keskuudessa luotto uusiin energiateknologioihin on suurempaa, joista erityisesti voidaan nostaa esiin uutena ratkaisuna kyselyssä mukana ollut pienydinvoima, jolle näyttää olevan merkittävää kannatusta erityisesti miesten keskuudessa. Yksittäisen kansalaisen toimista sähköautojen yleistymiselle on asetettu kunnianhimoiset tavoitteet ja niiden rooli liikennesektorin hillintäskenaarioissa korostuu, mutta toisaalta kansalaisten vastaukset eivät indikoineet autokannan nopeaa muuttumista.

Muista keinoista mielenkiintoisina havaintona voidaan pitää hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön (48 % luki sen viiden tärkeimmän ratkaisun joukkoon) ja geologisen varastoinnin suurta eroa suosiossa (15 %), sillä sekä monissa mallilaskelmissa että hallitusohjelman kirjauksissa ns. teknologisten hiilinielujen edellytetään ottavan merkittävän roolin hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisessa. Eurooppalaisen NEGEM-tutkimushankkeen vuonna 2023 toteuttamassa kyselyssä kuudessa eurooppalaisessa maassa (ml. Suomi) energiasectoriin ja käyttäytymismuutoksiin liittyvät toimenpiteet näyttäytyivät kansalaisten keskuudessa yleisesti suosituimpana hiilineutraaliutta edistävänä toimenpideluokkana kuin ns. negatiivisten päästöjen teknologiat ja -käytännöt (Lee ym. 2023). Edelleen tämän luokan sisällä ns. luontopohjaiset ratkaisut, jota käsiteltiin kyselyssä tarkempana esimerkkinä esitellyn metsityksen ja uudelleenmetsityksen avulla, näyttäytyi hyväksyttävämpänä kuin hiilidioksidin talteenotto suoraan ilmasta ja varastointi (DACCS), jota käytettiin esimerkkinä ns. teknologisesta ratkaisusta. Tältä osin tulos on samansuuntainen kuin KEITO-hankkeen Suomea koskevassa kyselyssä.

Yleisesti ottaen KEITO-hankkeen toteuttaman kyselytutkimuksen aihepiiri ja tavoitteet olivat varsin laaja-alaisia. Kyselyn suunnittelussa korostui haaste sisällyttää kaikki mahdollisuudet riittävän tiiviiseen muotoon samalla pitäen kysely tavallisia kansalaisia edustaville vastaajille ymmärrettävänä. Vastaajilta saatiinkin muutamia avoimia kommentteja vastaamisen vaikeudesta. Tietoisena valintana kysymyksiä ei kuitenkaan haluttu sitoa liian kiinteästi liian yksityiskohtaisiin valintoihin, sillä kyselyn tavoitteena oli palvella yleisemmin pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman tausta-aineistona. Katsantokannan ollessa näinkin laaja KEITO-kyselyn rinnalla on hyvä katsoa muita kyselyaineistoja pitkän aikavälin suunnittelun eri osa-alueista, kuten energiantuotanto (Energiateollisuus 2024), liikenne, kulutusjousto ja ilmastopolitiikan valinnat (Ilmastobarometri 2025) tulkittaessa kansalaisten preferenssejä.

4 Synteesi toimialojen vähähiilisyystiekartoista

Kirsi Halttu, Lassi Similä & Tiina Koljonen, VTT

4.1 Taustaa ja tarkasteluiden tavoite

Yritysten ja toimialojen suunnitelmia ja visioita tarkasteltiin vuosina 2023–2024 toteutettujen toimialojen vähähiilitiekarttojen päivitystyön pohjalta. PM Orpon hallitusohjelmaan (Valtioneuvosto 2023a) kirjatussa työssä olivat mukana samat 14 toimialaa kuin ensimmäisessä, vuonna 2020 toteutetussa PM Marinin hallitusohjelman (Valtioneuvosto 2019) kirjauksen mukaisessa tiekarttojen laatimistyössä. VTT laati myös ensimmäisistä vähähiilisyystiekartoista synteesin yhteistyössä Luken kanssa (Koljonen ym. 2021). Tuolloin osalla toimialoista oli jo verrattain vahva tietopohja ja omia henkilöresursseja valmiina tiekartan laadintaan, mutta joillain tiekarttatyö oli ensimmäinen askel tarkastella vähähiilisyyttä koko toimialan näkökulmasta. Silloisen tiekarttasynteesin johtopäätöksenä olikin, että eri toimialoilla oli verrattain erilaiset lähtökohdat, tavoitteet, lähestymistapa ja resurssit työn toteutukseen, jonka vuoksi myös tiekarttojen vertailu oli haasteellista.

PM Marinin hallituksen aikana toteutettu ensimmäinen näinkin laaja tiekarttatyö koettiin lähtökohtaisesti hyödyllisenä. Ensimmäisten tiekarttojen julkaisujen jälkeen osa toimialoista oli myös jatkanut tiekarttatyötä kohdentamalla jatkotyön johonkin tarkemmin määritellyyn kokonaisuuteen, kuten luonnon monimuotoisuuteen. Toisaalta osa toimialoista ei kokenut tarpeelliseksi uusia tiekarttoja vuonna 2024 ja niihin sisällytettyjä skenaarioita, vaan tuotti vision tai muutoin kevyemmän päivityksen. Tässä raportissa on lähtökohtaisesti käsitelty ainoastaan vuonna 2024 julkaistuja vähähiilisyystiekarttoja tai -julkaisuja.

KEITO-hankkeessa tiekarttatarkastelun tavoitteena oli tutkia mahdollisuuksia hyödyntää toimialojen päivitettyjen tiekarttojen tietoja erityisesti hankkeen skenaariotyössä, mutta myös arvioitaessa erityisesti puhtaan energian siirtymän ja ilmastolakiin kirjattujen päästötavoitteiden saavuttamiseen liittyviä mahdollisuuksia ja riskejä. Lisäksi tarkasteltiin valikoituja teemoja, kuten ohjaustoimet, tutkimus-, kehitys- ja koulutustarpeet ja sosiaalinen oikeudenmukaisuus. Tiekartat tarjoavat parhaimmillaan syötteitä liittyen esimerkiksi investointeihin sekä toimialojen omiin arvioihin tuotannon, tuotteiden, ja kasvihuonekaasupäästöjen kehityksistä. Ensimmäinen tiekarttaprosessi tuottikin laajan katsauksen yritystoimijoiden

vähähiilisyystavoitteisiin liittyen suoriin ja epäsuoriin KHK-päästöihin (l. SCOPE 1- ja SCOPE 2-luokitellut päästöt). Muutama tiekartta raportoi myös hiilikädenjälkitavoitteitaan. TKI-tarpeita oli myös kirjattu osaan tiekarttoja, mutta sosiaalinen ulottuvuus oli näkyvillä hyvin heikosti.

Tämä tiekarttojen katsaus rajattiin vuoden 2024 loppupuolella päivitettyihin vähähiilitiekarttoihin³, eri tausta-aineistoihin ja aihepiiriin liittyvään materiaaliin tukeutuvana kirjallisuustarkasteluna. Tarkasteluissa hyödynnettiin myös työ- ja elinkeinoministeriön julkaisemaa yhteenvedoa tiekartoista (Silver & Tuokko 2024).

KEITO-hankkeen tarkastelussa tiekarttojen päivitysten sisältöä käytiin läpi karkeasti seuraaviin osa-alueisiin jaoteltuna: 1) Esitetyt skenaariot: oletukset, keinot, 2) Poliittikkamaininnat ja -toiveet, 3) Esimerkkejä tunnistetuista avainteknologioista, 4) TKI- panostukset, 5) Osaamis- ja koulutustarpeet, ja 6) Oikeudenmukaisuus. Seuraavassa esitetään keskeiset havainnot ja johtopäätökset tiivistetyssä muodossa.

4.2 Yhteenvedo ja johtopäätökset

Keskeiset havainnot vuonna 2024 julkaistuista tiekartoista olivat hyvin samankaltaisia kuin vuoden 2020 tiekarttojen osalta. Vähähiilisyyskkenaarioita oli laadittu eri tavoilla, ja skenaarioiden kohdevuosissa havaittiin vaihtelua. Yleisin skenaarioiden tavoitevuosi oli 2050, mutta tiekartoissa oli tavoitteita kohdennettu myös vuosille 2040 ja 2045. Vuoden 2035 tavoiteskenaario, joka oli TEM:n vetämän prosessin ohjeissa keskeinen, löytyi ainoastaan neljän toimialan tiekartasta. Kussakin tiekartassa esitettyjä skenaarioiden kuvauksia, oletuksia ja keinoja yksityiskohtaisesti toimialojen keinoja on tiivistetysti esitetty liitteessä B.

Tiekartoista löytyvistä eri toimialojen politiikkatoiveista todettiin yhteenvedona, että toimialojen näkemysten mukaan puuttuva tai riittämätön sääntely hidastaa investointeja tai uusien käytänteiden käyttöönottoa. Erityisesti tämä näkyy vahvasti säädellyillä aloilla, kuten elintarvike-, teknologia, rakennus- ja kemianteollisuudessa. Toinen sääntelyyn liittyvä tekijä ovat luvitusprosessit, joiden sujuvoittamista toivotaan usealla toimialalla. Aloilla, jossa tuotekehitys on sekä kallista että aikaa vievää, toivotaan investointeja vähähiilisten vaihtoehtojen kehittämiseen. Poliittisista ohjauskeinoista ja kannusteista toivotaan verovähennyksiä tai suoria tukia vähähiilisiin hankintoihin tai investointeihin.

KEITO-hankkeen pitkän aikavälin skenaarioprosessissa luotu Markkinat edellä -skenaario (luku 5) määriteltiin siten, että skenaarion kuvaus pyrki soveltuvien osien mukaisesti tiekarttojen päivityksissä esiintyviä arvioita. Nämä puolestaan noudattelevat yritysten ja toimialojen valmiuksia ja käsityksiä tulevasta kehityksestä. Markkinat edellä -skenaarion yleinen asetelma ja työpajoissa ja niistä saatujen syötteiden pohjalta kehitetty taustatarina (luku 5.2) heijastelevatkin toimialojen vähähiilitiekarttojen viestejä. Tämä näkyy esimerkiksi uusien ratkaisujen ja investointien ripeästä edistymisestä ja yleistymisestä markkinoilla sekä

³ Työ- ja elinkeinoministeriö, Vähähiilisyystiekarttojen päivittäminen 2024, <https://tem.fi/vahahiilisyystiekarttojen-paivittaminen>

tuotantovolyyymien yleisestä kasvusuuntaisesta trendistä. Vaikka toimialojen näkökulma on keskeinen Markkinat edellä -skenaarion ajuri, toimialojen tiekartoissa esitetyjä ajatuksia esiintyy vaihtelevasti muissakin skenaarioissa eri tavoilla keskeisiä taustaoletuksia varioiden.

Toimialojen esittämät tarkemmat näkemykset tulevasta kehityksestä, olennaisimmista keinoista ja teknologioista (liite B) toimivat hyvänä referenssinä ja tarkistuslistana KEITO-hankkeen hiilineutraalisuusanalyysissä korostuville keinoille ja teknologioille. Vertailemalla KEITO-skenaarioiden sisältöä ja toimialojen näkemyksiä voidaan lisätä varmuutta siitä, että toimialojen näkökulmasta relevantteja seikkoja käsitellään analyysissä. On kuitenkin huomattava, että tiekarttojen tarkasteluhorisonteissa ja arvioiden esitystavoissa esiintyy vaihtelua toimialojen välillä, mikä vaikeuttaa systemaattisten vertailujen tekoa. Taulukkoon 1 on koottu tiekartoista tunnistettuja teknologisia ratkaisuja ja TKI-panostuksia.

Taulukko 1. Esimerkkejä toimialojen 2024 julkaistuissa tiekartoissa tunnistetuista teknologisista ratkaisuista ja TKI-panostukset vähähiilisyyden edistämiseksi.

Toimiala	Tunnistettut teknologiset ratkaisut	TKI-panostukset
Energia-teollisuus	Tuulivoimateknologiat, biopolttoaineiden tuotantoteknologiat, sähkökattilat, ydinvoimaloiden käyttöä jatkaminen, uudet suuret ydinvoimayksiköt, pumppuvoimalat, teollisen tason aurinkovoimalat, teolliset lämpöpumput, pienet modulaariset ydinreaktorit, hiilentalteenotto (tekninen hiilensidonta, CCU)	Tuetaan uuden energiateknologian tutkimusta ja kehitystä
Teknologia-teollisuus (ml. kaivos-teollisuus)	Puhtaan vedyn tuotantoa tukevat teknologiat, terästeollisuuden vetyä hyödyntävät teknologiat, kysyntäjoustoa ja tuotantoa optimoivat tekniset ratkaisut, energian varastoinnin teknologiat kuten akkuteknologiat, prosessien tehostamisen ja energia- ja materiaalitehokkuuden datapohjaiset ratkaisut, robotiikka ja automaatio, digitaaliset kaksoiset, IoT, AR, VR, lohkoketjut	TKI-panostukset erityisesti vetytalouteen liittyen
Rakennus-teollisuus Rakli ry	CCS/CCU-teknologiat sementtiteollisuudessa, vetypelkistys teräksen valmistuksessa	
Palvelualat	Energiatehokkuuden parantaminen toimi- ja tuotantotiloissa, verkko teknologioissa ja datakeskuksissa, hukkalämmön hyödyntäisen teknologiat, ohjelmistojen optimointi ja vihreä laskenta,	TKI-tukea kädenjälkeä kasvattavaan palvelukehitykseen
Metsä-teollisuus	Sellun, paperin ja mekaanisten puutuotteiden tuotannon uudet teknologiat, hiilen talteenoton uudet	Yritysvetoisen PPP-innovaatiomallin toimeenpano

Toimiala	Tunnistettut teknologiset ratkaisut	TKI-panostukset
	teknologiat, dataan ja tekoälyyn liittyvät uudet tekniset ratkaisut (prosessioptimointi ja digitalisaatio), sähköistäminen. Hiilen talteenoton teknologiat, BECCS ja BECCU	TKI-politiikan pitkäjänteisyys ja osaavan työvoiman saatavuus ruokkivat mm. uusien tuotteiden kehittämistä ja saamista tuotantoon
Bioenergia-ala	Biogeenisen hiilidioksidin tekninen talteenotto ja varastointi (BECCS-teknologia), yleisesti hiilidioksidin talteenoton teknologiat	Kannustejärjestelmä CCUS-arvoketjun ylös ajolle, ml. kansallista tukea innovaatorahoituksen hakuun ja innovaatiotoimintaan
Kaupan liitto	Sähköisen kaupankäynnin teknologiat, logistiikan ja digitaalisten maksujen kehittyminen, automatisointi ja tietoanalyysityökalut	Investointituet ja kannustimet vähähiilisyyteen panostamiseksi
Sahateollisuus	Ei mainintoja	Puurakentamisen kasvattaminen: TKI-kannusteet ja julkisen sektorin rooli esim. pientalotonttien kaavoittaminen
Elintarvike-teollisuus	Biokaasun tuotanto, hiilidioksidin talteenotto ja varastointi, sähköisen liikenteen infrastruktuuri. Uudet vähähiiliset tuotanto- ja kasvatusteknologiat.	Investointituet kotimaisten raaka-ainevaihtoehtojen ja kestävien ruokainnovaatioiden jatkojalostukseen Investointitukia arvoketjun vähähiilisyyttä edistäviin teknologioihin TKI-toiminnan verovähennyksestä kannustavampi
Maatalous	Viljan kuivauksen ohjaus- ja säätötekniikka, peltoviljelyn sähköistämisen mahdollistavat uudet akku- ja latausteknologiat, miehittämättömät koneet ja älyohjaus pellon muokkauksen vähentämiseksi	Ei varsinaisesti mainintoja, uusi tiekartta toisenlaisella fokuksella. Päivitys keskittyi EU:n yhteiseen maatalouspolitiikkaan (CAP), maatalouden hiilimarkkinoihin ja maatalouden energian-tuotanto- ja käyttömuotojen kehittymiseen.
Kemian-teollisuus	Hiilen poisto ilmakehästä (DACCS, BECCS), hiilen sitominen ja hyödyntäminen prosesseissa (CCS, CCU), uusiutuvien ja puhtaiden energialähteiden hyödyntämistä parantavat teknologiat, uusiutuvan ja kierrätetyn raaka-aineen prosessointiteknologiat, sähköistäminen, tuotantoprosessien uudistaminen vähäenergisillä vaihtoehdoilla,	Tutkimus- ja tuotekehitys ja sen rahoitus avaintekijä kemianteollisuuden ilmasto- ja raaka-ainesiirtymässä. TKI-rahoitusta tarvitaan koko tuotekehitysprosessin ajalle, tutkimuksesta kaupallistamiseen ja pilotointiin. TKI-ympäristön tulee ennustettavasti tukea 10–15 vuoden aikaikkunaa
Matkailu- ja ravintola-palvelut	Energiatehokkaat uudet teknologiat, uusiutuvia energiamuotoja hyödyntävät teknologiat kuten kalliosta saatava maalämpö.	Kestävyysajattelu on nykyisin jo olennainen osa ammatillisia perustutkintoja. Ilmasto- ja ympäristöosaamiseen liittyvät taidot tulevat voivat muuttaa myös toimialan ammattiprofiileja.

Prosessissa, jossa toimialat vastasivat tiekarttansa päivittämisestä itse, luonnollista on, että kunkin toimialan tiekartassa on pääosin käsitelty tämän itse soveltamia ja toimialaa lähellä olevia teknologioita. Myös tunnistetut TKI-tarpeet liittyvät usein samoihin aiheisiin (Taulukko 1). Huomionarvoista on, että hiilen sitominen, varastointi ja hyödyntäminen eri muodoissaan (DACCS, BECCS, BECCU, CCS ja CCU) korostuvat useammankin toimialan tiekartassa, mikä perustelee niiden käsittelylle annettavaa painoarvoa integroiduissa KEITO-tarkasteluissa ja eri skenaarioiden määrittelyissä. Yritykset siten näkevät, että investoinneilla teknisiin (t. teknologisiin) hiilinieluihin yritys voisi kompensoida KHK-päästöjään, joita on vaikea tai hyvin kallista vähentää nollatasolle, ja/tai saavuttaa jopa hiilinegatiivisuuden pitkällä aikavälillä. Myös energiatehokkuus sekä erilaiset ICT-teknologiaan perustuvat ja dataintensiiviset ratkaisut saavat suuren painoarvon useammankin toimialan tiekartassa. Teknologioita ja keinoja (Taulukko 1, Liite B) yleisesti tarkasteltaessa voidaan todeta KEITO-skenaarioiden (luku 5.2) verrattain kattavasti heijastelevan myös toimialojen omia näkemyksiä. On kuitenkin huomattava, että kaikkien esitettyjen ajatusten huomiointi käytettävissä olevilla malleilla ei ole mahdollista eikä tarkoituksenmukaistakaan. Etenkään vähemmän energiaintensiivisten toimialojen keinojen toimikohtainen mallintaminen ei ole aina toteutettavissa KEITO-hankkeessa käytettävissä olevin menetelmin.

Osaamis- ja koulutustarpeet

Osaamis- ja koulutustarpeisiin liittyvät näkökulmat ovat käyttökelpoista lähdemateriaalia erityisesti KEITO-skenaarioiden teknologisiin ratkaisuihin pohjaavassa toimijoita ja toimenpiteitä koskevien kuvausten laatimisessa. Näitä näkökulmia, joita ovat pitkien investointisyklien, lupamenettelyiden ja muiden viiveiden takia pitkän aikavälin tarkasteluissa olennaisia, on tunnistettu monissa tiekartoissa. Yhtäältä ilmastohaaste tuo työmarkkinoille uusia mahdollisuuksia, toisaalta on tuotu esiin huoli riittävästä osaavasta työvoimasta, kun merkittävä osa toiminnasta tapahtuu Suomen muuttotappioalueilla, joissa tarvitaan koulutusta (Bioenergia-alan tiekartta). Tarvittavista osaamisprofiileista on mainittu esimerkiksi vetytalouden, uudelleenkäytettyjen rakennustuotteiden hyödyntämisen ja puurakentamisen osaaminen (Rakennusteollisuuden tiekartta), luonnontieteellismatemaattisten aineiden osaaminen peruskoulusta alkaen, tuotekehittäjien, digiosajien ja ydinfysikoiden tarve (Energiateollisuus), sekä useammassakin tiekartassa tunnistettu erilaisten asentajien tarve. Maatalouden tiekartassa tunnistetaan erityinen tarve hiiliviljelyä koskevaan koulutukseen ja neuvontaan koskien turvemaiden vettä ja muita maatalouden päästövähennystoimia.

Oikeudenmukaisuus

Oikeudenmukaisuus näyttäytyi vaihtelevasti toimialojen tiekartoissa: kuudessa tiekartassa oikeudenmukaisuutta ei käsitelty lainkaan, mutta toisaalta verrattuna vuoden 2020 tiekarttoihin, selvää positiivista kehitystä oli havaittavissa. Seuraavia oikeudenmukaisuuteen liittyviä teemoja nousi esiin muista tiekartoista jaoteltuna

oikeudenmukaisen siirtymän kirjallisuudessa esiintyviin osa-alueisiin (esim. Kivimaa ym. 2023).

Taulukko 2. Tiekartoissa tunnistettuja oikeudenmukaisuusnäkökohtia.

	Toimialojen tiekartoista tehdyt havainnot
Jako-oikeudenmukaisuus	• Kustannusten ja hyötyjen jakautuminen yhteiskunnassa • Yritysten taloudellinen kestävyys ja työllisyyden turvaaminen • Paikallisten yhteisöjen kokemien haittojen minimointi ja kompensointi • Kulutusmahdollisuudet ja mahdollisuus kulutusjoustoon • Biopolttoaineiden tuotannon vaatimat maankäytön muutokset • Maanomistajien oikeudet (esim. korvaus käyttöoikeuden rajoituksista)
Menettelytapojen oikeudenmukaisuus	• Energiamarkkinoiden säännöt ja avoimuus • Digitaalinen oikeudenmukaisuus ja yksityisyydensuoja
Tunnustava oikeudenmukaisuus	• Sosiaalinen oikeudenmukaisuuden kokemus ja mahdollisuus osallistua päätöksiin • Yritysten yhtäläiset mahdollisuudet ohjautua kohti vähäpäästöisyyttä

Jaottelu oikeudenmukaisuuden osa-alueisiin ei ole täysin yksikäsitteistä. Tunnistetuista näkökohdista useimmat kuuluvat jako-oikeudenmukaisuuden piiriin, mutta myös muita oikeudenmukaisuuden osa-alueita tunnistettiin. Kokonaisuutena niukahko oikeudenmukaisuuden käsittely selittyy luontevasti toimialojen omia lähtökohtia korostavalla lähestymistavalla: koska oikeudenmukaisuusarviot tarkastelevat tyypillisesti eri toimijoiden välisiä suhteita ja heihin kohdistuvia vaikutuksia, oikeudenmukaisuus voidaan nähdä luontevampana tarkastelukohteena poikkisektoriaalisissa politiikkatarkasteluissa, kuten KEITO-hankkeessa toteutetuissa SOVA-arvioinneissa (Koljonen ym. 2025). TEM:n ohjeistuksessa vähähiilisyystiekarttojen päivittämiseen (Silver & Tuokko 2024) arviot toimialojen puhtaan siirtymän vaikutuksista sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen olikin mainittu täydentävänä, ei pääasiallisena, toivottuna sisältönä. Toimialojen tiekartoissa esiintyvistä oikeudenmukaisuusnäkökohdista (Taulukko 2) voidaan lisätä politiikkatoimenpiteiden vaikutusarvioihin erityisesti toimialojen näkökulmaa. Näin oikeudenmukaisuus voidaan huomioida systemaattisemmin ja siten toimien hyväksyttävyyttä eri toimijoiden näkökulmasta parantaa. Toimialojen tiekartoista tehdyt havainnot oikeudenmukaisuudesta voidaan huomioida myös muodostettaessa KEITO-skenaarioita, joissa oikeudenmukaisuus oli eräs erikseen työpajoissa skenaarioita laadittaessa pohdittavaksi pyydetty muuttuja. Globaali oikeudenmukaisuus oli erikseen nimettynä painotuskohde Ympäristö edellä -skenaariossa, kun taas Yhteiskunta edellä -skenaariossa oikeudenmukaisuutta käsiteltiin alueellisena sekä sukupolvien ja ihmisryhmien välisenä (luku 5).

5 LTS-skenaarioiden muodostaminen

Minna Halonen, Tiina Koljonen, Sofi Kurki, Lassi Similä & Henna Sundqvist, VTT

5.1 Osallistaminen ja työpajat

KEITO-hankkeen pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman laskelmien pohjaksi muodostettiin vaihtoehtoisia laadullisia skenaarioita siitä, miten Suomen yhteiskunta, energiatalous sekä kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat kehittyvät vuoteen 2055 mennessä. LTS-skenaarioiden muodostamisessa hyödynnettiin aiemmissa LTS-töissä muodostettuja vähähiilisyys- ja hiilineutraalisuuspolkuja (Koljonen ym. 2014, Koljonen ym. 2019, Aakkula ym. 2019, Koljonen ym. 2020), koska tiukan aikataulun vuoksi ei ollut mahdollista aloittaa työskentelyä täysin ”puhtaalta pöydältä”, mikä olisi ollut perusteltua ideaalitapauksessa.

Skenaarioiden laatimisessa hyödynnettiin menetelmäkokonaisuutta, johon kuuluivat työpajoissa sovelletut osallistavan ennakkoinnin menetelmät sekä hankkeen tutkijoiden toimesta tehty laadulliset analyysit ja laskennalliset mallinnukset. Laskennallisten mallien lyhyet kuvaukset on esitetty raportissa Koljonen ym. (2025).

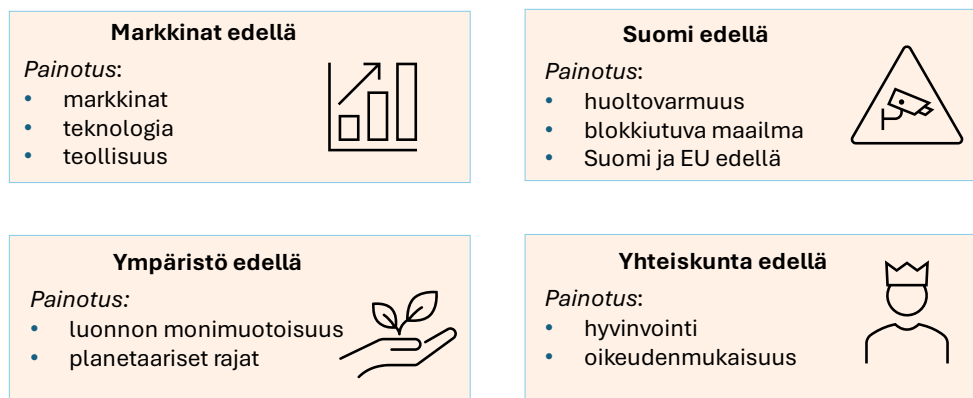
Laadullisten skenaarioiden laadinnan tueksi järjestettiin kaksi sidosryhmätyöpajaa. Lisäksi järjestettiin tulosseminaari, jossa esiteltiin skenaariokuvausten pohjalta tehtyjä alustavia laskelmia sidosryhmien edustajille. Tässä luvussa kuvataan KEITO-hankkeessa toteutettu sidosryhmätyöskentely ja laskennallisten analyysien lähtökohdaksi laadittu skenaariomatriisi.

Sidosryhmätilaisuuksien tavoitteena oli osallistaa laajasti eri sidosryhmiä hankkeeseen liittyvien keskeisten valintojen tekemiseen, mikä on olennainen osa skenaariotyöskentelyä. Tämä lähestymistapa pyrki edistämään keskeisen tietopohjan ja ymmärryksen karttumista sekä lisäämään tulosten hyväksyttävyyttä.

Tilaisuudet järjestettiin tammi-toukokuussa 2025. Ensimmäinen työpaja pidettiin 29. tammikuuta Paasitornissa Helsingissä, toinen 9. huhtikuuta samassa paikassa, ja tulosseminaari 27. toukokuuta Tekniskan kokoustiloissa Helsingissä. Ensimmäiseen työpajaan osallistui 66 henkilöä 58 organisaatiosta ja toiseen työpajaan osallistui 61 henkilöä 60 organisaatiosta. Tulosseminaari järjestettiin

hybriditilaisuutena, ja siihen ilmoittautui paikan päällä osallistuvaksi 54 ja Teams-yhteydellä osallistuvaksi 99 henkilöä. Osallistujina oli ministeriöiden edustajia, energia- ja ilmastopolitiikan asiantuntijoita, alueellisia toimijoita sekä järjestöjen (esim. ympäristö-, toimiala- ja teollisuusjärjestöt, energian kulutus- ja tuotantosektorin sekä luontojärjestöjen edustajia). Monet osallistujat osallistuivat kahteen tai kaikkiin kolmeen LTS-tilaisuuteen. Tilaisuuksien kestot vaihtelivat kolmesta viiteen tuntiin.

Ensimmäisen työpajan alussa kuultiin katsaukset energia- ja ilmastostrategian sekä keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman valmisteluista vastuuministeriöiden suunnalta. Lisäksi tutkijat esittelivät KEITO-hankeyhteistyön alustavia skenaariolaskelmia, jotka liittyivät keskipitkän aikavälin skenaariotyöhön (Koljonen ym. 2025). Keskipitkän aikavälin skenaariolaskelmat tarjosivat työpajan osallistujille taustatietoa LTS-skenaarioiden muodostamista varten. Alustavien skenaariolaskelmien perusteella voitiin jo todeta, että lisätoimia tarvitaan sekä EU:n vuoteen 2030 ulottuvien energia- ja ilmastovelvoitteiden että Suomen kansallisen ilmastolain mukaisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Lopulliset skenaariolaskelmat muuttuivat verrattain vähän esitettyihin verrattuna, joten sidosryhmillä oli jo kevättalven 2025 aikana verrattain hyvä yleiskuva tilanteesta, mukaan lukien päästökulun suuruus hiilineutraaliuteen vuonna 2035. Oli siten selvää, että LTS-skenaarioissa päästökulujen kuromiseen keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä tarvitaan merkittäviä toimia kaikilla päästösektoreilla sekä rakenteellisia muutoksia nykyiseen infrastruktuuriin ja koko yhteiskuntaan.



Kuva 7. Ensimmäisen työpajan skenaarioluonnokset. Kukin pienryhmä työsti yhtä skenaarioluonnosta.

Ensimmäisessä työpajassa laadittiin alustavat laadulliset kuvaukset neljästä tutkijaryhmän laatimasta skenaarioluonnoksesta (Kuva 7). Nämä skenaarioluonnokset kuvaavat vaihtoehtoisia kehityskulkuja siitä, millainen suomalainen yhteiskunta, energiatalous ja kasvihuonekaasupäästöjen kehitys voisi olla vuoteen 2055 mennessä.

Taulukko 3. Ensimmäisen työpajan pienryhmätyöskentelyä ohjanneet kysymykset.

Ympäröivä maailma, ajurit ja esteet	Mitkä globaalit ja EU-tason ajurit ja esteet (talouskehitys, politiikka, regulaatio, ilmastonmuutos, turvallisuus, huoltovarmuus, jne.) ovat mahdollistaneet tai ajaneet Suomen kyseiselle kehityspolulle?
Talous	- Mitkä ovat Suomen talouden ja elinkeinoelämän peruspilarit? - Minkälainen toimialarakenne on valmistavalla teollisuudella, palveluilla, maa- ja metsätaloudella sekä kaivannaisteollisuudella? - Mitä tuotteita ja palveluita nämä sektorit tuottavat sekä koti- että globaaleille markkinoille? - Missä määrin talouden kehitystä ohjataan poliittisesti Suomessa/EU:ssa?
Yhteiskunnalliset ja sosiaaliset ulottuvuudet	- Miten Suomen väestö kehittyy ml. maahanmuutto? - Minkälainen tulonjako Suomessa on alueellisesti/sukupolvien välillä? - Miten turvallisuus ja huoltovarmuuskysymykset näkyvät kehityksessä? - Miten ja missä Suomessa asutaan, työskennellään sekä vietetään vapaa-aikaa? - Minkälainen yhdyskuntarakenne Suomessa on vuonna 2050 (esim. voimakkaasti kaupungistuva, nykyisen kaltainen, hajaantuva, ...)?
Teknologia	- Uusiutuvien energialähteiden rooli eri sektoreilla (sähkön ja lämmön tuotanto, liikenne, teollisuus, jne.)? - Rajoitetaanko tai onko joidenkin uusiutuvien energialähteiden käytön suhteen esteitä (vrt. biomassa, tuuli, vesi, maalämpö, jne.)? - Mikä on ydinvoiman rooli (suuret ydinvoimalat, pienet modulaariset ydinreaktorit [SMR])? - Missä määrin investoinnit vetyyn ja sen johdannaisiin toteutuvat (ml. mahdollinen vedyn ja/tai synteettisten tuotteiden vienti)? - Millainen on hiilidioksidin talteenoton rooli Suomessa? Missä määrin ja milloin toteutuu? Mitä talteen otetulle hiilidioksidille tehdään (hyötykäytetäänkö vai kuljetetaanko varastoitavaksi Suomen rajojen ulkopuolelle)? - Mikä on hiilidioksidin poistamisen rooli päästötavoitteissa ja miten se jakautuu hiilidioksidin geologisen varastoinnin ja maankäyttösektorin nielujen välillä? - Miten kotimaan liikenne kehittyy ml. henkilö- ja tavaraliikenne?
Ympäristö	- Neitseellisten luonnonvarojen käyttö ja/tai käytön rajoittaminen? - Miten ympäristölupakäytännöt kehittyvät? - Miten ympäristöhaittoja säännellään/ohjataan (taloudellisesti, lainsäädännöllisesti, informaatio-ohjauksella jne.)?
Arvot	- Muutokset ihmisten käyttäytymisessä, arvoissa, asenteissa, jne.? - Miten arvot ilmenevät (vrt. kulutus, yritysten päätöksenteko, oikeudenmukainen siirtymä, jne.)?

Työpajan osallistujat jaettiin järjestäjien toimesta kahdeksaan pienryhmään, joiden työskentelyä fasilitoivat laajennetun KEITO-tutkijaryhmän tutkijat. Pienryhmät oli koottu siten, että osallistujat edustivat eri organisaatioita ja eri näkökulmia tai asiantuntijuutta. Työpajan pienryhmien tehtävänä oli rikastaa skenaarioluonnoksia kuvauksiksi, jotka tarjoaisivat riittävästi elementtejä pitkän aikavälin skenaariolaskelmia (LTS) varten. Pienryhmät laativat skenaariokuvaukset vastaamalla annettuihin kysymyksiin, jotka käsittelivät taloutta, yhteiskunnallista kehitystä, teknologiaa, ympäristöä, arvomuutosta sekä globaalin ja EU-tason ajureita ja esteitä (Taulukko 3). Kutakin skenaarioluonnosta työstä kaksi pienryhmää.

Ensimmäisen työpajan tulosten pohjalta skenaariokuvauksia täsmennettiin KEITO-hankkeen tutkijoiden toimesta skenaariomatriisin muotoon (Kuva 8). Taustalla hyödynnettiin myös käynnissä olevan EU-rahoitteisen tutkimushankkeen⁴ puitteissa laadittua laajaa, AI-avusteista kirjallisuusanalyysiä erilaisista tulevaisuuden paradigmoista, joissa hiilineutraalisuustavoite on keskiössä, mutta samalla painotetaan ihmisten hyvinvointia ja kunnioitetaan planetaarisia rajoja luonnonvarojen käytössä.

KEITO:n skenaariomatriisi sisältää neljä vaihtoehtoista kehityssuuntaa kohti kestäväää ja vähähiilistä yhteiskuntaa. Ulottuvuuksina ovat muutoksen ohjautuminen joko poliittisen sääntelyn tai markkinatoimijoiden kautta sekä nykyisten arvojen jatkuvuus tai merkittävä muutos. Näiden perusteella muodostuvat skenaariot kuvaavat erilaisia painotuksia: kansallinen ja EU:n omavaraisuus, ekologinen kestävyys ja globaali tasa-arvo, markkinavetoinen kasvu ja alueellisen tasa-arvon ja kansalaisten hyvinvoinnin edistäminen. Matriisi havainnollistaa, miten erilaiset arvot ja ohjaukset voivat suunnata tulevaisuutta. Mikään skenaarioista ei kuitenkaan edusta todennäköistä tulevaisuuden kuvaa, vaan määrittämällä skenaarioiden painotukset eri lailla, pyrittiin kuvaamaan pikemminkin ääriskenaarioita, jotka kuitenkin voisivat jossain määrin toteutua vuoteen 2055 mennessä. Skenaariomatriisi toimi toisen työpajan työskentelyn pohjana.

⁴ Ks. <https://multifutures.eu/research-publications/>



Kuva 8. Ensimmäisen työpajan tuloksien pohjalta muodostettu skenaariomatriisi. Toisessa työpajassa kukin pienryhmä määritteli yhteen skenaarioon liittyviä toimia ja toimenpiteitä julkishallinnolle, yrityksille ja kansalaisille.

Toisen työpajan alussa kuultiin ajankohtaista tietoa KEITO-hankkeen keskipitkän aikavälin WEM- ja WAM-skenaariolaskelmien etenemisestä ja alustavista tuloksista, jonka jälkeen osallistujille esiteltiin edellisen työpajan tuloksia sekä nostoja hankkeen kansalaiskyselystä. Nämä alustukset tarjosivat osallistujille ajankohtaista taustatietoa, jota hyödynnettiin työpajan keskusteluissa ja tehtävissä. Työpajan tavoitteena oli määritellä toimenpiteitä tai toimia⁵, joiden avulla eri toimijat (julkishallinto, yritykset ja kuluttajat) voivat edesauttaa ilmastotavoitteiden saavuttamista skenaariossa kuvatussa kehityskulussa. Lisäksi osallistujia pyydettiin kirjaamaan skenaarioiden kehityskulkuun liittyviä huomioita esimerkiksi nykyisistä toimista, joista tulisi luopua tai niitä tulisi muuttaa, jotta ehdotettu uusi toimenpide tai toimi voisi edistää kehitystä halutulla tavalla. Osallistujat jaettiin järjestäjien toimesta neljään ryhmään, ja yksi ryhmä käsitteli yhtä skenaariota. Kukin ryhmä jakaantui osaksi aikaa kolmeen pienryhmään, joista kukin käsitteli annettua skenaariota yhden toimijaryhmän (julkishallinto, yritykset tai kuluttajat) näkökulmasta. Ryhmätyöskentelyn lopuksi nämä näkökulmat kerättiin yhteen koherentiksi kuvaukseksi kunkin skenaarion vaatimista toimenpiteistä. Työskentely perustui ensimmäisen työpajan pohjalta muokattuun skenaariomatriisiin (Kuva 8), ja sitä fasilitoivat laajennetun KEITO-tutkijaryhmän tutkijat (kaksi tai kolme tutkijaa/skenaarioryhmä).

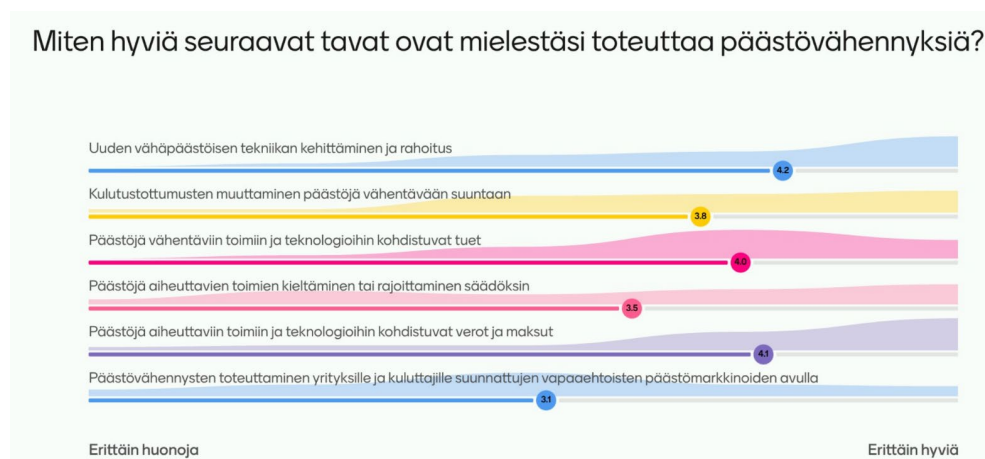
Kolmas sidosryhmätilaisuus oli tulosseminaari, jossa KEITO-hankkeen tutkijat esittivät hankkeessa luotujen skenaarioiden pohjalta laadittujen määrällisten laskelmien alustavia tuloksia yleisölle. Alustavat tulokset käsittelivät liikenteen, maatalouden, energiasjärjestelmän ja kasvihuonekaasupäästöjen sekä maankäyttösektorin skenaarioita. Tilaisuuden lopuksi oli varattu aikaa kysymyksille

⁵ Suomen kielessä toimi ja toimenpide ovat lähellä toisiaan, mutta niillä on eroja merkityksessä ja käytössä. Toimet viittaavat laajempaan tekemiseen. Toimenpide on yksittäinen teko tai toimenpiteiden sarja tiettyyn tavoitteeseen pääsemiseksi.

ja yhteiselle keskustelulle. Lisäksi osallistujille esitettiin tilaisuuden aikana kysymyksiä online-applikaation (Mentimeter) avulla. Tulosseminaariin osallistujille esitettiin heti tilaisuuden alussa väittämä, jossa vastaukset annettiin asteikolla nollasta (täysin eri mieltä) viiteen (täysin samaa mieltä):

”Suomen tulee pitää kiinni kansallisessa ilmastolaissa asetetuista tavoitteista ja pyrkiä aktiivisesti saavuttamaan ne.”

Lähes kaikki vastaajat olivat täysin samaa mieltä tai lähes samaa mieltä väittämän kanssa (keskiarvo 4,5). Vastaukset olivat samansuuntaisia kansalaiskyselyssä saadun palautteen kanssa (keskiarvo 3,7, ks. luku 3.3.1) viitaten tukeen väittämälle, kun huomioidaan otannan vinouma ja pienuus tulosseminaarin osalta. Osallistujille esitettiin myös kysymys liittyen päästövähennysten toteuttamiseen, jonka osalta ei voitu osoittaa mitään yksittäistä keinoa, joka olisi selvästi korostunut vastauksissa (Kuva 9). Lopuksi kysyttiin myös, kuinka toivottava kunkin skenaarion kuvaama tulevaisuus on. Suurimman kannatuksen saivat Ympäristö edellä (4,1) ja Yhteiskunta edellä (3,7), kun taas Markkinat edellä ja Suomi edellä -skenaarioiden osalta vastausten keskiarvio jäi alle kolmen.



Kuva 9. KEITO-tulosseminaarissa esitetty Mentimeter-kysymys osallistujille vastausvaihtoehtoineen.

5.2 Työpajojen tulokset ja vaihtoehtoisten LTS-polkujen muodostaminen

Ensimmäisen sidosryhmätyöpajan tuloksia analysoitiin PESTE-analyysin⁶ avulla. PESTE-analyysissä käsiteltävät aiheet luokitellaan poliittisiin (Political),

⁶ PESTE-analyysityökalusta on myös useita muunnoksia ja laajennuksia, mutta KEITO-skenaarioiden määrittelyssä lähtökohtana oli ”perinteinen” PESTE-kehikko. Lisätietoja

taloudellisiin (Economic), sosiaaliin (Social), teknologisiin (Technological) ja ympäristöön liittyviin (Environmental). Eri työskentelyryhmissä keskustelut painottuivat eri tavoin, mutta eniten ajatuksia syntyi teknologisiin ja taloudellisiin tekijöihin, kun taas sosiaalisen ulottuvuuden käsittely oli selvästi hankalampaa ja rajallisen ajankäytön vuoksi jäi vähemmälle. Ympäristönäkökulma oli mukana kaikissa, mutta selvästi erilaisilla painotuksilla. Liitteessä D on esitetty keskeiset PESTE-analyysin näkökulmat ja alla on lyhyet sanalliset yhteenvedot. Yhteenvedojen laadinnassa on hyödynnetty Copilot-tekoälyä, joka on laatinut yhteenvedot KEITO-tutkijoiden laatimista työpajadokumentaatioista. Liitteessä E on lisäksi esitetty yhteenvedoista toimista eri sektoreiden näkökulmista, joka täydensi osaltaan skenaarioiden lopullista määrittelyä. Skenaarioiden nimet on esitetty sekä suomeksi että englanniksi ja skenaarioiden lyhenteet on määritetty englanninkielisistä skenaarioiden nimistä.

Suomi edellä (Finland first, FIN):

Turvallisuusympäristön muutokset ja kansainvälisten suhteiden kiristyminen korostavat kansallisia intressejä. Taloudessa painottuvat korkeamman jalostusasteen vientituotteet ja tuotantorakenteet muuttuvat EU-markkinoiden suuntaan. Yhteiskunnallisesti väestö vähenee ja työvoiman riittävyys on haaste. Teknologian kehitys, kuten energian varastointi, sähköistyminen ja kiertotalous, tukevat huoltovarmuutta ja resurssitehokkuutta. Arvoissa korostuvat perinteiset arvot sekä alueellisen ja sukupolvien välisen eriarvoisuuden lisääntyminen.

Markkinat edellä (Business first, BIZ):

Vapaakauppa ja teknologianeutraalius tukevat talouskasvua, ja yritysten ilmastotavoitteet ohjaavat kehitystä. Teknologian ja palveluiden vienti sekä uudet investoinnit, kuten datakeskukset ja vedyn tuotanto, vahvistavat taloutta ja tukevat vihreää siirtymää. Suomi panostaa terveys- ja hyvinvointiteknologioihin, korkeaan koulutukseen ja työperäiseen maahanmuuttoon, mutta alueellinen kehitys ja maaseudun tyhjeneminen tuovat haasteita.

Ympäristö edellä (Environment first, ENV):

Kestävän kehityksen ja ilmastotavoitteiden saavuttaminen vaatii laaja-alaista muutosta politiikassa, taloudessa, yhteiskunnassa, teknologiassa ja arvoissa. EU:n ja Suomen rooli ilmastojohtajina on vahva, mutta onnistuminen edellyttää oikeudenmukaisuutta, vahvaa regulaatiota ja yhteiskunnallista hyväksyntää. Haasteina ovat talouden ja turvallisuuden epävarmuudet sekä globaalit jännitteet, mutta mahdollisuuksia luovat innovaatiot, kiertotalous ja globaali arvopohjan muutos.

PESTE-analyysistä löytyy
<https://www.sitra.fi/caset/peste/>

esimerkiksi

Sitran

www-sivustoilta:

Yhteiskunta edellä (People first, PPL):

Yhteiskunnallisissa arvoissa korostuvat uuden talousajattelun tarve (esim. degrowth), jossa korostuu yksilöiden ja yhteisöjen huomioiminen päätöksenteossa. Sosiaalisesti painotetaan alueellisen tasa-arvon, resilienssin ja perinteisten elinkeinojen huomioimista. Teknologian rooli nähdään oikeudenmukaisuuden edistäjänä, ja energiasiirtymissä korostetaan teknologianeutraaliutta sekä riittävän pitkää siirtymäaikaa. Ympäristön osalta päätösten pitkäaikaisvaikutukset, vihreän imperialismien torjunta ja paikallisten ratkaisujen merkitys nousevat esiin.

Ensimmäisen ja toisen työpajan ja tulosten perusteella pystyttiin laatimaan laadulliset, riittävän erilaiset tulevaisuuspolut Suomelle. Kaikkia elementtejä ei kuitenkaan voitu hyödyntää sellaisenaan, koska vaihtoehtoisista tulevaisuuspoluista tuli muodostaa johdonmukainen kokonaisuus eri PESTE-tekijöiden näkökulmista. Ehkä haastavin vaihe LTS-työssä oli laadullisten LTS-polkujen kvantifiointi siten, että pystyttiin laatimaan sekä sektori- että integroidut mallitarkastelut. Skenaarioiden lähtötietojen muodostamista on esitetty luvussa 6 ja skenaariomallinnusten tuloksia luvuissa 6–9. Koska mallinuksissa ei pystytty kuvaamaan toimijoita ja toimenpiteitäkin hyvin rajallisesti, toisen työpajan tuloksia hyödynnettiin lähinnä laskennallisten tulosten johtopäätösten laadinnassa. Toisen työpajan tulokset täydensivät lisäksi edellä esitettyjen kansalaiskyselyn ja toimialojen vähähiilitiekarttasynteesin tuloksia ja johtopäätöksiä (ks. luku 11). Vaikka toisessa työpajassa tarkasteltiin toimenpiteitä julkishallinnon, yritysten ja kansalaisten näkökulmista, selkeästi eniten korostui julkishallinnon rooli kaikissa skenaarioissa. Markkinat edellä -skenaariossa korostui eniten TKI-rahoitus ja investointiympäristön ennakoitavuus, kun taas Suomi edellä -skenaariossa luotettiin enemmän kannustaviin veroarkkitehtuureihin ja nostettiin kuluttajat uusien innovaatioiden pilotoijiksi. Ympäristö edellä -skenaarioissa puolestaan korostettiin EU-tason regulaation tärkeyttä ja sitä tukevaa kansallista sääntelyä. Tässä skenaariossa kaavoitus sai erityishuomion sekä uusien investointien kohdentamisen osalta että koko yhdyskuntarakenteen näkökulmasta. Yhteiskunta edellä -skenaariossa korostettiin muun muassa kansalaisten osallistamisen ja toimivan infrastruktuurin tärkeyttä kattaen koko Suomen.

6 Vaihtoehtoisten LTS-skenaarioiden keskeiset lähtöoletukset

Tiina Koljonen, Antti Lehtilä, Johanna Markkanen & Terttu Vainio, VTT

Jyrki Aakkula, Hannu Hirvelä, Heikki Lehtonen, Antti Mutanen, Tarja Silfver & Jari Viitanen, Luke

6.1 Skenaarioiden laskennallinen lähestymistapa

LTS-skenaarioiden mallinnuksissa lähtökohtana oli luvussa 5.2 esitetyt laadulliset skenaariotarinat, joissa tulevaisuuspolut erosivat toisistaan erityisesti ohjauspolitiikan ja markkinavetoisuuden sekä arvojen ja asenteiden näkökulmista. Lisäksi skenaarioille keskeistä oli määrittää yhdyskunta- ja teollisen rakenteiden sekä maa- ja metsätalouden kehitykset, joilla on iso vaikutus Suomen energia- ja KHK-päästötaseisiin. Oletukset yhdyskuntarakenteessa näkyvät erityisesti asumisen ja liikkumisen muodoissa ja kehityksissä. Teollisuuden rakenne ja investoinnit uusiin teknologioihin vaikuttavat erityisesti energiankysyntään, mutta myös KHK-päästöihin. Maa- ja metsätalouden merkitys puolestaan korostuu erityisesti KHK-päästötaseessa sekä maatalouden päästöjen näkökulmasta että maankäyttösektorin KHK-päästöjen ja -poistumien näkökulmasta. LTS-tarkasteluissa vähäisemmälle huomiolle jäivät työkoneet, jätesektori ja F-kaasut sekä kotimaan liikenteen osalta meri-, raide- ja lentoliikenne, joten näiltä osin skenaarioiden lähtötietoja ei varioitu. Integroiduissa mallitarkasteluissa myös näiden sektoreiden KHK-päästövähennyspotentiaalit on kuitenkin huomioitu esimerkiksi polttoaineen vaihdon kautta.

Keskipitkän aikavälin skenaariolaskennassa tarkasteltiin KHK-päästöuran kehitystä annetuilla lähtötiedoilla (Koljonen ym. 2025). Vaihtoehtoisesti olisi voitu määrittää KHK-päästötavoitteet ja antaa optimointimallien laatia kustannustehokas polku saavuttaa asetetut päästötavoitteet. LTS-skenaarioiden mallinnuksissa päädyttiin samaan lähestymistapaan, kuin mitä oli käytetty keskipitkän aikavälin skenaariomallinnuksissa, jotta vertailtavuus säilyi keskipitkän ja pitkän aikavälin skenaariolaskelmien välillä. Lisäksi keskipitkään aikaväliin liittyvän skenaariotyön perusteella (Koljonen ym. 2025) nähtiin, että vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteeseen liittyvä päästökuilu oli niin suuri, että päästökauppa- ja taakanjakosektoreiden lisäpäästövähennykset eivät olisi mahdollistaneet hiilineutraalisuuden saavuttamista. Tämä vuoksi mallinnuksissa olisi päädytty iteratiiviseen ratkaisuun KHK-päästöjen ja -poistumien mitoittamisen suhteen.

Valitussa lähestymistavassa keskeisiä lähtötietoja ovat siten esimerkiksi päästöoikeuksien ja fossiilisten tuontipolttoaineiden hintaoletukset, oletukset liittyen eri infrastruktuureiden kehityksiin sekä teollisen tuotannon volyymien ja/tai eri tuotteiden kysynnän kehityksiin liittyvät ns, eksogeeniset (l. malleihin syötetyt) oletukset. Alla on kuvattu yleisiä lähtöoletuksia sekä keskeisten päästösektoreiden lähtöoletuksia vaihtoehtoisissa skenaarioissa.

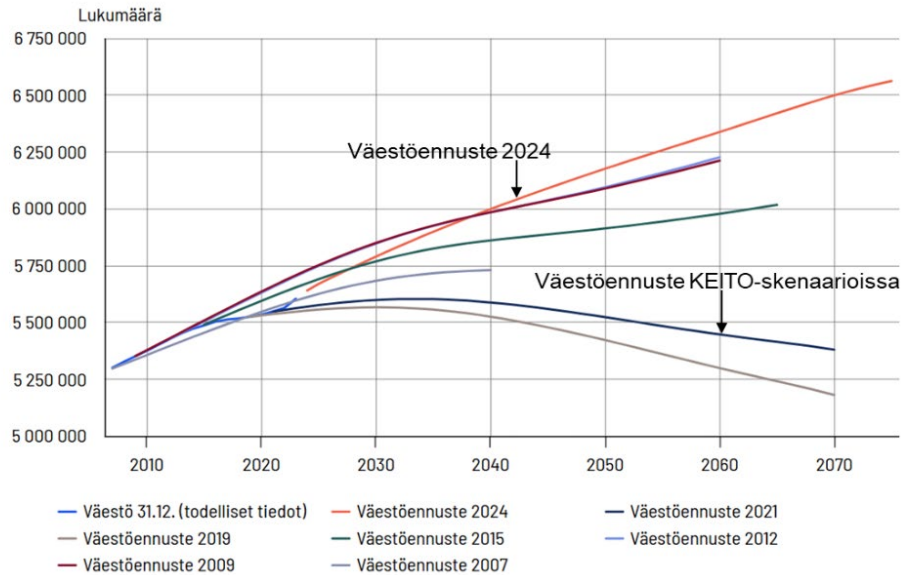
6.2 Yleiset lähtöoletukset

LTS-skenaarioiden lähtökohtana oli KEITO:n nykytoimiskenaario (WEM, With Existing Measures) ja lisätoimiskenaario (WAM, With Additional Measures). Osa lähtöoletuksista pidettiin samoina, kuin KEITO:n WEM- ja WAM-skenaarioissa (Koljonen ym. 2025), mutta erityisesti investointeihin ja uuden teknologian käyttöönottoon sekä toisaalta koko yhdyskunta- ja elinkeinorakenteeseen liittyviä oletuksia varioitiin merkittävästi skenaarioiden välillä. Alla on kuvattu yleisiä lähtöoletuksia, jotka ovat samat kaikille KEITO-skenaarioille, ja luvuissa 6.3-0 on esitetty tarkemmin valikoitujen energia- ja päästösektoreiden lähtöoletuksia.

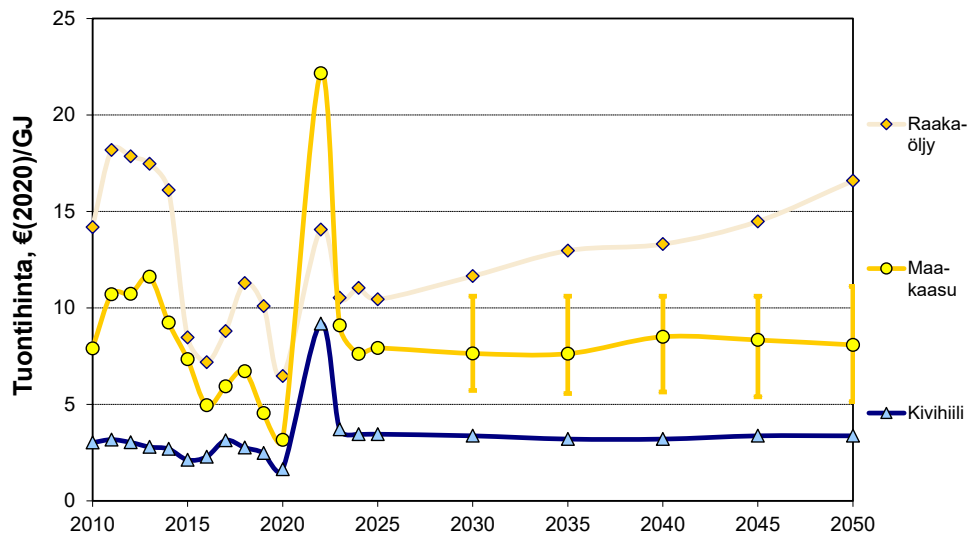
Ehkä keskeisimmät, yleiset ja kaikille skenaarioille samat lähtöoletukset liittyvät väestönkehitykseen ja fossiilisten tuontipolttoaineiden hintaoletuksiin, jotka oletettiin samoiksi kuin WEM- ja WAM-skenaarioissa (Koljonen ym. 2025). Väestönkehitys perustui siten Tilastokeskuksen vanhempaan väestöennusteeseen (Tilastokeskus 2021), jossa maahanmuutto ja siten väkiluku oletettiin alhaisemmaksi kuin mitä vuonna 2024 julkaistussa väestöennusteessa, jossa vuoden 2020 jälkeisen nettomaahanmuuton oletettiin jatkuvan myös pitkällä aikavälillä noin 40 000 henkilöllä vuodessa (ks. Kuva 10). Ero on yllättävän suuri jo vuonna 2030 kasvaen yli puoleen miljoonaan pitkällä aikavälillä. Tulosten tulkinnassa tulee huomioida, että tällä on jo merkittävä vaikutus Suomen energiataseeseen sekä toisaalta koko kansantalouteen. Olisikin ollut mielenkiintoista laatia LTS-skenaarioita myös eri väestöennusteille, mutta KEITO-hankkeen puitteissa tämä ei ollut mahdollista, koska muuttunut väestökehitys tulisi huomioida lähes kaikkien sektorimallinnusten lähtöoletuksissa ja vaatii siten merkittävän lisäpanostuksen.

Fossiilisten tuontipolttoaineiden hintakehitysten osalta nojaututtiin EU:n komission suositusten mukaisiin hintaennusteisiin, joita tulisi käyttää EU-raportointeihin liittyvissä mallinnoissa (EC 2024). Kuten WEM- ja WAM-skenaarioissa myös LTS-skenaarioissa lisäksi oletettiin, että venäläisten energiahyödykkeiden tuontikiellot jatkuvat yli koko laskentahorisontin mukaan lukien sekä fossiiliset polttoaineet että metsäteollisuuden ja bioenergian raaka-aineet. Päästöoikeuden hintakehitysten osalta noudatettiin myös EU:n suosituksia, mutta Markkinat edellä (BIZ) ja Ympäristö edellä (ENV) -skenaarioissa oletettiin EU:n WAM-skenaariota mukainen, korkeampi hintaura kuin mitä Suomi edellä (FIN) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa, joissa lähtökohtana oli EU:n WEM-skenaariota mukainen hintakehitys. Markkinat edellä -skenaariossa taustalla oli ajatus paitsi EU:n sisäisestä myös globaalista päästömarkkinasta, jolla on merkittävä ohjausvaikutus päästöjen vähentämiseen. Ympäristö edellä -

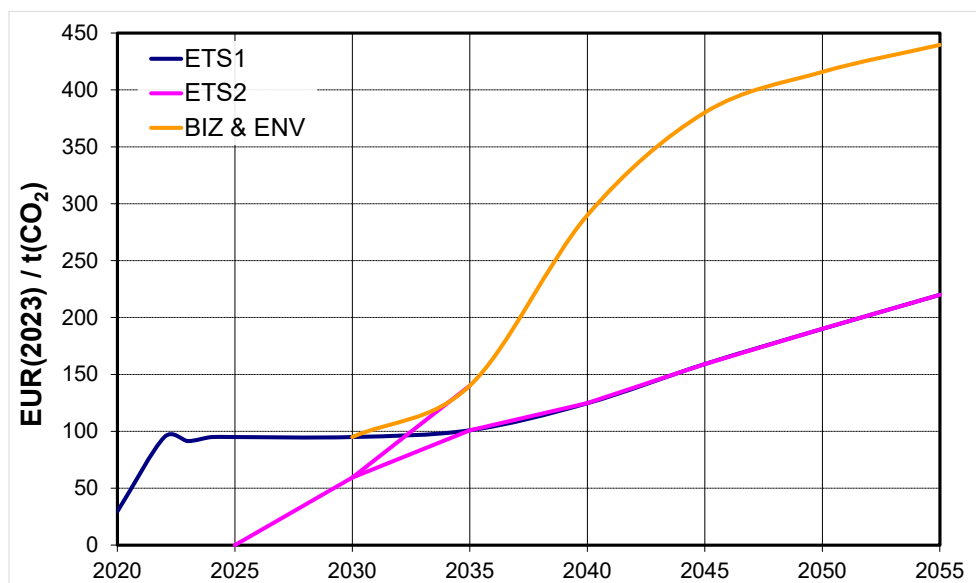
skenaariossa sen sijaan lähtökohtana oli, että päästöoikeuden hinnassa näkyy myös luonnolle aiheutuneet haitat, eli ulkoiskustannukset. Alla (Kuva 11 ja Kuva 12) on esitetty LTS-skenaarioiden hintakehitykset fossiilisten tuontipolttoaineiden ja päästöoikeuksien osalta.



Kuva 10. Tilastokeskuksen julkaisemat väestöennusteet vuodesta 2007 lähtien. KEITO-skenaarioissa taustaoletuksena oli vuoden 2021 väestöennuste (lähde: Tilastokeskus 2024).



Kuva 11. Fossiilisten tuontipolttoaineiden hintaoletukset EU:n komission suositusten mukaan (lähde: EC 2024). Maa-kaasun osalta mukana on arvioitu epävarmuusväli.



Kuva 12. Päästöoikeuden hintakehitykset LTS-skenaarioissa (ETS1 & ETS2). Hintakehitys on FIN- ja PPL-skenaariossa EU:n WEM-hintaurasuosituksen mukainen, ja BIZ- ja ENV-skenaariossa suunnilleen EU:n WAM hintaurasuosituksen mukainen (EC 2024).

6.3 Kotimaan liikenne ja asuminen

6.3.1 Yhdyskuntarakenne ja teknologiat

Alla on esitetty skenaarioiden välisiä eroja liittyen oletuksiin yhdyskuntarakenteessa sekä rakennuskannassa, liikkumisessa ja tavaraliikenteessä (Kuva 13). Suomi edellä (FIN) ja Ympäristö edellä (ENV) -skenaarioissa oletettiin pitkälti nykyisen kaltainen yhdyskuntarakenne. Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa asumisen oletettiin keskittyvän kasvukeskuksiin, kun taas Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa lähtökohtana oli pitää koko Suomi asuttuna, jolloin myös palvelut ja työpaikat olisivat lähellä asutusta. Uusien teknologioiden käyttöönoton ja digitalisaation merkitykset korostuvat Markkinat edellä -skenaariossa, kun taas muissa skenaarioissa esimerkiksi energiatehokkuuden kasvu rakennussektorilla ja liikenteessä on maltillisempaa. Ympäristö edellä -skenaariossa puolestaan korostuu resurssitehokkuus ja siten painopiste rakentamisessa on korjausrakentamisen puolella.



Kuva 13. Keskeiset skenaarioiden taustaoletukset liittyen yhdyskuntarakenteeseen sekä rakennuskantaan, liikkumiseen ja tavaraliikenteeseen.

6.3.2 Tieliikenne

Tieliikenteen ajoneuvokannan kehitys, ajosuoritteet, energiankulutukset ja CO₂-päästöjen laskenta toteutettiin sektorikohtaisena erillislaskentana VTT:n ELIISA-mallilla samaan tapaan kuin KEITO:n keskipitkän aikavälin skenaarioissa (Koljonen ym. 2025). LTS-skenaarioiden lähtökohtana toimi KEITO-WEM-skenaariion mukainen ajoneuvokannan kehitys. Erona WEM-skenaariioon on kuitenkin uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoite, jossa lähtökohdaksi otettiin voimassa olevan lainsäädännön mukainen jakeluvelvoite vuoteen 2030 asti (kuten KEITO-WAM-skenaariossa).

Tieliikenteelle tehtiin tarkentavia oletuksia skenaarioiden välisistä eroista. Skenaarioissa varioitiin joko osaa tai kaikkia seuraavista muuttujista: sähkö-, vety- ja polttomoottorikäyttöisten ajoneuvojen ensirekisteröintien osuudet; ensirekisteröintien ja maahantuontien kokonaismäärä; ajosuorite; uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitteen tavoitetaso. Seuraavaksi kuvataan skenaariokohtaisia määrällisiä muutoksia, joita verrataan KEITO WEM-skenaariion kehitykseen (Taulukko 4).

Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa oletettiin teknologisten ratkaisujen olevan keskiössä myös tieliikennettä koskien: korkeampi hiilidioksidin talteenoton määrä lisää sähköpolttoaineiden sekä vedyn käyttöä. Lisäksi teknologinen kehitys näkyy nopeampana sähköistymisenä henkilö- ja tavaraliikenteessä. Vetyajoneuvot yleistyvät nopeammin sähkönn rinnalla käyttövoimana. Myös uusiutuvien polttoaineiden jakelu tieliikenteeseen kasvaa yli 50 %:iin pitkällä aikavälillä.

Suomi edellä (FIN) -skenaariossa oletettiin toteutuvan myös hiilidioksidin talteenottoa, mikä edistää synteettisten ja sähköpolttoaineiden käyttöä liikenteessä. Lisäksi uusiutuvien polttoaineiden käyttöä lisätään merkittävästi jakeluvelvoitteen noustessa 70 %:iin 2040-luvulla huoltovarmuuden ja omavaraisuuden lisäämiseksi. Suomen sisäisten tavarakuljetusten lisääntyminen saa aikaan tavaraliikenteen

suoritteen kasvun painottuen biodieselin ja vedyn käyttöön. Sähkölpolttoaineiden yleistymisen myötä niillä toimivia autoja oletetaan myytävän vielä vuoteen 2045 asti, mikä saa aikaan hitaamman sähköistymisen pitkällä aikavälillä. Lisäksi henkilöautomyyntimäärien oletetaan vähenevän.

Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa huoli planetaaristen rajojen ylittymisestä ja ihmisen toiminnan ympäristövaikutuksista vähentää biopolttoaineiden sekä sähkölpolttoaineiden käyttöä liikenteessä. Päästövähennyksiä tavoitellaan sähköistymisen kautta, ja etenkin kuorma-autoissa oletetaan kiristyvän EU:n CO₂-päästöregulaation aikaansaavan tavaraliikenteen yhä nopeamman siirtymän sähköön. Sähkökuorma-autojen pienempi kuljetuskapasiteetti kuitenkin lisää kuorma-autoilla ajettuja kilometrejä. Julkisen liikenteen käytön kasvu vähentää henkilöautosuoritteita.

Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa aineellinen kulutus vähenee, mikä heijastuu auton omistustarpeeseen sekä ensirekisteröintien määrään vähentävästi. Hajautunut yhdyskuntarakenne luo lyhyemmät etäisyydet henkilö- ja tavaraliikenteessä, mikä heijastuu myös matalampina ajosuoritteina.

Taulukko 4. Tieliikenteen LTS-skenaarioiden lähtöoletuksissa tehdyt muutokset verrattuna KEITO-WEM-skenaarioon.

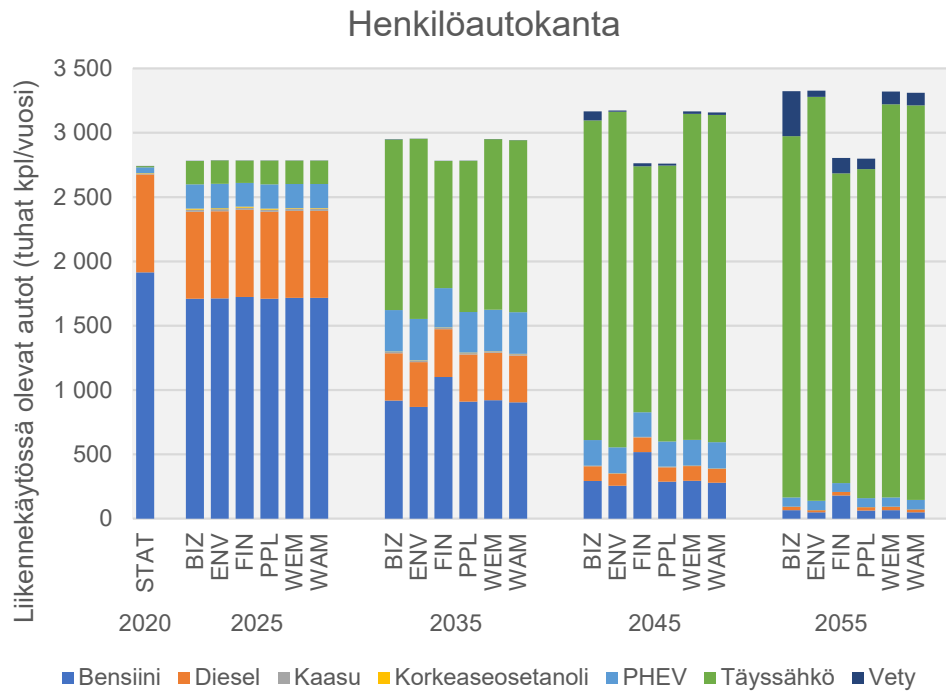
Vuosi	Yksikkö	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Markkinat edellä (BIZ)								
Uusiutuvien jakeluvelvoite	%	17 %	34 %	42 %	48 %	51 %	53 %	56 %
Henkilöautojen (HA) ensirek	kpl/a	89000	125000	126900	126900	127800	126900	124800
Henkilöautojen (HA) maahantuonti	kpl/a	35000	43600	42600	41100	39700	38000	36600
HA: sähkön ensirek osuus	%	50 %	82 %	99 %	97 %	86 %	78 %	72 %
HA: vety ensirek osuus	%	0 %	0 %	1 %	3 %	14 %	22 %	28 %
HA: diesel ensirek osuus	%	4 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
HA: bensiini ensirek osuus	%	30 %	10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
HA: muut ensirek osuus	%	16 %	7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Henkilöautosuoritemuutos	%	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Kuorma-autojen (KA) ensirek	kpl/a	3900	4100	4300	4400	4500	4700	4700
KA: sähkön ensirek osuus	%	10 %	30 %	40 %	49 %	45 %	42 %	41 %
KA: vety ensirek osuus	%	0 %	2 %	16 %	30 %	38 %	45 %	50 %
KA: diesel ensirek osuus	%	85 %	60 %	35 %	10 %	5 %	0 %	0 %

Vuosi	Yksikkö	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
KA: kaasusirek osuus	%	4 %	7 %	9 %	11 %	12 %	13 %	9 %
KA: muut sirek osuus	%	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Tavara- liikenteen suoritemuutos	%	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Suomi edellä (FIN)								
Uusiutuvien jakeluvelvoite	%	17 %	34 %	40 %	56 %	70 %	70 %	70 %
Henkilöautojen (HA) sirek	kpl/a	89000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
Henkilöautojen (HA) maahantuonti	kpl/a	35000	43600	42600	41100	39700	38000	36600
HA: sähkönsirek osuus	%	43 %	62 %	80 %	89 %	95 %	91 %	89 %
HA: vety sirek osuus	%	0 %	0 %	0 %	1 %	5 %	9 %	11 %
HA: diesel sirek osuus	%	5 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
HA: bensiini sirek osuus	%	37 %	30 %	20 %	10 %	0 %	0 %	0 %
HA: muut sirek osuus	%	15 %	6 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Henkilöautosu oritemuutos	%	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Kuorma- autojen (KA) sirek	kpl/a	3900	4100	4300	4400	4500	4700	4700
KA: sähkönsirek osuus	%	3 %	5 %	8 %	10 %	11 %	13 %	21 %
KA: vety sirek osuus	%	0 %	1 %	3 %	8 %	13 %	18 %	25 %
KA: diesel sirek osuus	%	92 %	87 %	79 %	71 %	63 %	55 %	45 %
KA: kaasusirek osuus	%	4 %	7 %	9 %	11 %	12 %	13 %	9 %
KA: muut sirek osuus	%	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Tavara- liikenteen suoritemuutos	%	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %	12 %
Ympäristö edellä (ENV)								
Uusiutuvien jakeluvelvoite	%	17 %	34 %	32 %	30 %	30 %	30 %	30 %
Henkilöautojen (HA) sirek	kpl/a	89000	125000	127000	126900	127800	126800	124800
Henkilöautojen (HA) maahantuonti	kpl/a	35000	43600	42600	41100	39700	38000	36600

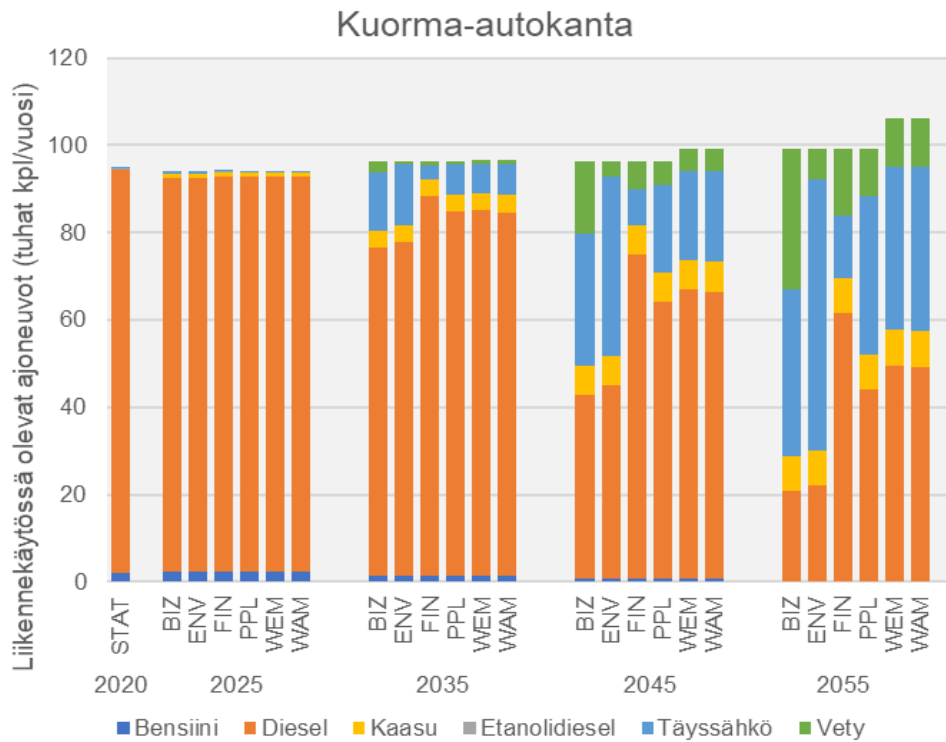
Vuosi	Yksikkö	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
HA: sähkön ensirek osuus	%	50 %	93 %	100 %	100 %	98 %	97 %	97 %
HA: vety ensirek osuus	%	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %	3 %	3 %
HA: diesel ensirek osuus	%	4 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
HA: bensiini ensirek osuus	%	30 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
HA: muut ensirek osuus	%	16 %	7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Henkilöautosuoritemuutos	%	0 %	-5 %	-6 %	-8 %	-10 %	-13 %	-16 %
Kuorma-autojen (KA) ensirek	kpl/a	3900	4100	4300	4400	4500	4700	4700
KA: sähkön ensirek osuus	%	9 %	27 %	52 %	77 %	79 %	81 %	86 %
KA: vety ensirek osuus	%	0 %	1 %	2 %	2 %	4 %	6 %	6 %
KA: diesel ensirek osuus	%	86 %	65 %	38 %	10 %	5 %	0 %	0 %
KA: kaasu ensirek osuus	%	4 %	7 %	9 %	11 %	12 %	13 %	9 %
KA: muut ensirek osuus	%	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Tavara-liikenteen suoritemuutos	%	0 %	0 %	1 %	1 %	2 %	3 %	3 %
Yhteiskunta edellä (PPL)								
Uusiutuvien jakeluvelvoite	%	17 %	34 %	34 %	34 %	34 %	34 %	34 %
Henkilöautojen (HA) ensirek	kpl/a	89000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
Henkilöautojen (HA) maahantuonti	kpl/a	35000	43600	42600	40700	39300	37700	36200
HA: sähkön ensirek osuus	%	50 %	82 %	100 %	99 %	97 %	95 %	93 %
HA: vety ensirek osuus	%	0 %	0 %	0 %	1 %	3 %	5 %	7 %
HA: diesel ensirek osuus	%	4 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
HA: bensiini ensirek osuus	%	30 %	10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
HA: muut ensirek osuus	%	16 %	7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Henkilöauto-suoritemuutos	%	0 %	-5 %	-10 %	-17 %	-21 %	-24 %	-27 %
Kuorma-autojen (KA) ensirek	kpl/a	3900	4100	4300	4400	4500	4700	4700

Vuosi	Yksikkö	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
KA: sähkön ensirek osuus	%	5 %	13 %	23 %	32 %	38 %	47 %	56 %
KA: vety ensirek osuus	%	0 %	1 %	2 %	6 %	10 %	11 %	13 %
KA: diesel ensirek osuus	%	91 %	80 %	65 %	51 %	39 %	29 %	22 %
KA: kaasua ensirek osuus	%	4 %	7 %	9 %	11 %	12 %	13 %	9 %
KA: muut ensirek osuus	%	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Tavara- liikenteen suoritemuutos	%	0 %	-1 %	-1 %	-2 %	-3 %	-5 %	-6 %

Tieliikenteen ELIISA-mallilla tuotettujen sektoriskenaarioiden tulokset kuvataan henkilöautokannan (Kuva 14), kuorma-autokannan (Kuva 15), ajosuoritteiden (Kuva 16), energiankulutuksen (Kuva 17), uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitteen (Kuva 18) ja CO₂-päästöjen kehitysten (Kuva 19) kautta. Kaikki neljä skenaariota edustavat erilaisia kehityspolkuja tieliikenteelle, joissa kaikissa tavoitellaan päästövähennyksiä hieman erilaisin keinoin. Tieliikenteen KHK-päästöt mallinnetaan lisäksi TIMES-VTT-energiajärjestelmämallilla, joka huomioi myös kustannusten kehitykset, mukaan lukien valmisteverot ja niihin oletetut muutokset sekä synteettiset polttoaineet. Näin ollen tieliikenteen KHK-päästötase poikkeaa hieman ELIISA-mallilla lasketuista ja päästöjen kokonaistaseen laskennassa (luvut 8.2 ja 9) käytetään TIMES-VTT-mallilla saatuja tuloksia.



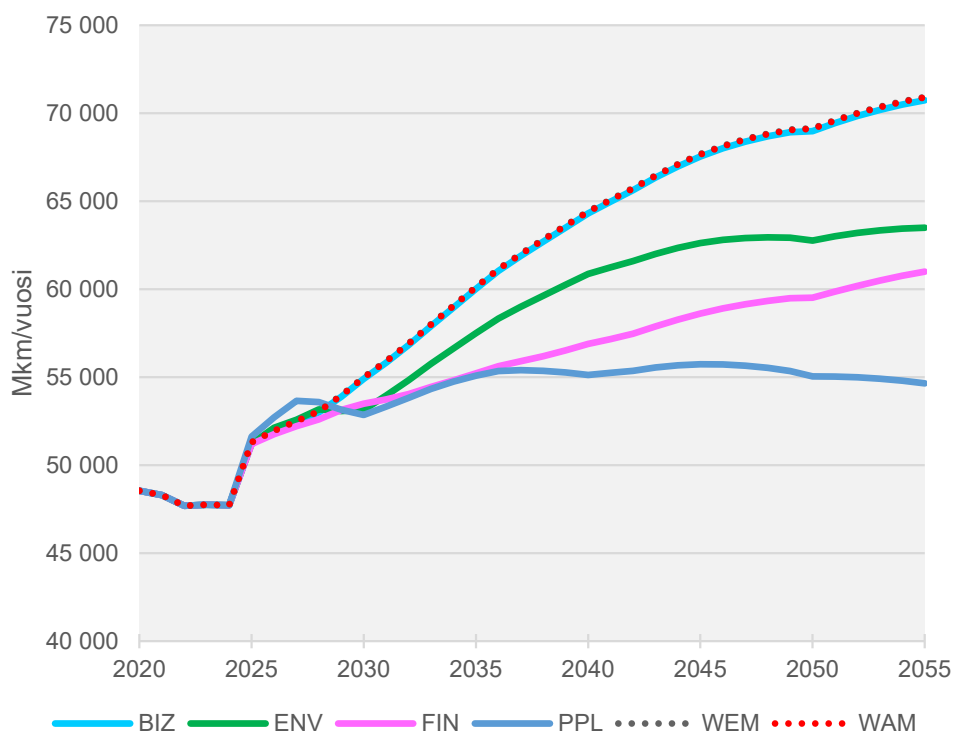
Kuva 14. Henkilöautokannan kehitys LTS-skenaarioissa sekä vertailu WEM- ja WAM-skenaarioihin.



Kuva 15. Kuorma-autokannan kehitys LTS-skenaarioissa sekä vertailu WEM- ja WAM-skenaarioihin.

Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa nollapäästöisten sähkö- ja vetyautojen lukumäärä ei eroa juuri WEM-skenaariosta, mutta vetyautoja on suhteessa merkittävästi enemmän pitkällä aikavälillä. Korkeampi hiilidioksidin talteenoton määrä sallii kotimaisen uusiutuvan vedyn käytön liikennepolttoaineena yhä enenemissä määrin. Henkilöautosuoritteet kasvavat merkittävästi kuten WEM- ja WAM-skenaarioissa. Tavaraliikenteen kuljetuksiin käytettävä kuorma-autokanta muuttuu pitkällä aikavälillä vahvasti vety- ja sähköpainotteiseksi. Myös kaasukuorma-autojen lukumäärä moninkertaistuu nykyisestä. Kuten henkilöautoilla, kuorma-autojen suoritteet mukailevat WEM- ja WAM-suoritteita. Sähkö- ja vetyajoneuvojen käyttö pitkällä aikavälillä tuo energiatehokkuutta tieliikenteeseen kokonaisenergiankulutuksen laskiessa 40 % vuodesta 2025 vuoteen 2055. Uusiutuvien polttoaineiden jakeluvetoitteen oletettiin kasvavan yli 60 %:iin: pitkällä aikavälillä.

Tieliikenteen ajosuorite yhteensä



Kuva 16. Tieliikenteen ajosoritteiden kehitys LTS-skenaarioissa sekä vertailu WEM- ja WAM-skenaarioihin.

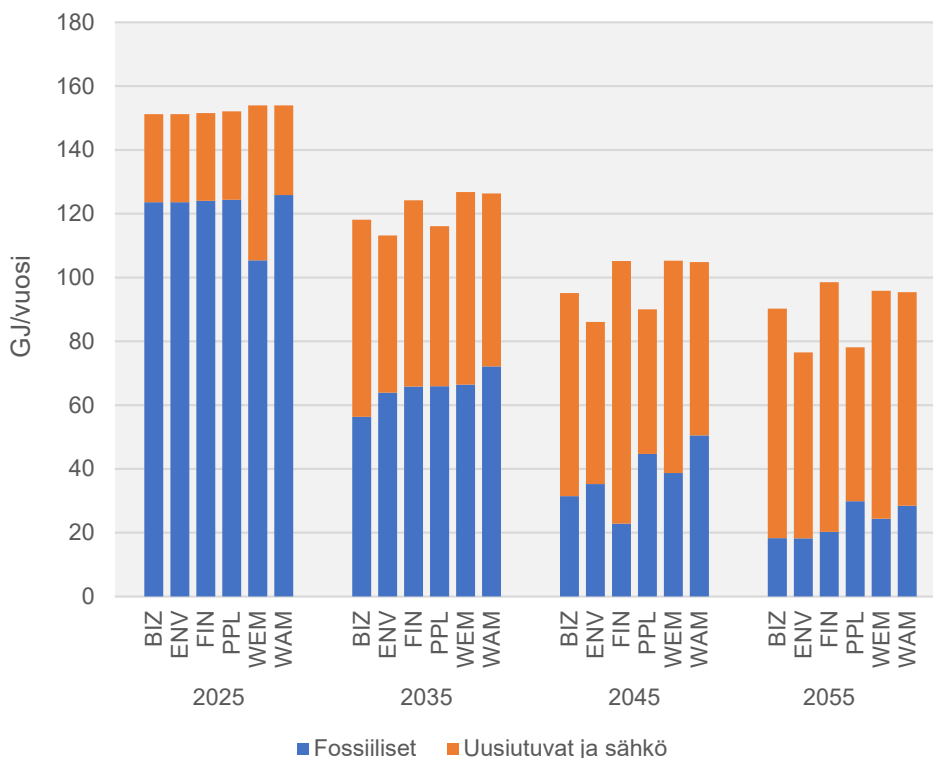
Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa tavoiteltiin päästövähennyksiä etenkin sähköistymisen kautta: skenaariossa on pitkällä aikavälillä hieman vähemmän vetyautoja ja enemmän sähköautoja kuin WEM-skenaariossa. Sähköistyminen näkyy selvimmin kuorma-autokannassa, jossa on merkittävästi nopeampi sähköistyminen verrattuna WEM-skenaarioon. Skenaariossa oletetut muutokset

käyttäytymisessä saa aikaan lisääntyneen julkisen liikenteen käytön, josta seuraa merkittävästi alhaisempi henkilöautosuorite. Tavaraliikenteen suorite mukailee WEM-skenaariota, vaikkakin kuorma-autokannan käyttövoimat ovat muuttuneet. Pitkällä aikavälillä ENV-skenaariossa tieliikenteen energiankulutus laskee voimakkaimmin kaikista skenaarioista.

Suomi edellä (FIN) -skenaariossa henkilöautokanta ei kasva nykytasosta, sillä henkilöautojen kokonaismyyntimäärien oli oletettu vähäisemmäksi kuin WEM-skenaariossa. Bensiini- ja dieselautoja on kannassa pitkällä aikavälillä muita skenaarioita enemmän. Pienempi sähköautojen määrä vähentää henkilöautosuoritetta, sillä sähköautoilla on oletettu ajettavan enemmän kuin vastaavilla polttomoottoriautoilla edullisemman energiakustannuksen vuoksi. Tavaraliikenteessä nähdään vastaava kehitys: dieselkuorma-autoja on merkittävästi enemmän kuin muissa skenaarioissa ja sähkökuorma-autojen määrä on vähäisin. Tavaraliikenteen suoritteet ovat korkeammat, sillä skenaariossa oletettiin maan sisäisten tavarakuljetusten lisääntyminen. Kokonaisenergiankulutus tieliikenteessä laskee pitkällä aikavälillä, mutta pysyttelee WEM/WAM-skenaarioiden tasolla.

Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa aineellisen kulutuksen väheneminen heijastuu henkilöautojen kokonaismyyntiin ja sitä kautta autokanta ei kasva pitkällä aikavälillä nykytasosta. Auton omistustarpeen väheneminen ja lyhyemmät matkat heijastuvat suoraan suoritteisiin: suoritteiden kasvu taittuu niin henkilö- kuin tavaraliikenteessä. PPL-skenaariossa on mallinnetuista skenaarioista matalimmat suoritteet, mikä myös näkyy nopeasti laskevassa tieliikenteen kokonaisenergiankulutuksessa (Kuva 17).

Tieliikenteen energiankulutus



Kuva 17. Tieliikenteen kokonaisenergiankulutus LTS-skenaarioissa sekä vertailu WEM- ja WAM-skenaarioihin.

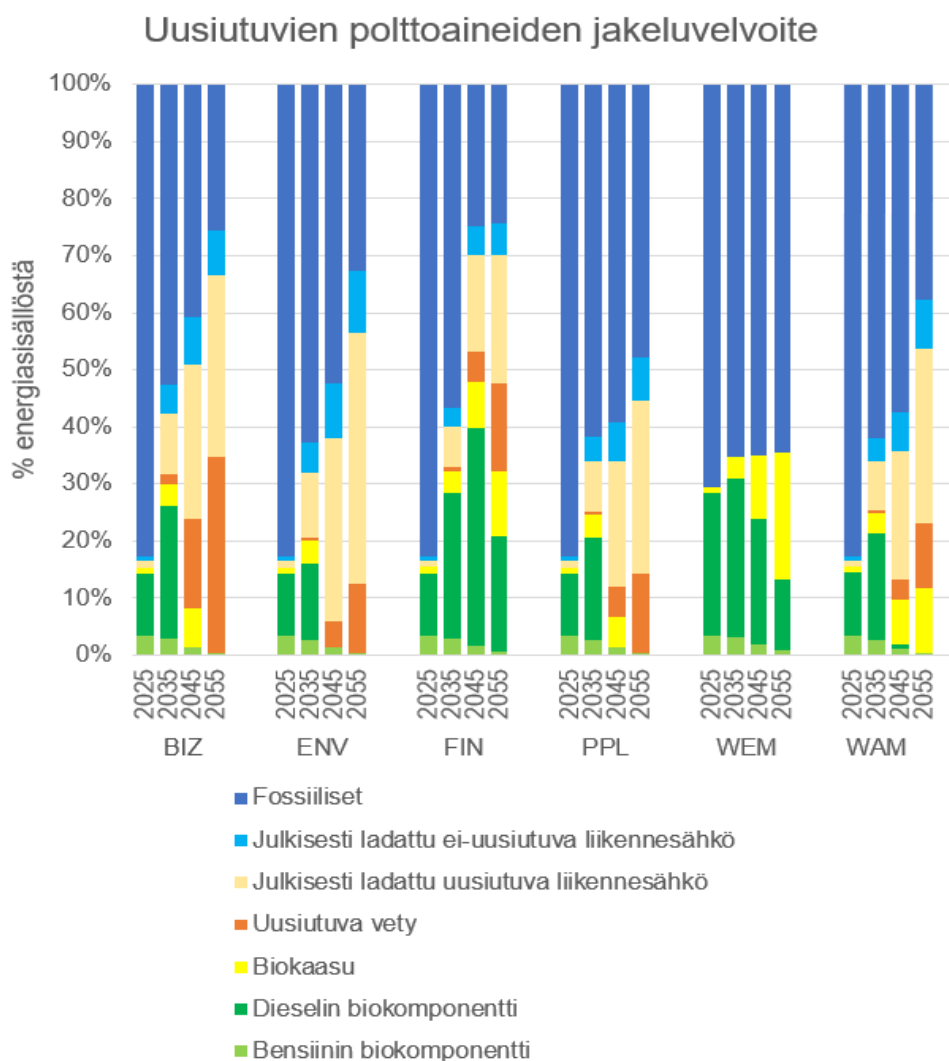
Kaikissa neljässä skenaariossa on varioitu uusiutuvien polttoaineiden jakeluvorvoitteen tasoa. Tällä on vaikutusta sektorimallinnuksen tuloksena saatuun tieliikenteen CO₂-päästökehitykseen. Mallinnuksessa BIZ-, ENV- ja FIN-skenaarioille määriteltiin kasvava uusiutuvien polttoaineiden osuus kaikesta tieliikenteen kulutukseen jaellusta polttoaineesta (ml. julkinen lataussähkö ja uusiutuva vety), ja PPL-skenaariossa pidettiin nykyinen 34 %:n jakeluvorvoitetaso vuonna 2030.

Tuloksista havaittiin, että skenaarioissa, joissa ajoneuvokanta sähköistyy pitkällä aikavälillä (2040–2050-luvuilla) vähintään yhtä ripeästi kuin WEM- ja WAM-skenaarioissa, julkisen lataussähkön ja uusiutuvan vedyn määrä täyttää koko jakeluvorvoitteen. Julkinen lataussähkö lasketaan kansallisen lain mukaan kolminkertaisena täyttämään velvoitetta.

Jo keskipitkällä aikavälillä (2030-luvulla) julkinen lataussähkö vähentää biopolttoaineiden, todennäköisimmin biodieselin, jakelua ja täten lisää tieliikenteen KHK-päästöjä, kun jakeluvorvoiteprosenttia ei koroteta huomioimaan julkisen lataussähkön tuoma lisä velvoitteen täyttöön. Lisäksi lainsäädäntö velvoittaa jakelemaan muita kuin biologista alkuperää olevia uusiutuvia polttoaineita (RFNBO) vähintään 4 % vuodesta 2030 alkaen. Tämän vaikutusta ei ole suoraan huomioitu näissä ELISA-mallilla lasketuissa tieliikenteen skenaarioissa, mutta lisävelvoite

vähentäisi todennäköisimmin biodieselin jakelua vielä skenaariotulosten osoittamaa määrää enemmän. TIMES-VTT-mallinnuksissa synteettisten polttoaineiden määrät sen sijaan tulevat paremmin huomioiduiksi.

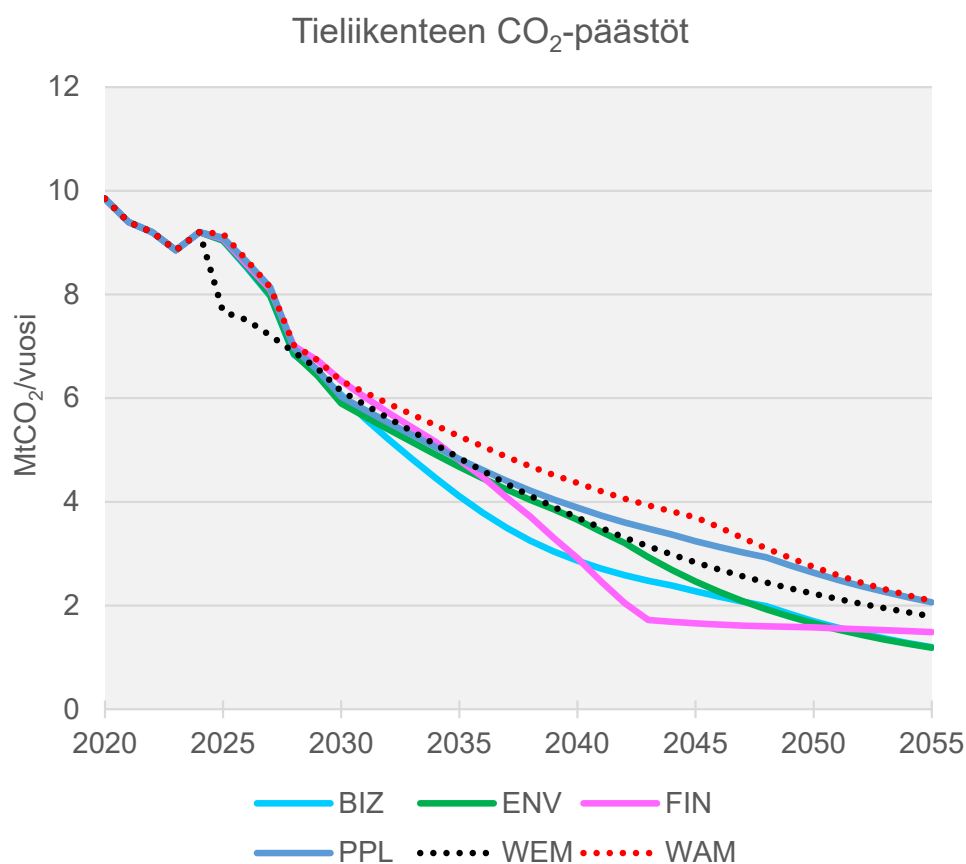
Pitkällä aikavälillä tuloksista voidaan todeta, että näillä oletuksin neste- ja kaasumaisten biopolttoaineiden jakelu loppuisi 2040-luvulla, mikäli biopolttoaineiden ylitäyttö ei ole sallittu mallinnuksessa – kustannustehokkuussyistä oletetaan, että jakelijat minimoivat omat kustannukset ja kalliimpia biopolttoaineita ei jaeta lain velvoittamaa enempää. Biopolttoaineiden jakelun päättymisen kokonaan ei kuitenkaan ole realistinen tulos: on tärkeää huomata, että ELISA-skenaariolaskennassa ei olla otettu huomioon tieliikenteen jakelijoita koskevan päästökaupan (ETS2) päästökiintiön supistumista ja sen heijastumista ETS2-hintoihin, mikä tarkoittaa voimakkaampaa painetta vähentää fossiilisten polttoaineiden jakelua tieliikenteessä. Päästökaupakiintiön täytyessä neste- ja kaasumaisten uusiutuvien polttoaineiden jakelun täytyy kasvaa, ei laskea, kuten skenaarion tuloksista voitaisiin tulkita. Päästökaupakiintiön ja uusiutuvien polttoaineiden jakeluvaihteen yhteisvaikutukset tieliikenteelle tulee paremmin huomioida TIMES-VTT-mallinnuksessa, mutta asiaa suositellaan tutkittavan tarkemmin, ja vaikutukset tulisi ottaa huomioon seuraavien skenaarioiden laadinnassa.



Kuva 18. Uusiutuvien polttoaineiden mallinnuksessa toteutunut jakeluvelvoite LTS-skenaarioissa sekä vertailu WEM- ja WAM-skenaarioihin.

Uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitteen mallinnustapa ja ETS2-päästökauppiintien puuttuminen vaikuttaa merkittävästi sektorimallinnuksen polttoainekomponenttien jakaumaan, eli siihen, kuinka paljon kunakin vuonna on oletettu sekoitettavan bensiinin ja dieselin sekä liikennekaasun biokomponenttia jakeluun. Tällä on suora vaikutus skenaarioiden CO₂-päästötuloksiin. Kaikissa skenaarioissa tieliikenteen päästöt laskevat vähintään WAM-uralla; BIZ-, ENV- ja FIN-skenaarioissa päästään jopa WEM-uran alle pitkällä aikavälillä. CO₂-päästöjen väheneminen kuitenkin hidastuu pitkällä aikavälillä johtuen juurikin siitä oletuksesta, että biopolttoaineiden ylitäyttö ei ollut sallittu ELIISA-mallinnuksen jakeluvelvoitelaskennassa.

Tieliikenteen sektorimallinnustuloksia on hyödynnetty TIMES-VTT-mallinnuksen lähtötietoina. Kuten edellä esitettiin, uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoite on kuitenkin mallinnettu eri oletuksin, ja TIMES-VTT-mallinnus huomioi ETS2:n hintavaikutuksen sektorimalli ELIISA:a paremmin. Lisäksi TIMES-VTT huomioi synteettiset polttoaineet, jotka puuttuvat ELIISA:sta. Sektorimallinnuksessa ei ollut myöskään mallinnettu muita kasvihuonekaasuja kuin CO₂. Tästä syystä TIMES-VTT-mallinnuksen tuloksina saatuja tieliikenteen KHK-päästöuria on käytetty LTS-skenaarioiden KHK-päästötaseiden laskennassa (ks. luvut 8.2 ja 9).



Kuva 19. Tieliikenteen hiilidioksidipäästöjen kehitys LTS-skenaarioissa sekä vertailu WEM- ja WAM-skenaarioihin⁷.

⁷ Kuviossa on esitetty pelkkä CO₂-päästö vertailukelpoisuuden vuoksi. Tieliikenteen sektorimallinnus LTS-skenaarioiden osalta sisälsi vain CO₂-päästölaskennan. KEITO:n WEM- ja WAM- KHK-päästöt on muunnettu CO₂-estimaateiksi vertailua varten.

6.3.3 Rakennukset ja rakennuskannan kehitykset

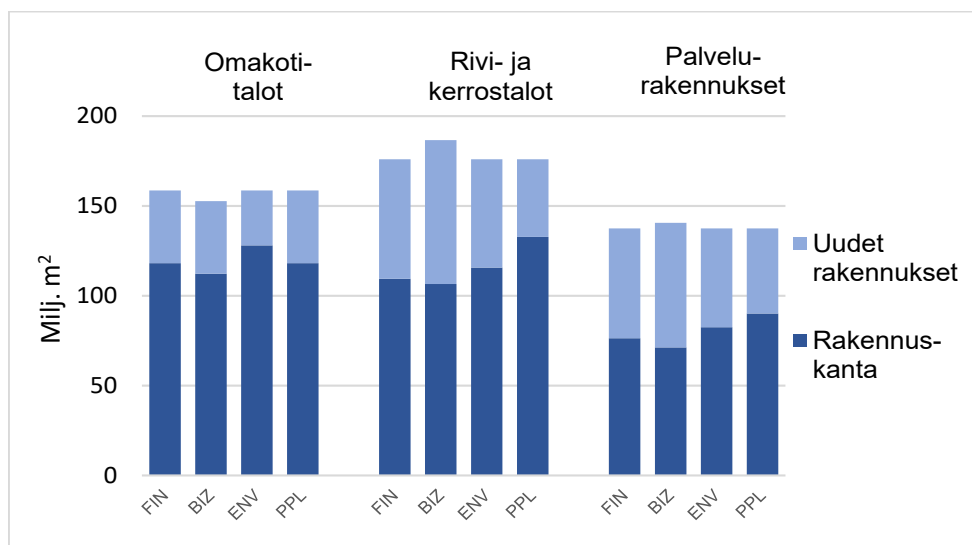
Suomi edellä (FIN) -skenaariossa yhdyskuntarakenne on nykyisen kaltainen. Valtakunnan tasolla väestön kasvu ja muuttoliike keskittyy harvalukuisiin kaupunkeihin ja teollisuuspaikkakunnille, samalla maaseutu autioituu entisestään. Väestökasvun keskittyminen lisää sekä uudisrakentamista että purkavaa uudisrakentamista. Uudisrakentamisessa siirrytään lähes nollaenergiarakennuksista päästöttömiin rakennuksiin. Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuus paranee verrattain hitaasti, mutta fossiilisten energialähteiden käytöstä lämmityksessä luovutaan ripeään tahtiin ilmastotavoitteiden ja energiaomavaraisuuden lisääminen takia.

Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa väestö keskittyy nykyistä voimakkaammin kasvukeskuksiin ja luo kysyntää uudisrakentamiselle. Asuntotuotannossa painottuvat kerrostalot. Uudet rakennukset ovat hyvin energiatehokkaita ja toimivat osan vuodesta energian tuottajina. Väestön keskittyminen kaupunkeihin kasvattaa poistumaa rakennuskannasta, joka osaltaan vähentää olemassa olevien rakennusten energiankulutusta. Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuteen panostaan erityisesti kasvupaikkakunnilla.

Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa yhdyskuntarakenne on nykyisen kaltainen. Vaikka väestön kasvu ja muuttoliike keskittyvätkin harvalukuisiin kaupunkeihin, uudisrakentamisen sijaan asunto- ja tilatarpeet täytetään kiertotalouden periaatteiden mukaisesti ensisijaisesti hyödyntämällä olemassa olevaa rakennuskantaa. Jäljelle jäävät tilatarpeet tyydytetään energiatehokkailla uudisrakennuksilla. Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuutta parannetaan mm. käyttötarkoituksuu muutosten yhteydessä. Fossiilisten energialähteiden käytöstä lämmityksessä luovutaan ripeään tahtiin tiukkenevien päästötavoitteiden saavuttamiseksi.

Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa yhdyskuntarakenne on hajautuneempaa kuin muissa skenaarioissa. Muun muassa etätöiden ansioista käyttäjiä löytyy myös maakuntien pientaloille. Palveluja tuotetaan tehokkaasti kokoamalla ne yhteisiin tiloihin sekä integroimalla palveluja esimerkiksi ruoan tai tavaroiden kotiinkuljetuksiin. Pientalojen osuus uudisrakentamisessa kasvaa.

Seuraavassa kuvassa (Kuva 20) rakennuskannan ja uudisrakentamisen määrät 2055.



Kuva 20. Asunto- ja palvelurakennuskanta, ja siitä uudisrakennusten osuus skenaarioissa vuonna 2055.

6.4 Prosessi- ja energiateollisuuden kehitykset

Energiaintensiivisen prosessiteollisuuden kehityksellä on suuri merkitys paitsi KHK-päästöihin myös energiankysyntään. Lisäksi toimialojen vähähiilitekarttojen perusteella tavoitteet irtautua fossiilisten polttoaineiden käytöstä ovat merkittävät ja toteutuessaan vaikuttavat ilmastolain mukaisten päästötavoitteiden saavuttamiseen. Alla on kuvattu energiantensiivisen teollisuuden ja energiantuotannon kehityksiä eri skenaarioissa (Kuva 21 ja Kuva 22). Molempien osalta kannattaa huomata, että mallinnuksiin on voitu asettaa tietyn teknologian osalta minimitasoja (esim. tuuli- ja aurinkoenergia), mutta optimoinnilla mallinnetut investoinnit voivat olla näitä suuremmat. Toisaalta esimerkiksi ydinvoiman osalta on annettu täsmälliset investoinnit eksogeenisinä lähtöoletuksina (laitoksen koko, tyyppi, mahdollinen sijoittuminen kaukolämpöalueelle, investoinnin ajoittuminen). Bioenergian osalta on puolestaan annettu rajoitteita, jotka liittyvät kestävän kotimaisen raaka-aineen saatavuuden suhteen, mukaan lukien sekä puupolttoaineet että peltojen sivu- ja muut tuotteet. Lisäksi on asetettu joitain rajoitteita investoinneille liittyen teknologisiin hiilinieluihin (investointien ajoittuminen, teknologiset valinnat ml. hiilidioksidin varastointi vs. hyötykäyttö).

Suurin teollisuuden murros näkyy Suomi edellä -skenaariossa, jossa investoidaan paitsi fossiilittomaan teräksen ja polttoaineiden tuotantoon (l. biojalosteet, synteettiset polttoaineet), jotka ovat mukana kaikissa skenaarioissa, myös fossiilittoman ammoniakkin ja jopa alumiinin tuotantoon. Toisaalta erityisesti Ympäristö edellä (ENV) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioissa lähtökohtana oli käyttäytymisen ja arvojen muutokset kohti resurssitehokkuutta ja yleisesti pienempää kulutusta, jonka vuoksi oletettiin, että energiantensiivisen teollisuuden tuotteilla on alhaisempi kysyntä ja siksi myös alhaisemmat tuotantomäärät kuin mitä

Suomi edellä (FIN) -skenaariossa on oletettu. Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa panostetaan voimakkaasti TKI:hin ja digitalisaatioon, jolloin teollisen tuotannon arvonnisa kasvaa, kun panostetaan uusiin tuotteisiin.



Kuva 21. Energiaintensiivisen teollisuuden lähtöoletuksia vaihtoehtoisissa LTS-skenaarioissa. Hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö (CCU) voi sisältää myös fossiilista hiilidioksidia.

Energiateollisuuden investoinnit vastaavat energian kysynnän tarpeisiin paitsi teollisuudessa myös rakennusten energiankäytössä, liikenteessä, palvelusektorilla, maataloudessa ja työkaluissa. Palvelusektoriin sisältyvät myös datakeskukset, jotka voivat kasvattaa sähkön kysyntää merkittävästi, mutta toisaalta myös vähentävät kiinteiden polttoaineiden käyttöä kaukolämmityksessä, mikäli datakeskusten hukkalämmöt hyödynnetään paikallisessa kaukolämmön-tuotannossa. Energiajärjestelmämallinnuksessa huomioidaan myös energiahyödykkeiden kauppa Suomen rajojen yli, joka on mallinnuksessa optimoinnin tulos.



Kuva 22. Energiateollisuuden lähtöoletuksia vaihtoehtoisissa LTS-skenaarioissa.

Teollisuutta koskevia tarkempia skenaario-oletuksia on lisäksi listattu Taulukossa 5, mukaan lukien energiateollisuus. Taulukossa mainitut määrät ovat ydinenergiaa lukuun ottamatta yleensä oletettuja tuotantoinvestointien vähimmäismääriä. Metsäteollisuuden tuotanto-oletuksia on kuvattu lisäksi tarkemmin jäljempänä. Vedyin ja synteettisten polttoaineiden kysyntä teollisuudessa muodostuu mallissa endogeenisesti. Vetytalouden investointeja oletettiin toteutuvan laajimmin Suomi edellä (FIN) -skenaariossa, jossa niitä vauhdittaa vuoteen 2040 mennessä 20 TWh:n tasolle nouseva vientikysyntä ja kotimainen kulutus mukaan luettuna vetytuotannon oletettiin olevan vähintään 40 TWh vuonna 2040. Laskelmien lähtökohtana on keskipitkän aikavälin skenaarioiden määrittelyt nykytoimi- (WEM) ja lisätoimi (WAM) -skenaarioissa (Koljonen ym. 2025).

Taulukko 5. Keskeisiä teollisuutta koskevia mallinnusoletuksia LTS-skenaarioissa.

Energiateollisuus ja peruskemia	BIZ	ENV	FIN	PPL
Öljynjalostus	Kuten WEM/WAM	Tuotanto puolittuu WEMiin verrattuna 2040 mennessä	Kuten WEM/WAM	Tuotanto puolittuu WEMiin verrattuna 2040 mennessä
Sähköammoniakki	Vähintään 280 kt	Ei vähimmäismäärää	Vähintään 250 kt (lannoitteet 180 kt)	Ei vähimmäismäärää
Sähkövety	Vähintään 8 TWh	Ei vähimmäismäärää	Vähintään 20 TWh vientiin + 20 TWh	Ei vähimmäismäärää
Sähkölaitteita	Vähintään 3 TWh	Ei vähimmäismäärää	Vähintään 4 TWh	Ei vähimmäismäärää
Sähkölaitteita	Vähintään 3 TWh	Ei vähimmäismäärää	Vähintään 4 TWh	Ei vähimmäismäärää
Ydinenergia	1000 MW SMR(e), 1000	Ei investointeja	1200 MW LWR-Gen-III vuonna 2040	Ei investointeja

Energiateollisuus ja peruskemia	BIZ	ENV	FIN	PPL
	MW SMR(h) 2035–2045			
Merituulivoima	40 TWh 2040 mennessä	Ei vähimmäis- määrää	12 TWh 2040 mennessä	Ei vähimmäis- määrää
Aurinkovoima (teollinen kokoluokka)	25 TWh 2040 mennessä	3 TWh 2030 mennessä	3 TWh 2030 mennessä	3 TWh 2030 mennessä
Metsäteollisuus	BIZ	ENV	FIN	PPL
Massa ja paperi	Tuotanto kasvaa noin 20% WEMiin verrattuna	Tuotanto laskee noin 30% WEMiin verrattuna	Tuotanto laskee noin 20% WEMiin verrattuna	Tuotanto laskee noin 25% WEMiin verrattuna
Puututeteollisuus	Tuotanto laskee noin 7% WEMiin verrattuna	Tuotanto laskee noin 30% WEMiin verrattuna	Tuotanto laskee noin 3% WEMiin verrattuna	Tuotanto laskee noin 15% WEMiin verrattuna
Perusmetallit	BIZ	ENV	FIN	PPL
SSAB:n terästehdas	Kuten WEM/ WAM (prosessimuutos)	Tuotanto puolittuu WEMiin verrattuna 2040 mennessä	Kuten WEM/ WAM (prosessimuutos)	Tuotanto puolittuu WEMiin verrattuna 2040 mennessä
Suorapelkistysteräs	Ei investointeja	Ei investointeja	2,8 Mt vuoteen 2035 mennessä	Ei investointeja
Primaari alumiini	Ei investointeja	Ei investointeja	0,5 Mt 2035 mennessä	Ei investointeja
Muu teollisuus	BIZ	ENV	FIN	PPL
Sementin valmistus	WEM-tuotanto- projektio	Tuotanto supistuu 25% vuoteen 2040 mennessä	WEM-tuotanto- projektio	Tuotanto supistuu 25% vuoteen 2040 mennessä
Kaivannaisteollisuus	WEM-tuotanto- projektio	WEM-tuotanto- projektio	WEM-tuotanto- projektio	WEM-tuotanto- projektio
Power-to-Food	1,6 TWh 2050	Ei investointeja	Ei investointeja	0,8 TWh 2050
Muu teollisuus	WEM-tuotanto- projektiot	WEM-tuotanto- projektiot	WEM-tuotanto- projektiot	WEM-tuotanto- projektiot

Datakeskusten kehitysarvot pohjautuvat Ympäristö edellä (ENV)-, Suomi edellä (FIN)-, ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioissa brittiläisen konsulttiyhtiön ICIS:in (2025) laatimiin maakohtaisiin arvioihin. Niiden mukaan Suomessa datakeskusten sähköenergian tarve nousee vuoteen 2030 mennessä noin 4 TWh:iin ja vuonna 2035 jo lähes 6,5 TWh:iin. Arvioita on ekstrapoloitu vuoteen 2050 siten, että kulutus nousee vuoteen 2050 mennessä runsaaseen 10 TWh:iin. Markkinat edellä (BIZ) -skenaarion osalta oletettiin datakeskusinvestointien kasvavan Suomessa vielä selvästi nopeammin, jolloin niiden sähkön kulutus nousisi vuonna 2035 jo yli 14 TWh:n ja vuonna 2050 noin 30 TWh:iin. Keskusten sähkön käyttö on jaettu jäädytyksen sähköntarpeeseen, ICT-laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutukseen sekä hukkalämmön hyödyntämistä varten tarvittavien lämpöpumppujen sähkönkulutukseen. Hukkalämmöstä merkittävän osan oletettiin olevan hyödynnettävissä

aluelämmitykseen, kunhan sen lämpötilaa nostetaan riittäväksi lämpöpumpuilla, mutta muun muassa hukkalämmön tuoton vuodenaikojen mukainen aikaprofilli rajoittaa jossain määrin hyödyntämisen osuutta.

6.5 Maa- ja elintarviketalouden kehitykset

Maa- ja elintarviketalouden keskeisimpiä lähtöoletuksia vaihtoehtoisissa LTS-skenaarioissa on kuvattu kuvassa 23.

Suomi edellä (FIN) -skenaariossa kuluttajien ruokavalioiden ei oleteta muuttuvan lainkaan vuodesta 2022. Arvot ja asenteet eivät muutu myöskään solumaataloudelle suosiollisiksi. Sen sijaan julkinen valta pyrkii erilaisin lisäkannustimin ja tuin lisäämään niiden maataloustuotteiden tuotantoa, joissa Suomi ei ole lähellä omavaraisuutta, eli tuotanto Suomessa ei vastaa kotimaista kulutusta. Koska naudanlihantuotanto Suomessa on viime vuosina kattanut noin 80–85 % kotimaisesta kulutuksesta, sen tuotantoa pyritään lisäämään. Tällöin nautaeläimille maksettavia tuotantosidonnaisia tukia nostetaan asteittain vuoteen 2040 mennessä merkittävästi, muiden kuin lypsylehmien osalta jopa 50 % (Taulukko 6). Maidontuotannolle maksettavia tuotantosidonnaisia tukia ei kuitenkaan koroteta, koska maidontuotanto Suomessa kokonaisuutena vastaa likimain kotimaassa kulutettujen maitotaloustuotteiden valmistukseen tarvittavaa maitomäärää. Sian- ja siipikarjanlihantuotantoon ei kohdenneta lisätukia, koska niiden tuotanto on lähellä kotimaista kulutusta.

Luonnonhaitat ja kilpailukykyhaitat ovat merkittäviä palkoviljojen, kuten herneen, härkäpavun ja muiden papujen tuotannossa verrattuna niihin maihin, joissa suuri valtaosa näiden kasvien tuotannosta Euroopassa ja globaalisti tuotetaan. Sen vuoksi palkoviljojen, joita tuodaan runsaasti Suomeen ja käytetään etupäässä rehuksi (valkuaistäydennyksenä) ja osin elintarvikekäyttöön, satoisuutta parannetaan vähitellen 35 % kasvinjalostusohjelmien ja viljelykäytäntöjen kehittämisen ja parhaiden keinojen käyttöönoton avulla vuoteen 2040. Samalla näille kasveille jo ennestään maksettavia hehtaarikohtaisia tukia lisätään 25 %. Tämä tarkoittaa esim. herneen tapauksessa ylimääräisen pinta-alatuen nostoa 150 €/ha tasolle vuonna 2023 maksetusta tasosta 120 €/ha. Satojen nousua tavoitellaan siksi, että alhaisen satotason viljelystä ei välttämättä saada aiottua runsasta määrää palkoviljoja, jos pelkästään hehtaaritukia nostetaan.

Vastaavanlainen kehitys tapahtuu myös öljykasvien osalta: Satoja nostetaan eri keinoin (ei vähiten lajikejalostuksen ja viljelymenetelmien, erityisesti kasvinsuojelun osalta) 35 % vuoteen 2040, johon mennessä myös öljykasvien hehtaarikohtaisia lisätukia nostetaan 50 %. Myös rukiin hehtaarikohtaisia lisätukia nostetaan 50 % vuoteen 2040, mutta satotasoissa ei oleteta kasvua mm. muuttuvan ilmaston aiheuttamien kasvuston talvehtimisongelmien vuoksi.

Kaikkiaan maataloustukien kokonaissumma nousee Suomi edellä -skenaariossa em. toimien seurauksena. Tämä, sekä tuotantosidonnaisten tukien nousu ei kuitenkaan ole nykyisessä EU:n maatalouspolitiikan asetelmassa mahdollinen, vaan se edellyttäisi lisää EU:n komission ja sen jäsenmaiden hyväksymää

kansallista liikkumavaraa erityisesti tuotantosidonnaisten tukien osalta. Luomutuotannon osuus jää hyvin vähäiseksi Suomi edellä -skenaariossa.

Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa kuluttajien ruokavaliot eivät muutu, mutta kotieläintuotteiden kulutuksesta merkittävä osa korvautuu solumaatalouden tuotteilla: Kananmunista 50 %, siipikarjanlihasta 40 %, sianlihasta 35 % ja naudanlihasta sekä maitotuotteista 25 % vuoteen 2040 mennessä (Taulukko 6).

Näiden muutosten myötä maidon tuotantosidonnainen tuki ja lihanaudoille maksettavat tuotantosidonnaiset tuet vähenevät 20 % vuoteen 2040 mennessä (Taulukko 6). EU:n maatalouspolitiikan mukaista CAP-pilarin 1 (suorat tuet) tuotannosta irrotettua peltoalalle maksettavaa tukea vähennetään 25 %. Turvepeltojen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen kohdennetaan kustannusvaikuttavuusperusteisesti tukea. Luomun osuus elintarvikkeiden kysynnästä ja tuotannosta jää alhaiseksi.

Suurin muutos maa- ja elintarviketaloudessa on kuitenkin solumaatalouden nopea ja vahva kehitys, joka tähtää erityisesti kannattavaan ja lisäarvoa tuottavaan tuotantoon, joka toimii yhteistyössä peltoviljelyn kanssa (Taulukko 7). Solumaatalouden raaka-aineiden tuotantoon ja sen ravinnekiertoon kytkeytyy vuonna 2055 yhteensä noin 16 000 peltohehtaaria Markkinat edellä -skenaariossa.

Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa terveellinen ja ravitsemussuositusten mukainen ruokavalio yhdistyy ylisukupolvisen vastuullisuusajattelun kanssa. Tällöin ravitsemussuositusten suosittelema punaisen lihan (naudan- ja sianliha) vähentäminen toteutuu 40 prosentin suuruisena ja siipikarjanlihan vähentäminen 30 prosentin suuruisena vuoteen 2040 mennessä. Maitotuotteiden kulutus vähenee 20 % vuoteen 2040 mennessä – vähennys on pienempi kuin lihatuotteilla, koska etenkin vähärasvaiset maitotuotteet ovat ravitsemussuositusten suosittelemia. Eläinperäisen proteiinin vähentyessä ruokavalioissa niitä korvataan pitkälti palkoviljojen ruokakäytön 400 prosentin sekä leipäviljan 70 prosentin ja kauratuotteiden 150 prosentin käytön kasvulla vuoteen 2040 mennessä vuoteen 2022 verrattuna (Taulukko 6). Eläinperäisten tuotteiden vähentyneen käytön aiheuttaman proteiinin saannin vähenemä ruokavalioissa ei kuitenkaan täysin korvaudu, vaan proteiinin saanti jää vähän (noin 5 %) alemmaksi kuin vuoden 2022 tilanteessa, jossa proteiinin saanti ylittää reilusti (jopa 40 %) suositusten minimiarvot keskimäärin.

Solumaatalous tuottaa tässä skenaariossa 25 % kananmunien ja siipikarjanlihan kotimaisesta kulutuksesta, 20 % sianlihan kulutuksesta ja 15 % naudanlihan ja maitotuotteiden kulutuksesta (Taulukko 7). Yhdessä em. ruokavaliomuutosten kanssa eläinperäisen naudanlihan kotimainen kulutus vähenee 49 %, eläinperäisen sianlihan 52 %, eläinperäisen siipikarjanlihan 47,5 % ja eläinperäisten maitotuotteiden 32 % vuoteen 2040 mennessä vuoden 2022 kulutuksesta. Solumaatalouden pellontarve arvioitiin noin 7 000 ha suuruiseksi.

Maidon tuotantosidonnainen tuki vähenee 20 % ja lihanautaeläimien tuotantosidonnainen tuki 40 % vuoteen 2040 mennessä (Taulukko 6). Myös EU:n maatalouspolitiikan mukainen CAP-pilarin 1 tuotannosta irrotettu peltoalalle maksettava tuki vähenee 35 % samalla kun maatalouden ympäristötukea

korotetaan 30 %. Ylisukupolvinen ja planeettarajat huomioiva ajattelu tarkoittaa tässä skenaariossa myös sitä, että laajaperäisille matalan lannoitustason nurmille suunnataan lisätukea 20 % ja maaperän kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä maksetaan 10 €/t CO₂-ekv.

Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa naudanlihankulutus vähenee 20 %, sian- ja siipikarjanlihankulutus 30 % sekä maitotuotteiden kulutus keskimäärin 20 % vuodesta 2022 vuoteen 2040. Tällöin palkoviljojen ruokakäyttö lisääntyy peräti 300 % melko alhaiselta vuoden 2022 tasolta vuoteen 2040 (Taulukko 6). Leipäviljojen käyttö lisääntyy 50 % ja kauratuotteiden 100 % vuoteen 2022 verrattuna vuoteen 2040 mennessä. Palko- ja leipäviljoista ja kaurasta valmistetuista tuotteista, kuten esim. nyhtökaurasta ja muusta erotetusta kasviproteiinista, saadaan merkittävä osa siitä proteiinin vähennyksestä, mikä aiheutuu liha- ja maitotuotteiden kulutuksen vähenemisestä. Eläinperäisten tuotteiden käytön väheneminen laskee proteiinin saantia jonkin verran, koska muista lähteistä tuleva lisä ei riitä täysin paikkaamaan muutosta. Silti väestön proteiinin saanti pysyy suositusten mukaisella ja riittävällä tasolla – se on vain hieman alempi kuin vuonna 2022, jolloin saanti ylitti suositukset selvästi.

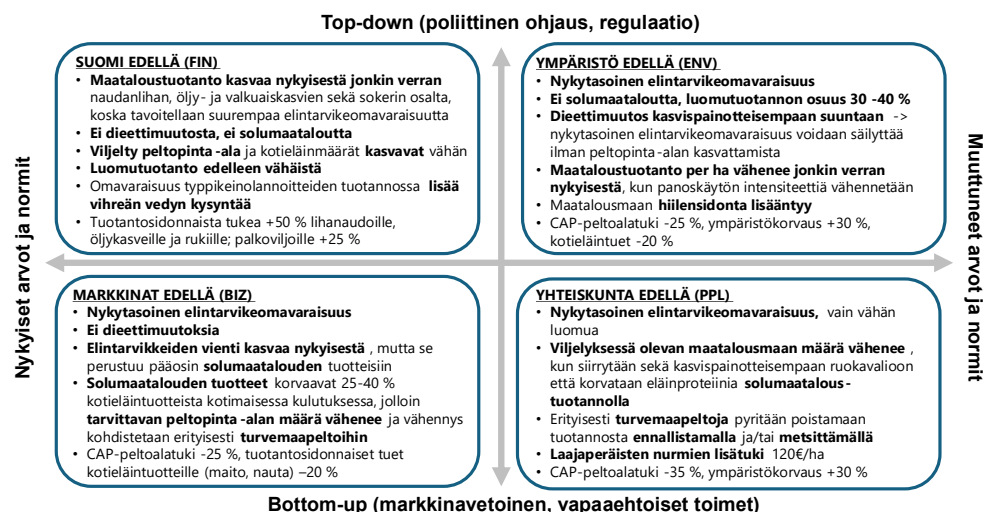
Näillä ruokavaliomuutoksilla, jota voi täydentää vielä kotimaisen kalan kulutuksen kasvu, päästään jo lähelle planetaarista ruokavaliota, kun samalla maidon- ja lihantuotannon kasvihuonekaasupäästöt ja vesistökuormitus vähenevät olennaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että kohti planetaariset rajat huomioivaa ja niiden sisällä pysyvää ruokavaliota ja elintarviketaloutta edetään sekä em. ruokavaliomuutoksilla, että merkittävässä määrin myös maatalouden tuotantotapojen muutoksilla. Näihin maataloutta ohjataan lisäämällä palkoviljoille ja öljykasveille kohdennettuja hehtaarikohtaisia lisätukia 30 % sekä lisäämällä apilanurmien ja muiden palkokasvinurmien tukia 25 % vuoteen 2040 mennessä. Samoin lisätään tukia matalan lannoitustason nurmille sekä nostetaan ympäristöperusteisia tukia maataloudelle 30 %. Vastaavasti maidon- ja naudanlihantuotannon tuotantoperusteisia tukia vähennetään 20 % ja EU:n maatalouspolitiikan mukaista pilarin 1 tuotannosta irrotettua tukea vähennetään 25 %. Näillä muutoksilla tähdätään vilja-alan vähentämiseen suhteessa erityisesti palko- ja öljykasvien sekä matalan lannoitustason nurmien viljelyaloihin, joita pyritään em. toimin lisäämään. Tällöin viljelykierrot monipuolistuvat ja maan viljelykunto ja orgaanisen aineksen määrä lisääntyy.

Lisäksi maksetaan palkkiota 10 €/t CO₂-ekv. maaperän kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen, mikä tähtää päästövähennyksiin erityisesti turvemaalajin pelloilta, mutta myös kivennäismaalajin pelloilta.

Kaikkiaan Ympäristö edellä -skenaario tähtää siihen, että ruokavalioiden muutoksilla ja aiempaa enemmän ekologiaan pohjautuvien tuotantotapojen muutoksilla vähennetään maatalouden haitallisia vaikutuksia ympäristöön, ja vastaavasti edistetään luonnonhoitoa em. viljelykiertojen monipuolistamisen keinoin sekä lannoitustason vähentämistä typensitojakasvien ja lannoituksen tarkentamisen keinoin. Tätä edistää merkittävässä määrin typpivero, joka vähentää kaikkien kasvien lannoitusta. Tämä tosin johtaa myös satotasojen ja maataloustuotannon pieneen vähenemiseen, jonka tarvetta kuitenkin lieventää

kotieläintuotteiden kysynnän väheneminen. Solumaatalouden ei oleteta yleistyvän Ympäristö edellä -skenaariossa, jossa turvaudutaan ensisijaisesti luonnon prosessien hyödyntämiseen ja sitä kautta peltoviljelyn monipuolisuuden ja ympäristövaikutusten edistämiseen. Luomutuotannon osuus ruoan kulutuksesta ja tuotannosta nousee 30–40 prosenttiin (Taulukko 6).

Osa matalan satotason nurmista voidaan käyttää myös biokaasuksi. Tavoitteena tässä skenaariossa on, että emolehmien osuus lehmistä kasvaa lypsylehmien määrän nopeasti vähentyessä, samalla kun laidunnuksen lisääntyminen ympäristöperusteisten tukien turvin ja emolehmäpohjaisen tuotannon kautta (emolehmäpohjainen karja voi laiduntaa pidemmän laidunkauden kuin lypsylehmät) edistää merkittävässä määrin maatalousluonnon monimuotoisuutta.



Kuva 23. Maa- ja elintarviketalouden keskeisimpiä lähtöoletuksia vaihtoehtoisissa LTS-skenaarioissa.

Taulukko 6. Tarkemmat maa- ja elintarviketaloutta koskevat oletukset ja muutokset (% ellei muuta kerrota) 2025–2055 eri LTS-skenaarioissa. Solumaatalouden osuus kulutuksesta kertoo, kuinka suuren prosenttiosuuden solumaataloustuotteiden osuus syrjäyttää tiettyjen kotieläintuotteiden kulutuksesta vuonna 2055.

	FIN	BIZ	PPL	ENV
Naudanlihan kulutus, muutos	-	-	-40	-20
Sianlihan kulutus, muutos	-	-	-40	-30
Siipikarjanlihan kulutus, muutos	-	-	-30	-30
Maitotuotteiden kulutus, muutos	-	-	-20	-20
Palkoviljojen ruokakäyttö, alhainen lähtötaso	-	-	400	300
Leipäviljojen ruokakäyttö	-	-	70	50
Kauran ruokakäyttö	-	-	150	100

	FIN	BIZ	PPL	ENV
Solumaatalouden osuus kulutuksesta 2055: Kananmunat	-	50	25	-
Solumaatalouden osuus lihan kulutuksesta 2055: Nauta/sika/siipikarja	-	25 / 35 / 40	15 / 20 / 25	-
Solumaatalouden osuus kulutuksesta 2055: Maitotuotteet	-	25	15	-
Solumaatalouden osuus kulutuksesta 2055: Muu, mikä?	-	-	--	-
Tuotantosidonnainen tuki maidolle	-	-20	-20	-20
Tuotantosidonnainen tuki lihanautaeläimille	50	-20	-40	-20
Tuotantosidonnainen peltoalatuki palkoviljoille/ ja satomuutos	25 / 30	- / 30	-	30 / -
Tuotantosidonnainen peltoalatuki apilanurmille / ja satomuutos				+25 €/ha / 0
Peltoalatuki matalan panoskäytön nurmille				+90 €/ha
Tuotantosidonnainen tuki öljykasveille / ja satomuutos	50 / 35	- / 35	-	30 / -
Tuotantosidonnainen tuki rukiille	50			
Tuotantosidonnainen tuki sokerille / ja satomuutos sokerijuurikkaalle	0 / 25	-	-	-
Peltoalatuki: CAP	-	-25	-35	-25
Peltoalatuki: LFA	-	-	-	-
Peltoalatuki: Ympäristökorvaus	-	-	30	30
Hiilimaksu/palkkio viljelysmaille, turvemaat ja kivennäismaat (eur/t)	-	*	10 €/t CO ₂ -ekv. vuodessa	10 €/t CO ₂ -ekv. vuodessa
Laajaperäisten nurmien lisätuki, sis. nurmet biokaasuksi	-	-	20	20 (120 €/ha)
Typpilannoitteen hinta	-	-	-	30
Luomutuotannon osuus 2055, kotieläintuotanto	< 10	< 10	< 10	30
Luomutuotannon osuus 2055, kasvintuotanto	< 10	< 10	< 10	40

*Turvemaille täsmätoimia ennallistamiseen

Taulukko 7. Solumaatalouden proteiinin tuotanto (1000 t kuiva-ainetta) ja solumaatalouden raaka-ainetarpeisiin ja ravinnekiertoon kytkeytyvä peltoala (1000 ha) vuonna 2055 BIZ- ja PPL-skenaarioissa. Arviot on laskettu pohjautuen Sitran tutkimukseen ”Kasvipohjaiset ja solumaatalouden tuotteet Suomen ruokajärjestelmän murroksessa” (Pohjolainen ym. 2023), jossa esitetään solumaatalouden maankäyttö- ja energiatarpeita. Oletuksena oli seuraavanlaiset eläinperäisten tuotteiden proteiinipitoisuudet, joita korvattaisiin solumaatalouden tuottamalla proteiinilla: Naudan- ja sianliha 29 %, siipikarjanliha 30 %, kevytmaito 3,5 %, rasvaton maito 3,3 %, jogurtit 3,8 %, juustot 25,6 %, kananmunat 13 %.

			solu- maito	solu- liha	solukanan- munan- valkuainen	Yhteensä
PPL	Proteiinia	1000 t	5,9	9,1	5,6	20,6
BIZ	Proteiinia	1000 t	14,0	21,7	4,2	39,8
PPL	Pellon tarve	1000 ha	0,6	5,1	1,2	6,9
BIZ	Pellon tarve	1000 ha	1,4	12,2	2,3	15,9

Muutoksen merkitys ja seuraukset maatalouden tukipolitiikalle ja tuotannolle

Maatalouden tuet ja tuotanto muuttuvat eniten ja eri tavoin etenkin Ympäristö edellä (ENV) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioissa. Niissä ruokavaliomuutos tarkoittaa myös tuotantosidonnaisten tukien maltillista vähentämistä kotieläintuotannossa, jossa maksetaan maitolitra- ja nautaeläinkohtaisia tukia (näitä ei makseta nykyisinkään sika- ja siipikarjatuotannossa). Ympäristötavoitteet ja mm. turvepeltojen käytön muutos todennäköisesti edellyttää varojen siirtoa tuotantosidonnaista ja peltoalatuista (CAP, LFA) ympäristötukiin ja nurmituotannon tukiin. Nurmituotanto voi tarkoittaa myös apila-heinänummia ja laajaperäisiä nummia biokaasuksi osana (jäljelle jäävää) kotieläintuotantoa. Tällöin ravinnekierto tehostuu ja kivennäismaalajin nurmisyöte lisääntyy. Tämä on osa viljelyn monimuotoistamista, joka tukee hiilen sidontaa ja satotasojen ylläpitoa, joka on mahdollista ilmastomuutoksen haasteista huolimatta. Hiilimaksu on välttämätön Ympäristö edellä -skenaariossa, samoin varojen siirto CAP-tuista.

Luomutuotannon osuus kasvaa vahvasti vain Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa. Silloin tarvitaan toimivia viljely- ja ravinnekiertoja kasviraivainten, erityisesti typen saannin varmistamiseksi eri tavoin. Typpilannoituksen kustannus nousee Ympäristö edellä -skenaariossa, vaikka luonnonmukaisen viljelyn lannoitusmahdollisuuksia käytetään täysimääräisesti (ks. alla). Korkea typen hinta ja tavanomaista tuotantoa alhaisemmat sadot johtavat yhdessä laajaperäiseen viljelyyn, jossa vuoden 2025 käytössä oleva peltopinta-ala, noin 2,3 Mha, pysyy pääosin käytössä.

Luonnonmukaisessa tuotannossa, joka kasvaa merkittävästi vain Ympäristö edellä -skenaariossa, kasveja voidaan lannoittaa useilla eri tavoilla:

- Viljelykierto: Eri kasveja viljellään vuorotellen peräkkäisinä vuosina samalla pellolla. Tämä auttaa parantamaan maaperän ravinteikkautta ja vähentämään tuholais- ja tautipaineita.

- Orgaaniset lannoitteet: Näitä ovat esimerkiksi komposti, karjanlanta ja viherlannoitus. Orgaaniset lannoitteet parantavat maaperän rakennetta ja lisäävät sen ravinnepitoisuutta.
- Viherlannoitus: Tämä tarkoittaa typensitojakasvien, kuten apilan ja herneen, viljelyä. Nämä kasvit keräävät typpeä ilmasta ja vapauttavat sen maaperään, mikä parantaa seuraavien kasvien kasvua.
- Lehtilannoitus: Tietyissä tilanteissa voidaan käyttää lehtilannoitteita, jotka levitetään suoraan kasvien lehdille. Tämä voi auttaa varmistamaan hivenravinteiden saannin.
- Maanparannusaineet: Esimerkiksi biotiitti, joka sisältää kaliumia, magnesiumia ja kalsiumia, voidaan käyttää parantamaan maaperän ravinnepitoisuutta ja pH-arvoa.
- Nämä menetelmät yhdessä auttavat ylläpitämään maaperän terveyttä ja tuottavuutta luonnonmukaisessa viljelyssä.

Kierrätyslannoitteiden käyttö on sallittua luonnonmukaisessa maataloustuotannossa EU:ssa. EU:n asetus (EU) 2018/848, joka tuli voimaan 1. tammikuuta 2022, säätelee luonnonmukaista tuotantoa ja tuotteiden merkintöjä (Euroopan komissio 2022). Tämä asetus mahdollistaa kierrätyslannoitteiden käytön, kunhan ne täyttävät tietyt vaatimukset ja ovat hyväksytyjä luonnonmukaisessa viljelyssä.

6.6 Metsäteollisuuden kehitys

Metsäteollisuuden tuotannon sekä metsähakkeen ja pientalojen polttopuun käytön osalta LTS-skenaarioissa lähtökohtana olivat erilaiset hakkuukertymätavoitteet vuonna 2035. Metsäteollisuuden kapasiteettia ja tuotantomääriä sekä puun energiakäyttöä sopeutettiin skenaarioissa siten, että skenaarioiden mukaiset hakkuukertymät toteutuivat. LTS-skenaarioiden välillä metsäteollisuuden tuotantorakenteessa, metsäteollisuuden ja energiantuotannon puunkäytön välisessä suhteessa sekä oletuksessa puun tuonnissa oli eroja. MELA-ohjelmistolla tehdyissä metsävarojen kehitysarvioissa oli lähtökohtana puuntarvearvioiden lisäksi WEM-skenaarion mukaiset laskentaoletukset (Koljonen ym. 2025) kuitenkin siten, että osassa skenaarioista oli metsänlannoitukseen ja metsien lisäsuojeluun liittyviä eroja.

Suomi edellä (FIN) -skenaarion 72 miljoonan kuutiometrin runkopuun hakkuukertymä vuoteen 2035 mennessä vastaa likimain PEIKKO-hankkeen WEM-L-skenaarion mukaista hakkuukertymää (Koljonen ym. 2024). Tämä on vain hieman vähemmän kuin vuosina 2023–2024 toteutuneet hakkuukertymät. FIN-skenaariossa korostuu kansallinen etu, ja puunhankinnan oletetaan keskittyvän kotimaahan, eikä puuta tuoda ulkomailta lainkaan. Tämä puolestaan heijastuu metsäteollisuuden käytössä olevaan puumäärään, ja suhteessa PEIKKO-hankkeen WEM-L-skenaarioon, FIN-skenaariossa metsäteollisuuden kokonaistuotanto on pienempää. Metsäteollisuuden tuotannossa korostuvat pitkäikäiset puutuotteet: sahatavaran tuotanto kasvaa, mutta sellun tuotanto pienenee PEIKKO-hankkeen WEM-L-skenaarioon verrattuna.

Markkinat edellä (BIZ) -skenaarion noin 80 miljoonaa kuutiometrin hakkuukertymä vuonna 2035 vastaa likimain WEM-, WAM- ja PEIKKO-hankkeen WEM-P-skenaarioiden hakkuukertymää. Myös mekaanisen ja kemiallisen metsäteollisuuden perinteisten tuotteiden tuotanto kehittyy näiden skenaarioiden mukaisesti. Skenaariossa on huomioitu viimeisimmät ilmoitukset kapasiteettimuutoksista, kuten Metsä Groupin Takon kartonkitehtaan, Merikarvian sahan ja Suolahden havuvanerilinjan sulkemiset sekä Keitele Groupin sahainvestointi. Puun tuontioletus on sama kuin WEM-, WAM- ja PEIKKO-hankkeen WEM-P-skenaarioissa. BIZ-skenaariossa on mukana korkean arvonlisän tuotteiden tuotantoa, kuten talteen otetun ligniinin jatkojalostusta sekä nykyisin vientiin päätyvän sellun jalostusta tekstiilikuituiduiksi ja kehittyneiksi pakkausmateriaaleiksi.

Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa hakkuukertymä vuonna 2035 on noin 62 miljoonaa kuutiometriä. Hakkuukertymä vastaa Suomen ilmastopaneelin arviota hakkuukertymän tasosta, joka mahdollistaisi Suomen ilmastoneutraaliustavoitteen toteutumisen (Seppälä ym. 2025). Metsäteollisuuden tuotannossa painottuvat pitkäikäiset puutuotteet, ja niiden tuotanto säilyy likimain nykytasolla. Paperin ja kartonkien tuotantomäärien sen sijaan oletetaan vähentyvän, mikä johtaa skenaariossa vajaan puolentoista miljoonan tonnin massa- ja sellutuotannon pienentymiseen PEIKKO-hankkeen WEM-L-skenaarioon verrattuna. Nykyiseen tuotantoon verrattuna tämä vastaa noin kolmanneksen supistumista. Skenaariossa puun tuontioletus on sama kuin BIZ-skenaariossa. PPL-skenaariossa metsänlannoituksen vuotuinen kokonaisala on 50 000 hehtaaria kohdistuen sekä kivennäismaiden kasvatuslannoituksiin että turvemaiden tuhkalannoituksiin. Lisäksi metsämaalla tiukan lisäsuojelun kokonaisala on 0,90 miljoonaa hehtaaria, joka on noin kaksi kolmasosaa Suomen Luontopaneelin (Kotiaho ym. 2021) linjauksesta metsäluonnon turvaavan suojelun kohdentamisesta Suomessa. Lisäsuojelu otettiin huomioon heti skenaariolaskelman alusta alkaen.

Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa hakkuukertymä vuonna 2035 on noin 50 miljoonaa kuutiometriä. Skenaariossa korostuu maankäyttösektorin hiilinielujen vahvistaminen. Puuta ei oleteta ilmastosyiden vuoksi tuotavan ulkomailta lainkaan. Metsäteollisuuden tuotantomäärä on selvästi pienempi kuin FIN- ja BIZ-skenaarioissa, jotta hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä saavutettaisiin. Sahatavaran tuotannon oletetaan vuoden 2025 jälkeen supistuvan nykytasosta vajaa 20 prosenttia noin 9 miljoonaa kuutiometriin, kun taas sellun tuotanto supistuu yli neljänneksen. Skenaariossa metsänlannoituksen vuotuinen kokonaisala on 50 000 hehtaaria ja se kohdistuu turvemaiden tuhkalannoituksiin. Metsämaalla tiukan lisäsuojelun kokonaisala on 1,35 miljoonaa hehtaaria, joka perustuu Suomen Luontopaneelin (Kotiaho ym. 2021) linjaukseen metsäluonnon turvaavan suojelun kohdentamisesta Suomessa. Lisäsuojelu otettiin huomioon heti skenaariolaskelman alusta alkaen. Metsäteollisuuden tuotantomäärät tuotteittain ja skenaarioittain on esitetty alla (Taulukko 8).

Taulukko 8. Metsäteollisuuden tuotantomäärät LTS-skenaarioissa 2020–2055.

	Yksikkö	2020*	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
FIN									
Paperi	1 000 t	4514	2920	2730	1980	1980	1930	1930	1930
Kartonki	1 000 t	3680	3820	4490	4540	4540	4540	4540	4540
Paperi + Kartonki	1 000 t	8194	6740	7220	6520	6520	6470	6470	6470
Massa**	1 000 t	2844	2310	1830	1430	1430	1430	1430	1430
Sellu	1 000 t	7681	7100	6570	6570	6570	6570	6570	6570
Massa yhteensä	1 000 t	10525	9410	8400	8000	8000	8000	8000	8000
Sahatavara	1 000 m ³	10919	11200	13210	13210	13210	13210	13210	13210
Vaneri (sis. LVL)	1 000 m ³	990	900	1365	1065	1065	1065	1065	1065
Muut levyt	1 000 m ³	137	141	146	148	150	150	150	150
BIZ									
Paperi	1 000 t	4514	2920	3900	3815	3715	3665	3665	3665
Kartonki	1 000 t	3680	3820	6300	6550	6550	6550	6550	6550
Paperi + Kartonki	1 000 t	8194	6740	10200	10365	10265	10215	10215	10215
Massa**	1 000 t	2844	2310	3550	3550	3550	3550	3550	3550
Sellu	1 000 t	7681	7100	8130	8130	8130	8130	8130	8130
Massa yhteensä	1 000 t	10525	9410	11680	11680	11680	11680	11680	11680
Sahatavara	1 000 m ³	10919	11200	12560	12560	12560	12560	12560	12560
Vaneri (sis. LVL)	1 000 m ³	990	900	1065	1065	1065	1065	1065	1065
Muut levyt	1 000 m ³	137	141	146	148	150	150	150	150
PPL									
Paperi	1 000 t	4514	2920	2850	1385	1385	1385	1385	1385
Kartonki	1 000 t	3680	3820	4500	4750	4750	4750	4750	4750
Paperi + Kartonki	1 000 t	8194	6740	7350	6135	6135	6135	6135	6135
Massa**	1 000 t	2844	2310	1880	1880	1880	1880	1880	1880
Sellu	1 000 t	7681	7100	7020	5350	5350	5350	5350	5350
Massa yhteensä	1 000 t	10525	9410	8900	7230	7230	7230	7230	7230
Sahatavara	1 000 m ³	10919	11200	12940	11190	11190	11190	11190	11190
Vaneri (sis. LVL)	1 000 m ³	990	900	1065	1065	1065	1065	1065	1065
Muut levyt	1 000 m ³	137	141	146	148	150	150	150	150

	Yksikkö	2020*	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
ENV									
Paperi	1 000 t	4514	2920	1385	1385	1385	1385	1385	1385
Kartonki	1 000 t	3680	3820	5400	5400	5400	5400	5400	5400
Paperi + Kartonki	1 000 t	8194	6740	6785	6785	6785	6785	6785	6785
Massa**	1 000 t	2844	2310	1310	1310	1310	1310	1310	1310
Sellu	1 000 t	7681	7100	5015	5015	5015	5015	5015	5015
Massa yhteensä	1 000 t	10525	9410	6325	6325	6325	6325	6325	6325
Sahatavara	1 000 m ³	10919	11200	9000	9000	9000	9000	9000	9000
Vaneri (sis. LVL)	1 000 m ³	990	900	1065	1065	1065	1065	1065	1065
Muut levyt	1 000 m ³	137	141	146	148	150	150	150	150

*Vuoden 2020 luvut perustuvat tilastoihin. Vuoden 2025 luvut perustuvat Viitanen ym. (2025) ennusteisiin.

**Sisältää mekaanisen ja puolikemiallisen massan.

Kaikkiin LTS-skenaarioihin sisällytettiin ligniinin talteenottoa sellun tuotannon yhteydessä (Taulukko 9). Ligniini oletettiin käytettävän esimerkiksi rakentamisen pitkäikäisiin tuotteisiin (betonin notkistin), ja talteen otetun ligniinin määrä otettiin huomioon puutuotteiden hiilivaraston muutosten laskennassa (puoliintumisaikana käytettiin 35 vuotta kuten sahatavaralle). Eniten ligniiniä otettiin talteen BIZ-skenaariossa, jossa myös sellun tuotanto oli skenaarioista suurinta. Ligniinin talteenotto ja sen vaikutukset metsäteollisuuden bioenergian tuotannon pienenemiseen on huomioitu myös TIMES-VTT-mallinnuksissa.

Taulukko 9. Ligniinin talteenottomäärät eri skenaarioissa.

	Yksikkö	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
FIN	1000 t	165	275	374	434	438	494	490
BIZ	1000 t	135	240	427	507	511	584	585
PPL	1000 t	152	259	374	434	438	494	490
ENV	1000 t	87	144	236	260	266	306	306

Metsähakkeen ja pientalojen polttopuun käyttömäärät perustuvat LTS-skenaarioissa skenaariokohtaisiin oletuksiin energiarunkopuun hakkuumääristä (Taulukko 10). FIN- ja BIZ-skenaarioissa energiarunkopuun hakkuiden on oletettu olevan 15 prosenttia pienempää vuonna 2030 ja vuodesta 2035 eteenpäin 20 prosenttia pienempää kuin PEIKKO-hankkeen WEM-P-skenaariossa (Koljonen ym. 2024). PPL-skenaariossa energiarunkopuun hakkuut ovat vuodesta 2030 eteenpäin puolestaan 10 prosenttia suurempaa kuin PEIKKO-hankkeen WEM-L-skenaariossa. ENV-skenaariossa energiarunkopuun hakkuut putoavat 4,5 miljoonan kuutiometrin tasolle vuonna 2030, mikä tarkoittaa 60 prosentin pienentymistä nykytasosta. Kaikissa LTS-skenaarioissa 49 prosenttia hakatusta energiarunkopuusta on oletettu vuodesta 2025 eteenpäin päätyvän metsähakkeeksi ja loput pientalojen polttopuiksi. Suhde vastaa PEIKKO-hankkeen

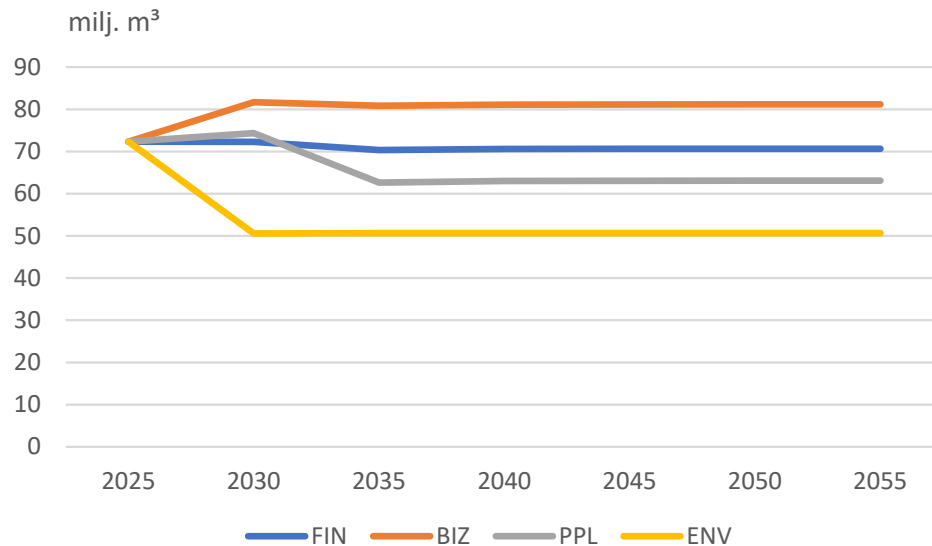
WEM-P-skenaarion käyttösuhdetta vuonna 2025. Metsähakkeen raaka-aineeksi korjataan lisäksi hakkuutähteitä ja kantoja. Kantojen korjuumäärä on FIN-, BIZ ja PPL-skenaarioissa 300 000 kuutiometriä vuodessa. Ympäristösyistä ENV-skenaariossa 2030-luvulta alkaen kantoja ei enää korjata energiakäyttöön. Hakkuutähteiden korjuumäärä on 64 prosenttia metsähakkeeksi päätyvän runkopuun määrästä. Tämä suhde vastaa PEIKKO-hankkeen WEM-P-skenaarion mukaista korjuusuhdetta vuonna 2025. LTS-skenaarioiden metsähakkeen ja pientalojen polttopuun käyttömääriä on energiasisällöksi muunnettuna käytetty rajoitteina TIMES-VTT-mallinnuksissa.

Taulukko 10. Kotimaisen metsähakkeen käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa sekä pientalojen polttopuun käyttö LTS-skenaarioissa.

	Yksikkö	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
FIN									
Metsähake	1 000 m ³	5650	9056	8468	7808	8015	8041	8058	8058
Pientalojen polttopuu	1 000 m ³	7064	5559	5186	7467	4898	4914	4925	4925
Yhteensä	1 000 m ³	12714	11615	13654	15275	12913	12955	12983	12983
BIZ									
Metsähake	1 000 m ³	5650	9970	8464	7808	8015	8041	8058	8058
Pientalojen polttopuu	1 000 m ³	7064	6140	5186	4767	4898	4914	4925	4925
Yhteensä	1 000 m ³	12714	16110	13650	12575	12913	12955	12983	12983
PPL									
Metsähake	1 000 m ³	5650	9970	10870	10624	10908	10943	10967	10967
Pientalojen polttopuu	1 000 m ³	7064	6140	6711	6555	6735	6757	6772	6772
Yhteensä	1 000 m ³	12714	16110	17581	17179	17643	17700	17739	17739
ENV									
Metsähake	1 000 m ³	5650	7530	3915	3915	3915	3915	3915	3915
Pientalojen polttopuu	1 000 m ³	7064	4590	2295	2295	2295	2295	2295	2295
Yhteensä	1 000 m ³	12714	12120	6210	6210	6210	6210	6210	6210

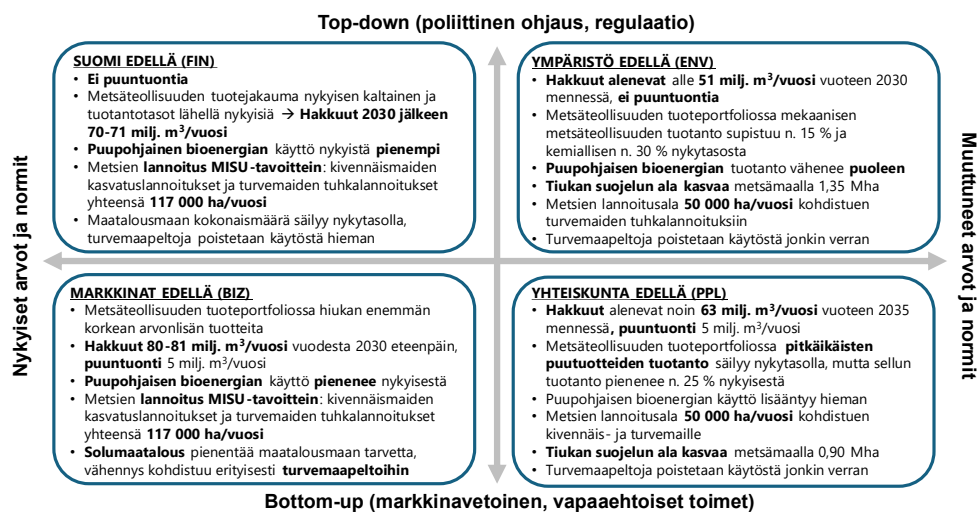
Metsäteollisuuden sekä energiantuotannon (lämpö- ja voimalaitosten metsähake ja pientalojen polttopuu) puun tarve ja tehdyt oletukset puun tuonnin kehityksestä määrittivät kotimaisen puun tarpeen. Runkopuun hakkuutarpeen kehitys eri skenaarioissa vuosina 2025–2055 on esitetty kuvassa 24. Runkopuun lisäksi metsistä korjataan energiantuotantoon hakkuutähteitä sekä ENV-skenaariota lukuun ottamatta myös kantoja. Hakkuutarvearviot on laadittu viiden vuoden puutavaralajeittaisina piste-estimaatteina, ja välivuosien hakkuutarve perustuu interpolointiin. MELA-laskelmissa 10-vuotiskausien keskimääräisinä vuotuisina puutavaralajeittaisina hakkuukertymätavoitteina on käytetty kausiin sisältyvien vuosien hakkuutarpeiden keskiarvoja. MELA-laskelmat on tehty maakunnittain, ja maakunnittaiset hakkuukertymätavoitteet on johdettu valtakunnan tason hakkuukertymätavoitteista optimoinnilla, jossa on otettu huomioon maakunnittain

hakkuiden nykytaso sekä suurimman ylläpidettävissä olevan hakkuukertymän arvio laskentakausittain. Kasvavien hakkuukertymien tilanteessa optimointi ohjaa hakkuita niihin maakuntiin, joissa hakkuita on mahdollista kasvattaa nykytasolta suhteessa suurimpaan ylläpidettävissä olevaan hakkuukertymään.



Kuva 24. Runkopuun hakkuutarve Suomi edellä (FIN), Markkinat edellä (BIZ), Yhteiskunta edellä (PPL) ja Ympäristö edellä (ENV) -skenaarioissa.

Maankäyttösektorin kehitykseen vaikuttavat erityisesti yllä kuvatut metsäteollisuudessa ja metsien käytössä tapahtuvat muutokset (ks. myös 7.2), mutta myös maa- ja elintarviketalouden kehityssuunnat (luvut 6.5 ja 7.1). Sektorin kehitykseen vaikuttavat keskeisimmät lähtöoletukset on esitetty kuvassa 25.



Kuva 25. Maankäyttösektorin lähtöoletuksia vaihtoehtoisissa LTS-skenaarioissa.

7 Maatalouden, metsien ja maankäyttösektorin kehitys LTS-skenaarioissa

Markus Haakana, Hannu Hirvelä, Heikki Lehtonen, Tarja Silfver & Sofia Vikfors, Luke

7.1 Maatalouden kehitys

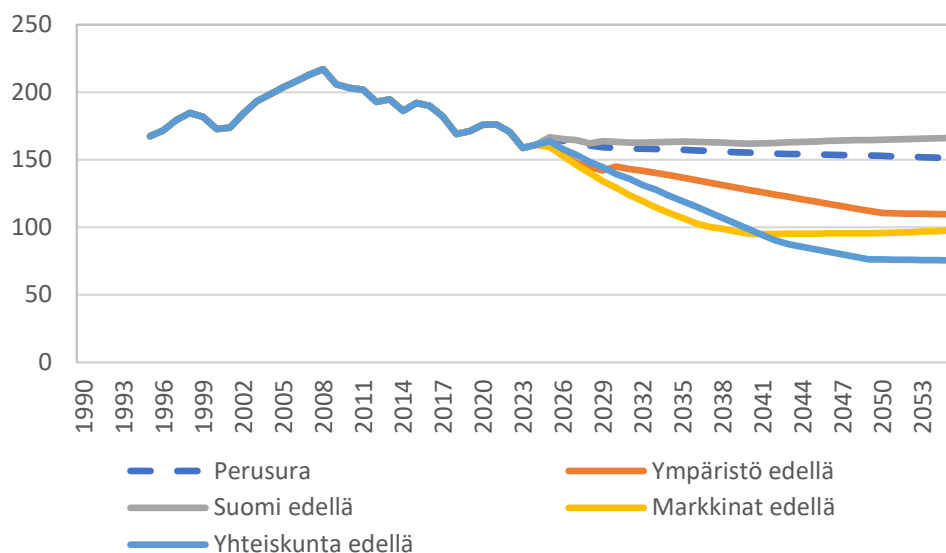
Seuraavassa tarkastellaan maatalouden kehitystä eri LTS-skenaarioissa. Vertailukohtana käytetään perusuraa, jossa ruokavaliot ja EU-ohjelmakauden 2023–2027 mukainen maatalouspolitiikka tukineen ja tukiehtoineen eivät muutu, mikä helpottaa hahmottamaan eri LTS-skenaarioiden vaikutuksia. Perusura vastaa KEITO-projektissa luotua WEM-skenaariota (Koljonen ym. 2025). Kaikissa skenaarioissa oletetaan sama OECD-FAO:n 2024 ennustama EU-hintakehitys maataloustuotteille siten, että vuoden 2033 jälkeen hinnat pysyvät muuttumattomina⁸. Näin ollen maatalouden kehitystä ajavat LTS-skenaarioiden erilaiset oletukset ja määritykset, jotka on esitetty edellä.

Sianlihantuotanto on viime vuosina kattanut yli 90 % sianlihan kulutuksesta Suomessa ja siipikarjaliha vajaa 90 %⁹. Sian- ja siipikarjanlihantuotanto seuraavat mallinnuksen mukaan varsin tarkoin kotimaisen kysynnän muutoksia. Tämä johtuu siitä, että viennin osuus tuotannosta on ollut sianlihantuotannossa 10–20 % tuotannosta ja siipikarjanlihassa alle 10 % 2000-luvulla⁹. Tällöin kotimaan kysynnän muutokset vaikuttavat vahvasti markkinatilanteeseen ja kotimaan hintoihin, jotka voivat vähän poiketa EU:n keskihinnoista. Viennin osuutta tuotannosta on vaikea kasvattaa alhaiselta lähtötasoltaan etenkin, jos suomalaisella tuotannolla ei ole merkittävää kustannuskilpailukykyä. Alla esitetyistä kuvista (Kuva 26 ja Kuva 27) kuitenkin nähdään, että etenkin sianlihantuotanto vastaa muutaman vuoden viiveellä kysynnän muutoksiin, jotka tapahtuvat 2026–2045. Tuotantoa voidaan jatkaa väliaikaisesti vientiä vähän kasvattaen, mutta tulosten mukaan kustannuskilpailukyky ei puolla pitkään jatkuvaa kotimaista kulutusta ylittävää tuotantoa ja aiempaa suurempaa vientiä. Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa eläimistä tuotettavan sian- ja siipikarjanlihan kysyntää vähentää solumaatalouden

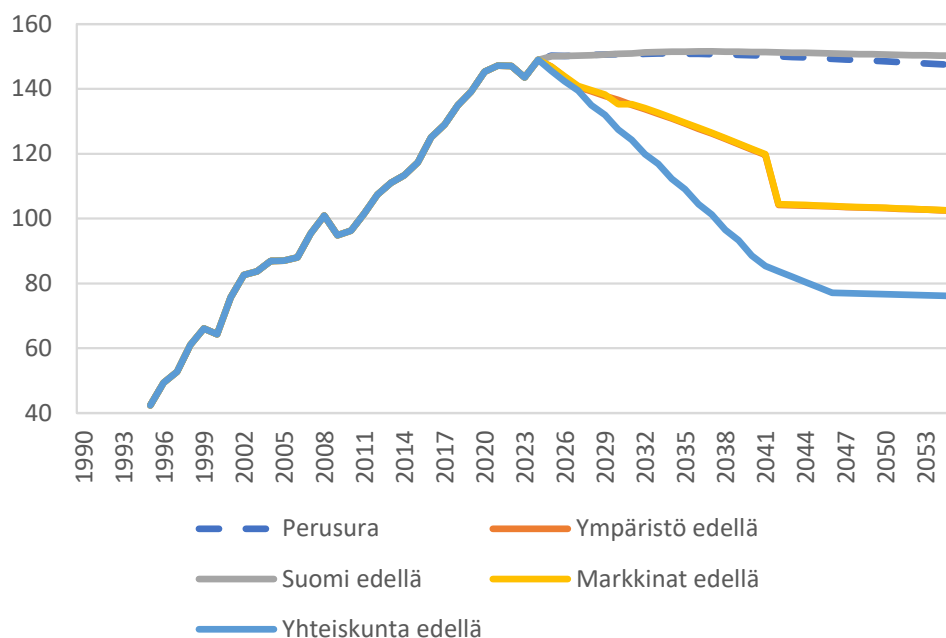
⁸ OECD-FAO:n tilastot www.agri-outlook.org

⁹ Luke:n tilastot, ravintotase 2022, <https://www.luke.fi/fi/tilastot/ravintotase>

tuotteet, vaikka sian- ja siipikarjanlihan kokonaiskysyntä ei vähenekään. Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa eläimistä tuotettavan sian- ja siipikarjanlihan kysyntää vähentävät sekä näiden tuotteiden kokonaiskysynnän väheneminen että solumaatalouden tuotteet.

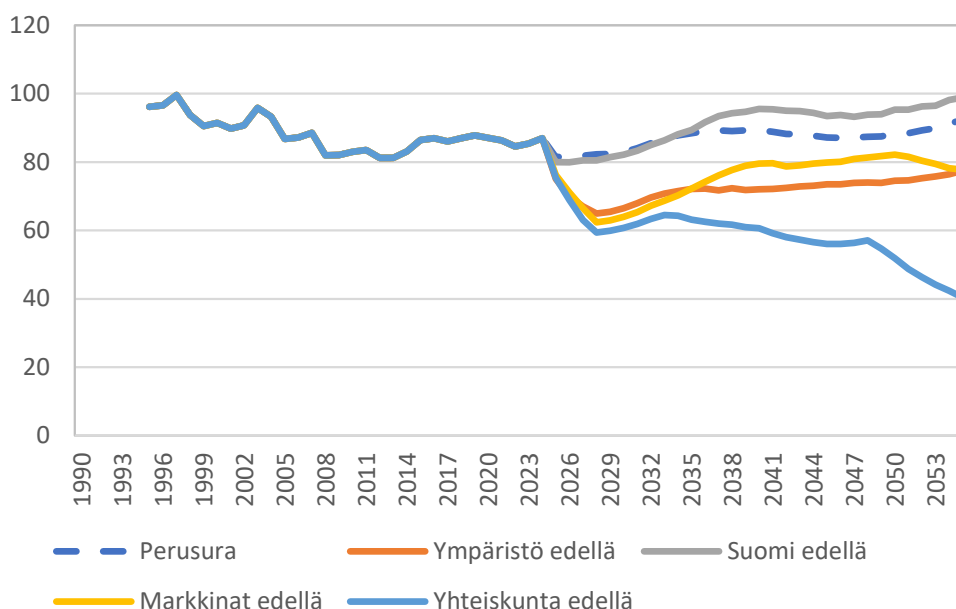


Kuva 26. Sianlihantuotanto (1000 t) eri skenaarioissa.

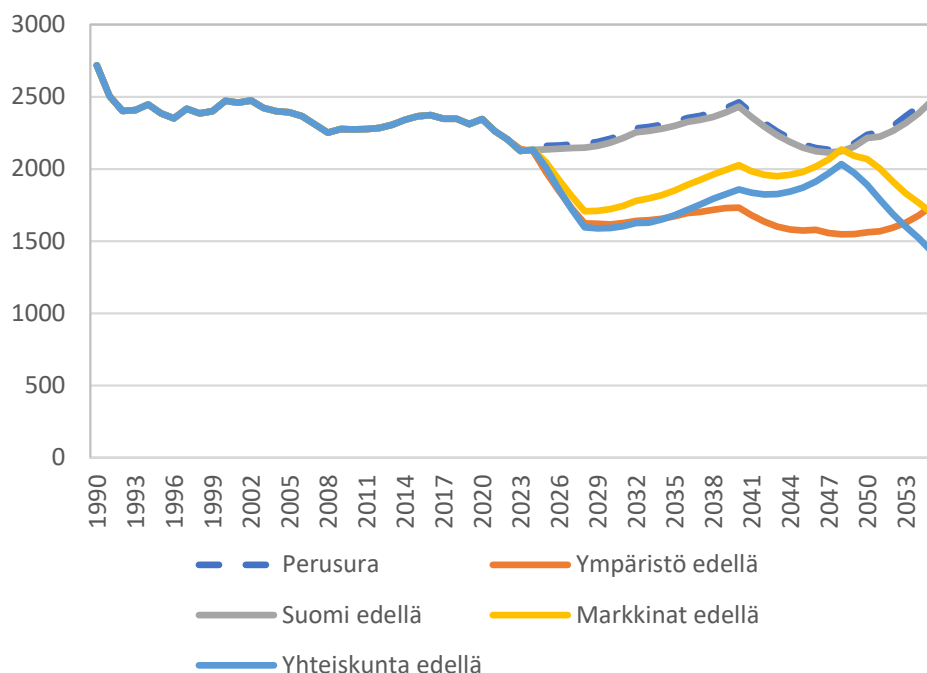


Kuva 27. Siipikarjanlihantuotanto (1000 t) eri skenaarioissa.

Naudanlihantuotanto (Kuva 28) pysyy WEM-skenaarion mukaisessa perusskenaariossa, jossa ei oleteta muutoksia kulutuksessa per henkilö eikä muutoksia maatalouspolitiikassa) 2030-luvun alkupuolelle asti lievästi vuoden 2022 tuotannon ja kotimaisen kysynnän tason alapuolella runsaassa 80 miljoonassa kilogrammassa, mutta nousee vähitellen noin 90 milj. kg:n tasolle lypsykarjatalouden vähitellen elpessä, samalla kun emolehmäpohjainen naudanlihantuotanto alkaa kasvaa 2030-luvulla. Tähän verrattuna Suomi edellä (FIN) -skenaarion 50 %:n tuotantosidonnaisten nautatukien asteittainen nousu 2025–2040 vaikuttaa tehottomalta pitkälle 2030 luvulle, mutta johtaa 2040-luvulla suurempaan naudanlihantuotantoon, joka saavuttaa kotimaisen kulutuksen noin 95 milj. kg 2040-luvulla ja lähes 100 milj. kg:n tason 2055. Maidontuotanto on likimain samansuuruinen näissä skenaarioissa (Kuva 29), joten Suomi edellä -skenaarion lisäys tulee juuri emolehmätuotannon kautta.



Kuva 28. Naudanlihantuotanto (1000 t) eri skenaarioissa.



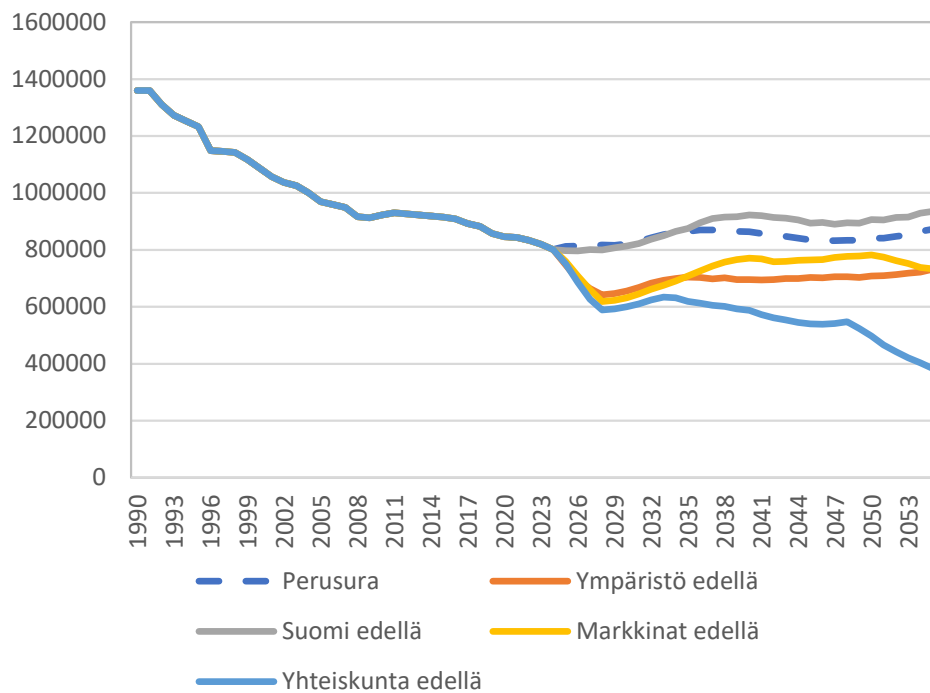
Kuva 29. Maidon kokonaistuotanto (milj. litraa) eri skenaarioissa.

Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa solumaatalouden nopea nousu ja suosio vähentää ensin nautaeläinten määrää ja naudanlihantuotantoa, mutta nämä elpyvät vähitellen osin maidontuotannon elvyttyä alun vähenemisestä. Lopulta vuonna 2055 naudanlihantuotanto on Markkinat edellä-skenaariossa likimain samansuuruinen kuin Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa, jossa puolestaan kannustimet emolehmiin, laiduntamiseen, laajaperäisiin nurmiin sekä apilanurmiin edistävät naudanlihantuotantoa likimain kotimaista kysyntää vastaavasti (-20 % jaksolla 2022–2045). Nautojen kokonaismäärä (Kuva 30) on laskeva kaikissa niissä skenaarioissa, joissa maitotuotteiden ja naudanlihan kotimainen kysyntä vähenevät. Nautojen kokonaismäärän kehitys on luonnollisesti hyvin samankaltainen kuin naudanlihan kokonaistuotanto.

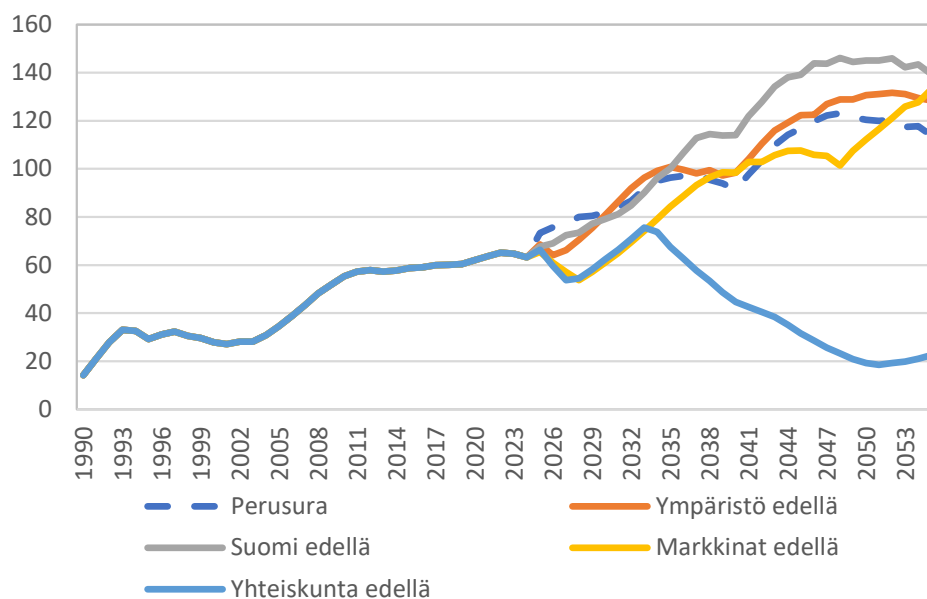
Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa nautojen kokonaismäärä alenee yli 50 % jaksolla 2022–2055. Tämä vastaa likimain eläimistä peräisin olevan naudanlihan kysynnän vähenemistä. Ympäristö edellä- ja Markkinat edellä -skenaariossa nautojen kokonaismäärä vähenee vain 12 % vuodesta 2022 vuoteen 2055, eli suhteellisesti vähemmän kuin maitotuotteiden ja naudanlihan kotimainen kulutus. Tämä johtuu osin siitä, että myös maidontuotannon määrä vähenee suhteessa vähemmän kuin kotimainen kulutus. Ympäristö edellä -skenaariossa on erityisesti huomattava, että maidontuotannon väheneminen, vähenevä sian-, siipikarjanlihan ja viljan tuotanto sekä typpivero saman aikaisesti vähentävät viljan tuotantoa ja tuovat peltoa tarjolle naudanlihantuotannolle. Tämä johtaa tukien kannustamana laajaperäisiin nurmiin ja laidunnukseen. Niiden ansiosta naudanlihantuotanto ja myös nurmiala pysyvät melko suurena Ympäristö edellä -

skenaariossa suhteessa siihen, että naudanlihan ja maitotuotteiden kysyntä vähenee 20 % jaksolla 2022–2045 (Kuva 28, Kuva 29).

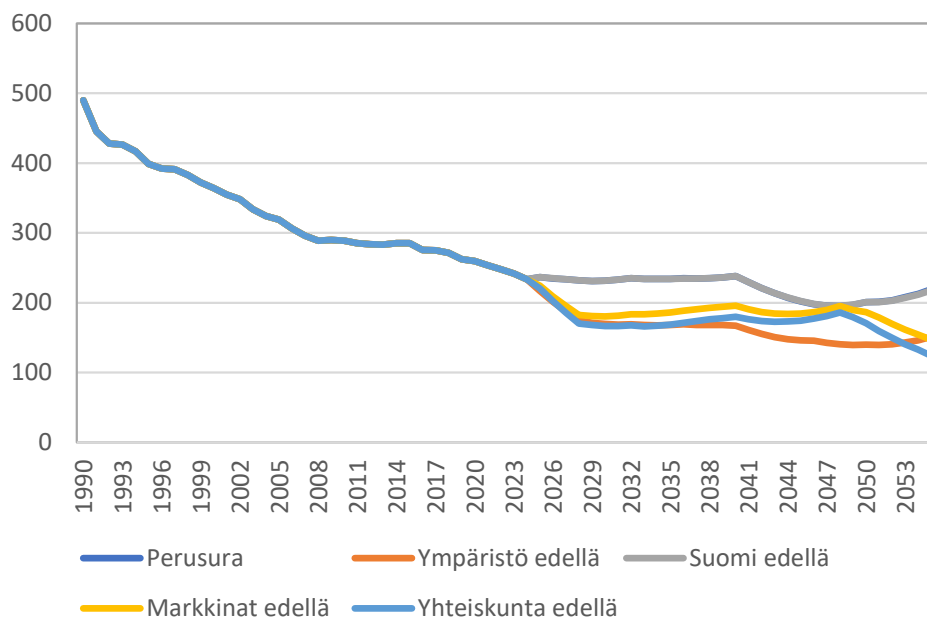
Emolehmien lukumäärä nousee perusurassa noin 114 000 eläimeen vuoteen 2055 mennessä vuoden 2022 noin 65 000 eläimestä (Kuva 31). Tähän vaikuttaa lypsykarjarotuisten eläinten määrän väheneminen (Kuva 32) ja naudanlihan kysynnän pysyminen vuoden 2022 tasolla, sekä tuotantosidonnaiset tuet. Emolehmien määrä on runsaat 125 000 eläintä vuonna 2055 Markkinat edellä ja Ympäristö edellä -skenaarioissa, mikä johtuu perusuraa selvästi pienemmästä lypsykarjarotuisen karjan määrästä, siitä, että naudanlihalle on näissä skenaarioissa edelleen kotimaista kysyntää, sekä osin jäljelle jääneistä tuotantosidonnaisista tuista sekä vapautuvasta ja vaihtoehtoiskustannuksiltaan aiempaa edullisemmasta pellosta.



Kuva 30. Nautojen kokonaismäärä (eläintä) eri skenaarioissa.



Kuva 31. Emolehmien kokonaismäärä (1000 eläintä) eri skenaarioissa.

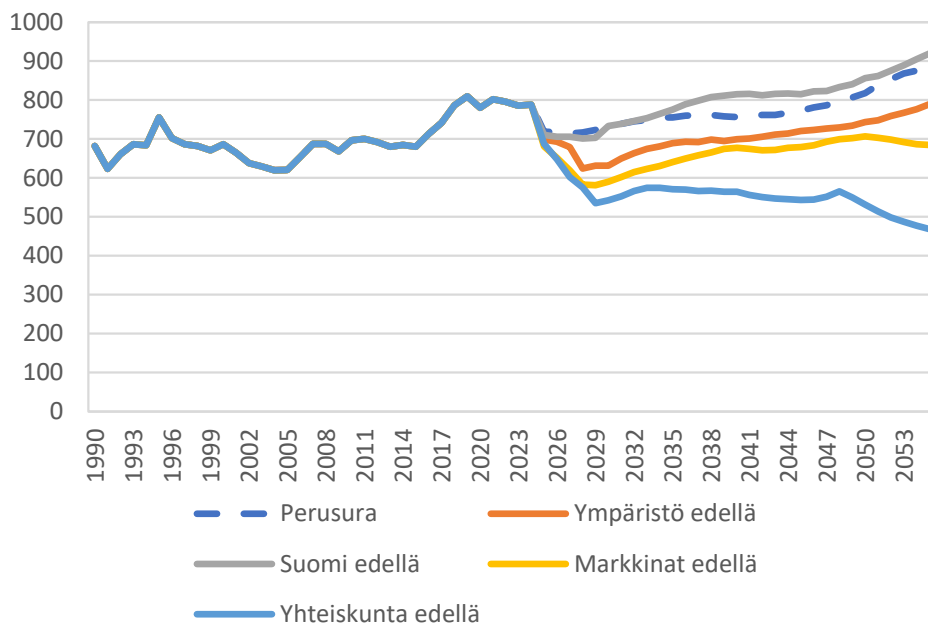


Kuva 32. Lypsylehmien kokonaismäärä (1000 eläintä) eri skenaarioissa.

Maidontuotanto kehittyy vahvasti jo perusurassa 2030- ja 2040-luvuilla tilakoon kasvun, työn käytön tehostumisen ja lehmien keskituotoksen kasvun ansiosta (Kuva 29). Valtaosa tuotannosta tuotetaan 2040 luvun puoliväliin tultaessa yli 200 lehmän yksiköissä ja lähes kaikki muu maito yli 100 lehmän tiloilla, ja vain pieni osa enää alle 100 lehmän tiloilla. Tämä antaa kustannuskilpailukykyä. Perusurassa ja Suomi

edellä -skenaariossa maidontuotannon kokonaismäärä ylittää 2,4 miljardia litraa vuonna 2040, jonka seurauksena vähennetään merkittävästi C-tukialueen (likimain Tampere-Lappeenranta -linjan pohjoispuolinen osa Suomesta) tuotantosidonnaista kansallista tukea. Näin siksi, että Suomen EU-liittymissopimuksen mukaan tuotantosidonnaisen tuen ei pidä johtaa tuotannon kokonaismäärän kasvuun, jonka vuoksi DREMFA-malliin on asetettu maidon kansallisen tuen leikkuri 2,4 miljardin litra kohdalle. 2,4 miljardin litran tuotannon taso ylittyy tulosten mukaan myös vuonna 2055. Tulosten mukaan Suomen maidontuotanto, vaikka onkin vielä toistaiseksi riippuvainen maidon kansallisista hintatuista erityisesti pohjoisilla alueilla, tulee rakennekehityksen ansiosta 2030-luvulla aiempaa vähemmän riippuvaisemmaksi kansallisesta tuesta.

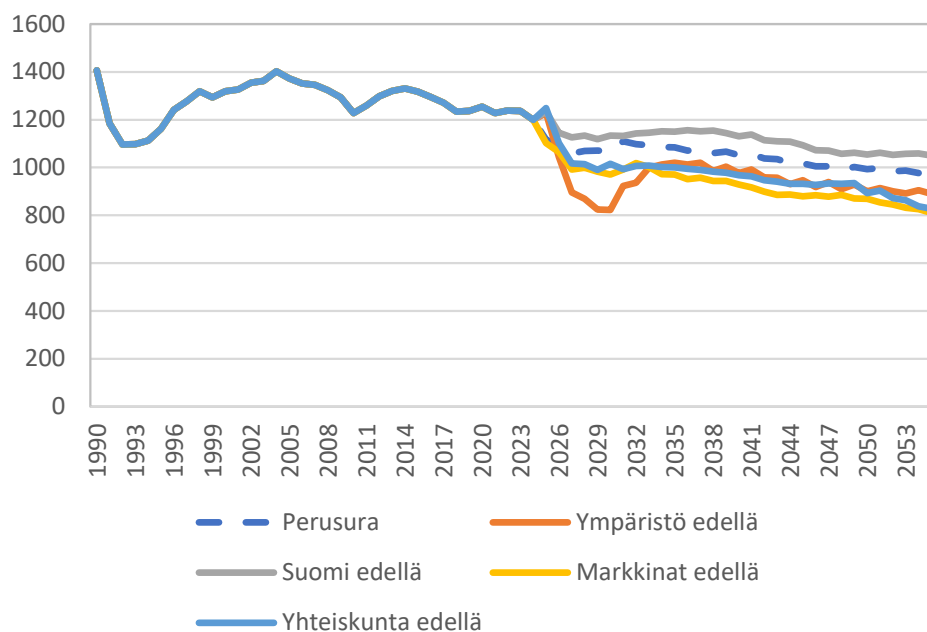
Vastaava maitotilojen rakennekehitys toteutuu myös Suomi edellä -skenaariossa, jossa maitotuotteiden kysyntä ja maidon hintatuet tuottajille ovat samat kuin perusurassa. Tällöin tuotanto vähenee perusuraa nopeammin pienillä maitotiloilla ja kasvaa hitaammin suurilla maitotiloilla verrattuna perusskenaarioon. Eläimistä peräisin olevan maidon kysyntää laskee solumaatalouden kasvava osuus Markkinat ja Yhteiskunta edellä -skenaariossa. Vähenevästä kotimaisesta kysynnästä ja tuista huolimatta investoinnit suurimpiin maitotiloihin jatkuvat eri asteisesti kaikissa skenaarioissa, koska tuotantokustannukset ovat alhaisemmat suurilla maitotiloilla (maitotilat, joilla 100–200 lehmää ja maitotilat, joilla yli 200 lehmää) kuin pienillä (alle 50 lehmää) ja keskikokoisilla tiloilla (50–100 lehmää). Vähenevästä sika- ja siipikarjataloudesta ja näihin liittyvästä viljantuotannosta vapautuu peltoalaa lypsykarjatalouden käyttöön muissa paitsi perusurassa ja Suomi edellä -skenaarioissa. Tämän vuoksi maidontuotannon kokonaismäärä ei vähene yhtä paljon kuin eläinperäisten maitotuotteiden kysyntä vähenee. Tämä tarkoittaa sitä, että maitotuotteiden vienti kasvaa. Se on todennäköisempää kuin sika- ja siipikarjataloudessa, joissa viennin osuus tuotannosta on ollut melko vähäinen, koska Suomessa tuotetusta maitomäärästä on jo pitkään, noin 15 vuoden ajan, 30–40 % viety erilaisina maitojalosteina ulkomaille. Maitosektorin kilpailukyvyyn paraneminen ja peltoalan parantuva saatavuus johtaa siis maitotuotteiden viennin maltilliseen ja hitaaseen kasvuun eri skenaarioissa, jolloin tuotanto ei vähene samassa määrin kuin kotimainen kysyntä vähenee.



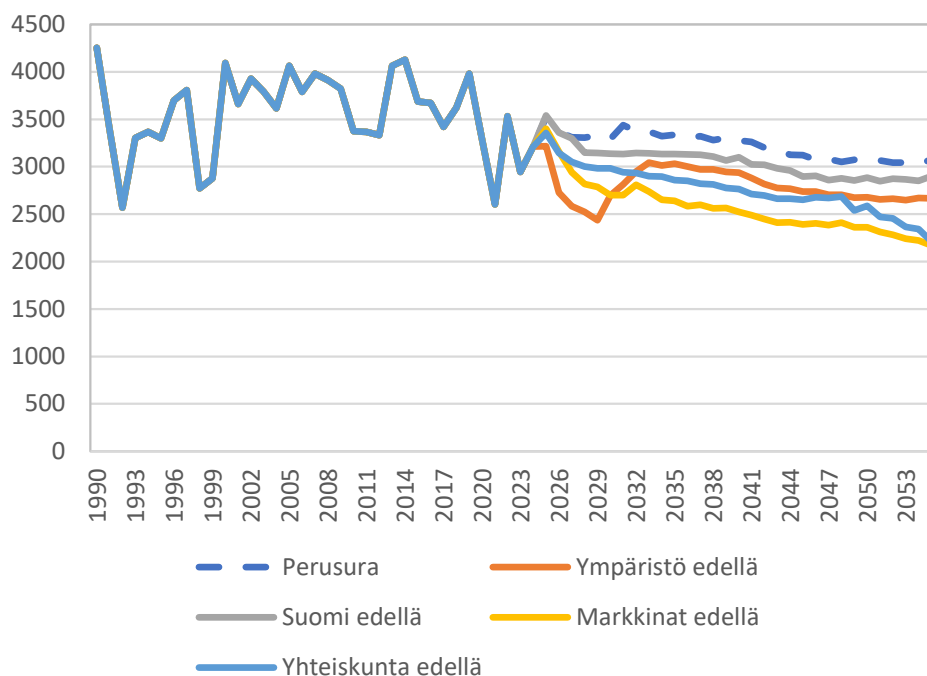
Kuva 33. Rehunurmien kokonaisala (1000 ha) eri skenaarioissa. Ympäristö edellä (ENV), Markkinat edellä (BIZ) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioissa matalan lannoitustason nurmien osuus nurmialasta on suurempi kuin perusurassa (WEM) ja Suomi edellä (FIN) -skenaariossa.

Viljan viljelyala (Kuva 34) ja tuotantomäärät (Kuva 35) vähenevät skenaarioissa, joissa kotieläintuotanto vähenee. Yksivuotisten kasvien viljelyalat ovat suurimmat Suomi edellä (FIN) -skenaariossa, jossa saavutetaan (palkoviljat, sokeri, naudanliha) tai lähes saavutetaan (ruis) skenaariossa asetetut omavaraisuustavoitteet. Kuva 36 esittää palkoviljojen kokonaistuotannon.

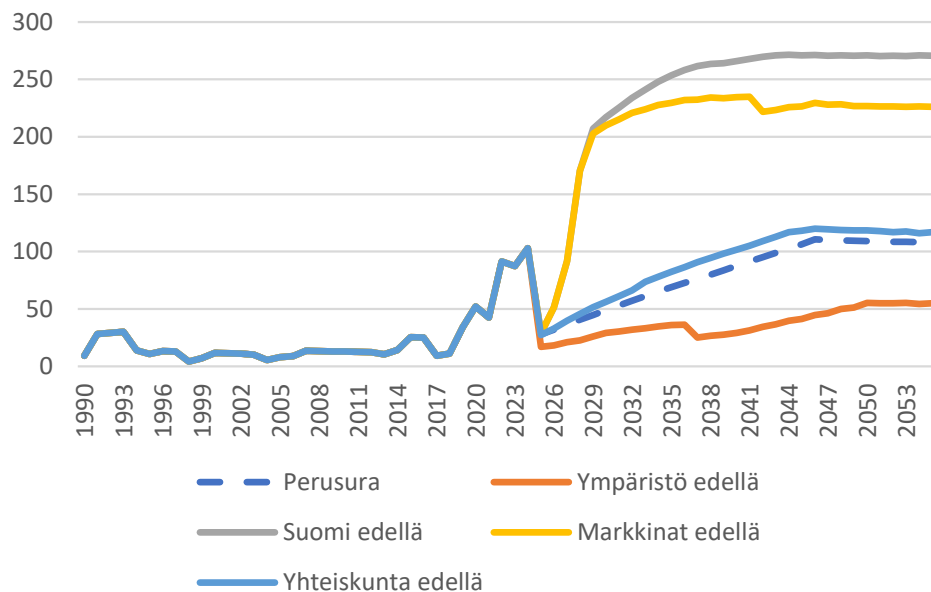
Palkoviljojen osalta niiden käyttö rehuina on ollut jo viime vuosina kasvussa. Suomi edellä (FIN) -skenaariossa noin 30 % satotason nousu ja tuotantosidonnaisen hehtaarituen nousu johtavat likimain omavaraisen täydennysrehuvalkuaisen tuotantoon. Samoin lähelle omavaraisuutta täydennysrehuvalkuaisen tuotannossa päästään Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa. Muissa skenaariossa, myös perusurassa, jäädytään tämän omavaraisuustavoitteen alle, myös Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa, jossa kylläkin tapahtuu merkittävää edistymistä nurmipalkokasvien tuotannossa (Kuva 36).



Kuva 34. Viljan ja tärkeimpien muiden yksivuotisten kasvien alat (1000 ha)

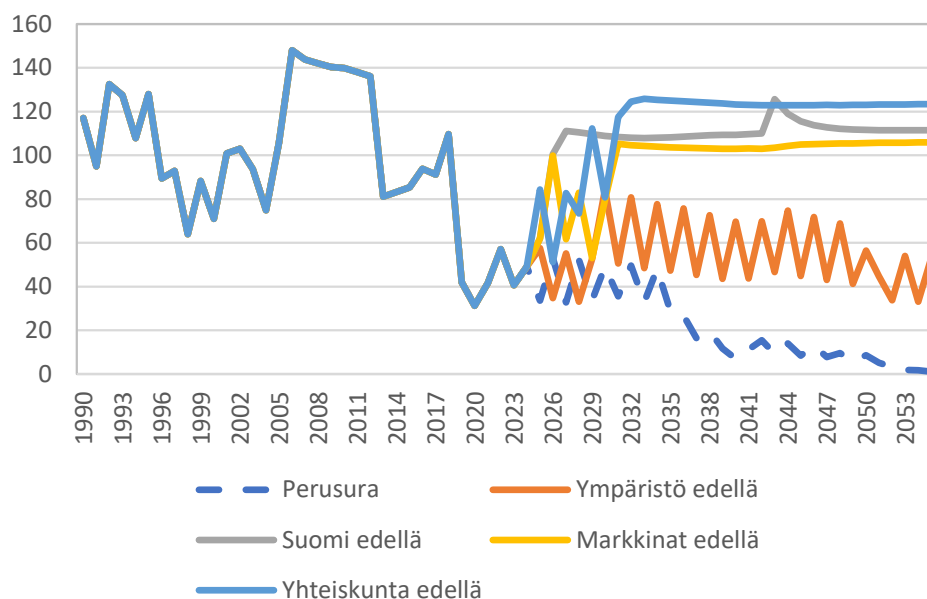


Kuva 35. Viljan kokonaistuotanto (1000 t)



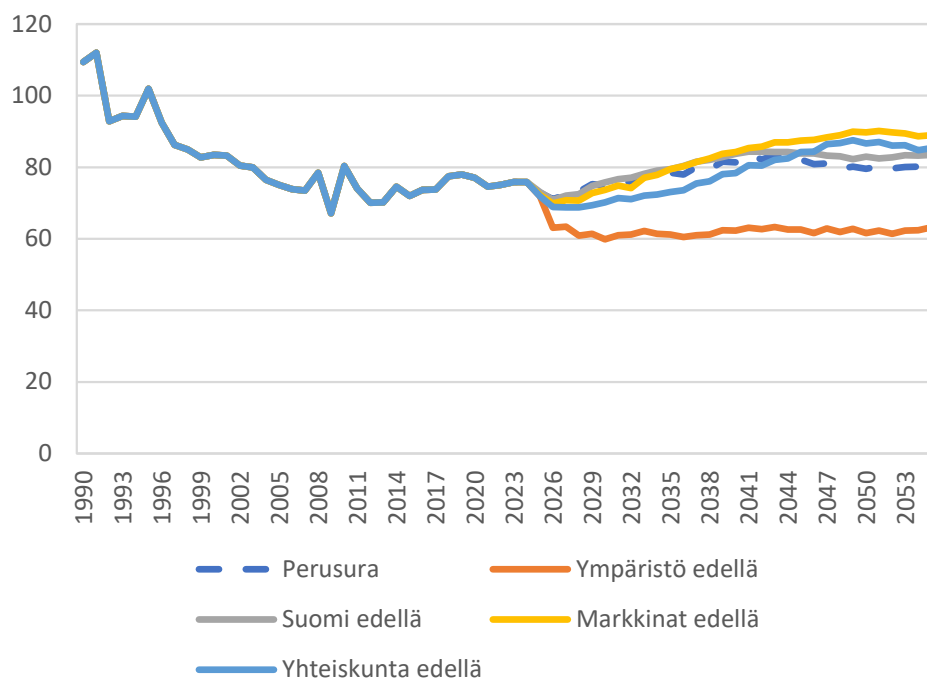
Kuva 36. *Palkoviljojen kokonaistuotanto (1000 t)*

Öljykasvinsiementen kokonaistuotanto kasvaa merkittävästi viljelykiertorajoitteiden puitteissa, mutta ei saavuta vuoden 2022 kotimaisen käytön tasoa (162 milj. kg) missään skenaariossa. Merkittävää kasvua tapahtuu Yhteiskunta, Suomi (syynä satojen nousu ja tuet) ja Markkinat edellä -skenaariossa (Kuva 37). Sen sijaan perusurassa (WEM) ja Ympäristö edellä -skenaarioissa tuotannon kasvu jää vähäiseksi. Rukiin tuotannon osalta päästään lähelle omavaraisuutta (80–90 %) ainoastaan Suomi edellä -skenaariossa korotettujen tukien ansiosta. Sokerin tuotannon omavaraisuus saavutetaan vain Suomi edellä -skenaariossa, missä oletetaan jalostuskapasiteetin tai sen käyttöasteen kaksinkertaistuminen vuoteen 2045 mennessä. Siihen taas viljelijätuilla (joiden nousua ei ole oletettu) tai satotasojen kehityksellä (oletettu 25 prosentin nousu) ei ole lopulta ensisijaista vaikutusta, vaan sokerijuurikkaan tuotanto kannattaa, jos sokeria Suomessa enemmän jalostetaan.

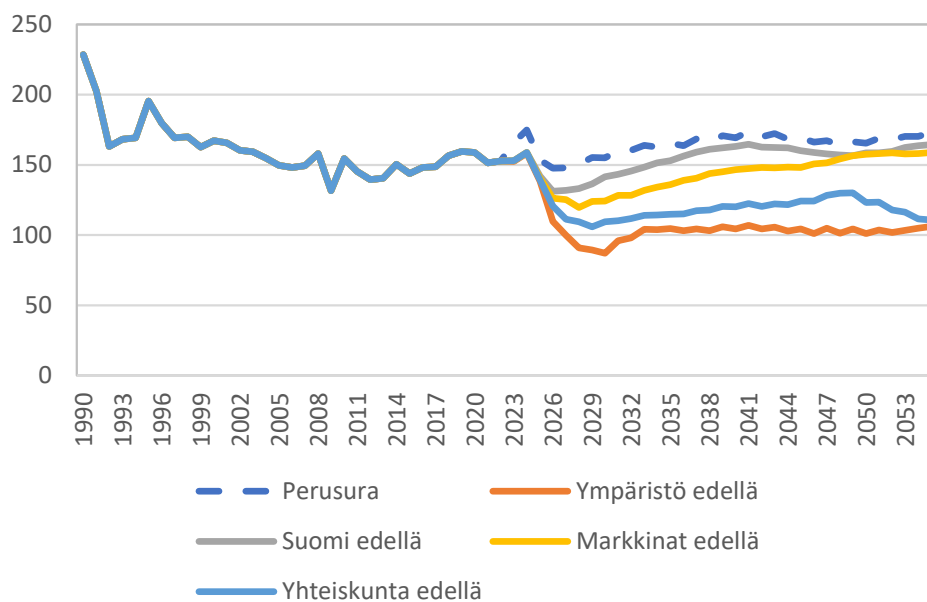


Kuva 37. Öljykasvinsiementen kokonaistuotanto (1000 t)

Epäorgaanisen typpilannoituksen määrä hehtaaria kohden alenee eniten Ympäristö edellä -skenaariossa typpiveron, matalan intensiteetin nurmien ja apilanurmien tukien vuoksi (Kuva 38). Typpilannoitus nousee muissa skenaarioissa vuoden 2022 noin 70 kg N/ha tasolta asteittain tasolle 80 kg N/ha pääosin OECD-FAO:n hintaennusteiden vuoksi. Epäorgaanisen typpilannoituksen kokonaismäärä puolestaan (Kuva 39) vähenee eniten ja likimain samansuuruisesti Ympäristö ja Yhteiskunta edellä -skenaarioissa, joissa lannoitus vähenee tasolta 150 milj. kg tasolle 110 milj. kg. Muissa skenaarioissa epäorgaanisen typpilannoituksen kokonaismäärä pysyy likimain ennallaan, vaikka aleneekin ensimmäisen 5–10 vuoden aikana. Syynä näihin muutoksiin ovat pellonkäytön muutokset hehtaarikohtaisen lannoitustason muutosten ohella (Kuva 38).



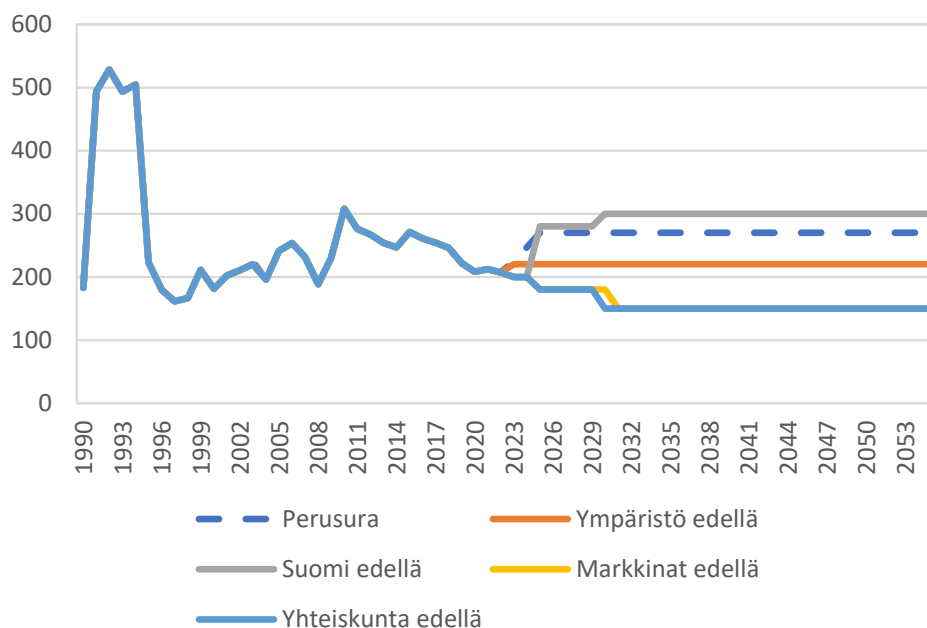
Kuva 38. Epäorgaanisen typpilannoituksen määrä hehtaaria kohti (kg/ha)



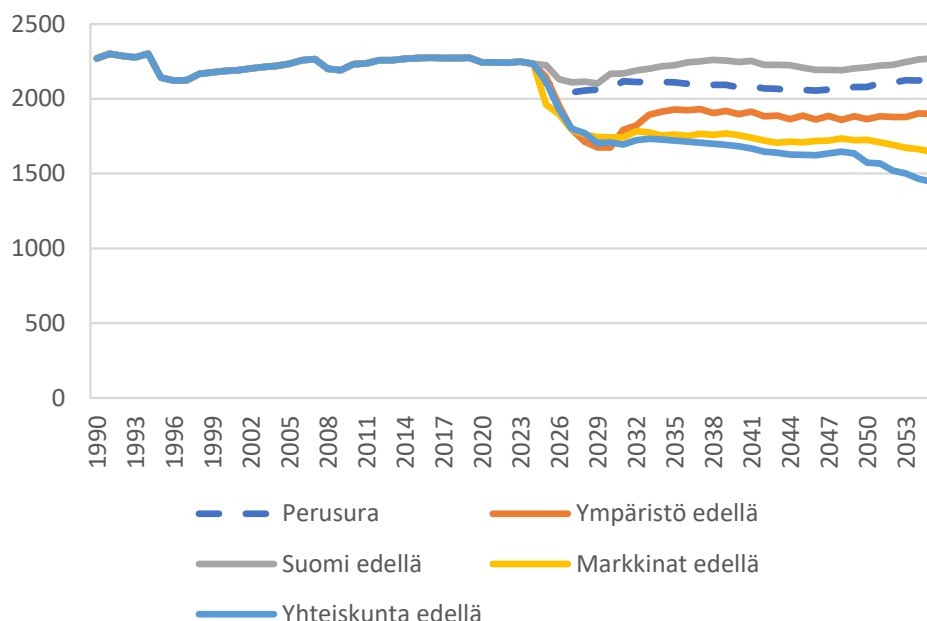
Kuva 39. Epäorgaanisen typpilannoituksen kokonaismäärä (1000 t)

Käytössä oleva peltoala vähenee eniten, tasolta 2,2 milj. ha vuonna 2022 tasolle 1,5 milj. ha vuonna 2055, Yhteiskunta edellä -skenaariossa. Suomi edellä -skenaariossa käytössä oleva peltoala pysyy ennallaan tai jopa vähän lisääntyy.

Perusurassa käytetty peltoala vähenee tasolle 2,1 milj. ha. Ympäristö edellä - skenaariossa käytetty peltoala vähenee noin 300 000 ha 2022–2055 eli tasolle 1,9 milj. ha. Erilaiset laajaperäisen nurmen tuet sekä typpiveron kauttaaltaan viljelyä laajaperäistävä vaikutus pitää peltoa viljelyksessä enemmän kuin tuotantoon välttämättä tarvittaisiin. Tällöin kuitenkin peltoa on paljon kesannolla ja muun muassa laidunnuksessa, mikä edistää luonnon monimuotoisuutta. Kesantoalat on yksinkertaisuuden vuoksi vakioitu kunkin skenaarion tulosten keskiarvon tasolle (Kuva 40). Kesantoalat ovat vahvasti riippuvaisia tuotannosta riippumattomista tuista, ei vain kesannoinnin tuista. Pidemmän päälle runsas kesannointi ei maataloilille kannata, koska tulovirta ilman markkinatuottoja ei riitä ylläpitämään riittävää konekantaa. Näin käy erityisesti Markkinat ja Yhteiskunta edellä - skenaarioissa, joissa peltoalatukien kokonaismäärä vähenee, samoin kuin kotieläintuotanto. Näin ollen arvio kesantoalojen kehityksestä, joka vaikuttaa myös kokonaispeltoalan kehitykseen on lähinnä suuntaa antava ja herkkä oletuksille kesanto- ja muista peltoalatuista.



Kuva 40. Kesantoala (1000 ha)



Kuva 41. Käytössä oleva peltoala yhteensä (1000 ha)

7.1.1 Johtopäätöksiä maatalouden kehityksestä

Eläinperäinen sian- ja siipikarjanlihantuotanto vastaa tulosten mukaan nopeasti kotimaisen kysynnän vähenemiseen, joka voi toteutua sekä kuluttajien ruokavalioiden muuttuessa, että solumaatalouden ottaessa osuutta eläinperäisten tuotteiden kulutuksesta. Tällöin supistuva sika- ja siipikarjatalous ja osin supistuva nautakarjatalous vapauttaa peltoalaa rehuntuotannosta. Peltoalan käyttö voi vastaavasti lisääntyä leipäviljan (vehnä, ruis, osin kaura) ja muun kasvintuotannon lisääntyessä vastaten kotimaisen kysynnän muutoksiin.

Suuressa osassa Suomea leipäviljan, palko- ja öljykasvien tuotannot, jotka ovat keskittyneet maan etelä- ja etenkin lounaisosiin, ovat riskialttiita suuren vuosien välisen satovaihtelun vuoksi. Satojen määrä ja laatu voivat olla heikkoja, jolloin suuri osa tuotannosta kelpaa vain rehuksi. Tämä johtuu pääosin sääolosuhteiden vaihtelusta ja osin peltomaiden ominaisuuksista. Alhaiset ja epävarmat sato-odotukset eivät houkuttele viljelijöitä näiden kasvien tuotannon lisäämiseen suuressa osassa maata. Tällöin maitosektori käyttää sika- ja siipikarjanlihan tuotannosta ja niitä palvelevasta rehuviljan tuotannosta vapautuvan pellon, jos maitotuotteiden EU-hinnat ja maidontuotannon tuotantosidonnaiset tuet eivät merkittävästi alene. Vahvaan maidontuotannon kehitykseen tuloksissa ovat syynä rakennekehityksen ja viennin mahdollisuudet. Työnkäytön tehostuminen maidontuotannossa maitotilojen keskikoon ja lehmien keskituotoksen kasvaessa antaa mahdollisuuksia kannattavaan tuotantoon ja investointeihin maitotiloilla ja maitotuotteiden arvoketjuissa. Osaksi maitosektorin vahvaa kehitystä, myös skenaarioissa, joissa (eläinperäisten) maitotuotteiden kotimainen kysyntä laskee,

selittää viennin vahva osuus maidon kokonaistuotteista. Maitosektorilla viennin ja tuonnin osuudet ovat merkittäviä (20–40 %) eri tuotteissa, joille on eriytyneet markkinat ja kysyntä kotimaassa ja ulkomailla.

Tulosten mukaan satoisuuden ja tuotantosidonnaisten tukien kasvattaminen voi jossain määrin lisätä öljy- ja palkokasvien sekä rukiin tuotantoa. Naudanlihantuotanto voi kasvaa lähemmäksi vuoden 2022 kulutusta vain, jos nautaeläinkohtaisia tukia kasvatetaan merkittävästi. Nykyisen maatalouspolitiikan vallitessa siihen eivät suostu EU:n komissio eivätkä EU:n jäsenmaat. Erityisesti on huomattava, että Suomi edellä -skenaarion tavoitteita maatalous- ja elintarviketuotannon omavaraisuuden saavuttamiseksi on vaikea saavuttaa. Kasvit ja tuotteet, joissa on alhainen omavaraisuusaste ovat usein niitä, joilla on alhaiset sadot, ja/tai suuret satoriskit Suomessa. Näiden tuotannonalojen (sokeri, öljy- ja palkokasvit sekä naudanliha) tulevaisuudesta ja kapasiteetista päättää pääosin ruokateollisuus. Kyseisten tuotteiden tuotantomäärien kasvua ei voida taata yksin tuotantosidonnaisten maataloustukien avulla muuten, kuin ehkä rukiin tuotannossa. Tuotantomäärien kasvattamiseen kannattavasti tarvitaan lisäksi satojen nousua, mutta avainasemassa ovat etenkin sokerin, öljy- ja palkokasvien osalta ruokateollisuuden päätökset ja kilpailuasetelma tuontiin nähden. Näihin voidaan vain rajallisesti vaikuttaa viljelijätukien ja satokehityksen edistämisen avulla.

Ilmastomuutoksen vaikutuksia huomioitiin skenaarioissa ja niiden vaikutuslaskelmissa vain epäsuorasti ja osittain: oletettiin, että satotasot eivät lähtökohtaisesti laske tai nouse (poikkeuksena palko- ja öljykasvit Suomi ja Ympäristö edellä -skenaarioissa), vaan pysyvät vuoteen 2055 asti viimeisen 15 vuoden keskiarvojen tasolla. Tämä edellyttää jonkinasteista sopeutumista lämpenevään ilmastoon ja piteneviin kasvukausiin sekä äärevöityviin sääolosuhteisiin, jotka yleistyvät suurella todennäköisyydellä vuoteen 2055 mennessä Suomen ja maailman kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä riippumatta. Päästöjen kehityksellä tai ns. ilmastoskenaarioilla on vaikutusta toki ilmastomuutoksen voimakkuuteen, etenkin vuoden 2050 jälkeen ja kasvavassa määrin vuosisadan jälkipuoliskolla.

Suomessa nurmet ja rehuviljat ovat vähemmän herkkiä sato- ja laatuvaihteluille, kun tuotanto yhdistyy kotieläintuotantoon, jossa rakenne- ja tuottavuuskehityksen kautta hankittu ja osin edelleen vahvistuva tuottavuus etenee ja antaa mahdollisuuksia. Kasvintuotannossa ei vastaavaa tuottavuuskasvua ole mahdollista saavuttaa ilman satotasotason nousua, toki tuottavuuskasvua voi tulla satotasosta riippumatta tilakoon kasvaessa ja teknologian kehittyessä.

Lannoitus ja pellon tarve voivat vähentyä merkittävästi, jos kasvituotteet ja/tai solumaatalous korvaavat perinteisiä kotieläintuotteita – erityisesti sian- ja siipikarjanlihaa – ruokavalioissa.

Vuodet 2025–2030 voivat olla osin suhdanneluonteisesti (panoshinnat nousevat) haastavia maataloudelle, jolloin tuotanto ja pellonkäyttö alenevat skenaarioissa epärealistisen paljon – päästövähennyksiä tuskin saavutetaan yhtä nopeasti jo vuoteen 2030 mennessä, kuten tulokset antavat ymmärtää – suuret muutokset ja päästövähennykset ovat mahdollisia 2030- ja 2040-luvuilla.

7.1.2 Maataloussektorin päästökehitys LTS-skenaarioissa

Maataloussektorin päästöt vähenevät kaikissa skenaarioissa nykytasoon verrattuna (Taulukko 11, Kuva 42). Omavaraisuutta painottavassa Suomi edellä (FIN) - skenaariossa päästövähennys jää kuitenkin vähäiseksi, sillä viljelyyn käytettävän peltopinta-alan määrä ei merkittävästi muutu ja eläintuotanto säilyy lähes nykyisellään.

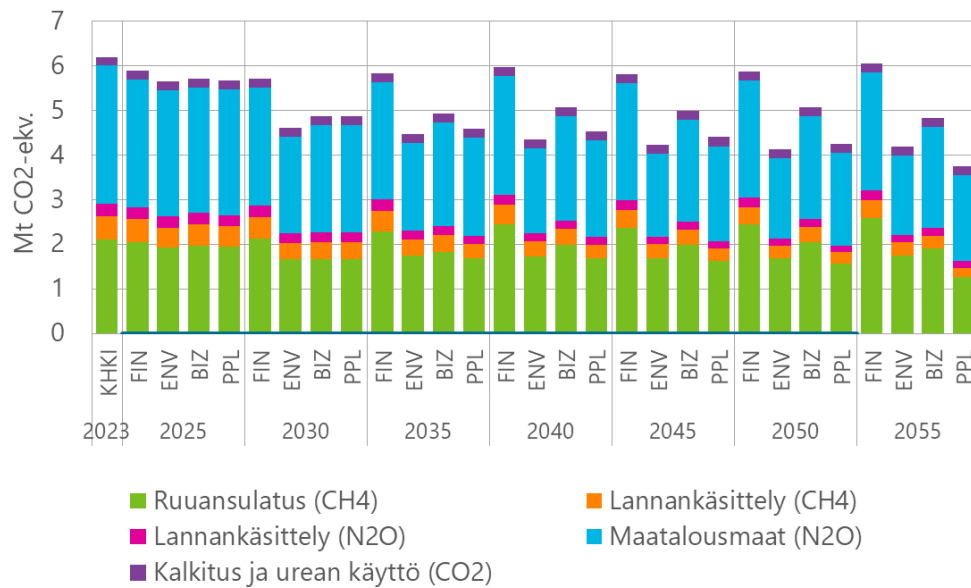
Suurimmat päästövähennykset saavutetaan Yhteiskunta edellä (PPL) - ja Ympäristö edellä (ENV) -skenaarioissa. ENV-skenaariossa päästöjä alentavat erityisesti väkilannoitteiden vähäinen käyttö sekä laajemmat turvepeltojen vettämis- ja kosteikkoviljelyalat, mikä näkyy muita skenaarioita alhaisempina maatalousmaiden N₂O-päästöinä. Myös PPL-skenaariossa väkilannoitteiden käyttö on maltillisempaa verrattuna Suomi edellä (FIN) - ja Markkinat edellä (BIZ) - skenaarioihin. Lisäksi PPL-skenaariossa alhaisempi nautojen kokonaismäärä vähentää päästöjä, mikä näkyy pienempinä ruuansulatuksen ja lannankäsittelyn päästöinä verrattuna muihin skenaarioihin.

Nautojen ruuansulatuksen päästöjä vähennetään ENV-, PPL- ja BIZ-skenaarioissa käyttämällä 3NOP-lisäainetta, jota syötetään luomutuotannon ulkopuolisille nautoille. PPL- ja BIZ-skenaarioissa lisäaineen käyttö kasvaa lineaarisesti siten, että vuoteen 2055 mennessä 3NOP:ia annetaan puolelle lypsylehmistä. ENV-skenaariossa käyttö on laajempaa: ilmastosyistä 3NOP:ia syötetään vuoteen 2055 mennessä kaikille luomutuotannon ulkopuolisille nautoille (60 % nautoista), ei ainoastaan lypsylehmille. Tämän seurauksena 3NOP-lisäaineen tuottama päästövähennys on ENV-skenaariossa suurin, 0,27 Mt CO₂-ekv. vuonna 2055. Tämä myös selittää, miksi ENV-skenaarion ruuansulatuksen päästöt jäävät selvästi BIZ-skenaariota pienemmiksi, vaikka lypsylehmien määrä on ENV-skenaariossa suurempi kuin BIZ-skenaariossa vuonna 2055.

Taulukko 11. Maatalouden päästöt päästöluokittain LTS-skenaarioissa. Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Suomi edellä (FIN)								
Ruuansulatus (CH ₄)	2,11	2,05	2,12	2,29	2,44	2,36	2,44	2,59
Lannankäsittely (CH ₄)	0,52	0,51	0,48	0,46	0,43	0,40	0,40	0,40
Lannankäsittely (N ₂ O)	0,28	0,28	0,26	0,25	0,24	0,22	0,22	0,21
Maatalousmaat (N ₂ O)	3,10	2,86	2,65	2,62	2,66	2,62	2,61	2,65
Kalkitus ja urean käyttö (CO ₂)	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Yhteensä	6,20	5,89	5,72	5,82	5,97	5,81	5,86	6,05
Ympäristö edellä (ENV)								
Ruuansulatus (CH ₄)	2,11	1,92	1,66	1,74	1,73	1,69	1,68	1,74
Lannankäsittely (CH ₄)	0,52	0,46	0,37	0,35	0,33	0,30	0,28	0,30

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Lannankäsittely (N ₂ O)	0,28	0,25	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17
Maatalousmaat (N ₂ O)	3,10	2,83	2,17	1,98	1,91	1,86	1,80	1,79
Kalkitus ja urean käyttö (CO ₂)	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Yhteensä	6,20	5,65	4,60	4,48	4,35	4,23	4,13	4,20
Markkinat edellä (BIZ)								
Ruuan sulatus (CH ₄)	2,11	1,96	1,67	1,83	1,99	1,98	2,04	1,90
Lannankäsittely (CH ₄)	0,52	0,48	0,39	0,37	0,35	0,34	0,34	0,29
Lannankäsittely (N ₂ O)	0,28	0,27	0,21	0,21	0,19	0,19	0,18	0,17
Maatalousmaat (N ₂ O)	3,10	2,81	2,41	2,33	2,33	2,29	2,3	2,26
Kalkitus ja urean käyttö (CO ₂)	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Yhteensä	6,20	5,71	4,87	4,93	5,06	4,99	5,06	4,83
Yhteiskunta edellä (PPL)								
Ruuan sulatus (CH ₄)	2,11	1,94	1,60	1,68	1,69	1,62	1,56	1,25
Lannankäsittely (CH ₄)	0,52	0,46	0,35	0,33	0,31	0,28	0,26	0,22
Lannankäsittely (N ₂ O)	0,28	0,25	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15
Maatalousmaat (N ₂ O)	3,10	2,81	2,30	2,20	2,17	2,14	2,08	1,93
Kalkitus ja urean käyttö (CO ₂)	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Yhteensä	6,20	5,66	4,63	4,55	4,47	4,32	4,16	3,66



Kuva 42. Maataloussektorin päästökehitys päästöluokittain LTS-skenaarioissa. Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

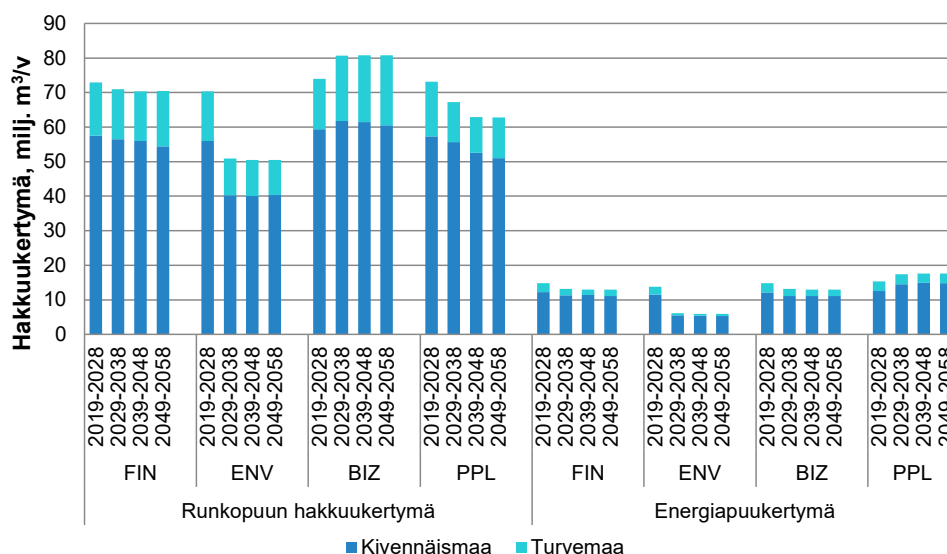
7.2 Metsävarojen kehitys

Metsävarojen kehitys LTS-skenaarioissa mallinnettiin metsien käsittelyvaihtoehtojen simulointiin ja lineaariseen optimointiin perustuen vastaavalla tavalla kuin KEITO-hankkeen (Koljonen ym. 2025) skenaarioissa hyödyntäen luvussa 6.6 esitettyjä metsäteollisuuden ja energiasektorin puuntarvearvioita. Arviot laadittiin Luken MELA-ohjelmiston (Hirvelä ym. 2017) avulla käyttäen samoja metsävara-aineistoja ja pääosin samoja laskentaoletuksia kuin KEITO-hankkeen WEM-skenaariossa (Koljonen ym. 2025). Laskenta toteutettiin maakunnittain optimointiin perustuen, jossa maksimoitavana tavoitemuuttujana oli nettotulojen nykyarvo neljän prosentin reaalkorkokannalla laskettuna ja jossa laskentaa ohjaavina maakunnittaisina korjuumäärärajoitteina käytettiin metsäteollisuuden ja energiasektorin puuntarvearvioista johdettuja 10-vuotiskausille määritettyjä alueellisia ja puutavaralajeittaisia hakkuukertymiä. Korjuumäärärajoitteille sallittiin oletusarvoisesti 0,5 prosentin rajoitekohtainen vaihteluväli, jota laajennettiin tarvittaessa. Määrärajoitteita asetettiin runkopuun kokonaiskertymälle ja puulajikohtaisten tukki- ja ainespuun (tukki- ja kuitupuu yhteensä) hakkuukertymille sekä energiapuun kokonaiskorjuumäärälle ja erikseen kantojen korjuumäärälle. Lisäksi yläharvennus- ja metsänlannoituskohteiden valintaa ohjattiin rajoitteilla. Laskennan tuloksena saatiin laskentaoletuksille ehdolliset arviot hakkuiden kohdentumisesta ja metsien tulevasta kehityksestä laadituille skenaarioille. Laskennassa käytetty valtakunnan metsien inventoinnin koeala-aineisto (mittausvuodet 2017–2021) vastasi metsävarojen tilannetta keskimäärin vuonna 2019, joka oli myös skenaariolaskennan aloitusvuosi.

Puun korjuumäärätavoitteita lukuun ottamatta Suomi edellä (FIN) ja Markkinat edellä (BIZ) -skenaarioissa käytettiin samoja metsien kehitykseen, puuston kasvuntasoon, metsien käsittelyyn, puuntuotannon rajoituksiin, hintoihin ja kustannuksiin liittyviä laskentaoletuksia kuin KEITO-hankkeen WEM-skenaariossa (Koljonen ym. 2025). Laskentaoletukset sisälsivät metsien käsittelyssä hiilinielujen ja monimuotoisuuden lisäämiseen tähtääviä toimia: kivennäismaiden kasvatuslannoitusta ja turvemaiden tuhkalannoitusta lisättiin yhteensä 117 000 hehtaariin vuodessa, kunnostusojitusta ei tehty harvennushakkuun yhteydessä rehevien korpien lisäksi myöskään karuilla rämeillä, osa puuston kiertoajan viimeisistä harvennushakkuista tehtiin rehevissä korvissa yläharvennustyyppisinä ja uudistushakkuissa säästöpuina kasvamaan jätettävän puuston määrää lisättiin. Myös Ympäristö edellä (ENV) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioissa käytettiin WEM-skenaariion mukaisia laskentaoletuksia lukuun ottamatta metsien lannoitusalaan ja metsämaan tiukkaan lisäsuojeluun liittyviä määrityksiä, jotka on kuvattu luvussa 6.6.

Metsäteollisuuden ja energiasektorin puuntarvearvioihin perustuvat laskentamääritykset ohjaavat voimakkaasti laskentaa ja vaikuttavat merkittävästi laskennasta saatuihin arvioihin. Tukki- ja kuitupuun sisältävän ainespuun hakkuukertymissä ja energiaksi korjatun puun kokonaismäärissä on huomattavaa vaihtelua LTS-skenaarioiden välillä (Kuva 43, Liite C). Skenaariolaskennan tuloksena saatu runkopuun vuotuinen hakkuukertymä on suurimmillaan Markkinat edellä -skenaariossa, jossa vuotuinen kertymäärä nousee ensimmäisen 10-vuotiskauden (vuosien 2019–2028) 74 miljoonasta kuutiometristä vajaan 81 miljoonan kuutiometrin vuositasolle. Runkopuun hakkuukertymä sisältää ainespuun lisäksi energiaksi korjatun runkopuun. Muissa skenaarioissa runkopuun kertymäärä on laskeva 40 vuoden tarkastelujakson aikana. Vuotuinen kertymäärä laskee Ympäristö edellä -skenaariossa 70 miljoonan kuutiometrin tasolta toisella 10-vuotiskaudella (2029–2038) runsaaseen 50 miljoonaan kuutiometriin ja Yhteiskunta edellä-skenaariossa noin 73 miljoonasta kuutiometristä kolmannella kaudella (2039–2048) 63 miljoonaan kuutiometriin. Suomi edellä -skenaariossa runkopuun hakkuukertymä pienenee hieman, mutta kertymäärä pysyy runsaan 70 miljoonan kuutiometrin tasolla koko 40 vuoden tarkastelujakson ajan.

Turvemaiden osuus runkopuun hakkuukertymästä on 40 vuoden tarkastelujaksolla suurin Markkinat edellä -skenaariossa (keskimäärin 23 prosenttia) ja pienin Yhteiskunta edellä -skenaariossa (19 prosenttia). Suomi edellä ja Ympäristö edellä -skenaarioissa turvemaiden osuus runkopuun kertymäarviosta on keskimäärin 21 prosenttia.

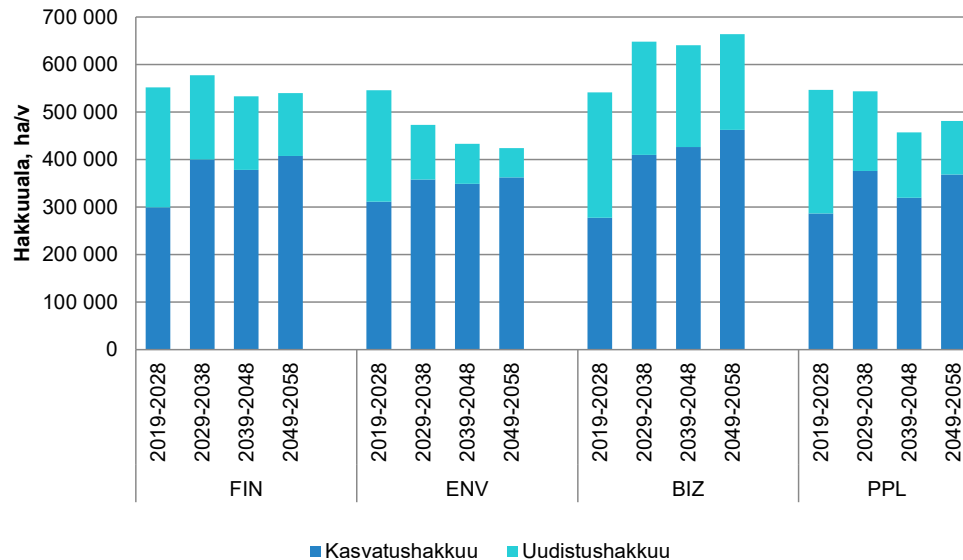


Kuva 43. Runko- ja energiapuun vuotuiset hakkuukertymät puuntuotannossa olevalla metsämaalla Suomi edellä (FIN), Ympäristö edellä (ENV), Markkinat edellä (BIZ) ja (Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioiden mukaan koko maassa 10-vuotiskausittain. Runkopuun hakkuukertymässä on mukana ainespuu (tukki- ja kuitupuuta) ja energiarunkopuuta. Energiapuukertymä sisältää energiarunkopuuta lisäksi energiakäyttöön korjatut puiden oksat, lehdet, kannot ja juuret.

Energiapuuta korjataan eniten Yhteiskunta edellä -skenaariossa, jossa energiaksi korjatun runkopuun, oksien, lehtien, kantojen ja juurten määrä yhteensä nousee 40 vuoden tarkastelujakson aikana yli 17 miljoonan kuutiometrin vuositasolle. Suomi edellä ja Markkinat edellä -skenaarioissa energiapuun vuotuinen korjuumäärä asettuu 13 miljoonan kuutiometrin tasolle. Ympäristö edellä -skenaariossa energiapuun vuotuiset korjuumäärät ovat pienimmät laskien ensimmäisen 10-vuotiskauden vajaan 14 miljoonan tasosta noin 6 miljoonan kuutiometrin tasolle.

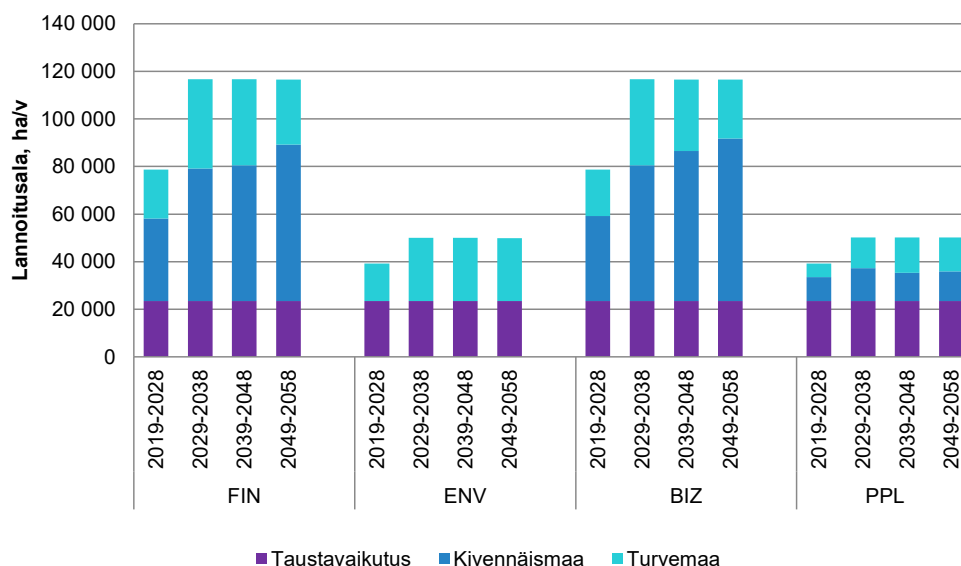
Hakkuuala on suurimmillaan Markkinat edellä -skenaariossa (keskimäärin 624 000 hehtaaria vuodessa tarkastelujakson aikana) ja pienimmillään Ympäristö edellä -skenaariossa (469 000 hehtaaria vuodessa) (Kuva 44). Vaikka Suomi edellä -skenaariossa runkopuun hakkuukertymäärävion tasossa tapahtuu vain vähäisiä muutoksia tarkastelujakson aikana, hakkuutapojen osuudet kuitenkin muuttuvat ajan kuluessa. Uudistushakkuiden osuus hakkualasta pienenee myöhemmillä 10-vuotiskausilla ja kasvatushakkuiden osuus lisääntyy ensimmäisen 10-vuotiskauden 54 prosentista neljännen kauden 75 prosenttiin. Myös Yhteiskunta edellä -skenaariossa havaitaan hakkuutapojen osuuksissa lähes samanlainen kehitys. Suurimmillaan muutos on Ympäristö edellä -skenaariossa, jossa kasvatushakkuiden osuus nousee 85 prosenttiin hakkualasta. Markkinat edellä -skenaariossa kasvatushakkuiden osuus on 70 prosenttia hakkualasta tarkastelujakson lopussa. Eräs hakkuutapojen osuuksiin vaikuttava tekijä on

skenaarioiden laadinnassa käytetty nettotulojen nykyarvon maksimointiin perustuva optimointi, joka painottaa laskelman alkupuolella saatavia nettotuloja.



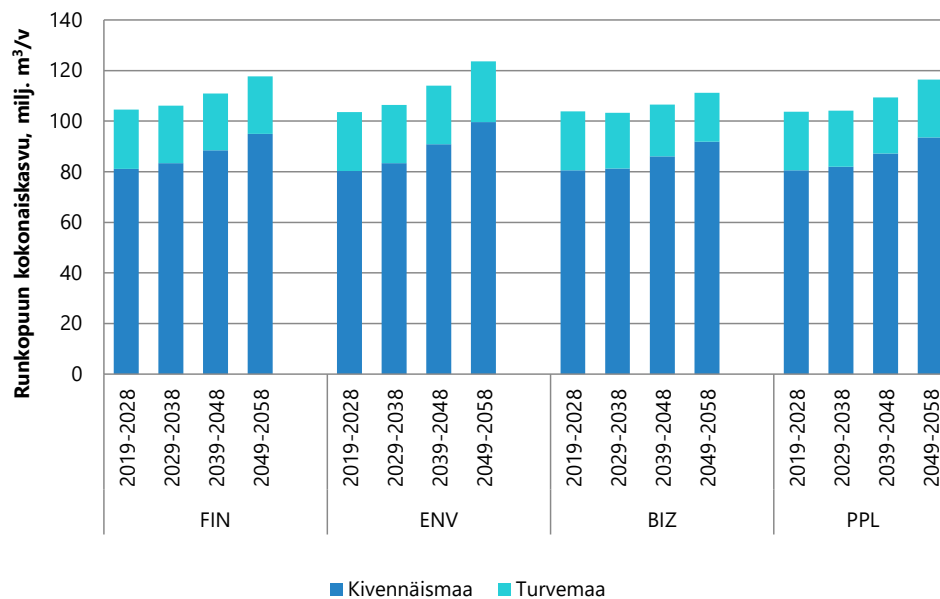
Kuva 44. Kasvatus- ja uudistushakkuiden vuotuiset pinta-alat puuntuotannossa olevalla metsämaalla Suomi edellä (FIN), Ympäristö edellä (ENV), Markkinat edellä (BIZ) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioiden mukaan koko maassa 10-vuotiskausittain. Kasvatushakkuuun sisältyvät harvennushakkuiden ja ylispuiden poistoon tähtäävien hakkuiden pinta-alat.

Kivennäismaiden kasvatuslannoitusten ja turvemaiden tuhkalannoitusten vuotuinen kokonaisala on Suomi edellä ja Markkinat edellä -skenaarioissa määritysten mukaisesti 117 000 hehtaaria vuodessa (Kuva 45). Ympäristö edellä -skenaariossa lannoituksen vuotuinen kokonaisala on 50 000 hehtaaria, josta laskelmassa toteutuva lannoitus kohdistuu turvemaille. Yhteiskunta edellä -skenaariossa lannoitusten kokonaisala on myös 50 000 hehtaaria vuodessa kohdistuen kuitenkin sekä kivennäis- että turvemaille. Esitettyyn lannoitusalaan sisältyy kaikissa skenaarioissa samansuuruisen, kalibroituun kasvuntasoon sisältyvän lannoituksen taustavaikutuksen pinta-ala, joka on riippumaton laadituista skenaarioista. Ensimmäisen 10-vuotiskauden lannoitusala on alempi kuin muilla kausilla, koska lannoitusten pinta-alatavoitteen noudattaminen aloitetaan vasta ensimmäisen 10-vuotiskauden aikana vastaavalla tavalla kuin PEIKKO- ja KEITO-skenaarioissa (ks. Koljonen ym. 2024, 2025).



Kuva 45. Kivennäismaiden kasvatuslannoitusten ja turvemaiden tuhkalanhoitusten vuotuiset pinta-alat puuntuotannossa olevalla metsämaalla Suomi edellä (FIN), Ympäristö edellä (ENV), Markkinat edellä (BIZ) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioiden mukaan koko maassa 10-vuotiskausittain. Kuviossa on esitetty myös laskelmissa kalibroituun kasvuntasoon sisältyvän lannoituksen taustavaikutuksen pinta-ala.

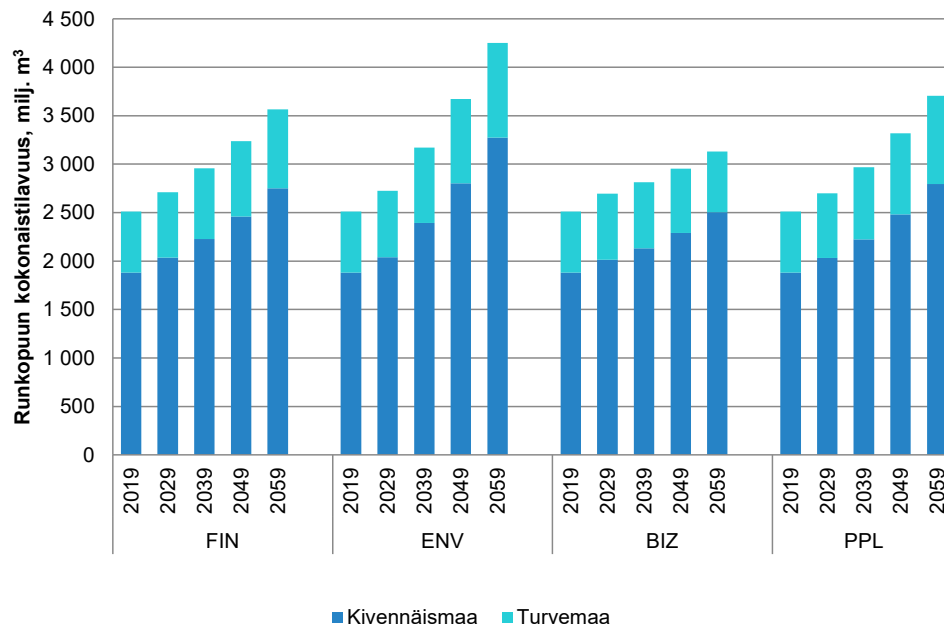
Runkopuun vuotuinen tilavuuskasvu on korkeimpien hakkuumäärien Markkinat edellä -skenaariossa keskimäärin 106 miljoonan kuutiometrin tasolla 40 vuoden tarkastelujakson aikana (Kuva 46). Yhteiskunta edellä -skenaariossa puuston tilavuuskasvu on keskimäärin runsaan 108 miljoonan kuutiometrin ja Suomi edellä -skenaariossa vajaan 110 miljoonan kuutiometrin vuositason. Alhaisimpien hakkuumäärien Ympäristö edellä -skenaariossa puuston tilavuuskasvun taso on korkein, keskimäärin vajaan 112 miljoonaa kuutiometriä 40 vuoden tarkastelujaksolla. Turvemaiden osuus tilavuuskasvusta pienenee tarkastelujakson aikana kaikissa skenaarioissa ja erityisesti Markkinat edellä -skenaariossa, jossa hakkuita kohdentuu turvemaille suhteellisesti enemmän kuin muissa skenaarioissa.



Kuva 46. Runkopuun vuotuinen kokonaiskasvu 10-vuotiskausittain koko metsä- ja kitumaalla Suomi edellä (FIN), Ympäristö edellä (ENV), Markkinat edellä (BIZ) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioiden mukaan koko maassa.

Korkeimpien hakkuumäärien Markkinat edellä -skenaariossa puuston runkotilavuuden metsä- ja kitumaalla arvioidaan nousevan alkutilanteen 2511 miljoonasta kuutiometristä 40 vuoden aikana runsaaseen 3100 miljoonaan kuutiometriin (lisäystä 25 prosenttia) (Kuva 47). Suomi edellä -skenaariossa runkotilavuuden arvioidaan olevan tarkastelujakson lopussa 14 prosenttia, Yhteiskunta edellä -skenaariossa 18 prosenttia ja Ympäristö edellä -skenaariossa 36 prosenttia suurempi kuin Markkinat edellä -skenaariossa. Kaikissa neljässä skenaariossa puuston tilavuus lisääntyy tarkastelujakson aikana erityisesti kivennäismailla. Turvemaiden tilavuuden lisäys on maltillisempaa kuin kivennäismailla, erityisesti Markkinat edellä -skenaariossa, jossa puuston runkotilavuus turvemaiden tilavuuden lopussa samalla tasolla kuin alkutilanteessa.

Laskelmien alkutilanteessa männyn osuus runkotilavuudesta on 50, kuusen 30 ja lehtipuiden 20 prosenttia. Suomi edellä, Markkinat edellä ja Yhteiskunta edellä -skenaarioiden välillä on vain vähäisiä eroja puulajien osuuksien kehityksissä tarkastelujakson aikana. Näissä skenaarioissa männyn osuus on 46–47 prosenttia, kuusen 34–35 prosenttia ja lehtipuiden 19–20 prosenttia tarkastelujakson lopussa. Ympäristö edellä -skenaariossa männyn osuus on 45, kuusen 40 ja lehtipuiden 15 prosenttia tarkastelujakson lopussa.



Kuva 47. Runkopuun kokonaistilavuus 10-vuotiskausittain koko metsä- ja kitumaalla Suomi edellä (FIN), Ympäristö edellä (ENV), Markkinat edellä (BIZ) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaarioiden mukaan koko maassa.

Skenaarioiden väliin eroihin vaikuttavat merkittävästi skenaarioiden erilaiset lähtöoletukset tukki- ja kuitupuun tavoitehakkuumääristä, energiapuun tavoitekorjuumääristä, metsien lannoitusalaista ja metsien tiukasta lisäsuojelusta, jotka vaikuttavat myös hakkuiden ja muiden metsätoimenpiteiden kohdentumiseen. Simulointiin ja optimointiin perustuvan laskennan tuloksena saatuihin arvioihin hakkuiden kohdentumisesta, hakkuualasta, puuston kasvusta ja puuston tilavuuden kehityksestä liittyy epävarmuutta, johon vaikuttavat muun muassa metsien kehityksen simuloinnin sovellusmäärytykset ja skenaarioiden laadinnan perustana olevan optimointitehtävän (nettotulojen nykyarvon maksimoinnin sekä metsäteollisuuden ja energiasektorin puuntarvearvioihin perustuvien korjuumäärärajoitteiden) muotoilu. Erilaisilla laskentaoletuksilla ja -menetelmillä skenaarioiden laskennalliset arviot voivat poiketa tässä havaituista. Arviot ilmentävät myös yleisemmin tulevaisuuteen ulottuvan skenaariolaskennan epävarmuutta, joka lisääntyy sitä enemmän mitä pidemmälle skenaariolaskenta ulottuu.

7.3 Maankäyttösektorin päästöjen ja poistumien kehitys

LTS-skenaarioiden pinta-alakehitystä eri maankäyttöluokissa ohjaa ennen kaikkea muutokset maataloustuotannossa (luvut 6.5 ja 7.1). Viljelysmaan pinta-alat eri LTS-skenaarioissa on esitetty taulukossa 12, jossa vertailun vuoksi on mukana myös WEM-skenaarioiden pinta-alat (Koljonen ym. 2025). LTS-skenaarioissa viljelysmaan pinta-ala pienenee enemmän kuin WEM-skenaariossa, ja ne

muuttuvat oletusarvoisesti ruohikkoalueiksi KHK-inventaarion vuoden 2023 mukaisilla viljelysmaan kivennäismaan ja orgaanisen maan osuuksilla (likimain 89 % ja 11 %). Suomi edellä (FIN) -skenaariossa viljelysmaan kokonaisala pienenee noin 100 000 ha enemmän kuin WEM-skenaariossa. Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa noin kolmannes poistuvasta alasta on turvemaita ja loput kivennäismaita, joista metsitetään huomattava osa, noin kaksi kolmasosaa. Poistuvaa alaa kertyy 340 000 ha enemmän kuin WEM-skenaariossa. Lisäksi kosteikkoalat ovat kuten KEITO:n WAM-skenaariossa (Koljonen ym. 2025). Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa poistuvaa ruohikkoalueiksi muuttuvaa alaa on kaikkiaan noin 600 000 ha enemmän kuin WEM-skenaariossa. Poistuvasta alasta 150 000 ha on turvemaita ja loput kivennäismaita. Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa viljelysmaasta ruohikkoalueeksi muuttuvaa alaa on kivennäismailla lähes 700 000 ha ja orgaanisilla mailla noin 110 000 ha enemmän kuin WEM-skenaariossa.

Taulukko 12. Viljelysmaan pinta-ala ja pinta-alamuutokset 2023–2055 WEM- ja LTS-skenaarioissa. Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja.

Maan- käyttö	Maaperä	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	Muutos 2023– 2055
		1000 ha							
WEM	Kivennäismaa	2 213	2 201	2 190	2 179	2 169	2 158	2 147	-70
	Orgaaninen maa	283	271	272	275	276	277	278	-9
	Yhteensä	2 496	2 472	2 462	2 454	2 445	2 435	2 426	-79
LTS-FIN	Kivennäismaa	2 207	2 181	2 156	2 132	2 107	2 082	2 058	-160
	Orgaaninen maa	283	269	268	269	269	268	267	-20
	Yhteensä	2 490	2 450	2 424	2 400	2 375	2 350	2 325	-180
LTS-ENV	Kivennäismaa	2 199	2 151	2 105	2 058	2 012	1 966	1 920	-298
	Orgaaninen maa	277	247	226	212	196	180	165	-123
	Yhteensä	2 475	2 399	2 331	2 270	2 209	2 147	2 085	-420
LTS-BIZ	Kivennäismaa	2 185	2 104	2 023	1 942	1 862	1 782	1 702	-516
	Orgaaninen maa	274	238	216	195	173	151	129	-159
	Yhteensä	2 459	2 342	2 239	2 138	2 036	1 933	1 830	-674
LTS-PPL	Kivennäismaa	2 170	2 052	1 935	1 817	1 700	1 583	1 466	-751
	Orgaaninen maa	276	246	230	214	198	181	165	-123
	Yhteensä	2 446	2 298	2 164	2 032	1 899	1 765	1 631	-874

LTS-skenaarioiden metsämaan hiilitaseen laskennassa käytetyt MELA-mallinnuksen tiedot on esitetty liitteessä C. WEM- ja WAM-skenaarioiden tapaamiskasvun ja poistuman biomassat on johdettu MELA-mallinnetuista runkopuun tilavuuksista inventaarion biomassakertoimien avulla (Koljonen ym. 2025 Liite C).

Maankäyttösektori on päästölähde kaikissa skenaarioissa vuonna 2025 (Taulukko 13, Kuva 48), mutta kääntyy nieluksi jo vuonna 2030 ENV-skenaariossa ja vuonna 2035 PPL- ja FIN-skenaarioissa. BIZ-skenaariossa sektori on päästölähde koko tarkastelujakson ajan. ENV-, PPL- ja FIN-skenaarioissa nettonielu kasvaa melko tasaisesti koko tarkastelujakson ajan, kun taas BIZ-skenaariossa nettopäästöt kasvavat tarkastelujakson alussa ja pienenevät vasta 2035 jälkeen. Vuonna 2035 maankäyttösektori on -22 Mt CO₂-ekv. hiilinielu ENV-skenaariossa, -2 Mt CO₂-ekv. hiilinielu sekä PPL- että FIN-skenaariossa ja 12 Mt CO₂-ekv. päästölähde BIZ-skenaariossa.

Skenaarioiden suuret erot selittyvät pääasiassa metsämaan hiilitaseella. Hiilitaseeseen vaikuttavat ennen kaikkea hakkuumäärät, mutta myös metsien tiukka lisäsuojelu, hakkuiden kohdentuminen ja metsänhoidon käytännöt, kuten lannoitus. Vuonna 2035 metsämaa on merkittävä nettonielu ENV-skenaariossa (-31 Mt CO₂-ekv.), mutta toimii nettonieluna myös sekä PPL-skenaariossa (-9 Mt CO₂-ekv.) että FIN-skenaariossa (-7 Mt CO₂-ekv.). Toisaalta metsämaa on melko iso päästölähde BIZ-skenaariossa vuonna 2035 (7 Mt CO₂-ekv.).

Myös puutuotteiden osalta skenaarioiden välillä on melko merkittäviä eroja. ENV-skenaariossa puutuotteet ovat pieni päästölähde vuonna 2035 (0,4 Mt CO₂-ekv.) lähinnä vähentyneiden hakkuumäärien seurauksena. PPL-skenaariossa puutuotteet ovat pieni nielu (-1 Mt CO₂-ekv.) ja runsaimpien hakkuiden FIN- ja BIZ-skenaariossa selvästi tätä suurempi nielu (-4 Mt CO₂-ekv.). Puutuotteiden hiilinielu pienenee tarkastelujakson loppua kohti kaikissa skenaariossa, koska tuotannon kasvaessa myös nielu kasvaa, mutta tuotannon pysyessä samalla tasolla (Taulukko 8) vanhan hiilivaraston poistuma alkaa pienentää nielua.

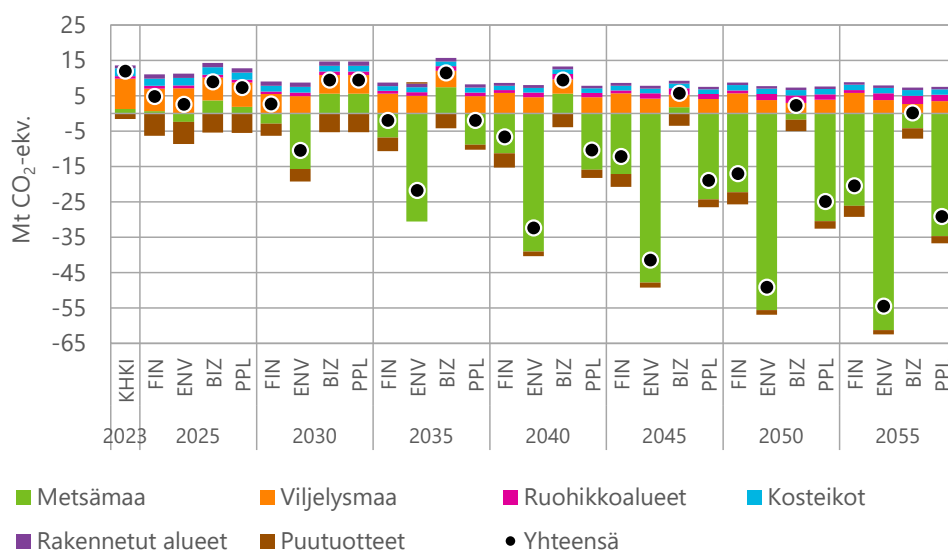
Viljelysmaan päästöt pienenevät huomattavasti ajan myötä ENV-, BIZ- ja PPL-skenaarioissa, kun taas ruohikkoalueiden päästöt kasvavat. Tämä on seurausta viljelyalan vähenemisestä ja alueiden muuttamisesta pääasiassa hylätyksi pelloksi, jotka kuuluvat ruohikkoalueiden luokkaan. Lisäksi ENV-skenaariossa merkittävä osa hylätyistä pelloista metsitetään. FIN-skenaariossa viljelysala ei muutu samassa määrin, joten viljelysmaan ja ruohikkoalueiden päästöt pysyvät vakaampina.

Rakennettujen alueiden päästöt ovat samat kaikissa skenaarioissa, koska rakennettujen alueiden pinta-alojen ei oleteta merkittävästi eroavan skenaarioiden välillä. Kosteikoiden päästöt ovat ENV-skenaariossa hieman korkeammat (0,3 Mt CO₂-ekv.) kuin muissa skenaarioissa vuosina 2035–2050, koska turvepeltojen vettämisaikat ovat ENV-skenaariossa suurempia ja niiden päästöt siirtyvät kosteikkoluokkaan vettämisen yhteydessä.

Taulukko 13. Maankäyttösektorin tulokset LTS-skenaarioissa maankäyttöluokittain. Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Suomi edellä (FIN)								
Yhteensä	12,00	4,78	2,71	-1,95	-6,61	-12,15	-17,01	-20,40
Metsämaa	1,22	0,65	-2,85	-6,83	-11,27	-17,09	-22,29	-26,13
Viljelysmaa	8,65	6,37	5,45	5,61	5,78	5,73	5,72	5,76
Ruohikkoalueet	0,70	0,77	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82

Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,37	1,30	1,33	1,49	1,54
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,20	0,97	0,78	0,76	0,72	0,73
Puutuotteet	-1,60	-6,30	-3,51	-3,86	-3,99	-3,68	-3,46	-3,12
Ympäristö edellä (ENV)								
Yhteensä	12,00	2,58	-10,47	-21,72	-32,33	-41,44	-49,16	-54,52
Metsämaa	1,22	-2,42	-15,75	-30,54	-39,07	-47,83	-55,55	-61,25
Viljelysmaa	8,65	7,08	4,85	5,02	4,64	4,23	3,83	3,81
Ruohikkoalueet	0,70	0,85	1,04	1,04	1,24	1,44	1,65	1,85
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,40	1,33	1,36	1,52	1,54
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,20	0,97	0,78	0,76	0,72	0,73
Puutuotteet	-1,60	-6,22	-3,46	0,39	-1,25	-1,40	-1,32	-1,20
Markkinat edellä (BIZ)								
Yhteensä	12,00	8,89	9,40	11,45	9,43	5,74	2,29	0,18
Metsämaa	1,22	3,66	5,60	7,45	5,58	1,78	-1,76	-4,16
Viljelysmaa	8,65	6,48	5,21	4,59	4,08	3,51	3,02	2,64
Ruohikkoalueet	0,70	0,82	1,03	1,28	1,53	1,80	2,09	2,38
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,37	1,30	1,33	1,49	1,54
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,20	0,97	0,78	0,76	0,72	0,73
Puutuotteet	-1,60	-5,36	-5,30	-4,22	-3,84	-3,45	-3,27	-2,96
Yhteiskunta edellä (PPL)								
Yhteensä	12,00	7,36	2,37	-1,95	-10,34	-18,96	-24,92	-29,13
Metsämaa	1,22	1,90	-2,95	-8,86	-15,86	-24,29	-30,42	-34,72
Viljelysmaa	8,65	6,86	5,08	4,92	4,63	4,13	3,87	3,50
Ruohikkoalueet	0,70	0,76	0,85	1,00	1,16	1,34	1,56	1,78
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,37	1,30	1,33	1,49	1,54
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,20	0,97	0,78	0,76	0,72	0,73
Puutuotteet	-1,60	-5,46	-3,46	-1,36	-2,35	-2,23	-2,14	-1,95



Kuva 48. Maankäyttösektorin päästö- ja poistumakehitys maankäyttöluokittain LTS-skenaarioissa. Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

8 Energiajärjestelmän ja kasvihuonekaasupäästöjen kehitykset

Antti Lehtilä, VTT

8.1 Energiajärjestelmän kehitys

8.1.1 Energian hankinta

Energian kotimaista kokonaiskulutusta mitataan energiatilastoinnissa primaarienergian avulla. Se käsittää kaiken primaarisen energian kotimaisen tuotannon sekä energiahyödykkeiden nettotuonnin. Koska primaarienergian kulutuksesta on vähennetty energian nettovienti, sen voidaan katsoa edustavan energian kotimaista kokonaiskulutusta. Primaarinen energia koostuu energialähteiden raakamuodoista ennen jatkojalostusta esimerkiksi sähköksi, lämmöksi tai polttoaineiksi.

Tässä työssä primaarienergian kokonaiskulutus on mallinnettu ja raportoitu yhdenmukaisesti IEA:n (International Energy Agency) energiataseiden kanssa, joten luvut eivät ole täysin vertailukelpoisia kansallisen energiatilastoinnin kanssa, ja primaarienergiassa on mukana myös kemianteollisuuden raaka-ainekäyttö. TIMES-VTT-malli on globaali ja kalibroitu siten kaikkien maiden osalta tilastoihin, mutta on huomattava, että esimerkiksi vuosi 2020 oli monessa suhteessa hyvin poikkeuksellinen, joten kalibroinnissa on pyritty puhdistamaan tilastovuosien poikkeuksellisten olosuhteiden vaikutukset energiajärjestelmän tulevaisuuden projektioihin.

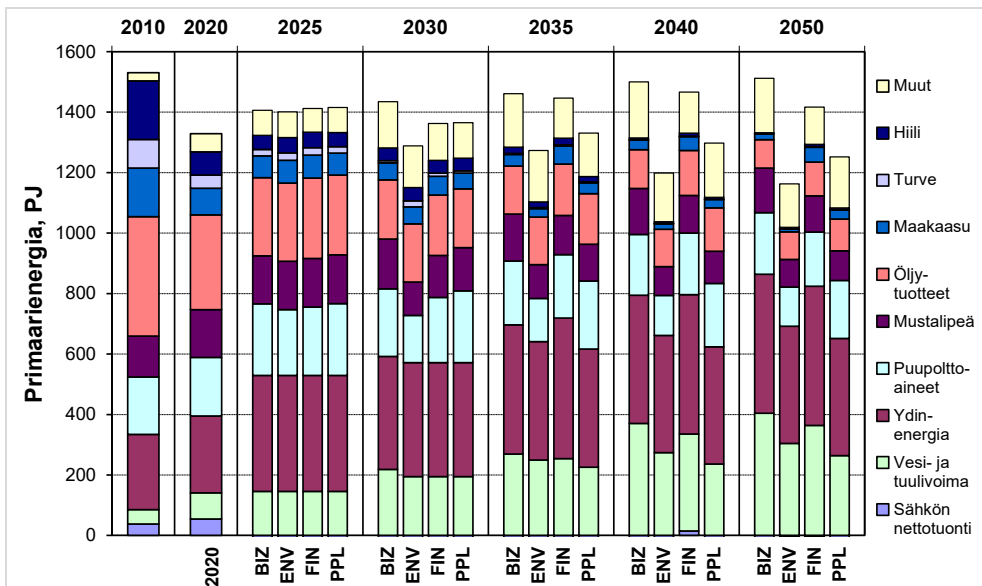
Energian kokonaiskulutus on LTS-skenaariossa vuonna 2025 noin 1400 PJ (vajaat 400 TWh), jonka jälkeen kulutus alkaa BIZ-skenaariota lukuun ottamatta jo pienentyä (Kuva 49). Ydinvoima on alhaisen laskennallisen hyötysuhteensa takia merkittävä yksittäinen primaarienergian kulutusta lisäävä tekijä, joka heijastuu skenaarioiden kokonaiskulutusten eroissa. Uutta ydinvoimaa oletettiin rakennettavan BIZ-skenaariossa 1000 MW (2×SMR) ja FIN-skenaariossa 1200 MW (Gen-III LWR), joten ydinvoiman lisäykset eivät kuitenkaan ole kovin suuria.

Uusiutuvan tuuli- ja aurinkoenergian hyödyntämisen voimakas kasvu puolestaan aiheuttaa jo itsessään nimellistä primaarienergian käytön tehostumista, mutta sen lisäksi se tuottaa aitoa tehostumista energian loppukäytön sähköistymisenä, sillä monissa käyttökohteissa sähköistyminen parantaa tuntuvasti loppukäytön

energiatehokkuutta. Skenaariotuloksista näkyy selkeästi, että energian kokonaiskulutuksen ja talouskasvuun välisen kytkennän (ts. kokonaiskulutuksen muutos verrattuna talouskasvuun) voi arvioida pysyvän Suomessa heikkona, siinäkin tapauksessa, että sähköenergian kysyntä kasvaisi nykytasosta yli kaksinkertaiseksi, kuten BIZ ja FIN-skenaarioiden tuloksissa.

Vuoteen 2030 mennessä primaarienergian kokonaiskulutuksessa merkittävimmin vähenevät turpeen ja kivihiilen energiakäyttö, mutta myös maakaasun kokonaiskäyttö vähenee tuntuvasti vuoden 2020 tasosta. ENV-skenaariota lukuun ottamatta turpeen ja kivihiilen käytön väheneminen heijastuu lyhyellä tähtäimellä etenkin puupolttoaineiden mutta jossain määrin myös muun bioenergian käytön kasvupaineena, mikä johtuu pääosin kauko- ja prosessilämmön merkityksestä Suomen energiajärjestelmässä. Polttoaineiden korvaaminen laajassa mitassa sähköllä lämmön tuotannossa voi olla joko heikosti kannattavaa tai prosessilämmön osalta myös teknisesti vaikeaa biopolttoaineiden hyödyntämiseen verrattuna. ENV-skenaariossa korvaamista edistävät päästöoikeuksien korkeat hinnat ja oletettu puupolttoaineiden nykyistä selvästi niukempi saatavuus.

Uusiutuvan energian osuus oli vuonna 2023 noin 40 % primaarienergiasta, ja osuuden kasvu jatkuu kummassakin skenaariossa huomattavana. BIZ-skenaariossa se nousee vuoteen 2030 mennessä 51 %:iin ja 2050 mennessä lähes 68 %:iin, mutta jää muissa LTS-skenaarioissa jonkin verran alemmaksi. Puuperäisen energian osuus uusiutuvasta energiasta oli 2020-luvun alussa vielä noin 70 %, mutta skenaarioissa osuus laskee 2050 mennessä 30–35 %:iin. Uusiutuvan energian ja jättepolttoaineiden kokonaiskäyttö ylittää BIZ-skenaariossa 770 PJ:n määrän vuonna 2030 (Kuva 50), mutta se jää ENV-skenaariossa

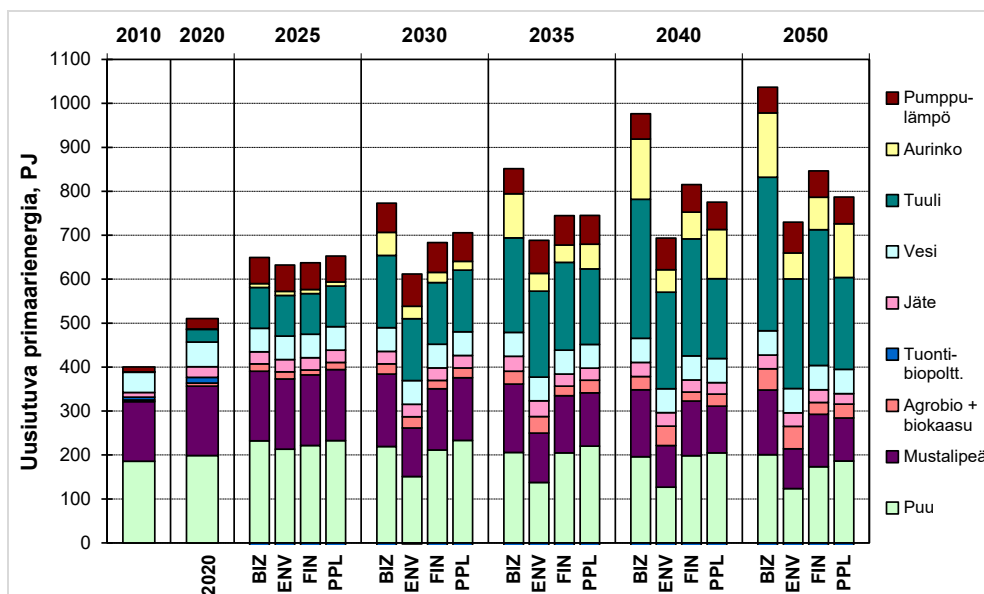


Kuva 49. Primaarienergian kokonaiskulutuksen kehitys energialähteittäin LTS-skenaarioissa vuoteen 2050 (sisältää IEA:n tilastointikäytännön mukaisesti polttoaineiden raaka-ainekäytön kokonaistaseiden täsmäyttämiseksi).

puuperäisen energian niukkuuden vuoksi huomattavasti pienemmäksi, vain noin 610 PJ:n määrään. Puuperäisen energian kulutus kääntyy kuitenkin kaikissa muissakin LTS-skenaarioissa laskuun vuoteen 2030 mennessä. Jyrkintä käytön väheneminen on ENV-skenaariossa, jossa se on vuonna 2035 noin 30 % nykytasoa pienempi, mikä juontuu pääsoin oletetusta metsäteollisuuden supistumisesta laskelmissa.

Energiapuun ja jäteliemien tarjonnasta suuri osa syntyy suoraan juuri metsäteollisuuden tuotannon ja ainespuun tarpeen kasvun myötä sivutuotevirtoina, ja myös metsähakkeen saatavuus määräytyy suurelta osin ainespuun hakkuumääristä. Ainespuuksi huonosti soveltuvaa harvennusten pienpuuta lukuun ottamatta runkopuuta ei ole mallinnuksessa oletettu voitavan käyttää primaarisesti energiaksi. Energiapuun lisätuonnilla puun energiakäyttöä voitaisiin kasvattaa, mutta Venäjän-kaupan sulun ja kestävyysnäkökohtien perusteella tuonti oli tarkastelluissa skenaarioissa rajoitettu korkeintaan alle 8 PJ:n määrään. Energiapuun niukkuutta voidaan jonkin verran kompensoida muulla bioenergialla (biokaasu, agrobiomassa), jonka käyttö kasvaa eniten juuri ENV-skenaariossa.

Tuuli- ja aurinkoenergia nousevat skenaarioissa keskeiseen asemaan uusiutuvan energian hankinnassa jo lähitulevaisuudessa. Vuonna 2023 niiden osuus oli vielä alle 10 % uusiutuvasta energiasta (Tilastokeskus 2025), mutta skenaariotulosten mukaan osuus nousisi vuoteen 2030 mennessä 25–31 %:iin ja vuonna 2050 45–51 %:iin. Korkeimmat tuuli- ja aurinkovoiman osuudet saavutetaan BIZ-skenaariossa, jossa muun muassa merituulivoiman investointien oletettiin tulevan jo 2030-luvulla laajassa mitassa kannattaviksi. Vuonna 2050 tuuli- ja aurinkovoiman osuudet jäivät pienimmiksi ENV- ja PPL-skenaarioissa. Mallinnuksessa on huomioitu julkisiin lähteisiin perustuvat tiedot suomalaisista investointipäätöksistä



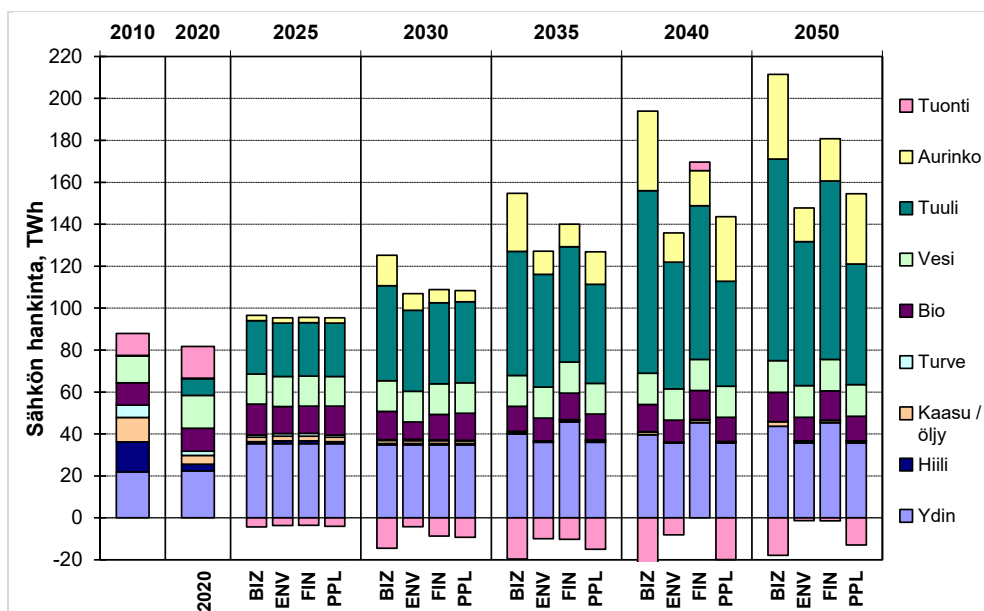
Kuva 50. Uusiutuvan primaarienergian ja kierrätyspolttoaineiden hyödyntämisen kehitys LTS-skenaarioissa vuoteen 2050.

vuoteen 2030 asti, mutta pidemmällä tähtäimellä tuulivoimainvestointien kohdentumista Pohjoismaisilla ja Itämeren alueen markkinoilla on vaikea arvioida, minkä vuoksi tuloksiin sisältyy tältä osin huomattavaa epävarmuutta.

Kaikkiaan tuulivoimatuotanto nousee vuoteen 2050 mennessä laajimmaksi BIZ-skenaariossa (lähes 100 TWh josta merituulta 40 TWh), ja seuraavaksi eniten sitä on FIN-skenaariossa (85 TWh, josta 20 TWh merituulta).

Vuodesta 2010 vuoteen 2024 sähkön kokonaiskulutus (häviöt mukaan lukien) on vaihdellut 82 ja 88 TWh:n välillä, esimerkiksi vuonna 2024 kulutus oli 83 TWh. Mallinnetut skenaariot perustuvat ilmaston lämpenemistä lukuun ottamatta tulevaisuuden osalta normaalivuosiin, mikä on huomattava verrattaessa tulevia kulutustasoja vaikkapa vuoteen 2020, jolloin kulutus laski muun muassa sääolojen takia poikkeuksellisen alas. Mallinnustulosten mukaan sähkön kokonaiskulutus nousee nopeasti etenevän energiasiirtymän myötä vuonna 2030 jo vähintään 100 TWh:n tasolle (Kuva 51). Sähkön kulutus ja tuotanto ovat vuonna 2030 lähes tasapainossa vuositasolla ydinvoimalaitosten korkeana pysyvän käyttökertoimen ja nopeasti kasvaneen tuulivoimakapasiteetin ansiosta. Energiatalouden sähköistyminen on jo 2020-luvun loppupuolella tuntuvaa muun muassa liikenteen käyttövoimissa, ja sähkönkulutusta lisäävät myös uudet datakeskusinvestoinnit, jotka ovat suurimpia BIZ-skenaariossa. Sähköistyminen jatkuu 2030 jälkeenkin voimakkaana, siten että kokonaiskulutus kasvaa vuoteen 2050 mennessä BIZ-skenaariossa yli 190 TWh:iin ja FIN-skenaariossa noin 180 TWh:iin, mutta ENV- ja PPL-skenaarioissa kulutus jää alle 150 TWh:n tasolle, joka on silti yli 70 % suurempi kuin 2024.

Kuten edellä jo mainittiin, tuulivoiman tuotanto kasvaa skenaarioissa korkeimmillaan lähes 100 TWh:n tasolle vuonna 2050 (BIZ), mutta tämä edellyttää jo



Kuva 51. Sähköenergian kokonaishankinnan kehitys LTS-skenaarioissa vuoteen 2050.

huomattavia investointeja merituulivoimaan. Aurinkovoiman tuotannon osalta LTS-skenaariot voidaan jakaa kiinteistökohtaiseen aurinkosähköön painottuviin (PPL ja ENV) sekä teollisiin, suuren kokoluokan tuotantolaitoksiin painottuviin skenaarioihin (BIZ ja FIN). Kiinteistökohtainen aurinkoenergian tuotanto kasvaa voimakkaimmin hajautetun energiantuotannon PPL-skenaariossa, jossa se nousee vuoteen 2050 mennessä noin 20 TWh:n määrään ja aurinkosähkö yhteensä noin 34 TWh:iin. Tässä skenaariossa Suomen kiinteistöjen arvioitu aurinkosähköpotentiaali on siten hyödynnetty lähes kokonaisuudessaan. ENV-skenaariossa kiinteistökohtainen aurinkosähkö tuottaa noin 12 TWh, ja teollinen tuotanto mukaan lukien runsaat 16 TWh. Suunnilleen samoihin kiinteistökohtaisen tuotannon tasoon päästään BIZ ja FIN-skenaarioissa, mutta niissä teollisen kokoluokan tuotanto kasvaa paljon enemmän ja niistä selvästi suurimmaksi BIZ-skenaariossa, jossa aurinkosähkön tuotanto on hieman yli 40 TWh vuonna 2050.

Niinkin suuri määrä vaihtelevaa tuotantoa kuin mitä BIZ-skenaariossa saavutetaan asettaa jo tuntuja haasteita energijärjestelmän joustavuudelle, eikä VTT:n pitkän aikavälin TIMES-malli pysty yksityiskohtaisesti huomioimaan nopeastikin muuttuvien sääolosuhteiden mukaisen tuotannon vaihtelun vaikutuksia, joita voitaisiin tarkemmin analysoida operatiivisilla malleilla. Skenaarioissa TIMES-VTT-malli pyrkii kuitenkin lisäämään järjestelmän joustavuutta muun muassa investoimalla kapasiteettireserveihin, energiavarastoihin, siirtoyhteyksiin ja mahdollisuuksiin kulutuksen mukauttamiseen tuotannon mukaan (esimerkiksi power-to-X- teknologia), sekä ylläpitämällä bioenergia- ja jätepolttoainepohjaista sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. Ydinvoima tarjoaa Suomessa vakaata pohja-kuormaa (noin 1000 MW:n tehonlisäyksiin BIZ- ja FIN-skenaariossa), ja säätövesivoima yhdessä siirtoyhteyksien kanssa luo hyvän perustan järjestelmän joustoille.

Sähkötase on LTS-skenaarioiden tulosten mukaan positiivinen eli nettovienti-voittoinen vuodesta 2025 lähtien, poikkeuksena ainoastaan FIN-skenaario 2040.

8.1.2 Energian kulutus

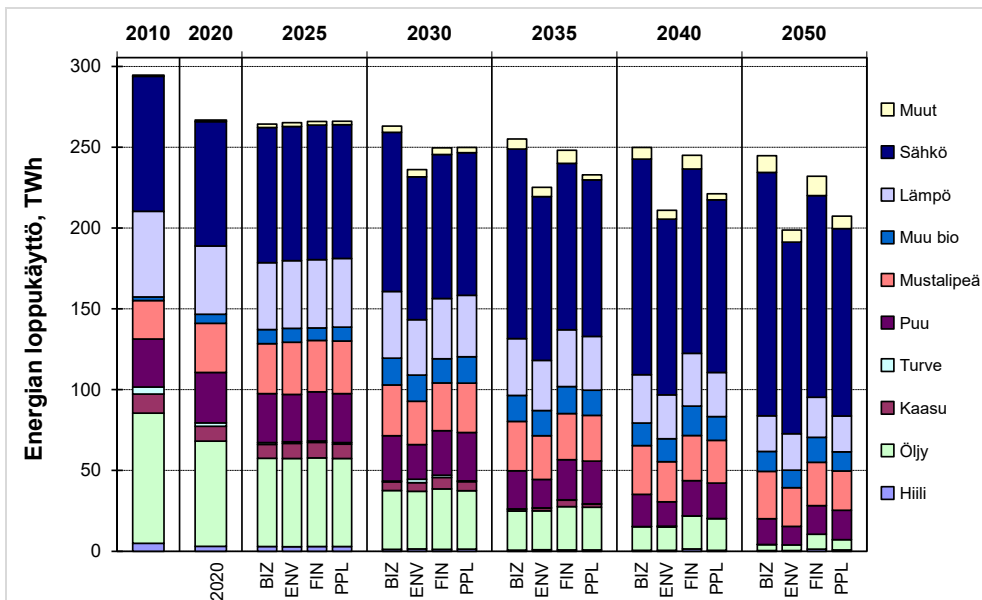
IEA:n noudattaman määritelmän mukainen energian loppukulutus oli Suomessa vuonna 2010 yhteensä noin 300 TWh, josta sähköä oli 28 %, lämpöä noin 13 % ja suoraa polttoainekäyttöä 59 % (IEA 2023, Tilastokeskus 2025). Tulosten mukaan loppukäytön kokonaismäärä vähenee kaikissa LTS-skenaarioissa, mutta vähennys on selvästi hitainta BIZ-skenaariossa ja puolestaan voimakkainta energiankäytön tehostamista korostavassa ENV-skenaariossa, jossa kulutus laskee vuoteen 2050 mennessä jopa hieman alle 200 TWh:n tason (Kuva 52). Kokonaiskulutuksen vähentyessä sähkön kulutus kuitenkin kasvaa kaikissa skenaarioissa, eli loppukulutuksen tehostuminen kohdistuu erityisesti polttoaineisiin ja lämpöön, joita samalla korvataan ainakin osittain sähköllä. Teollisuuden käyttämä paikallisesti tuotantolaitosten yhteydessä tuotettu vety ei näy loppuenergiaa koskevissa tuloksissa vetynä vaan kulutettuna sähköinä.

Sähkön osuus loppukäytön energialähteistä nousee suurimmaksi BIZ- ja ENV-skenaarioissa, 60–62 %:iin vuonna 2050. Fossiilisten polttoaineiden ja turpeen kulutus vastaavasti vähenevät näissä skenaarioissa voimakkaimmin, yhteensä

laskettuna alle 2 %:n tasolle vuonna 2050. Loppuosa kulutuksesta on siten lähinnä uusiutuvia polttoaineita, sähköpolttoaineita tai lämpöä, eli vuoteen 2050 mennessä loppukulutuksessa on voitu lähes kokonaan luopua fossiilisista polttoaineista. Fossiilisesta energiasta luopuminen on hitainta FIN-skenaariossa, mutta siinäkin fossiilisten polttoaineiden ja turpeen yhteisosuus jää vuonna 2050 alle 5 %:n.

Kaukolämmön ja myydyin teollisuushöyryn kulutus vähenee melko hitaasti tasaisesti kaikissa skenaarioissa, mutta vuoteen 2050 mennessä lämpöenergian loppukulutus putoaa jo lähes puoleen 2020-luvun alun tasoon verrattuna. Kaukolämmön kulutus vähenee sekä energiatehokkuuden paranemisen että kaukolämmityksen yleisen kilpailukyvyn heikkenemisen vuoksi, tosin melko hitaasti vuoteen 2040 saakka. Metsähakkeen saatavuuden oletettu tuntuva väheneminen nykytasosta on PPL-skenaariota lukuun ottamatta eräs merkittävistä kilpailukykyä heikentävistä tekijöistä. Kaukolämmön kulutuksen väheneminen luonnollisesti samalla supistaa yhdyskuntien yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon potentiaalia. Useimmissa skenaarioissa oletettu uudisrakentamisen painottuminen kerrostaloihin, kaukolämpöpumppujen alennettu sähköveroluokka sekä datakeskusten hukkalämmön laaja talteenotto toisaalta tukevat kaukolämmön asemaa taajamien kiinteistöjen lämmityksessä.

Sektorikohtaista energian loppukulutusta tarkasteltaessa merkille pantavaa on erityisesti liikenteen ja asumisen kulutuksen voimakas tehostuminen, kun taas teollisuudessa ja palveluissa hyötyenergian kysynnän kasvu kompensoi tai jopa ylittää tehostumisen aikaansaaman kulutuksen vähentymisen. Sähkön loppukulutus kasvaa skenaariossa erityisen merkittävästi liikenteessä ja teollisuudessa sekä palvelujen ICT-konesaleissa. Liikenteen sähkönkulutus nousee vuoteen 2050

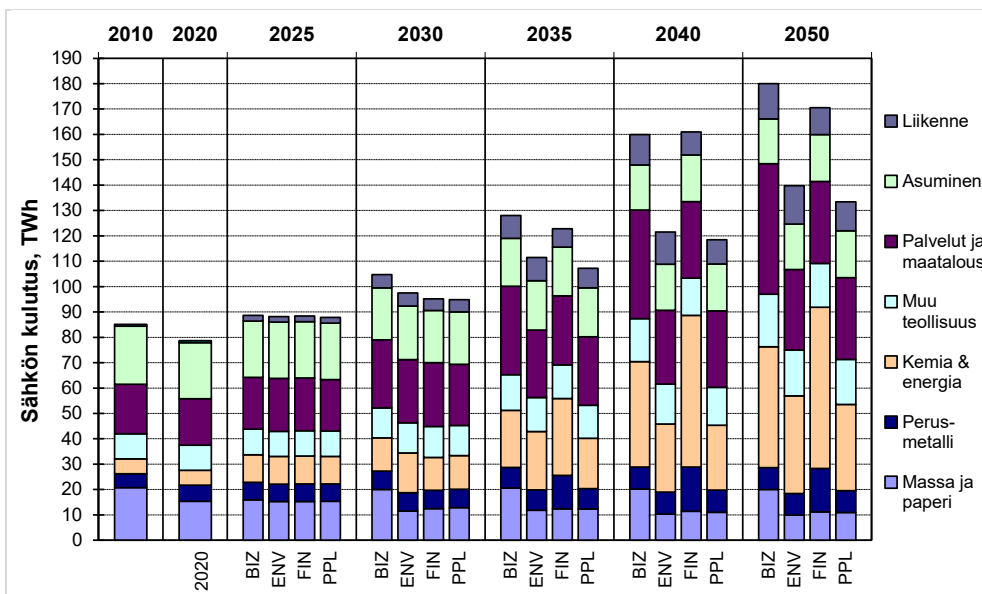


Kuva 52. *Energian loppukulutus energialähteittäin LTS-skenaarioissa vuoteen 2050 (IEA:n tilastoissa käytetyn määritelmän mukaisesti). Kuvan "Muut" sisältää aurinkolämmön, vedyn ja sähköpolttoaineet.*

mennessä 11–15 TWh:iin. Energian loppukäytön sektorijakaumassa teollisuuden merkitys korostuu sekä BIZ- että FIN-skenaarion tulevaisuuskuvassa entisestään. Teollisuudessa keskeisiä vaikutuksia ovat kaikissa skenaariossa prosessilämmön tuotannon sähköistyminen ja fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biopolttoaineilla tai vedyllä. Prosessiteollisuudessa muita sähkön kulutusta lisääviä muutoksia ovat hybridisähköuunien käyttö mineraaliteollisuudessa, masuuniteräksen tuotannosta luopuminen tai korvaaminen vetypelkistyksellä, sekä elektrolyyttinen vedyn valmistus petrokemian teollisuudessa.

Sähkönenergian kokonaiskulutus (häviöt mukaan lukien) oli vuonna 2010 noin 88 TWh, jonka jälkeen 2011–2023 kulutus on pysytellyt 82 ja 87 TWh:n välillä, eli tilastojen perusteella selvää kulutuksen kasvutrendiä ei ole ilmennyt vuoden 2007 jälkeen. Mallinnetuissa LTS-skenaarioissa sähkön kokonaiskulutus alkaa kuitenkin 2020-luvun loppupuolelta alkaen kasvaa melko nopeasti ja ylittää vuoteen 2030 mennessä 100 TWh:n tason PPL-skenaariota lukuun ottamatta. Sähkön loppukulutukseen lasketaan kansainvälisen tilastokäytännön mukaan vain loppukäyttösektorien kulutus, joka oli esimerkiksi vuonna 2020 vain 77 TWh. Kuvassa 53 on esitetty kokonaiskulutus kuitenkin energiasektori mukaan lukien mutta siirtohäviöt pois lukien, jolloin vuoden 2020 kokonaiskulutuksen vertailutaso on 78,6 TWh.

Sähkön kulutus kasvaa voimakkaimmin BIZ-skenaariossa, jossa korkeat päästöoikeuksien hinnat yhdessä uusiutuvan sähköntuotannon laajojen investointien kanssa tekevät voimakkaan energiatalouden sähköistymisen kannattavaksi. Loppukulutus nousee 105 TWh:iin vuonna 2030, 160 TWh:iin vuonna 2040 ja 180 TWh:iin vuonna 2050. Kasvusta merkittävä osa syntyy energiateollisuudessa ja kemian teollisuudessa, joissa erityisesti vedyn ja sähköpolttoaineiden tuotanto sekä DACCS lisäävät sähkön tarvetta. Lisäksi huomattavaa kasvua on palveluissa ja liikenteessä, edellisessä etenkin datakeskusinvestointien vuoksi ja jälkimmäi-



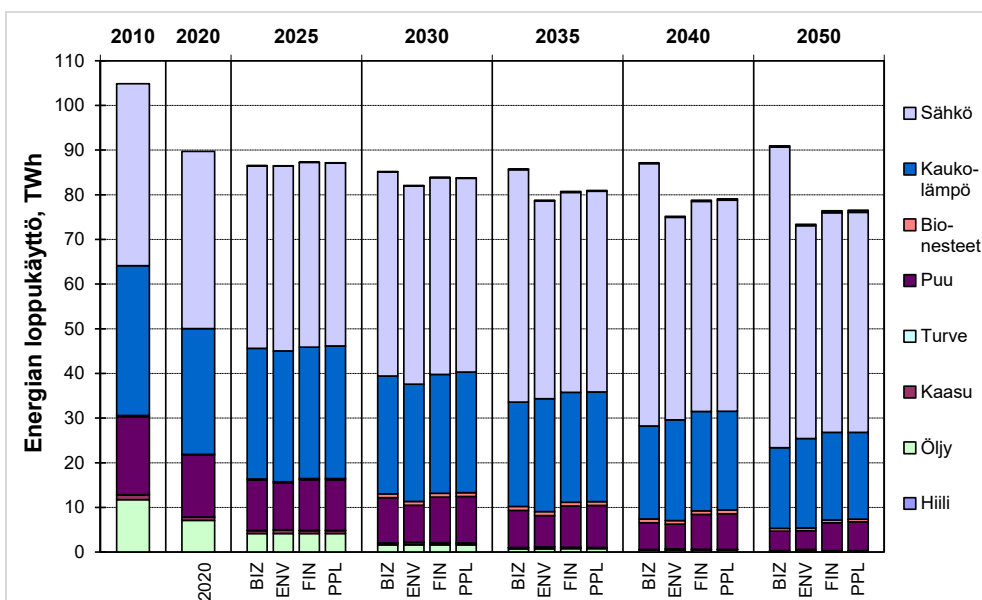
Kuva 53. Sähköenergian loppukulutus sektoreittain LTS-skenaariossa.

sessä liikenteen sähköistymisen myötä. FIN-skenaariossa kulutus nousee lähes yhtä korkeaksi, sillä siinä on laajaa sähköllä tuotetun vedyn vientiä sekä myös perusmetallien uutta tuotantoa, jotka kasvattavat sähkönkulutusta.

ENV- ja PPL-skenaarioissa kulutuksen kasvu jää huomattavasti maltillisemmaksi, mutta se saavuttaa kuitenkin 134–140 TWh:n tason vuonna 2050. Taustaoletusten monista eroista huolimatta kulutuksen sektorikohtainen jakauma on näissä kahdessa skenaarioissa hyvin samankaltainen, mutta liikenteen hitaampi sähköistyminen näkyy PPL-skenaarion ehkä selvimpänä eroavaisuutena.

Asumisen ja palveluiden energian loppukulutus laskee tulosten mukaan BIZ-skenaariota lukuun ottamatta jonkin verran vuoteen 2050 mennessä (kuva 54), vaikka asuin- ja palvelurakennuskanta kasvavat ja konesalipalvelut laajenevat. Vähennykseen vaikuttavina tekijöinä ovat maltilliset uudisrakentamisen kehitysarviot, korjausrakentamisella saavutettava energiatehokkuuden paraneminen, uudisrakentamisen energiatehokkuusstandardit, sekä kaiken energiankäytön sähköistyminen. Skenaarioissa on otettu huomioon lämmitystarpeen asteittainen väheneminen ilmaston lämpenemisen myötä, mutta tilastolukuihin verrattaessa on muistettava, että vuosi 2010 oli poikkeuksellisen kylmä ja 2020 ennätyslämmin.

Mallinnustulosten taustana olevat rakennuskannan kehitystä koskevat oletukset pidettiin FIN-skenaariossa samoina kuin KEITO-WAM-skenaariossa, BIZ-skenaariossa kannan oletettiin kasvavan kasvukeskuksiin keskittyen, ENV-skenaariossa kasvu oletettiin maltillisemmaksi ja nykyrakenteen mukaiseksi, ja myös PPL-skenaariossa oletettiin hieman maltillisempaa, mutta rakenteeltaan hajautunutta kasvua. Rakennusten energiatehokkuuden oletettiin paranevan erityisen paljon BIZ-skenaariossa, mutta muissa skenaarioissa KEITO-WAM-skenaarion tapaan.

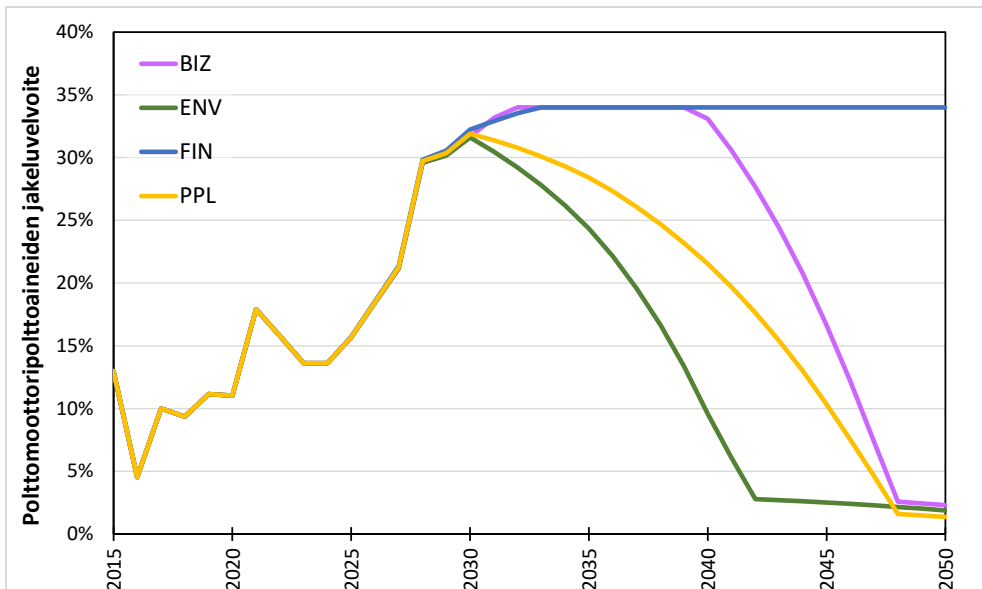


Kuva 54. Asumisen ja palveluiden energian loppukulutus LTS-skenaariossa vuoteen 2050. Palvelujen kulutus sisältää datakeskusten energiankäytön.

Lämmityksen ja käyttöveden lisäksi asumisen ja palveluiden energiankulutukseen sisältyy runsaasti valaistus- ja laitesähköä, jäähdytysenergiaa (sähkö, kaukokylmä) sekä jonkin verran polttoaineita lähinnä työkoneiden käyttöön, jotka kaikki sisältyvät kuvaan 54. Palveluiden laitesähköön sisältyvä datakeskusten kulutus kasvaa erityisen paljon BIZ-skenaariossa (noin 30 TWh), koska siinä oletettiin alan investointien toteutuvan Suomessa laajimmassa mitassa. Muissa skenaarioissa datakeskusten kehitysarviot perustuivat brittiläisen ICIS-konsulttiyhtiön laatimiin maakohtaisiin projektioihin (ICIS 2025). Keskusten hukkalämmöstä oletettiin merkittävä osa voitavan hyödyntää yhdyskuntien lämmitykseen.

Liikenteen osalta TIMES-VTT-mallinnuksen skenaariot perustuvat pääosin VTT:n ELIISA-mallilla muodostettuihin skenaarioihin, joiden tuloksena saatuja ajoneuvokannan, ajoneuvoluokkien käyttövoimajakautuksen sekä liikennesuoritteiden kehitysarvioita on käytetty lähtötietoina TIMES-mallinnuksessa. Niiden perusteella TIMES-VTT-malliin on asetettu kysyntäprojektiot ja käyttövoimakohtaiset markkinaosuuksien rajoitteet siten, että uuden teknologian osuudet voivat niiden kilpailukyvyn mukaan jonkin verran muuttua ELIISA-mallin tuloksista. Muilta osin malli voi optimoida uusiutuvan energian osuuksia asetettujen jakeluvälvoitteiden puitteissa.

Uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä säätävä jakeluvälvoitelaki koski vuoteen 2024 saakka vain polttoaineita, joilla voidaan korvata moottoribensiinin, dieselöljyn ja maakaasun käyttöä liikenteessä. Lain mukainen uusiutuvan osuuden tavoitetaso oli asetettu 34 %:iin kyseisten polttoaineiden kokonaismäärästä vuonna 2030 ja sen jälkeen. Sittenkin lakia on muutettu siten, että sen soveltamisalaan on otettu mukaan myös liikennekäyttöön

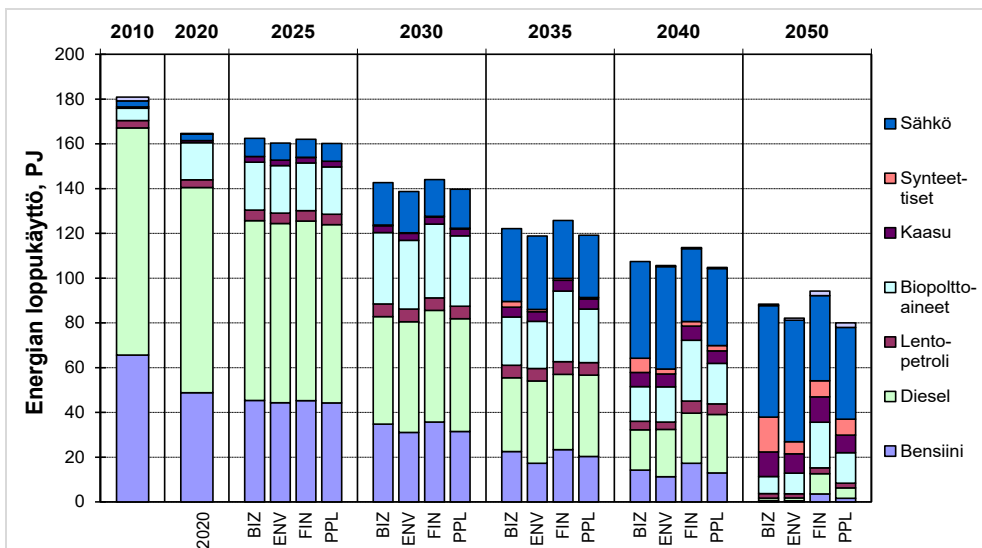


Kuva 55. Kotimaanliikenteen polttomoottoripolttoaineiden ELIISA-mallinnuksesta johdetun jakeluvälvoitteen kehitys LTS-skenaarioiden TIMES-mallinnuksessa (ELIISA-mallinnuksen osuuksia koskevia tuloksia on esitetty kuvissa 17 ja 18).

julkisissa latauspisteissä toimitettu uusiutuvista energialähteistä tuotettu sähkö kolminkertaisena, mutta uusiutuvan osuuden tavoitetasoa ei ole muutettu. LTS-skenaarioiden TIMES-VTT-mallinnus ei perustunut viimeisimpien lainmuutosten mukaiseen soveltamisalaan, vaan ELIISA-mallin tuloksista johdettuihin aiemman soveltamisalan mukaisen jakeluvelvoitteen tasoihin (kuva 55), kuitenkin siten, että velvoite ei nouse 34 %:n tavoitetasoa korkeammaksi (ELIISA-laskelmien mukaan näin olisi käynyt ainakin FIN-skenaarion kohdalla).

ELIISA-mallin LTS-skenaariotulosten mukaan vuonna 2030 esimerkiksi henkilöautoista täyssähköautoja ja lataushybridejä olisi skenaariosta riippuen 0,8–1,0 miljoonaa, ja vuonna 2050 olisi jo 80–90 % henkilöautoista täyssähköautoja. Voimakas sähköistyminen näkyy suoraan liikenteessä kulutetun kokonaisenergian vähenemisenä (Kuva 56). Henkilöautojen kokonaisliikennesuorite kasvaa skenaariossa ELIISA-mallilaskelmien mukaisesti siten, että BIZ-skenaariossa suoritteet kasvavat eniten ja jopa hieman Traficomien vuonna 2024 julkaisemaa ennustetta nopeammin, jolloin kokonaisvuosisuorite on vuonna 2050 noin 48 % vuoden 2023 tasoa suurempi. Muissa skenaarioissa ajosuoritteen kasvu on kuitenkin oletettu maltillisemmaksi, siten että vuonna 2050 kokonaissuorite on 8–22 % Traficomien ennustetta pienemmällä tasolla (PPL-skenaariossa alhaisin).

Vielä vuonna 2018 kotimaanliikenteen loppuenergian kulutus oli noin 180 PJ, mutta on kääntynyt sen jälkeen laskuun. Skenaariotulosten mukaan lasku jatkuu siten, että vuonna 2030 se on noin 21 % pienempi ja vuonna 2040 jo noin 40 % pienempi kuin vuonna 2018 (kuva 56). Energiankulutuksen väheneminen on suurelta osin sähköistymisen ansiota, mutta myös hybridiajoneuvot sekä raskaassa liikenteessä vuodesta 2035 alkaen vetyajoneuvot parantavat tieliikenteen energiatehokkuutta. ENV- ja PPL-skenaarioissa kulutus vähenee nopeimmin, PPL-skenaariossa pääosin liikennesuoritteiden vähäisemmän kasvun takia mutta ENV-



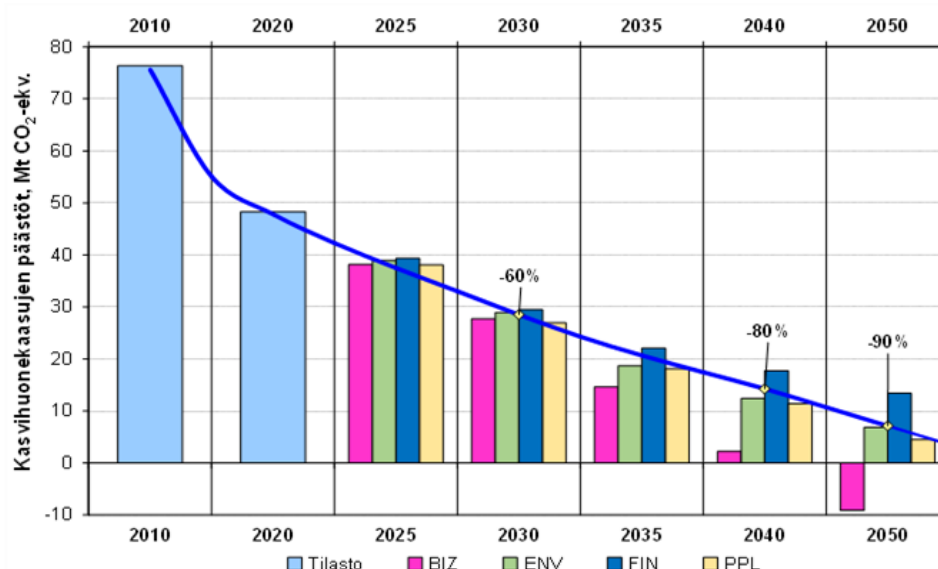
Kuva 56. Kotimaanliikenteen loppuenergian kulutus LTS-skenaariossa vuoteen 2050.

skenaariossa myös voimakkaamman sähköistymisen ansiosta. Vety- ja sähköpolttoaineiden merkitys on suurin BIZ-skenaariossa, sillä vaikka FIN-skenaariossa vetytalous etenee ripeimmin, sen vaikutukset painottuvat muille sektoreille. Vuonna 2050 BIZ-skenaariossa olisi polttokennokuorma-autoja ja -rekkoja liikenteessä lähes 25 000 kappaletta, eli jo selvästi enemmän kuin kaasurekkoja, ja polttokennokäyttöisiä henkilö- ja pakettiautoja olisi yli 200 000 kappaletta. FIN-skenaariossa polttomoottorien osuus liikenteen käyttövoimista jää muita skenaarioita suuremmaksi, ja samalla biopolttoaineiden rooli pysyy BIZ- ja ENV-skenaariota huomattavasti suurempana. Kaikki liikennemuodot mukaan luettuna biopolttoaineiden kokonaiskulutus Suomen kotimaanliikenteessä kuitenkin vähenee vuoden 2030 jälkeen kaikissa LTS-skenaarioissa.

8.2 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys

8.2.1 Päästöjen kokonaistaseen kehitys

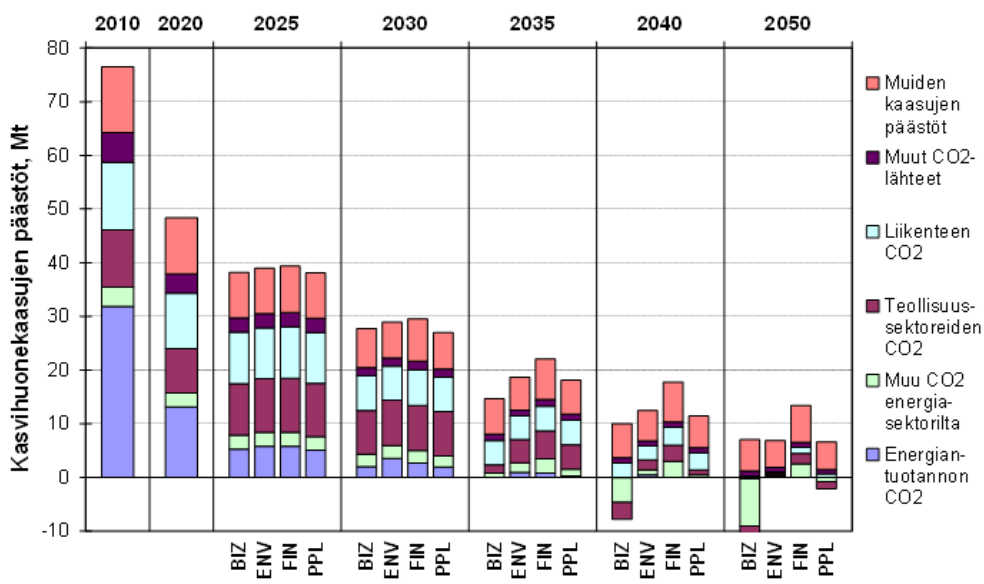
Ilmastolain mukaan Suomen kansallinen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen (LULUCF pois lukien) vähennystavoite on 60 % vuoteen 2030 mennessä, 80 % vuoteen 2040 mennessä ja 90 % vuoteen 2050 mennessä, vuoden 1990 tasoon verrattuna. Mallinnetuista LTS-skenaariosta kolmessa, BIZ-, ENV- ja PPL-skenaariossa, nämä kaikki tavoitteet saavutetaan (kuva 57). FIN-skenaariossa ollaan vuonna 2030 vielä hyvin lähellä tavoitetta, mutta vuoden 2030 jälkeen niistä jäädään yhä selvemmin jälkeen. Vuoden 2035 tavoite hiilineutraaliudesta edellyttäisi KHK-päästötulosten mukaan 15–19 Mt:n nieluja LULUCF-sektorilla (nykyisen ilmastolain esittämä tavoite hiilineutraalisuudesta ei sisällä mahdollisuutta kansainvälisten päästöyksiköiden ostosta).



Kuva 57. Kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen kehitys LTS-skenaarioissa 2000–2055 (Mt CO₂-ekv., GWP=AR5).

BIZ- ja ENV-skenaarioissa päästöoikeuksien korkeat hinnat ohjaavat kehitystä tehokkaasti päästöjen vähennyksiin. Muita keskeisimpiä tekijöitä tavoitteiden saavuttamiseksi ovat BIZ-skenaariossa voimakas sähköistyminen, laajat investoinnit uuteen energiateknologiaan ja tekniset nielut. Teknisten nielujen rooli kasvaa BIZ-skenaariossa ylivoimaisesti suurimmaksi, ja ne tuottavat jo vuonna 2035 noin 17 Mt:n päästövähennykset. ENV-skenaariossa investoinnit uuteen teknologiaan ovat maltillisemmat ja teknisille nieluille jää vain hyvin pieni rooli. Energiaperäisten päästöjen vähennyksiä saadaan tällöin aikaan erityisesti energiankäytön tehostamisella, joka toteutuu tässäkin skenaariossa suurelta osin sähköistymisen avulla. Kotimaanliikenteessä päästöjä hillitsee lisäksi henkilöautojen ajoneuvosuorituksen kasvun jääminen tuntuvasti BIZ-skenaariota pienemmäksi (11 % vuonna 2050). Lisäksi maatalouden metaani- ja N₂O-päästöjä saadaan ENV-skenaariossa vähennetyksi vuoteen 2035 mennessä noin 0,5 Mt ja vuoteen 2050 mennessä 0,9 Mt enemmän kuin BIZ-skenaariossa.

PPL-skenaario on kolmas ilmastolain päästötavoitteet saavuttava skenaario. Siinä on FIN-skenaarion tapaan matalammat päästöoikeuksien hinnat, joten taloudellinen ohjaus on heikompaa. Bioenergiapotentiaali toisaalta oletettiin tässä skenaariossa suurimmaksi, minkä ansiosta bioenergian merkitys nousee päästövähennysten kannalta merkittäväksi. Hajautetun energiatuotannon osalta myös kiinteistöjen aurinkovoiman merkitys kasvaa muita skenaarioita suuremmaksi, kun taas tuulivoimainvestoinnit jäävät maltilliselle tasolle. Teknisistä nieluista DACCS ei tule PPL-skenaariossa kustannuksiltaan kilpailukykyiseksi, mutta BECCS sen sijaan saa huomattavan roolin päästöjen lisävähennyskeinona, mitä tukee tässä skenaariossa oletettu muita suotuisammin kehittyvä bioenergiapotentiaali.

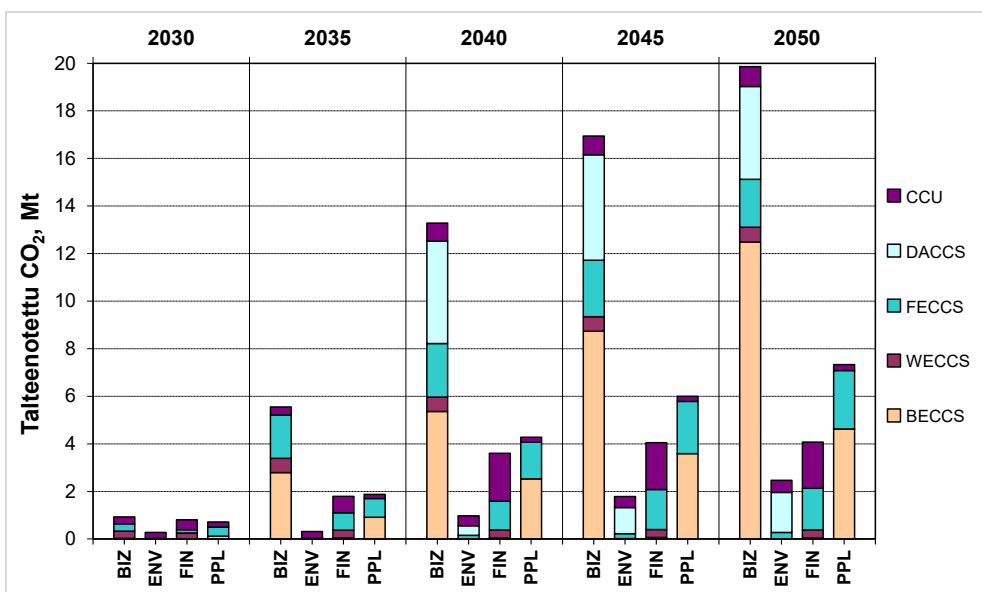


Kuva 58. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys pääluokittain LTS-skenaarioissa 2010–2050 (Mt CO₂-ekv., GWP=AR5).

Kuten edellä jo todettiin, FIN-skenaariossa ilmastolain päästövähennystavoitteita ei kyetä saavuttamaan, mikä johtuu monien eri tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Keskeisimpinä tekijöinä ovat päästöoikeuksien maltilliset hinnat, jotka eivät tuo riittävää taloudellista ohjausta, sekä teknisten nielujen jääminen kannustinmekanismien ulkopuolelle. Heikompaan päästökehitykseen vaikuttavina lisätekijöinä ovat energiantensiivisen teollisuuden korostuva merkitys teollisessa rakenteessa, liikenteen maltillisemmaksi jäävä sähköistyminen, jonkin verran suppeneva kestävä bioenergian saatavuus sekä korkeaan omavaraisuuteen tähtäävä maatalouspolitiikka, joka johtaa korkeimpiin maatalouden päästöihin.

Kasvihuonekaasupäästöjen pääluokkien mukainen jaottelu (Kuva 58) osoittaa, että vuoteen 2030 saakka päästövähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta. Taakanjakosektoreista liikenteessä saavutetaan tulosten mukaan niin ikään hyvin merkittävä päästöjen vähennys vuoden 2005 vertailutasosta, 49–52 % vuoteen 2030 mennessä ja 91–98 % vuoteen 2050 mennessä. BIZ- ja ENV-skenaarioissa kotimaanliikenne olisi siten lähes nollapäästöistä vuonna 2050. Teollisuuden energia- ja prosessiperäiset päästöt jäävät FIN-skenaariossa suurimmiksi ja ovat vuonna 2040 noin 3 Mt ja 2050 noin 2 Mt CO₂-ekv.

Hiilidioksidin talteenotolla voi olla merkittävä rooli ilmastomuutoksen hillinnässä ainakin kolmella eri tavalla: polttoaineista talteen otetun hiilidioksidin pysyvällä varastoinnilla voidaan ehkäistä hiilidioksidin vapautumista ilmakehään (CCS), suoraan ilmakehästä talteen otetun hiilidioksidin varastoinnilla voidaan puolestaan vähentää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta (DACCS), ja talteen otettua hiilidioksidia hyödyntämällä voidaan tuottaa hiilivetyjä, jotka korvaavat fossiilisten polttoaineiden käyttöä energiana tai raaka-aineena (CCU). CCS voidaan edelleen jakaa hiilen



Kuva 59. Hiilidioksidin talteenoton kehitys LTS-skenaarioissa 2030–2050.

talteenottoon fossiilisista polttoaineista (FECCS), biopolttoaineista (BECCS) sekä jättepolttoaineista (WECCS). Mallinnetuissa LTS-skenaarioissa nämä kaikki vaihtoehdot otettiin huomioon, mutta tulevat käyttöön skenaariotarinoiden mukaan vaihtelevassa laajuudessa (kuva 59).

Teknisten nielujen (BECCS ja DACCS, bio-osuuden osalta myös WECCS) hyödyntäminen päästöjen vähennyskeinona perustuu koeteltuihin teknisiin ratkaisuihin, joita ei ole kuitenkaan vielä laajassa mitassa kaupallistettu eikä niiden käytölle ole vielä luotu riittäviä kannustinmekanismeja. Merkittävän potentiaalinsa vuoksi niiden oletettiin olevan käytettävissä laajemmin kahdessa LTS-skenaarioissa, BIZ ja PPL, sekä suppeammin myös ENV-skenaariossa (vain DACCS). Teknisten nielujen hyödyntämisen kokonaismäärä nousi BIZ-skenaariossa ylivoimaisesti suurimmaksi, noin 10 Mt:iin vuonna 2040 ja 17 Mt:iin vuonna 2050. DACCS tuli korkeiden päästöoikeuksien hintojen vuoksi kilpailukykyiseksi jo vuoteen 2040 mennessä ja sitä hyödynnettiin tällöin BIZ-skenaariossa noin 4 Mt:n laajuudessa vuosina 2040–2050, ja BECCS:n osuus nousi siten samalla aikavälillä noin 6 Mt:sta noin 13 Mt:iin. Myös ENV-skenaariossa DACCS tuli käyttöön päästöoikeuksien hintojen vuoksi, mutta tekniikan hyödyntäminen rajoittui enimmillään 1,7 Mt:iin (2050). PPL-skenaariossa vain BECCS oli kilpailukykyinen, ja sen hyödyntämien oli rajoitettu korkeintaan 5 Mt:iin, lähinnä metsäteollisuudessa.

Fossiilisen CCS:n hyödyntämiseen voidaan jo nykyisin soveltaa päästökaupan kannustinmekanismeja, joten sen osalta toteuttamiskelpoisuutta koskevat epävarmuudet ovat pienemmät. FECCS:n hyödyntäminen oli suurinta BIZ- ja PPL-skenaarioissa, kummassakin enimmillään 2–2,5 Mt vuosina 2040–2050, ja se kohdistui lähinnä teollisuusprosesseihin. Myös jätteenpolton yhteyteen voidaan liittää hiilidioksidin talteenotto, ja koska polttoaine voi sisältää vaihtelevin osuuksin fossiilista ja biomateriaalia, siitä on käytetty lyhennettä WECCS. Skenaarioissa oletettiin Vantaan voimalaitoksen yhteyteen suunniteltu talteenotto toteutuvan täysimittaisena BIZ-skenaariossa (noin 0,6 Mt) ja puolittaisena FIN-skenaariossa.

CCU:n merkitys on tulosten mukaan FIN-skenaariota lukuun ottamatta verrattain vähäinen kokonaistalteenottoon verrattuna. Vetytalousinvestointien myötä FIN-skenaariossa tuotetaan CCU-pohjaisia sähköpolttoaineita laajimmin, mutta tuotantoa on suppeammin myös BIZ- ja PPL-skenaarioissa. Kaikissa skenaarioissa tuotetaan toki lisäksi sähkövetyä ja sähköammoniakkia.

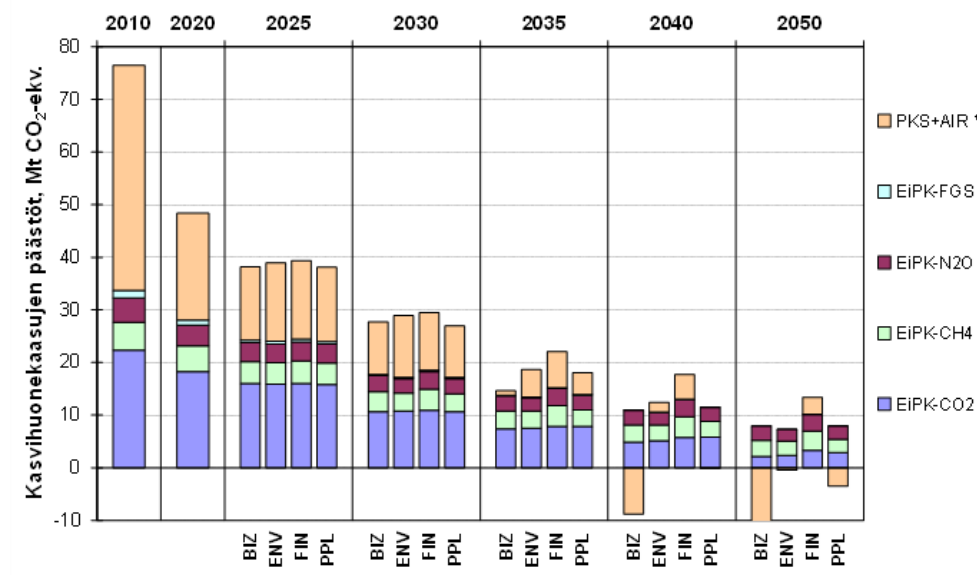
8.2.2 Taakanjakosektorin päästöjen kehitys

Taakanjakosektorin päästökehitys kuuluu LTS-skenaarioiden keskeisimpiin tarkastelukohteisiin, sillä siihen voidaan erityisesti vaikuttaa kotimaisin politiikka-toimin ja ohjauskeinoin. Kuvassa 60 on havainnollistettu kokonaispäästöjen jakaantumista päästökauppa- ja taakanjakosektorille kaasuittain ja kuvassa 61. taakanjakosektorin päästöjen jakaantumista alasektoreittain. Taulukossa 14 on esitetty vastaava päästöjen jaottelu alasektoreille sekä kokonaispäästöjen päästökauppasektorille jäävä osuus (tekniset nielut vielä eriteltyinä). Muiden kuin hiilidioksidipäästöjen luvut on muunnettu CO₂-ekvivalenteiksi IPCC-AR5:n GWP-

kertoimin. Päästöjen raportoinnissa on käytetty vielä vuonna 2022 voimassa ollutta taakanjakosektorien rajausta, jonka mukaan mm. jätteenpoltto sisältyy vielä näihin, vaikka itse mallinnuksessa se oli siirretty ETS1-päästökauppaan.

Mallilaskelmien tulosten mukaan taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöt alenevat kaikissa skenaariossa verrattain tasaisesti vuodesta 2020 aina vuoteen 2050 saakka. Poliittikkatoimien ohjausvaikutus, joka syntyy taakanjakosektorilla pääosin energiaveroista ja jakeluvetoista sekä 2030 alkaen näitä vahvasti tukevasta ETS2-päästökauppamekanismista, näyttää siten olevan kohtuullisen hyvä myös pidemmällä tähtäimellä, mutta erityisesti ohjaavuus näkyy korkeampien päästö-oikeuksien hintojen skenaarioissa BIZ ja ENV.

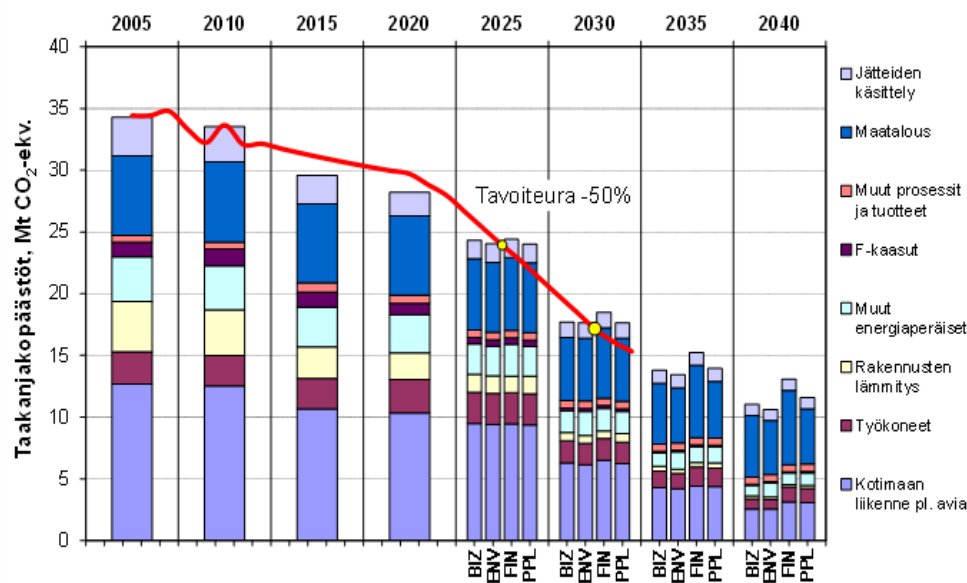
Taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöistä lähes 40 % syntyy vielä nykyisin kotimaanliikenteestä, joten liikenteen vaikutus taakanjakosektorin päästöjen kehitykseen on keskeinen, ja siihen vaikuttavat ajoneuvokannan ja liikennesuoritteiden muutokset on arvioitu lähtökohtaisesti ELIISA-sektorimallilla. Taakanjakosektorin kokonaispäästöt (25,6 Mt CO₂-ekv. vuonna 2023) alenevat skenaariossa vuoteen 2030 mennessä 17,6–18,5 Mt:n määrään, joka on vain 0,5–1,4 Mt suurempi kuin taakanjakosektorin 50 %:n vähennystavoite edellyttäisi (vertailuvuosi on 2005). Viime vuosien tavoiteuran alittaneista päästöistä syntynyt päästösäästö riittänee jo siten hyvin kompensoimaan tämän eron, jolloin lisätoimia ei tarvittaisi taakanjakosektorin vuotta 2030 koskevan tavoitteen saavuttamiseksi.



Kuva 60. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys ETS1-päästökauppa- (PKS-) ja taakanjakosektorilla (EIPK-) päästölajeittain LTS-skenaariossa 2010–2050.

Vuoteen 2005 verrattuna päästöt vähenevät eniten kotimaan liikenteessä, jossa vähennys on kaikissa neljässä skenaarioissa suunnilleen 50 %, mutta ENV-skenaariossa (52 %) ja PPL-skenaariossa (51 %) hieman muita enemmän. Vuoden 2030 jälkeen päästöjen lisävähennykset ovat skenaarioissa edelleen melko lähellä toisiaan, mikä johtuu toisaalta siitä, että ELIISA-mallissa käytetyt oletukset liikennesuoritteiden kehityksestä, markkinaehtoisesta sähköistymisen etenemisestä ja jakeluvoitteen vaikutuksista osittain kumoavat toisiaan, ja toisaalta ETS2-päästökaupan hinnoista, jotka vaikuttavat TIMES-VTT-laskelmissa uusiutuvien polttoaineiden osuuksiin (biodiesel, biokaasu, vety, sähköpolttoaineet). Vuoteen 2050 mennessä liikenteen päästöt ovat kuitenkin alhaisimmat BIZ- ja ENV-skenaarioissa, joissa kummassakin liikenteen päästöt vähenevät 98 %.

Liikenteen jälkeen suurimmat suhteelliset päästövähennykset saadaan skenaariossa aikaan rakennusten lämmityksessä (noin 90 % vuoteen 2035 mennessä, 95–97 % vuoteen 2050 mennessä) ja F-kaasupäästöissä (96 % vuoteen 2050 mennessä), eikä skenaarioiden välillä ole näiden osalta merkittäviä eroja. Työkoneiden päästöt vähenevät vuoteen 2035 mennessä 41–53 % ja vuoteen 2050 mennessä 67–83 %. BIZ- ja ENV-skenaarioiden korkeammat ETS2-hinnat johtavat työkoneidenkin osalta voimakkaampaan sähköistymiseen ja siten suurempiin päästövähennyksiin. Jakeluvoitteen oletettiin skenaarioissa nousevan 30 %:iin, joka tuottaa valtaosan vähennyksistä vuoteen 2035 mennessä. Jätteiden käsittelyä koskevissa oletuksissa ei ollut eroja skenaarioiden välillä: siellä päästöt vähenevät 66 % vuoteen 2035 ja 77 % vuoteen 2050 mennessä.



Kuva 61. Kasviuonekaasupäästöjen kehitys taakanjakosektoreilla LTS-skenaarioissa 2005–2040 (Mt CO₂-ekv., GWP=AR5).

Maatalouden päästöjen kehitys eroaa skenaarioiden välillä melko huomattavasti skenaarioiden taustaoletusten mukaan. Omavaraisuutta korostavassa FIN-skenaariossa päästöt eivät vähene merkittävästi vuoden 2005 tasosta, vaan jopa kääntyvät lievään kasvuun 2035 jälkeen. ENV-skenaario edustaa toista ääripäätä, jossa maatalouden päästöjä saadaan vähennetyksi 35 % vuoteen 2050 mennessä, mutta myös PPL-skenaariossa maatalouden päästöjen vähennys on lähes yhtä huomattava. BIZ-skenaariossa päästökehitys asettuu ääripäiden välimaastoon (23 %:n vähennys vuoteen 2050 mennessä).

Absoluuttisina määrinä taakanjakosektorin merkittävimmät päästövähennykset saavutetaan ehdottomasti kotimaanliikenteessä, yli 12 Mt vuodesta 2005 vuoteen 2050. Seuraavilla sijoilla ovat rakennusten lämmitys, noin 4 Mt, ja muut energia-peräiset päästöt, vajaat 3 Mt sekä jätteiden käsittely, noin 2,4 Mt. Vaikeimmin vähennettävänä päästöinä näyttäytyvät tuloksissa päästöt muista prosesseista ja tuotteista, joiden vähentämiseen ei ollut oletettu juuri mitään kannustinta tai muita politiikkatoimia, ja jonka vuoksi ne eivät juuri eroa myöskään skenaarioiden välillä.

Integroidussa TIMES-VTT-mallitarkastelussa sektorikohtaiset päästötulokset saattavat jonkin verran poiketa sektorikohtaisten mallien ja analyysien tuloksista pääosin juuri sektori-integroinnin vaikutusten kattavamman huomioon ottamisen kautta. Näitä eroja on etenkin tieliikenteen tuloksissa ja pieniä eroja voi olla myös rakennusten lämmityksen ja maatalouden päästöurissa. Eroavuudet eivät kuitenkaan liene kokonaiskehitystä koskevien johtopäätösten kannalta merkittäviä.

Taulukko 14. LTS-skenaarioiden kasvihuonekaasupäästöt taakanjakosektorilla alasektoreittain sekä päästökauppasektorilla vuosina 2005–2050 (Mt CO₂-ekv.).

BIZ – Sektorit	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.7	10.3	9.5	6.3	4.3	2.6	1.2	0.3
Työkoneet	2.6	2.5	2.5	2.7	2.5	1.8	1.3	0.8	0.7	0.6
Rakennusten lämmitys	4.1	3.7	2.6	2.2	1.4	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1
Muut energiaperäiset	3.6	3.6	3.2	3.1	2.5	1.7	1.1	0.9	0.8	0.6
F-kaasut	1.2	1.4	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.4	6.5	6.4	6.4	5.8	5.1	4.9	5.0	5.0	4.9
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.9	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7
Taakanjakosektori yhteensä	34.3	33.5	29.6	28.2	24.3	17.7	13.8	11.1	9.3	8.0
Päästökauppasektori	35.6	42.3	25.6	19.6	13.9	10.3	4.0	1.2	0.5	0.3
Tekniset nielut	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-3.2	-10.1	-13.9	-17.4
Kaikki yhteensä	69.9	75.8	55.2	47.8	38.2	27.7	14.6	2.2	-4.2	-9.2
ENV – Sektorit	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.7	10.3	9.4	6.1	4.2	2.6	1.3	0.3
Työkoneet	2.6	2.5	2.5	2.7	2.5	1.7	1.2	0.8	0.6	0.5
Rakennusten lämmitys	4.1	3.7	2.6	2.2	1.4	0.6	0.4	0.2	0.1	0.1
Muut energiaperäiset	3.6	3.6	3.2	3.1	2.4	2.0	1.4	1.2	1.1	0.9
F-kaasut	1.2	1.4	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.4	6.5	6.4	6.4	5.7	5.1	4.5	4.4	4.3	4.1
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.9	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7
Taakanjakosektori yhteensä	34.3	33.5	29.6	28.2	24.0	17.7	13.5	10.6	8.8	7.3
Päästökauppasektori	35.6	42.3	25.6	19.6	13.9	11.3	5.2	2.2	1.3	1.2
Tekniset nielut	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-1.1	-1.7
Kaikki yhteensä	69.9	75.8	55.2	47.8	37.9	28.9	18.7	12.4	9.0	6.9
FIN – Sektorit	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.7	10.3	9.5	6.5	4.4	3.1	2.1	1.1
Työkoneet	2.6	2.5	2.5	2.7	2.5	1.8	1.5	1.2	1.0	0.9
Rakennusten lämmitys	4.1	3.7	2.6	2.2	1.3	0.6	0.4	0.2	0.2	0.1
Muut energiaperäiset	3.6	3.6	3.2	3.1	2.6	1.8	1.3	0.9	0.8	0.7
F-kaasut	1.2	1.4	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.4	6.5	6.4	6.4	5.9	5.7	5.9	6.0	6.0	6.0
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.9	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7
Taakanjakosektori yhteensä	34.3	33.5	29.6	28.2	24.4	18.5	15.2	13.1	11.6	10.2
Päästökauppasektori	35.6	42.3	25.6	19.6	13.9	11.1	7.0	4.9	3.9	3.4
Tekniset nielut	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Kaikki yhteensä	69.9	75.8	55.2	47.8	38.3	29.5	22.1	17.7	15.3	13.4
PPL – Sektorit	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.7	10.3	9.4	6.2	4.4	3.1	1.8	0.6
Työkoneet	2.6	2.5	2.5	2.7	2.5	1.7	1.5	1.1	0.8	0.7
Rakennusten lämmitys	4.1	3.7	2.6	2.2	1.4	0.7	0.4	0.2	0.2	0.2
Muut energiaperäiset	3.6	3.6	3.2	3.1	2.4	1.8	1.3	1.0	1.0	0.9
F-kaasut	1.2	1.4	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.4	6.5	6.4	6.4	5.7	5.1	4.6	4.5	4.3	4.2
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.9	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7
Taakanjakosektori yhteensä	34.3	33.5	29.6	28.2	24.0	17.6	14.0	11.6	9.7	8.0
Päästökauppasektori	35.6	42.3	25.6	19.6	13.9	9.4	5.0	2.4	1.5	1.1
Tekniset nielut	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.9	-2.5	-3.6	-4.6
Kaikki yhteensä	69.9	75.8	55.2	47.8	37.9	27.0	18.1	11.4	7.6	4.4

9 Kokonaispäästöjen kehitykset vaihtoehtoisissa skenaarioissa ja arvio ilmastolain tavoitteiden saavuttamisesta

Tiina Koljonen, VTT

Tarja Silfver, Luke

Sampo Soimakallio, Syke

Edellä on esitetty LTS-skenaarioiden sektorikohtaisia KHK-päästökehityksiä (luvut 6.3.2, 7.1.2), maankäyttösektorin KHK-päästökehitykset (luku 7.3) sekä integroidun mallitarkastelun tuloksena saadut KHK-päästötaseet (luku 8.2.1) ja lisäksi erikseen taakanjakosektorin KHK-päästökehitykset (8.2.2). Tässä luvussa esitetään kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien kokonaistaseet sekä arvioidaan mahdollisuuksia saavuttaa kansallisen ilmastolain asettamat päästö- ja hiilineutraalisuustavoitteet vuosina 2030, 2035, 2040 ja 2050. Ilmastolain (Finlex 2022) tavoitteena on myös varmistaa KHK-päästöjen vähentämiseen ja nielujen vahvistamiseen koskevien sitovien velvoitteiden täyttyminen, joita on myös esitelty lyhyesti tässä luvussa LTS-skenaarioiden näkökulmista. Tarkemmin asiaa on käsitelty keskipitkää aikaväliä tarkastelevassa raportissa (Koljonen ym. 2025).

KEITO:n keskipitkän aikavälin skenaariolaskelmat jo osoittivat, että Suomella on hyvät mahdollisuudet saavuttaa vuosille 2030, 2040 ja 2050 asetetut 60 %, 80 % ja vähintään 90 % KHK-päästövähennykset vuoden 1990 tasoon verrattuna, mikäli erityisesti investoinnit teknisiin hiilinieluihin toteutuisivat siten, kun KEITO:n WAM-skenaariossa oli oletettu (Koljonen ym. 2025). WEM-skenaariossa KHK-päästötavoitteita ei sen sijaan saavutettu, vaan päästökuilu oli vuonna 2030 noin 0,7 Mt CO₂-ekv. kasvaen vuoteen 2040 mennessä 3,0 Mt CO₂-ekv. tasolle ja vuoteen 2050 mennessä 6,4 Mt CO₂-ekv. tasolle. WEM-skenaariossa yhteenlasketut KHK-päästöt maankäyttösektorin kanssa johtivat nykytoimin vajaan 38 Mt CO₂-ekv. kokonaispäästöön vuonna 2035 ja vastaavasti WAM-skenaariossa vajaan 34 Mt CO₂-ekv. kokonaispäästöön. WEM-skenaarion lähtöoletuksilla ja nykyisillä ohjaustoimilla Suomi ei saavuttaisi hiilineutraalisuutta koko skenaariolaskelmien tarkastelujaksolla vuoteen 2055 mennessä. WAM-skenaariossa mittavat investoinnit KHK-päästöjen vähentämiseen, mukaan lukien

tekniset hiilinielut, johtaisivat hiilineutraalisuuteen vuoden 2050 jälkeen, kun samalla maankäyttösektorin nettopäästöt ovat alentuneet vajaaseen 4 Mt CO₂-ekv. tasolle.

Edellä esitetyt lähtökohdat huomioiden LTS-työn tavoitteena oli tarkastella vaihtoehtoisten skenaarioiden avulla erilaisia kokonaispäästöpolkuja, joissa on varioitu kaikkia merkittäviä KHK-päästösektoreita mukaan lukien maankäyttösektori. Kuten luvussa 8.2.1 esitettiin, mallinnetuista LTS-skenaarioista kaikki ilmastolain asettamat KHK-päästötavoitteet vuosille 2030, 2040 ja 2050 saavutettiin muissa, paitsi Suomi edellä (FIN) -skenaariossa. Tässäkin ollaan vuonna 2030 vielä hyvin lähellä tavoitetta, mutta vuoden 2030 jälkeen KHK-päästötavoitteista jäädään yhä selvemmin jälkeen johtuen erityisesti laskentaoletuksista teknisiin hiilinieluihin, joiden oletettiin toteutuvan vain vähäisessä määrin.

EU:n asettamat sitovat velvoitteet koskevat taakanjako- ja LULUCF-sektorin velvoitteita. KEITO:n WEM-skenaariossa taakanjakosektorille asetettu vuoden 2030 50 % päästövähennystavoite ei toteutunut (vertailuvuosi 2005), mutta WAM-skenaariossa tavoite saavutettiin niukasti (Koljonen ym. 2025). LTS-skenaariossa taakanjakosektorin kokonaispäästöt vuoteen 2030 mennessä olivat 17,6–18,5 Mt CO₂-ekv., joka on vain 0,5–1,4 Mt suurempi kuin taakanjakosektorin päästövähennystavoite. Viime vuosien tavoiteuran alittaneista päästöistä syntynyt päästösäästö voisi kuitenkin riittää kompensoimaan tämän eron. Vuoden 2030 jälkeiselle ajalle ei ole toistaiseksi tiedossa EU:n asettamaa taakanjakosektorin tavoitetta. LTS-laskelmien perusteella taakanjakosektorin KHK-päästöt vähenivät 61–69 % vuonna 2040 ja vastaavasti 70–80 % vuonna 2050 vuoden 2005 tasoon verrattuna. Suurimmat päästövähennykset vuonna 2040 ja 2050 taakanjakosektorilla saavutettiin Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa, mutta Yhteiskunta edellä (PPL) ja Markkinat edellä (BIZ) -skenaarioissa KHK-päästöt olivat hyvin lähellä ENV-skenaariota. Taakanjakosektorin sisällä eroja on sen sijaan havaittavissa liittyen esimerkiksi maatalouden ja kotimaan liikenteen osalta, vaikka molempien sektoreiden KHK-päästöt vähenevät merkittävästi (ks. Taulukko 14).

Keskipitkän aikavälin tarkasteluissa (Koljonen ym. 2025) nähtiin, että Suomi ei saavuta vuoteen 2030 ulottuvia LULUCF-sektorin velvoitteita. Suomen ilmastopaneelin arvion (Seppälä ym. 2025) mukaan WEM- ja WAM-skenaarioissa oletetuilla hakkuumäärillä Suomi jää LULUCF-velvoitteistaan kausilla 2021–2025 ja 2026–2030 yhteensä noin jopa 170–200 Mt CO₂-ekv. riippuen siitä, ovatko joustot käytettävissä. Ilmastovuosikertomuksessa vajeen määräksi arvioitiin 110–115 Mt CO₂-ekv. ensimmäisellä velvoitekaudella 2021–2025 (Ympäristöministeriö 2025b). Mikäli vajetta ei saada kompensoitua ostamalla nieluyksiköitä muista EU-jäsenmaista, siirtyy vaje taakanjakosektorin kannettavaksi ja lisäksi jos taakanjakosektorille syntyy vajetta eri vuosina, siirtyy vaje seuraavalle vuodelle kertoimella 1,08. (Koljonen ym. 2025). LTS-skenaarioissa hakkuukertymä jää jonkin verran alhaisemmaksi vuoteen 2030 mennessä WEM- ja WAM-skenaarioihin verrattuna, joten vaje LULUCF-velvoitteista ei muodostu yhtä suureksi. Vähiten LULUCF-velvoitteista jäädään Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa, jossa hakkuukertymä on alhaisin myös vuoteen 2030 mennessä. LTS-skenaarioiden

perusteella kauden 2026–2030 vaje on skenaariosta riippuen noin 20–50 Mt CO₂-ekv. paitsi ENV-skenaariossa, jossa maankäyttösektori on nettonielu jo vuodesta 2027 lähtien ja kausi 2026–2030 reilu 20 Mt ylijäämäinen.

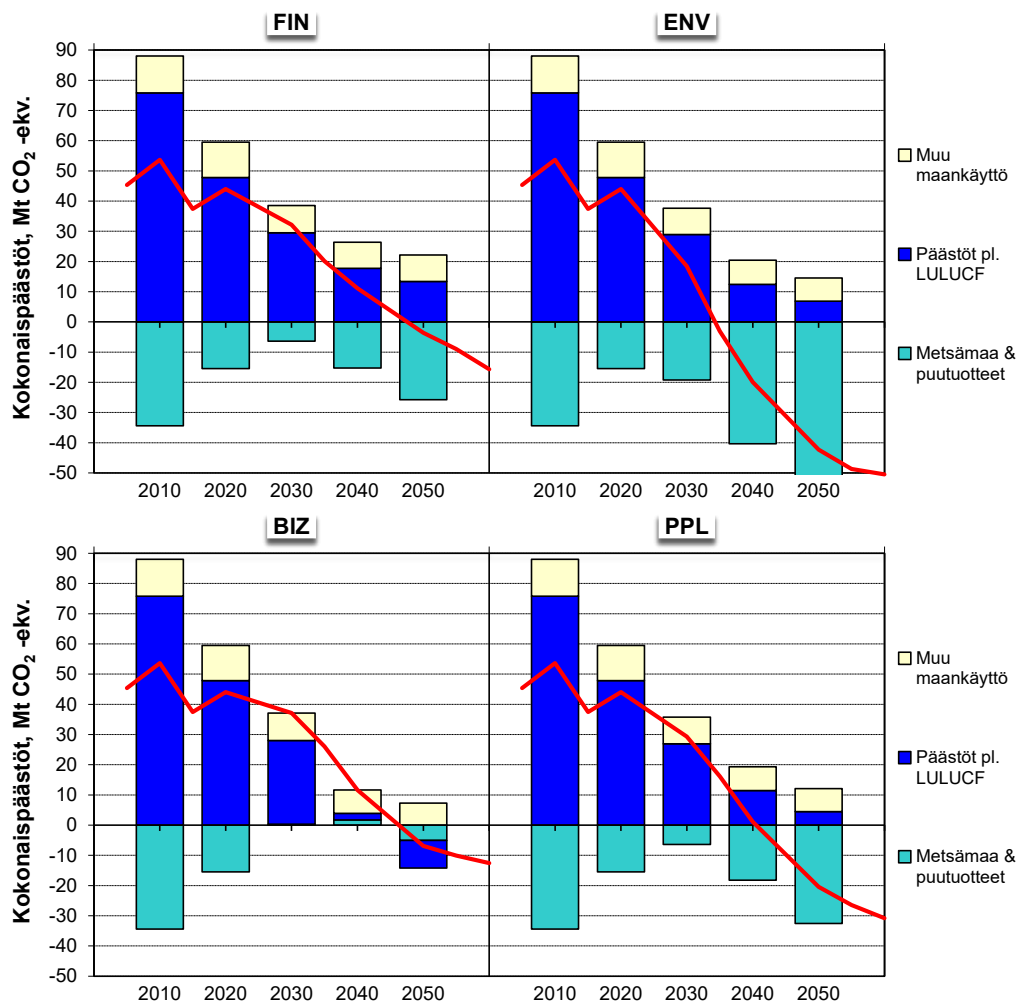
Kuvassa 62 on esitetty kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen tase LTS-skenaarioissa maankäyttösektori mukaan lukien. Kuvasta nähdään, että Suomi saavuttaisi hiilinegatiivisuuden pitkällä aikavälillä kaikissa LTS-skenaarioissa. Vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoite saavutetaan sen sijaan ainoastaan Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa, jossa maankäyttösektori on vuonna 2035 21,7 Mt CO₂-ekv. suuruinen nettonielu, jolloin kokonaispäästötase olisi -3,1 Mt CO₂-ekv. Tässä skenaariossa erityisesti metsämaa muodostuu nettonieluksi alhaisten hakkuiden vuoksi, jotka laskevat nykyiseltä noin 72 m³ tasolta runsaaseen 50 Mm³:in vuoteen 2030 mennessä (ks. Kuva 24). Huomionarvoista toisaalta on, että ENV-skenaariossa oletettiin vain vähäiset investoinnit teknisiin hiilinieluihin ja nekin toteutuivat mallinnuksen mukaan vasta vuoden 2035 jälkeen.

Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa hiilineutraalisuus saavutettiin hieman vuoden 2040 jälkeen. Vuonna 2035 LULUCF-sektori muodostui noin -2,0 Mt CO₂-ekv. nettonieluksi, kun hakkuukertymä oli pienentynyt 63 Mm³:in vuoden 2030 jälkeen (ks. Kuva 24). Tässä skenaariossa investoitiin jossain määrin myös teknisiin nieluihin, mutta vuonna 2035 teknisten nielujen aikaansaama päästövähennys oli vasta 0,9 Mt CO₂-ekv. Huomioiden sekä luonnon että tekniset hiilinielut päästökuiluksi jäi vuonna 2035 noin 16,1 Mt CO₂-ekv.

Markkinat edellä (BIZ) ja Suomi edellä (FIN) -skenaariossa jäädään kauaksi vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteesta, mutta molemmissa skenaarioissa hiilineutraalisuus kuitenkin saavutetaan vuoden 2045 jälkeen. Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa LULUCF-sektori on vuonna 2035 11,5 Mt päästölähde ja Suomi edellä skenaariossa LULUCF-sektori on -2,0 Mt nettonielu. Suomi edellä -skenaariossa runkopuun hakkuukertymä pienenee hieman, mutta kertymäärä pysyy runsaan 70 Mm³ tasolla, kun taas Markkinat edellä -skenaariossa, vuotuinen kertymäärä nousee nykytasolta noin 81 Mm³ vuositasolle vuoteen 2030 mennessä. Huolimatta merkittävistä investoinneista KHK-päästöjen vähentämiseen päästökuiluksi Markkinat edellä -skenaariossa muodostuu 26,1 Mt ja vastaavasti Suomi edellä -skenaariossa 20,1 Mt. Markkinat edellä -skenaariossa merkittävät investoinnit teknisiin hiilinieluihin kääntävät kuitenkin kokonaispäästötaseen jo selvästi nettonegatiiviseksi ennen vuotta 2050. Myös Suomi edellä -skenaariossa nettonegatiivisuus saavutetaan ennen vuotta 2050, mutta se tapahtuu luonnon hiilinielujen avulla. Investoinnit teknisiin hiilinieluihin olivat sen sijaan hyvin alhaiset (0,1–0,2 Mt CO₂), koska Suomi edellä -skenaariossa oletettiin merkittävässä määrin hiilidioksidin hyötykäyttöä, jolloin hiilidioksidi vapautuu verrattain nopeasti takaisin ilmakehään.

Yhteenvetona voidaan todeta, että pitkän aikavälin päästötavoitteet, eli 80 % ja vähintään 90 % KHK-päästövähennys vuoden 1990 tasoon verrattuna, toteutuvat muissa, paitsi Suomi edellä (FIN) skenaariossa. Tässäkin KHK-päästöt vähenevät 75 % vuonna 2040 ja 80 % vuonna 2050, vaikka investoinnit teknisiin hiilinieluihin olivat hyvin vähäiset. Ilmastotavoitteiden osalta Suomen tulisi saavuttaa nettonegatiiviset päästötavoitteet jo vuoden 2035 jälkeen, joka toteutuu ainoastaan

Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa. Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa nettonegatiiviset päästöt kuitenkin saavutetaan hieman vuoden 2040 jälkeen sekä Markkinat edellä ja Suomi edellä -skenaarioissa ennen vuotta 2050.



Kuva 62. Kasvihuoneekaasupäästöjen kokonaistaseen kehitys LULUCF-sektori mukaan lukien (GWP=AR5).

10 Ympäristövaikutukset

Sampo Soimakallio & Johanna Niemistö, Syke
Mari Kivinen, GTK

Suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista annetussa laissa (200/2005) eli SOVA-laissa listattuja ympäristövaikutuksia ovat a) ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen; b) maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen; c) yhdyskuntarakenteeseen, rakennettuun ympäristöön, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön; d) luonnonvarojen hyödyntämiseen; ja e) edellä mainittujen tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin liittyvät vaikutukset. Tässä raportissa tarkastelluille pitkän aikavälin skenaarioille ei laadittu varsinaista SOVA-analyysiä skenaarioiden ympäristövaikutuksista työn tiukan aikataulun ja skenaarioiden toteutumiseen vaadittavien tarkemmin määriteltujen ohjauskeinojen puuttumisen vuoksi. Seuraavassa pohditaan laadullisesti LTS-skenaarioiden keskeisiä piirteitä ja niistä esiin nousevia potentiaalisia riskejä keskeisten ympäristövaikutusten suhteen.

Ilmastonmuutos

Kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt kehittyvät suotuisimmin (vähenevät eniten) Ympäristö edellä (EVV) -skenaariossa. Se on myös skenaarioista ainoa, jossa saavutetaan kansallisessa ilmastolaissa oleva tavoite hiilineutraaliudesta vuonna 2035. Hiilineutraalius saavutetaan Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa vuonna 2040 ja Markkinat (BIZ) sekä Suomi edellä (FIN) -skenaarioissa vuosien 2040–2050 välillä. Ympäristö edellä -skenaariossa ilmastopolitiikka on kansainvälisesti kunnianhimoista ja sen vuoksi siinä onnistutaan hillitsemään ilmastonmuutosta skenaarioista tehokkaimmin.

Luonnon monimuotoisuus

Keskeisiä luontokadon aiheuttajia ovat elinympäristöjen häviäminen ja heikentyminen, luonnonvarojen ylikulutus, ilmastonmuutos, saasteet ja haitalliset vieraslajit. Maatalous, metsien hakkuut, kaupunkien ja infrastruktuurin laajentuminen hävittävät elinympäristöjä. Merkittävin paine luonnon monimuotoisuudelle kohdistuu Markkinat edellä -skenaariossa, jossa tuuli- ja aurinkovoiman rakentaminen lisääntyy skenaarioista eniten, metsien hakkuut ja lannoitus ovat korkeimmat ja nykytasoa suuremmat. Skenaarioista vähiten painetta luonnon monimuotoisuudelle kohdistuu Ympäristö edellä -skenaariossa, jossa tuuli- ja aurinkovoiman rakentaminen lisääntyy vähiten, metsien hakkuut ja lannoitus ovat

selvästi alhaisimmat ja ilmastonmuutoksen hillinnässä onnistutaan globaalisti tehokkaimmin.

Ilmanlaatu ja terveys

Pääasiallisia hiukkasten lähteitä ovat erilaiset polttoprosessit, ja ihmisten terveydelle haitallisimpia ovat pienhiukkaset (Koljonen ym. 2025). Polttoprosesseista aiheutuvien ilmansaasteiden määrä vähenee kaikissa skenaarioissa energiantuotannon siirtyessä kasvavassa määrin polttoon perustumattomaan tuotantoon sekä teollisuusprosessien ja liikenteen sähköistyessä. Nykyisellään yksittäisistä kotimaisista lähteistä puun pienpoltolla on selvästi suurin vaikutus terveyteen (Koljonen ym. 2025). Puun pienpoltto vähenee kaikissa skenaarioissa nykytilanteesta, ja selvästi eniten Ympäristö edellä -skenaariossa, jossa aiheutuu siten vähiten terveydelle haitallisia ilmansaastevaikutuksia.

Luonnonvarojen käyttö

Kaikissa skenaarioissa sähköistäminen ja energiatehokkuuden kasvattaminen lisäävät investointitarpeita uusiin koneisiin, laitteisiin ja elektroniikkaan, mikä puolestaan lisää niiden tuotannon edellyttämien materiaalien ja energian kulutusta. Uusiutumattomien ja uusiutuvien luonnonvarojen kulutus on suurinta Markkinat edellä -skenaariossa, jossa energiainfrastruktuurin rakentaminen, uudisrakentaminen, primäärienergian kulutus ja metsävarojen hyödyntäminen ovat skenaarioista suurinta.

Kaikissa skenaarioissa fossiilisten polttoaineiden käyttö pienenee ja mineraalisten raaka-aineiden tarve kasvaa. Kasvutarve kohdistuu erityisesti uusiutuvan energian tuottamiseen tarvittavien laitteistojen sekä energian tarvetta tasapainottavien energiavarastojen valmistamiseen tarvittaviin raaka-aineisiin. Mineraalisten raaka-aineiden tuotannon lisääminen tapahtuu erityisesti globaalilla markkinalla, mutta kohdistuu myös Suomeen. Mikäli suunnitellut investoinnit toteutuvat, nikkelin ja koboltin kotimaisen kaivostuotannon arvioidaan kaksinkertaistuvan ja kuparin kolminkertaistuvan 2030-luvulla, minkä lisäksi Suomesta tulisi merkittävä litiumhydroksidin (akkukemikaali) tuottaja EU:ssa. (Friedrichs ym. 2025, Koljonen ym. 2025). Lisäksi Suomi edellä -skenaarioon sisältyvä alumiinitehdas kasvattaisi alumiiniraaka-aineen tuontia merkittävästi, sillä Suomessa ei ole omia alumiinin raaka-ainevarantoja. Kaivostoiminnan investoinnit kehittyvät hitaasti ja paikallisten raaka-ainevarojen ehtyessä kaivostoimintoja myös päättyy. Nykyisen tiedon valossa kaivostoiminnan tuotantokapasiteetti ei tulle merkittävästi lisääntymään 2040- ja 2050-luvuilla. Näin ollen Suomi tulee jatkossakin olemaan mineraalisten raaka-aineiden osalta nettotuojaa.

Maaperä, pohjavesi ja vesistöt

Tuuli- ja aurinkoenergian lisääntyminen, geoenergian hyödyntäminen, kehittyvä vetytalous, pienten modulaaristen ydinreaktoreiden (SMR) käyttöönotto sekä energiasiirtymää vauhdittava kaivostoiminta ovat asioita, joilla voi olla merkittäviä ympäristövaikutuksia maaperään ja pohjaveteen (Koljonen ym. 2025). Maa- ja metsätalous, energiantuotanto ja eri teollisuuden alat aiheuttavat suurta vedenkulutusta ja merkittäviä vesistövaikutuksia (Valtioneuvosto 2023b). Riski maaperään, pohjaveteen ja vesistöihin kohdistuville haitallisille vaikutuksille korostuu erityisesti Markkinat edellä ja Suomi edellä -skenaarioissa.

Yhdyskuntarakenne

Yhdyskuntarakenteen kehityksen perusura suuntautuu kohti tiiviimpää maankäyttöä (Ympäristöministeriö 2024), jonka on lähtökohtana myös KEITO:n nykytoimiskenaariossa (WEM). Yhdyskuntarakenne on nykyisen kaltainen Suomi edellä ja Ympäristö edellä -skenaarioissa, nykyistä hajaantuneempaa Yhteiskunta edellä -skenaariossa ja nykyistä keskittyneempää Markkinat edellä -skenaariossa. Uudet, suuret puhtaan teollisen siirtymän investoinnit ja niihin liittyvät infrastruktuurihankkeet vaikuttavat myös yhdyskuntarakenteeseen (Koljonen ym. 2025). Kasvava osa yhdyskuntien rakennetun maan laajenemisesta liittyykin teollisuuden tai infrastruktuurin kehittämiseen. Tämä saattaa rajata yhdiskunnan toimintojen, kuten virkistyskäytön kehittämistä (Koljonen ym. 2025).

Keskeisten energiateknologioiden vaikutuksia

Kaikissa skenaarioissa tuuli- ja aurinkovoiman hyödyntäminen lisääntyy merkittävästi nykytilanteeseen verrattuna. Myös lämpöpumppujen hyödyntäminen lisääntyy kaikissa skenaarioissa. Ydinenergian hyödyntäminen lisääntyy jossain määrin nykytasosta Markkinat edellä ja Suomi edellä -skenaarioissa. Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi lisääntyy jossain määrin kaikissa skenaarioissa, mutta erityisesti Markkinat edellä -skenaariossa. Vastaavasti hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö lisääntyy kaikissa skenaarioissa, erityisesti Suomi edellä -skenaariossa. Näiden teknologioiden rakentamiseen ja hyödyntämiseen liittyy energian ja materiaalien käyttöä sekä maa-alan tarvetta. Tällä on vaikutuksia muun muassa kasvihuonekaasupäästöihin, luonnonvarojen käyttöön, maankäyttöön, maaperään ja pohjaveteen, luonnon monimuotoisuuteen (luonnonvaraiset eläin- ja kasvilajit sekä luontotyypit) ja etenkin merituulivoiman osalta myös vedenalaiseen luontoon. Osa vaikutuksista kohdistuu Suomen rajojen ulkopuolelle.

Sosiaaliset vaikutukset

Sosiaaliset vaikutukset kohdistuvat yksilöön, yhteisöön tai yhteiskuntaan, ja ne aiheuttavat muutoksia ihmisten elinoloissa, viihtyvyydessä, hyvinvoinnissa ja hyvinvoinnin jakautumisessa. Sosiaalisia vaikutuksia voi kohdistua perusoikeuksien ja yhdenvertaisen kohtelun toteutumiseen tai syrjimättömyysperiaatteen noudattamiseen. Ilmastotoimet ja niiden toteutus vaikuttavat siihen, millä tavoin toimien aiheuttamat hyödyt ja haitat jakaantuvat yhteiskunnassa ja myös siihen, miten oikeudenmukaisina toimia pidetään. (Koljonen ym. 2025) Tässä raportissa ei arvioitu erikseen skenaarioiden toteutumiseen tarvittavien ohjauskeinojen toteutusta, eikä toteutuksesta aiheutuvia kansan- tai aluetaloudellisia tai laajemmin ihmisiin ja ihmisryhmiin kohdistuvia sosiaalisia vaikutuksia.

11 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tiina Koljonen & Lassi Similä, VTT

Tarja Silfver, Luke

Sampo Soimakallio, Syke

Tässä KEITO-hankkeen raportissa on esitetty tulokset liittyen osakokonaisuuteen, jossa on tuotettu tausta-aineistoa ja tutkimuksellista tietoa kansallisen ilmastolain (Finlex 2022) edellyttämälle pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmalle (LTS), jonka tulee kattaa taakanjako-, päästökauppa- ja maankäyttösektorin yhteenlaskettujen kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien kehitystä koskevat skenaariot vähintään seuraaville 30 vuodelle. Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa otetaan huomioon sekä kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen että nieluja vahvistaminen, joiden kehitystä on tarkasteltu neljässä vaihtoehtoisessa tulevaisuuspolussa, joille laadittiin laskennalliset skenaariot. Polut pyrittiin määrittämään siten, että ne ottaisivat huomioon keskeiset epävarmuudet ja toisaalta tuottaisivat kokonaisarvion mahdollisuuksista saavuttaa ilmastolain mukaiset päästötavoitteet vuosina 2030, 2035, 2040 ja 2050. Ilmastolaki edellyttää myös, että kerran vaalikaudessa laaditaan keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma seuraaville 10–15 vuosille. Myös tässä tulee huomioida taakanjako- ja päästökaupparektorin sekä maankäyttösektorin yhteenlaskettujen kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien kehitykset erikseen ja yhteenlaskettuina. KEITO-hankkeen aiemmassa raportissa (Koljonen ym. 2025) on tarkasteltu keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaa, joka on ollut keskeisenä lähtökohtana pitkän aikavälin skenaariotyölle ja siihen liittyvälle nykytila-analyysille, joka huomioi myös PM Orpon hallituksen esittämät linjaukset uusista ilmastotoimista.

11.1 Nykytila-analyysi

Kansalaisten, toimialojen ja yritysten valmiuksia, mahdollisuuksia ja motivaatioita ilmastotoimiin ja puhtaaseen energiasiirtymään tarkasteltiin laajan kansalaiskyselyn ja toimialojen vuonna 2024 julkaisemien vähähiilitiekarttojen avulla. Kansalaiskyselyn perusteella kansalaiset näkevät ilmastonmuutoksen hillinnän yhä tärkeänä tavoitteena, joskin tuki ilmastotoimille on hieman laskenut verrattuna

vuonna 2018 toteutettuun vastaavaan kyselyyn: 68 % vastaajista on täysin tai melko samaa mieltä siitä, että tavoite kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi on tärkeä. Lisäksi 58 % katsoo, että Suomen tulee pitää kiinni kansallisessa ilmastolaissa asetetuista tavoitteista ja pyrkiä saavuttamaan ne. Ilmastonmuutoksen hillinnän rinnalle onkin tulosten mukaan noussut muita prioriteetteja, joista tärkeimmät ovat Venäjä-riippuvuudesta irtautuminen ja luontokadon ehkäisy. Tärkeäksi nähtiin myös energiaomavaraisuuden nostaminen ja kulutuksen kohtuullistaminen, jotka toisaalta heijastavat myös ensin mainittujen tekijöiden tärkeyttä. Kansalaiskyselyn vastauksissa voitiin nähdä myös sukupuolten ja sukupolvien välisiä eroja toisaalta motivaatioissa ja valmiuksissa sekä toisaalta eri toimien priorisoinneissa. Keskeinen havainto oli, että kansalaiset näkevät keskimäärin tekevänsä jo paljon ilmasto- ja/tai kestäväan kuluttamiseen liittyviä toimia (esim. ruokavalion muutokset, kierrätys, kulkutapamuutokset), mutta toisaalta eivät näe, että voisivat tehdä elämässään isoja muutoksia (esim. täysin vegaaninen ruokavalio, autottomuus tai täyssähköauton hankinta).

Toimialojen vähähiilisyystiekarttoja laadittiin ensimmäisen kerran PM Marinin hallituskaudella ja PM Orpon hallitusohjelman mukaisesti tiekartat päivitettiin ja julkaistiin pääosin vuoden 2024 aikana. Molemmilla kerroilla voitiin nähdä toimialojen ja yritysten vahva sitoutuminen vähähiilisyyteen, vaikka vähähiilisyystiekarttoja oli laadittu varsin eri lähtökohdista, jolloin myös toimien aikajänteet ja painopisteet poikkeavat toisistaan. Ehkä keskeisin havainto, kun verrataan vuoden 2020 ja 2024 tiekarttoja, liittyi tarkasteluiden rajauksiin. Ensimmäisellä kierroksella tiekartoissa oli tarkasteltu lähinnä kunkin toimialan suoria ja epäsuoria päästöjä (esimerkiksi ostoenergian päästöt), kun taas vuoden 2024 tiekartoissa oli huomioitu myös päästöt koko arvoketjulta. Tiekartoista löytyvistä eri toimialojen politiikkatoiveista todettiin yhteenvedona, että toimialojen näkemysten mukaan puuttuva tai riittämätön sääntely hidastaa investointeja tai uusien käytänteiden käyttöönottoa ja lisäksi pullonkaulana nähtiin luvitusprosessit, joiden sujuvoittamista toivotaan usealla toimialalla. Aloilla, joissa tuotekehitys on sekä kallista että aikaa vievää, toivotaan investointeja vähähiilisten vaihtoehtojen kehittämiseen.

Keskeisin tausta-aineisto LTS:n laadintaan oli kuitenkin KEITO-hankkeessa laadittu keskipitkän aikavälin skenaariotyö (Koljonen ym. 2025), jossa muodostettiin laskennalliset ja laadulliset vaikutusarviot nykytoimiskenaariolle (WEM) ja lisätoimiskenaariolle (WAM), joiden perusteella nähtiin, että Suomi ei saavuttaisi nykytoimin EU:n ja kansallisen ilmastolain asettamia kasvihuonekaasupäästötavoitteita vuosina 2030, 2040 ja 2050. Päästötavoitteet voitaisiin kuitenkin saavuttaa WAM-skenaarioon sisällytetyin lisätoimin, mikäli investoinnit puhtaaseen siirtymään toteutuvat riittävän nopeasti. Suurimmat haasteet liittyvätkin maankäyttösektorin päästökehitykseen keskipitkällä aikavälillä, jonka vuoksi Suomi jäisi laskelmien perusteella kauaksi ilmastolain vuodelle 2035 asetetusta hiilineutraalisuustavoitteesta. Päästökuilu vuonna 2035 oli WEM-skenaariossa peräti 38 Mt CO₂-ekv. ja WAM-skenaariossakin 34 Mt CO₂-ekv. Kokonaispäästölaskelmien perusteella Suomi ei saavuttanut hiilineutraalisuutta WEM-skenaariossa koko laskentajaksolla ja WAM-skenaariossakin vasta vuoden

2050 jälkeen. Suomen hiilineutraalisuustavoite vuonna 2035 näyttäytyy siten nykytiedon perusteella hyvin haastavalta, joka oli yhtenä keskeisenä lähtökohtana tässä raportissa esitetylle pitkä aikavälin skenaariotyölle.

11.2 Vaihtoehtoiset LTS-skenaariot ja niiden muodostaminen

LTS-skenaariotyö on laadittu tutkimuksellisista lähtökohdista ja skenaarioiden määrittelyissä sekä niiden analysoinneissa on pyritty huomioimaan mahdollisimman laajalti eri sidosryhmien, kansalaisten ja yritysten näkökulmat sekä monitieteinen lähestymistapa. Mikään raportissa esitetyistä vaihtoehtoisista LTS-skenaarioista ei kuitenkaan edusta todennäköistä saati toivottua tulevaisuuspolkua, vaan skenaarioissa on haluttu painottaa erilaisia toimintaympäristöjä Suomen, EU:n ja/tai globaalista näkökulmasta. Lisäksi osassa skenaariosta oletettiin merkittäviä rakenteellisia muutoksia yhteiskunnassamme, joita edesauttavat oletetut muutokset ihmisten arvoissa ja normeissa.

Skenaarioiden laatimisessa hyödynnettiin menetelmäkokonaisuutta, johon kuuluivat työpajoissa sovelletut osallistavan ennakkoinnin menetelmät, hankkeen tutkijoiden toimesta tehty laadulliset analyysit, mukaan lukien nykytila-analyysi ja arviot ympäristövaikutuksista, sekä laskennalliset mallinnukset. Sidosryhmätilaisuuksien tavoitteena oli osallistaa laajasti eri sidosryhmiä tulevaisuuden toimintaympäristöjen hahmottamiseen ja skenaarioihin sisällytettyjen valintojen tekemiseen, mikä on olennainen osa skenaariotyöskentelyä. Tämä lähestymistapa pyrki edistämään keskeisen tietopohjan ja ymmärryksen karttumista sekä lisäämään tulosten hyväksyttävyyttä. Osallistavan skenaariotyön tavoitteena oli myös hyödyntää edellä esitettyjä toimialojen ja kansalaisten näkemyksiä. Kansalaiskyselyn ja toimialojen tiekarttatarkasteluiden pohjalta tehty havainnot sisältävätkin samoja elementtejä kuin LTS-skenaarioiden lopullisissa versioissa. Tarkastelemalla aineistoja ”*ex post*” voidaan saada viitteitä skenaarioiden toteutumisen haasteista ja mahdollisuuksista kansalaisten (luku 3) ja yrity maailman (luku 4) näkökulmista.

Laadullisten skenaarioiden laadinnan tueksi järjestettiin kaksi sidosryhmätyöpajaa ja tulosseminaari. Työpajojen ja tutkijoiden analyysien perusteella muodostettiin skenaariomatriisi (Kuva 7), jossa esitetyt skenaariot kuvaavat vaihtoehtoisia kehityskulkuja siitä, millainen suomalainen yhteiskunta, energiatalous ja kasvihuonekaasupäästöjen kehitys voisi olla vuoteen 2055 mennessä.

Suomi edellä (FIN) -skenaariossa lähtökohtana on panostus omavaraisuuteen ja huoltovarmuuteen sekä Suomessa että koko EU:ssa. Tässä skenaariossa lähtökohtana olivat kansallisen ja EU-tason poliittisen ohjauksen vahva rooli kehityksessä, nykyisen kaltainen yhdyskuntarakenne sekä nykyisenkaltaiset arvot ja normit. Panostukset puhtaaseen siirtymään oletettiin mittaviksi, mutta ensisijaisena tavoitteena tässä skenaariossa oli irtautuminen fossiilisista tuontipoltto- ja raaka-aineista kaikilla sektoreilla. Oletettu kehitys heijastaa hyvin kansalaiskyselyn näkemyksiä, jossa korostui Venäjä-riippuvuudesta irtautuminen tärkeimpänä ja omavaraisuuden nostaminen kolmanneksi tärkeimmäksi tekijäksi

puhtaassa energiasiirtymässä. Omavaraisuuden korostuminen näkyi myös lähtöoletuksissa liittyen maatalouteen ja elintarviketuotantoon sekä energiaintensiiviseen teollisuuteen. Tässä skenaariossa oletettiin mittavat panostukset uusiutuvaan energiaan, ydinvoimaan, vetytalouteen, mukaan lukien synteettisten polttoaineiden tuotanto, sekä fossiilittomaan teräs- ja öljynjalostukseen. Suomi edellä -skenaariossa hiilidioksidin hyötykäyttö ja investoinnit teknisiin hiilinieluihin (BECCS) oletettiin toisaalta hyvin vähäisiksi.

Markkinat edellä (BIZ) -skenaariota karakterisoivat markkinamekanismit ja yritysten ilmastotoimet. Lähtökohtana tälle skenaariolle oli mahdollisuuksien mukaan noudatella toimialojen tiekarttojen näkemyksiä tulevaisuuden kehityksestä. Markkinat edellä -skenaariossa korostuivat BECCS, DACCS, tuuli- ja aurinkovoima, pienydinvoima (SMR) ja myös yleisemmin digitalisaatio ja teollisuuden kasvavat tuotantovolyymit, jotka korostuivat etenkin energia- ja ilmastopolitiikan kannalta keskeisten toimialojen tiekartoissa (luku 4). Lähtökohta Markkinat edellä -skenaariossa oli oletus nykyisenkaltaisista arvoista ja normeista yhteiskunnassa sekä toisaalta oletus toimivista globaaleista markkinoista, jotka synnyttävät innovaatioita ja ohjaavat teknologista kehitystä. Toisaalta puuttuva sääntely oli eniten mainittu ”toive” toimialojen vähähiilisyystiekartoissa, mikä viestii julkisen vallan tärkeästä roolista myös Markkinat edellä -skenaariota kaltaisen kehityskulun toteutettavuudessa. Ohjauskeinoista TKI-panostukset, jotka laajasti jaetaan myös toimialojen näkemyksissä, ovat keskeisessä roolissa teknologian nopean kehityksen takaamiseksi.

Ympäristö edellä (ENV) -skenaariota lähtökohtana oli oletus merkittävistä arvo- ja normimuutoksista sekä Suomessa että globaalilla tasolla, joka johtaa osaltaan rakenteellisiin muutoksiin yhteiskunnassa. Oletetut normi- ja arvomuutokset osaltaan mahdollistavat määrätietoisen ja nopeasti tiukkenevan kansainvälisen ja kansallisen poliittisen ohjauksen paitsi ilmastomuutoksen pysäyttämiseen myös ympäristöllisten vaikutusten merkittävään vähentämiseen. Tämä skenaario heijastelee hyvin kansalaiskyselyn vastauksia liittyen ilmastotoimien tärkeyteen: 68 % vastaajista on täysin tai melko samaa mieltä siitä, että tavoite kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi on tärkeä ja enemmistö vastaajista (58 %) on samaa mieltä myös siitä, että Suomen tulee pitää kiinni kansallisessa ilmastolaissa asetetuista tavoitteista ja pyrkiä saavuttamaan ne. Lisäksi kansalaiskyselyssä nousi luontokadon ehkäisy toiseksi tärkeimmäksi tavoitteeksi puhtaassa energiasiirtymässä. Tässä skenaariossa oletettiin, että ulkoiskustannukset tulevat huomioiduiksi laajalti ja panokset luonnonmateriaalien käytön vähentämiseen ja kiertotalouteen näkyvät koko yhteiskunnassa. Ympäristö edellä -skenaariossa korostui lisäksi panostukset luonnon hiilinielujen kasvattamiseen, ja investoinnit teknisiin hiilinieluihin jäivät vähäisiksi.

Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa lähtökohtana olivat merkittävät yhteiskunnalliset muutokset, sekä arvoissa ja normeissa että toisaalta myös koko yhteiskunta- ja elinkeinorakenteessa. Tässä skenaariossa oletettiin, että kehitystä ohjaa enemmän vapaaehtoiset toimet kuin poliittinen ohjaus. Kaikissa muissa skenaarioissa lähtökohtana oli joko nykyisenkaltaisen yhdyskuntarakenne (Suomi edellä ja Ympäristö edellä -skenaariot) tai entisestään kaupungistuva yhdyskunta

(Markkinat edellä -skenaario), mutta Yhteiskunta edellä -skenaariossa oletettiin nykyistä hajautuneemmat yhdyskunta- ja teolliset rakenteet. Tämä skenaario vastasi hyvin kansalaiskyselyn tuloksia: kulutustottumusten ja käyttäytymisen muutosta pidetään suosittuna yleisellä tasolla (59 % pitää hyvinä tapoina). Toisaalta, kuten edellä todettiin, houkuttelevuus merkittävään elämäntapamuutokseen, joilla merkittävästi vähennetään kulutusta ja siirrytään laajalti puhtaisiin teknologioihin, on vielä parannuttava nykyisestä (luku 3). Yhteiskunta edellä -skenaarion kaltaisen kehityskulun toteutumista voi edesauttaa usea mekanismi, kuten panostus TKI:hin ja muut ohjauskeinot, joilla edistetään uusien palvelukonseptien luomista ja/tai käyttöönottoa liittyen esimerkiksi liikkumiseen, asumiseen tai tavaroiden ostotarpeen vähentämiseen. Keskeistä Yhteiskunta edellä -skenaarion toteutumiselle olisi myös yhteisövetoisesti tapahtuva ideoiden ja ratkaisujen leviäminen.

11.3 Haasteet ja mahdollisuudet kansallisen ilmastolain tavoitteiden saavuttamiseen pitkällä aikavälillä

Laskennallisten LTS-skenaariotulosten perusteella voitiin havaita, että vaihtoehtoisten skenaarioiden KHK-päästöurat lähtevät erkanemaan jo ennen vuotta 2035 ja maankäyttösektorin osalta jo vuoden 2030 tienoilla. Tämän vuoksi on perusteltua tarkastella kokonaispäästökehitystä myös keskipitkällä aikavälillä, joka osaltaan lukitsee pitkän aikavälin päästökehityksen. Energia- ja teollinen infrastruktuuri uusiutuvat hyvin hitaasti ja uusien investointien pitoaika on useita kymmeniä vuosia, joten seuraavat kymmenen vuotta tulevat jo pitkälti määrittämään pitkän aikavälin polun ja siihen liittyvän päästökehityksen.

Mallinnetuista LTS-skenaariosta kaikki kansallisen ilmastolain asettamat KHK-päästötavoitteet vuosille 2030 (-60 %), 2040 (-80 %) ja 2050 (vähintään -90 %) saavutettiin muissa, paitsi Suomi edellä -skenaariossa (luku 8.2.1). Tässäkin skenaariossa ollaan vuonna 2030 vielä hyvin lähellä tavoitetta, mutta vuoden 2030 jälkeen KHK-päästötavoitteista jäädään yhä selvemmin jälkeen. Tässä tulee kuitenkin huomata, että kaikissa LTS-skenaarioissa oletettiin merkittävät, pääosin markkinaehtoiset investoinnit puhtaaseen energiasiirtymään ja irtautumiseen fossiilisten polttoaineiden käytöstä, joka lisää epävarmuutta erityisesti vuoden 2030 jälkeiseen päästökehitykseen. Toisaalta skenaariossa ei lähtökohtaisesti oletettu, että Suomi olisi merkittävä puhtaiden energiahyödykkeiden (esim. vety, sähkö, synteettiset polttoaineet) viejä Eurooppaan, joka tulee myös huomioida skenaarioiden tarkasteluissa. Mikäli näin olisi oletettu, investoinnit puhtaaseen energiaan ja siihen liittyvään infrastruktuuriin voisivat olla huomattavasti suuremmat kuin esitetyissä LTS-skenaarioissa. Ainoastaan Suomi edellä (FIN) -skenaariossa oletettiin mittavat investoinnit vetytalouteen ja vetyä vietiin jossain määrin myös Eurooppaan. Keskeinen epävarmuus ilman energiahyödykkeiden vientiäkin liittyy joka tapauksessa sähkön kysynnän ja sitä myöden sähkön tarjonnan kehitykseen Suomessa, koska koko yhteiskunta sähköistyy ja lisäksi sähkön kysyntää kasvattaa palvelusektori ja erityisesti siihen liittyvät datakeskusinvestoinnit. Markkinat edellä -skenaariossa sähkön kysyntä kasvaa nopeimmin voimakkaan digitalisaation myötä

ja kokonaiskulutus kasvaa vuoteen 2050 mennessä yli 190 TWh:iin ja Suomi edellä -skenaariossakin noin 180 TWh:iin. Vastaavasti Ympäristö edellä ja Yhteiskunta edellä -skenaarioissa sähkönkulutus jää alle 150 TWh:n tasolle, joka on silti yli 70 % suurempi kuin vuonna 2024.

Keskeisin haaste liittyy kuitenkin maankäyttösektorin kehitykseen liittyvään epävarmuuteen ja siten myös vuodelle 2035 asetetun hiilineutraalisuustavoitteen ja sen jälkeisen hiilineläisyysuustavoitteen saavuttamiseen. Maankäyttösektorin kehitykseen vaikuttaa voimakkaimmin metsien käyttö, mutta myös erityisesti orgaanisten viljelysmaiden käytössä tapahtuvilla muutoksilla on merkittävä rooli. Toimintaympäristön kysynnän ja tarjonnan vaihtelut – joiden ennakointi on vaikeaa – ohjaavat mm. metsäteollisuuden tuotantoa, hakkuiden määrää ja pellonkäyttöä, ja siten myös maankäyttösektorin päästöjen ja poistumien tasetta. Tämän vuoksi maankäyttösektorin kehitystä varioitiin merkittävästi skenaarioiden välillä. Vaikka viimeaikaiset menetelmämuutokset ovat parantaneet metsien mallinnuksen ja kasvihuonekaasuinventaarin metsämaan tulosten yhteensopivuutta (Koljonen ym. 2025, liite C), liittyy metsävarojen kehityksen mallintamiseen yhä epävarmuuksia. Nämä epävarmuudet korostuvat erityisesti pidemmällä aikavälillä, noin vuodesta 2040 eteenpäin.

Toinen hyvin merkittävä päästötaseeseen liittyvä epävarmuus ovat investoinnit teknisiin (tai teknologisiin) hiilineluihin (l. BECCS ja DACCS) ja myös näitä oletuksia varioitiin merkittävästi skenaarioiden välillä. LTS-skenaarioiden kokonaispäästölaskelmien perusteella nähdään, että vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoite saavutetaan ainoastaan Ympäristö edellä -skenaariossa, jossa maankäyttösektori on vuonna 2035 -21,7 Mt CO₂-ekv. suuruinen nettonielu, jolloin kokonaispäästötase olisi -3,1 Mt CO₂-ekv. Tässä skenaariossa erityisesti metsämaa muodostuu nettonieluksi alhaisten hakkuiden vuoksi, jotka laskevat nykyisestä noin 72 Mm³:stä runsaaseen 50 Mm³:in vuoteen 2030 mennessä (ks. Kuva 24). Huomionarvoista toisaalta on, että Ympäristö edellä -skenaariossa oletettiin vain vähäiset investoinnit teknisiin hiilineluihin ja nekin toteutuivat mallinnuksen mukaan vasta vuoden 2035 jälkeen.

Yhteiskunta edellä -skenaariossa hiilineutraalisuus saavutettiin hieman vuoden 2040 jälkeen. Vuonna 2035 LULUCF-sektori muodostui noin -2,0 Mt CO₂-ekv. nettonieluksi, kun hakkuukertymä laski 63 Mm³:in vuoden 2030 jälkeen. Tässä skenaariossa investoitiin jossain määrin myös teknisiin nieluihin, mutta vuonna 2035 teknisten nielujen aikaansaama päästövähennys oli vain 0,9 Mt CO₂-ekv. Huomioiden sekä luonnon että tekniset hiilinelut päästökuiluksi jäi noin 16,1 Mt CO₂-ekv.

Markkinat ja Suomi edellä -skenaarioissa jäädään kauaksi vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteesta, mutta hiilineutraalisuus kuitenkin saavutetaan pitkällä aikavälillä vuoden 2045 jälkeen. Lähtökohtana Markkinat edellä -skenaariossa kuitenkin oli, että yritykset tähtäävät edelleen hiilineutraalisuuteen ja ostavat päästöoikeuksia markkinoilta, mikä ei kuitenkaan näy LTS-skenaarioiden kokonaispäästölaskelmissa. Markkinat edellä -skenaariossa LULUCF-sektori on vuonna 2035 11,5 Mt päästölähde, kun taas Suomi edellä skenaariossa LULUCF-sektori on -2 Mt nettonielu. Suomi edellä -skenaariossa runkopuun hakkuukertymä

pienenee hieman, mutta kertymäärä pysyy runsaan 70 Mm³ tasolla, kun taas Markkinat edellä -skenaariossa, vuotuinen kertymäärä nousee nykytasolta noin 81 Mm³ vuositasolle vuoteen 2030 mennessä. Huolimatta merkittävistä investoinneista KHK-päästöjen vähentämiseen päästökiloksi vuonna 2035 Markkinat edellä -skenaariossa muodostuu 26,1 Mt CO₂-ekv. ja vastaavasti Suomi edellä -skenaariossa 20,1 Mt CO₂-ekv. Markkinat edellä -skenaariossa merkittävät investoinnit teknisiin hiilinieluihin vuoden 2035 jälkeen kääntävät kuitenkin kokonaispäästötaseen jo selvästi nettonegatiiviseksi pitkällä aikavälillä, eli ennen vuotta 2050. Suomi edellä -skenaariossa nettonegatiivisuus toteutuu puolestaan luonnon hiilinielujen avulla ennen vuotta 2050, koska tässä skenaariossa oletettiin merkittävässä määrin hiilidioksidin hyötykäyttöä varastoinnin sijasta, jolloin hiilidioksidi vapautuu verrattain nopeasti takaisin ilmakehään.

Yhteenvetona voidaan todeta, että Suomella on edelleen mahdollisuudet saavuttaa ilmastolain asettamat päästötavoitteet erityisesti pitkällä aikavälillä, mutta myös keskipitkällä aikavälillä. Pitkän aikavälin kehitykseen vaikuttavat ne päätökset, jotka tehdään lähimmän kymmenen vuoden aikana. Huolimatta erityisesti päästökauppasektorin nopeasta, myönteisestä kehityksestä ja irtautumisesta fossiilisten polttoaineiden käytöstä Suomi tarvitsee edelleen nettonegatiivisia päästövähennyskeinoja kompensoimaan erityisesti taakanjakosektorin KHK-päästöjä sekä maankäyttösektorin maaperäpäästöjä, eli maankäyttösektorin luonnon hiilinieluja ja näitä täydentämään teknisiä hiilinieluja. Molempien osalta tarvitaan nopeita lisäisiä toimia verrattuna PM Orpon hallituksen linjaamiin uusiin ilmastotoimiin, joita on esitetty kesällä 2025 julkaistuissa energia- ja ilmastostrategian sekä keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman luonnoksissa. Pitkällä aikavälillä ilmastotavoitteiden saavuttaminen edellyttää myös rakenteellisia muutoksia koko yhteiskunnassa sekä asenteiden ja normien muutosta kohti kestävämpää kuluttamista.

LTS-skenaariot osoittavat, että polut ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi voivat olla hyvin erilaisia globaalista ja kansallisesta sosioekonomisesta kehityksestä, teknologioiden kehityksestä ja käyttöön otosta sekä luonnonvarojen käytöstä riippuen. Samalla erilaiset ympäristövaikutukset ja niihin liittyvät haasteet korostuvat eri tavoin eri poluissa. Keskeisiä haasteita liittyy lisääntyvään maankäyttöön sekä puhtaan energiajärjestelmän toteuttamiseen liittyvään infrastruktuurin rakentamiseen, kriittisten raaka-aineiden tarpeeseen ja erilaisiin sosiaalisiin vaikutuksiin, joita tarvittava murros ja siihen liittyvät ohjauskeinot voivat aiheuttaa.

KEITO-hankkeessa laadittujen kansalaiskyselyn ja toimialojen vähähiilietekartta-analyysin perusteella sekä toisaalta LTS-skenaarioiden muodostamiseen osallistuneiden sidosryhmien perusteella voidaan todeta, että sitoutuminen ilmastolain tavoitteiden saavuttamiseen on vahvaa Suomessa, huolimatta viime vuosien globaaleista kriiseistä ja yhteiskunnallisista haasteista kotimaassa. Tärkeinä eteenpäin vievinä voimina voidaan nähdä panostukset laajalti TKI:hin ja uuden teknologian käyttöönottoon sekä oikeudenmukaisen siirtymän varmistamiseen eri sosioekonomisten ryhmien, alueiden ja sukupolvien välillä. Suomi kuitenkin tarvitsee selkeän pitkän aikavälin vision ja yleisesti hyväksytyn polun kohti visiota, jota myöden voidaan varmistaa pitkän aikavälin

ilmastotavoitteiden toteutuminen. Toive yhteisen vision muodostamiseen esitettiin myös KEITO-hankkeen LTS-työpajoissa, ja KEITO-hankkeessa tuotettu tietopohja luo myös hyvät valmiudet ryhtyä jatkotyöhön, jonka avulla voitaisiin luoda edellytykset yhteisen hiilineutraalisuuspolun muodostamiseen.

Kiitokset

Tutkimushankkeelle on myönnetty Euroopan unionin NextGenerationEU -rahoitusta.

Kiitos LTS-työpajojen järjestelyihin ja fasilitointiin osallistuneille tutkijoille: Tiina Koljonen, Minna Halonen, Sofi Kurki, Tomi J. Lindroos, Henna Sundqvist ja Lassi Similä (VTT), Sampo Soimakallio, Roosa Komokallio, Paula Kivimaa, Johanna Niemistö, Laura Saikku ja Laura Sokka (Syke), Sakari Höysniemi, Nelli Eerikäinen ja Tuomas Niinistö (Luke) ja Mari Kivinen (GTK).

Kiitos myös dataa ja lähtötietoja tuottaneille tutkijoille: Elina Aittoniemi, Göran Koreneff ja Arttu Lauhkonen (VTT), Tommi Forsberg ja Olli Koskivaara (Syke) ja kansalaiskyselyn kehittämiseen osallistuneille tutkijoille: Sampo Soimakallio, Maija Faehnle ja Enni Ruokamo (Syke), Kirsi Halttu (VTT), Nelli Eerikäinen ja Jyrki Aakkula (Luke) ja Mari Kivinen (GTK).

Lähdeluettelo

- Aakkula, J., Asikainen, A., Lehtonen, A., Lehtonen, H., Ollila, P., Regina, K., Salminen, O., Sievänen, R. & Tuomainen, T. 2019. Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050. Helsinki: Valtioneuvosto. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 20/2019. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161408/20-2019-MALULU.pdf>
- Dioba, A., Kroker, V. Dewitte, S. & Lange, F. 2024. Barriers to Pro-Environmental Behavior Change: A Review of Qualitative Research. Sustainability 2024, 16, 8776. <https://doi.org/10.3390/su16208776>.
- EC 2024. Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2025. Update of June 2024. European Commission, Directorate-General, Climate Action.
- Energiategollisuus 2024. Suomalaisten energia-asenteet 2024. Iro Research, Tutkimusraportti. <https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/12/Energia-asenteet-2024.pdf>
- European Parliament 2025. Eurobarometer. Invest in What Matters. EP Spring 2025 Survey. Saatavilla: <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/3572>
- Finlex 2022. Ilmastolaki 423/2022. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2022/423>
- Friedrichs, P., Långbacka, B., Bertelli, M. & Kivinen, M. 2025. Finnish Battery Minerals for the Green Transition in the Context of Global Value Chains and Markets. Geological Survey of Finland, Open File Research Report 36/2025. <https://hakku.gtk.fi/fi/publications?id=100164>
- Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R. & Salminen O. 2017. MELA2016 Reference Manual. Natural resources and bioeconomy studies 7/2017. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 547 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-358-1>
- ICIS 2025. Data centres: Hungry for power. Forecasting European power demand from data centres to 2035. <https://www.icis.com/explore/resources/data-centres-hungry-for-power/>
- IEA 2023. World Energy Statistics and Balances. Paris: International Energy Agency.

- Ilmastobarometri 2025. Tietoisuus luontokadon etenemisestä lisääntynyt, ilmastoratkaisut nähdään Suomelle mahdollisuutena. Tiedote 17.3.2025, liikenne- ja viestintäministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö. <https://ym.fi/-/tietoisuus-luontokadon-etenemisesta-lisaantynyt-ilmastoratkaisut-nahdaan-suomelle-mahdollisuutena>
- Kivimaa, P., Heikkinen, M., Huttunen, S., Jaakkola, J.J.K., Juhola, S., Juntunen, S., Kaljonen, M., Käyhkö, J., Leino, M., Loivaranta, T., Lundberg, P., Lähteenmäki-Uutela, A., Näkkäläjärvi, K., Sivonen, M.H. & Vainio, A. 2023. Ilmastopolitiikan oikeudenmukaisuuden arviointi. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2023. <https://doi.org/10.31885/9789527457184>
- Klöckner, C.A., Brenner-Fliesser M., Carrus, G., De Gregorio, E., Löfström, E., Luketina, R., Niemi, A., Pihkola, H., Schwarzing, S., Similä, L. & Sokka, L. 2024. Climate actions on the neighbourhood level—Individual, collective, cultural, and socio-structural factors. PLOS Clim 3(11): e0000424. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000424>
- Koljonen, T., Similä, L., Lehtilä, A. ym. 2014. Low Carbon Finland 2050 -platform: vähähiilipolkujen kiintopisteet ja virstanpylväät. Yhteenveto hankkeen tuloksista ja johtopäätöksistä. VTT TECHNOLOGY 167. Saatavilla: <https://sarjaweb.vtt.fi/pdf/technology/2014/T167.pdf>
- Koljonen T., Soimakallio, S., Lehtilä, A., Similä, L., Honkatukia, J., Hildén, M., Rehunen, A., Saikku, L., Salo, M., Savolahti, M., Tuominen, P. & Vainio, T. 2019. Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys. Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 24/2019. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-656-0>
- Koljonen, T., Lehtilä, A., Siikavirta, H., Aakkula, J., Haakana, M., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Kärkkäinen, L., Laitila, J., Lehtonen, H., Maanavilja, L., Ollila, P., Tuomainen, T., Soimakallio, S. & Honkatukia, J. 2020. Hiilineutraali Suomi 2035 – Skenaariot ja vaikutusarviot. VTT TECHNOLOGY 366. Saatavilla: <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2020/T366.pdf>
- Koljonen, T., Honkatukia, J., Maanavilja, L., Ruuskanen, O-P, Similä, L. & Soimakallio, S. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI). Synteesiraportti – Johtopäätökset ja suositukset. Helsinki: Valtioneuvosto. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:62. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163638>
- Koljonen, T., Silfver, T., Soimakallio, S., Koreneff, G., Lehtilä, A., Markkanen, J., Vainio, T., Aakkula, J., Haakana, M., Hirvelä, H., Lehtonen, H., Mutanen, A., Myllykangas, J-P., Viitanen, J., Vikfors, S., Forsberg, T. & Koskivaara, O. 2024. Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO). Helsinki: Valtioneuvosto. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:26. Saatavilla: <https://tietokayttoon.fi/julkaisut/raportti?pubid=URN:ISBN:978-952-383-219-0>

- Koljonen, T. (Ed.), Soimakallio, S. (Ed.), Silfver, T. (Ed.), Kivinen, M. (Ed.), Aakkula, J., Aittoniemi, E., Arola, T., Faehnle, M., Forsberg, T., Forsius, M., Haakana, M., Hirvelä, H., Honkatukia, J., Ikkala, L., Jarva, J., Karhinen, S., Karvonen, T., Karvosenoja, N., Kivimaa, P., ... Vähäkuopus, T. 2025. Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – keskipitkän aikavälin vaikutusarviot. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Technology No. 442. <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2025.T442>
- Kotiaho, J. S., Ahlvik, L., Bäck, J., Hohti, J., Jokimäki, J., Kallio, K. P., Ketola, T., Kulmala, L., Lakka, H-K., Lehtikoinen, A., Oksanen, E., Pappila, M., Sääksjärvi, I., & Peura, M. 2021. Metsäluonnon turvaava suojelun kohdentaminen. Suomen Luontopaneelin julkaisu 4/2021. <https://doi.org/10.17011/jyx/SLJ/2021/4>
- Lee, C.-Y., Perlaviciute G. & Steg L. 2023. Public awareness and assessments of NETPs: Results of a series of cross-national public surveys. Deliverable 5.5, NEGEM project. https://www.negemproject.eu/wp-content/uploads/2023/11/NEGEM_D5.5_Public-awareness.pdf
- Pohjolainen, P., Vinnari, M., Roitto, M., Ala-Harja, V., Järviö, N. & Tuomisto, H. 2023. Kasvipohjaiset ja solumaatalouden tuotteet Suomen ruokajärjestelmän murroksessa. Kohti vuotta 2050. Sitran selvityksiä 232. ISBN 978-952-347-328-7 (PDF) www.sitra.fi
- Seppälä, J., Ahlvik, L., Lehtonen, A., Leino, M., Mosley, F., Mäkipää, R., Ollikainen, M., Salo, M., Soimakallio, S., Toiviainen, A., Vesa, S. & Vikfors, S. 2025. Arvio Suomen maankäyttösektorin tilanteesta – Tarkastelussa EU:n LULUCF-velvoitekaudet 2021–2025 ja 2026–2030. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2025. <https://doi.org/10.31885/9789527457344>
- Silver, A. & Tuokko, K., 2024. Yhteenvedo toimialojen vähähiilitiekartoista 2024. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 2024:45. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-829-5>
- Similä, L., Wessberg, N., Dufva, M., & Koljonen, T. 2014. Low Carbon Finland 2050 -platform: Yhteistoimintamallin kuvaus. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Technology No. 166. <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2014/T166.pdf>
- Tilastokeskus 2021. Väestöennuste 2021-2070. Saatavilla: https://stat.fi/til/vaenn/2021/vaenn_2021_2021-09-30_fi.pdf
- Tilastokeskus 2024. Nykyisen tasoinen nettomaahanmuutto ylläpitäisi väkiluvun kasvua. Tiedote 24.10.2024 | Väestöennuste 31.12.2024. Saatavilla: <https://stat.fi/julkaisu/cln1i9lg94af80bw1rxn0njfg>
- Tilastokeskus 2025. Energia 2024 -taulukkopalvelu. Tilastokeskus, julkaisujen taulukkopalvelut.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2025. Energia- ja ilmastostrategian luonnos 4.7.2025. VN/1046/2025. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?proposalId=d3a6b34b-c3dd-4336-b91b-74285c68bb4c&attachmentId=25430>

- Valtioneuvosto 2019. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019. Helsinki: Valtioneuvosto. Valtioneuvoston julkaisuja 2019:31. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-808-3>
- Valtioneuvosto 2023a. Vahva ja välittävä Suomi - Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023. Helsinki: Valtioneuvosto. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:58. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-763-8>
- Valtioneuvosto 2023b. Vesivastuullisuuden kansallinen edistäminen. Toimintasuunnitelma 2023–2025. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:48. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-554-2>
- Viitanen, J., Mutanen, A. & Karvinen, S. (toim.). 2025. Metsäsektorin suhdannetiedote 2025. Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2025. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-065-7>
- Ympäristöministeriö 2024. Alueidenkäytön kehityskuva: Suuntaa kestäväälle alue- ja yhdyskuntarakenteelle. Alue- ja yhdyskuntarakenteen tilanne- ja tulevaisuuskuva. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-055-2>
- Ympäristöministeriö 2025a. Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma, luonnos lausuntokierrokselle. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?proposalId=f8db002d-2622-4146-b2e7-0a558b2cb198&attachmentId=25414>
- Ympäristöministeriö 2025b. Ilmastovuosikertomus. Ympäristöministeriön julkaisuja 2025:20, K16/2025 vp. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/166392/YM_2025_20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liite A: Kyselytutkimuksen kyselylomake

Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja -skenaariot (Keito)

Kyselytutkimus koskien kansalaisten näkemyksiä päästöjen vähentämisestä ja kestävästä elämäntavasta.

Kyselytutkimus käsittelee kansalaisten nykyisiä valmiuksia, mahdollisuuksia ja motivaatiota päästöjen vähentämiseen ja kestäväan elintapaan. Lisäksi kysely kartoittaa näkemyksiä puhtaasta energiasiirtymästä, joka tarkoittaa irtautumista fossiilisista polttoaineista. Kyselytutkimuksen tuloksia hyödynnetään kansallisessa energia- ja ilmastopolitiikan suunnittelussa mukaan lukien mahdolliset uudet politiikat ja muut ohjaustoimet. Kysely on osa Euroopan Unionin rahoittamaa [Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä \(REPower-CEST\) -hanketta](#), jota toteuttavat Syke, VTT ja GTK.

Mitä mieltä olet seuraavista väittämistä:

1. Pidän tavoitetta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi tärkeänä (1=täysin eri mieltä, 5 = täysin samaa mieltä, EOS = en osaa sanoa)
2. Suomen tulee pitää kiinni kansallisessa ilmastolaissa asetetuista tavoitteistaan ja pyrkiä aktiivisesti saavuttamaan ne (1=täysin eri mieltä, 5 = täysin samaa mieltä, EOS = en osaa sanoa)

Valitse mielestäsi korkeintaan viisi tärkeintä tavoitetta puhtaan energiasiirtymän toteuttamisessa:

3. Energiaomavaraisuuden nostaminen
4. Parempi kyky sopeutua häiriöihin ja muuttuviin olosuhteisiin
5. Ilmastomuutoksen hillintä / hiilineutraaliuden saavuttaminen
6. Ilmansaasteiden vähentäminen
7. Luontokadon ehkäisy (luonnon monimuotoisuuden heikkenemisen pysäyttäminen)
8. Venäjä-riippuvuudesta irtautuminen kaikilta osin
9. Kulutuksen kohtuullistaminen
10. Talouskasvun edistäminen
11. Investointien (esimerkiksi aurinko- ja tuulivoiman) luvituksen sujuvoittaminen
12. Energian kuluttajahinnan pitäminen mahdollisimman alhaisena
13. Investointien (esimerkiksi aurinko- ja tuulivoiman) sijoittaminen energiajärjestelmän kannalta mahdollisimman kustannustehokkaasti
14. Investointien (esimerkiksi aurinko- ja tuulivoiman) sijoittaminen ympäristön ja luonnon kannalta mahdollisimman haitattomasti

15. Investointien (esimerkiksi aurinko- ja tuulivoiman) sijoittaminen ihmisten asuin ympäristön ja virkistysalueiden kannalta mahdollisimman haitattomasti
16. Puhtaan energian siirtymässä tarvittavien mineraalien ja materiaalien tuotannon lisääminen Suomessa
17. Hyötyjen ja haittojen oikeudenmukainen jakautuminen alueiden ja ihmisryhmien välillä
18. Muu, mikä

Valitse mielestäsi korkeintaan viisi tärkeintä teknologiaa tai keinoa puhtaan energiantuotannon ja -käytön saavuttamiseksi.

19. Ydinvoima, suuret yksiköt
20. Pienydinvoima (l. Pienet modulaariset reaktorit)
21. Maatuulivoima (ml. Rannikkovoimalat)
22. Merituulivoima (ml. Järville sijoitettavat voimalat)
23. Aurinkovoimalat, suuret yksiköt
24. Aurinkoenergia (katoille sijoitettavat paneelit, aurinkolämpö)
25. Bioenergia
26. Vesivoima
27. Pumppuvesivoima (sähköenergian varastointiin korkealle vesialtaisiin)
28. Maalämmön lisääminen ml. keskisyvät maalämpökaivot
29. Energian varastointi akkujen avulla
30. Vedyn ja synteettisten polttoaineiden tuotanto
31. Energiansäästö (kulutuksen vähentäminen)
32. Energiatehokkuuden edistäminen (esim. korjausrakentaminen, investoinnit energiatehokkaisiin laitteisiin, sähkön käyttöön siirtyminen polttoaineiden sijasta),
33. Kulutusjousto eli sähkön kulutuksen mukauttaminen tuotannon ja hinnan vaihteluihin (sekä älykkäiden järjestelmien avulla että manuaalisesti)

Valitse mielestäsi korkeintaan viisi muuta parasta keinoa ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.

34. Hiilinielujen kasvattaminen lisäämällä puuston kasvua esim. lannoittamalla ja/tai jalostetuilla puulajeilla
35. Hiilinielujen kasvattaminen vähentämällä metsien hakkuita
36. Hiilen sidonta pitkäikäisempiin tuotteisiin (esim. puurakentaminen)
37. Päästöjen vähentäminen välttämällä uusien turvepeltojen raivausta
38. Päästöjen vähentäminen turvepeltojen kosteikkoviljelyllä (viljely märillä tai uudelleen vetetyillä turvemailla, joissa pohjaveden pinta on nostettu luonnolliseen korkeuteen)

39. Peltujen hiilensidontaa tukevat viljelykäytännöt
40. Jatkuva peitteinen metsänkasvatus suometsissä avohakkuiden sijaan
41. Hiilidioksidin talteenotto teollisuudessa ja geologinen varastointi (tuhansia vuosia) Suomen rajojen ulkopuolella (ns. piipunpääteknologiat)
42. Hiilidioksidin talteenotto teollisuudessa ja hyötykäyttö polttoaineina ja/tai materiaaleina

Puhtaan energian siirtymällä arvioidaan olevan vaikutuksia Suomen kansantalouteen ja yhteiskuntaan, joista osa voi olla kielteisiä. Missä määrin seuraavat puhtaan energian siirtymään liitetyt asiat huolestuttavat sinua?

(1=ei huolestuta lainkaan, 5 = huolestuttaa erittäin paljon, EOS = en osaa sanoa)

43. Puhtaan energian siirtymän aiheuttamat kustannukset kansantaloudelle
44. Työvoiman riittävyys puhtaan energian siirtymän toteuttamiseksi
45. Luontovaikutukset
46. Maisemavaikutukset
47. Äänivaikutukset
48. Puhtaan energian siirtymän paikalliset vaikutukset elinympäristöihin ja lajeihin
49. Sisäilmaongelmat
50. Materiaalien tuotantoketjujen ongelmat Suomen ulkopuolella
51. Energiaköyhyys
52. Vaikutusten oikeudenmukainen jakautuminen alueiden ja ihmisryhmien välillä, ("epäreilu siirtymä", sosiaaliset vaikutukset)
53. Oikeudenmukaisten osallistumismahdollisuuksien puute
54. Vastakkainasettelujen ja polarisaation lisääntyminen
55. Alkuperäiskansojen oikeudet
56. Energian toimitusvarmuuden heikkeneminen (esim. sääriippuvuus)
57. Kriittiseen infrastruktuuriin kohdistuvat kyber- tai muut uhat

Onko jotain muuta puhtaan energiaan siirtymään liittyvää asiaa, joka sinua huolestuttaa?

Miten hyviä seuraavat tavat ovat mielestäsi toteuttaa päästövähennyksiä?

(1=erittäin huonoja, 5 = erittäin hyviä, EOS = en osaa sanoa)

58. Päästöjä aiheuttavien toimien kieltäminen tai niistä aiheutuvien päästöjen rajoittaminen säädösin (esim. Kivihiilen käytön kieltö energiantuotannossa 2029 jälkeen, päästöjen raja-arvot)
59. Päästöjä vähentäviin toimiin ja teknologioihin kohdistuvat tuet (esim. Investointituet, verohelpotukset ja/tai palautukset)
60. Päästöjä aiheuttaviin toimiin ja teknologioihin kohdistuvat verot ja maksut (esim. Polttoaineiden ja sähkön käyttöön kohdistuvat verot, päästömaksut, päästökauppa)
61. Uuden vähäpäästöisen tekniikan kehittäminen ja käyttöönotto sekä siihen kohdistettava rahoitus (esim. TKI-panokset, investoinnit infrastruktuurin kehittämiseen)
62. Kulutustottumusten/käyttäytymisen muuttaminen esim. informaatio-ohjauksella ja koulutuksella päästöjä vähentävään suuntaan
63. Päästövähennysten toteuttaminen yrityksille ja kuluttajille suunnattujen vapaaehtoisten päästömarkkinoiden avulla

Miten toteutat puhdasta energiasiirtymää ja ilmastotavoitteita edistäviä toimenpiteitä henkilökohtaisella ja kotitaloutesi tasolla?

- Toteutan jo täysimääräisesti
- Toteutan jossain määrin
- En toteuta, mutta aion toteuttaa seuraavan 5 vuoden aikana
- En toteuta, enkä aio toteuttaa
- En osaa sanoa

Ruokavalio / muu kulutus

64. Ruokavalion muutokset
 - Kasvisruokavalioon siirtyminen (vegetaristinen ruokavalio)
 - Vegaaniseen ruokavalioon siirtyminen
 - Riistan lisääminen ruokavaliossa
 - Ruokahävikin vähentäminen
65. Kulutuksen vähentäminen
66. Kierrätyksen lisääminen
67. Jätteiden vähentäminen

Asuminen

68. Energiansäästöremontti, lämmitystarpeen pienentäminen
69. Sisälämpötilan alentaminen
70. Lämmitystavan vaihto
 - Lämpöpumppuun (ilma, maa-, ilma-vesi-)
 - Polttoaineen vaihto (bioenergiaan, kuten pelletteihin)
71. Aurinkopaneelien asennus asuntoon
72. Sähkölaitteiden vaihto energiatehokkaampiin malleihin
73. Sähkön kulutusjousto, käytön ajoittaminen älykästä teknologiaa hyödyntämällä
74. Muutto pienempään asuntoon
75. Sähköauton hankinta (täyssähköauto)
76. Ladattavan hybridauton hankinta
77. Yhteiskäyttöautoilun lisääminen
78. Joukkoliikenteen käytön lisääminen
79. Kävelyn ja pyöräilyn lisääminen
80. Lentomatkailun vähentäminen
81. Etätyöskentelyn lisääminen

Miten samaa tai eri mieltä olet seuraavien puhtaan siirtymän ratkaisuja koskevien väittämien kanssa?

(1=täysin eri mieltä, 5 = täysin samaa mieltä, EOS = en osaa sanoa)

82. Vähäpäästöiset vaihtoehdot ovat itselleni liian kalliita
83. Vähäpäästöisten ratkaisujen käyttö vaatii liikaa vaivaa ja aikaa
84. En tiedä miten voisin käytännössä vähentää omia päästöjäni
85. Siirtyminen vähäpäästöisiin ratkaisuihin on käytännössä hankalaa
86. Tekniikan toimivuus ja tietoturva huolestuttavat minua
87. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on mielestäni tarpeetonta
88. Eri vaihtoehtojen todellisesta vähäpäästöisyydestä ei ole luotettavaa tietoa
89. Lähipiirissäni ei juurikaan panosteta vähähiilisiin ratkaisuihin
90. Olen jo tehnyt riittävästi muutoksia elämässäni
91. Kotitalouteni vähäpäästöisillä ratkaisuilla ei ole riittävästi merkitystä

Valitse seuraavista puhtaan energian siirtymän tuomista mahdollisuuksista ne (korkeintaan) kolme, joita pidät tärkeimpinä Suomen kansantalouden ja yhteiskunnan kannalta?

92. Ilmastonmuutoksen hillintä
93. Uudet vientimahdollisuudet (uudet teknologiat, tuotteet, palvelut)

94. Puhtaan energian siirtymässä tarvittavien mineraalien ja materiaalien kotimaisen jalostusasteen nostamisen mahdollisuudet yritystoiminnalle ja kansantaloudelle
95. Työllisyyden lisäys kotimaassa
96. Aluetaloudellinen kehitys (ml. Suomen maakunnat)
97. Väestöryhmien polarisaation ja vastakkainasettelujen lieventäminen
98. Kansanterveyden parantuminen
99. En pidä mitään mainittuja mahdollisuuksia tärkeinä
100. Muu, mikä

Lisäksi vaihtoehtot, en osaa sanoa

Valitse seuraavista puhtaan energian siirtymän tuomista mahdollisuuksista ne (korkeintaan) kolme, joita pidät tärkeimpinä henkilökohtaiselta kannaltasi?

101. Kotitalouteni energian kulutuksen vähentäminen ja energiaomavaraisuuden lisääminen
102. Kotitalouteni energiakustannusten hillintä
103. Arkielämän helpottuminen älykkään teknologian ansiosta
104. Oman terveydentilani parantuminen
105. Oman asuntoni asumisviihtyvyyden parantuminen
106. Lähiympäristöni viihtyvyyden parantuminen
107. Yhteisöllisyys esim. naapuruston yhteisten energiahankkeiden, energiansäästökampanjoiden kautta
108. En pidä mitään mainittuja mahdollisuuksia tärkeinä
109. Muu, mikä?

Lisäksi vaihtoehtot: en osaa sanoa

Muita huomioita tai palautetta kyselystä

Taustatietokysymykset aineiston tilastollista käsittelyä varten.

- Sukupuoli
 1. Mies
 2. Nainen
 3. Muu
 4. En halua ilmoittaa
- Syntymävuotesi? _____
- Ammattiryhmäsi?
 1. Johto tai ylempi toimihenkilö
 2. Muu toimihenkilö
 3. Työntekijä
 4. Yksityisyrittäjä
 5. Opiskelija

6. Eläkeläinen
 7. Muu, mikä?
- Koulutustasosi?
 1. Ylempi korkeakoulututkinto
 2. Muu korkeakoulututkinto, ammattikorkeakoulututkinto
 3. Keskiasteen koulutus, esim. kauppaopisto, tekninen opisto tai vastaava
 4. Ammattikoulu, ammattiopisto
 5. Ylioppilas, peruskoulu
 6. Muu, mikä?
 - Onko koulutuksesi lähinnä...?
 1. Tekninen tai luonnontieteellinen
 2. Kaupallinen
 3. Lääke- tai terveystieteellinen
 4. Humanistinen tai taiteellinen
 5. yhteiskuntatieteellinen
 6. Jokin muu
 - Montako henkilöä talouteen kuuluu (itsesi mukaan lukien)?
_____ henkilöä
 - Paljonko talouden tulot ovat vuodessa veroja vähentämättä?
 1. Alle 20000€
 2. 20000-40000€
 3. 40001-60000€
 4. 60001-80000€
 5. 80001-100000€
 6. Yli 100000€
 7. Ei vastausta
 - Onko taloudessa auto?
 1. Kyllä
 2. Ei
 - Jos on auto: Kuinka monta autoa taloudessa on?
 1. Yksi
 2. Kaksi
 3. Kolme tai enemmän
 - Omistatko metsää?
 1. EN omista metsää
 2. KYLLÄ, olen metsänomistaja

Jos vastasi edelliseen kysymykseen KYLLÄ, kysytään kaksi seuraava kysymystä

Onko omistamasi metsä pääasiassa

1. puuntuotannollisessa käytössä
2. muussa talouskäytössä (esim. aurinko- tai tuulivoiman tuotannossa)
3. virkistyskäytössä
4. suojelualueena

Omistatko metsäsi

1. yksityishenkilönä
2. yrityksen kautta
3. yhteisomistajana

• Asuinpaikkakunnan tyyppi:

1. Pääkaupunkiseutu
2. Muu kaupunki, jossa yli 50000 asukasta
3. Muu kaupunki, jossa alle 50000 asukasta
4. Ei-kaupunkikunta/maaseutumainen alue

• Asumismuoto?

1. Omistusasunto
2. Vuokra-asunto
3. Asumisoikeus
4. Osaomistus
5. Muu, mikä?

• Asunnon tyyppi?

1. Kerrostalo
2. Rivitalo/paritalo
3. Omakotitalo
4. Muu, mikä?

Liite B: Tiekartoissa esitetyt skenaariot

Taulukko LIITE B1. Tiekartoissa esitetyt skenaariot.

Toimiala	Skenaariot	Oletukset	Keinot
Energia-teollisuus	Sisukas suorittaja 2040 Euroopan mestari 2040		- Päästökaupan vahvistaminen, energiaverotus - Energiapaletin säilyminen ja ohjaus - Vahva energiaverkkokehitys - Kehittyneet energiatuotteet – ja palvelut - Osaamisen vahvistaminen ja kehittäminen
Teknologia-teollisuus	Peruutuspeiliin katsoja 2050 Perusuralla pysyjä 2050 Vähähiilinen uudistaja 2050	- Tuotannon volyymi kasvaa - Energiankulutus kasvaa - VH: energiantuotannon kunnianhimoisin päästövähennysskenaario; investoinnit toteutuvat	- Investoinnit kestäviin käytäntöihin/teknologioihin - Yhteistyö läpi arvoketjun - Teknologianeutraalius - Ennustettava regulaatio ja TKI tuet
Rakennus-teollisuus	Perusura 2035, 2050 Innovatiiviset ratkaisut 2035, 2050	- Erillislämmitys fossiilisilla loppuu 2035 mennessä - VH: CCS sementtiteollisuudessa ja vety terästeollisuudessa	
Rakli ry	Perusura 2035, 2050 Perusura + Raklin toimet Innovatiiviset ratkaisut 2035, 2050	- Erillislämmitys fossiilisilla loppuu 2035 mennessä - VH: CCS sementtiteollisuudessa ja vety terästeollisuudessa	- Käytönaikaisen energian siirtyminen pois fossiilisista - Energiatehokkuustoimet - EU:n päästökaupan kiristyminen
Palvelualat Palta ry	Perusura 2035 Vähähiiliskenaario 2035	- Ostosähkön tarve kasvaa perusurassa - VH: sähköntarve saadaan laskuun tehostustoimilla	- Ohjelmistojen parannus ja käytön tehostus - Tekniset parannukset - Polttoaineen substitutio ja sähköistäminen
Metsä-teollisuus	Perusura 2035, 2050 Vähähiiliskenaario 2035, 2050 BECCU-skenaario 2040	- Tuotanto kasvaa - Energiatehokkuus paranee - Ostoenergia pysyy nykytasolla - Polttoainemikissä siirrytään pois turpeesta ja kaasusta - Tehdaspäästöt VH: tuotanto ja materiaalitehokkuus kasvaa; fossiiliset korvataan; BECCU	- Materiaalitehokkuus ja autonominen energiatehokkuus - Fossiilisten korvaaminen (→ bioenergia) - Sähköistäminen - Digitalisaatio, data - BECCU
Kaupan liitto	Perusura 2050 EU ETS 2050 SBTi 2050 Laajennettu SBTi 2050	- Liikevaihto kasvaa - Päästöt vähenevät EU:n päästökauppajärjestelmän mukaisesti - Kaksi eri tasoa yritysten omien päästötavoitteiden kattavuuteen	- Hankintakriteeristöt tuotteille ja käyttöomaisuudelle - Vähäpäästöinen energia ja käyttövoima - Hävikin vähentäminen
Bioenergia	Ei skenaarioita		

Toimiala	Skenaariot	Oletukset	Keinot
Sahateollisuus (vanha tiekarttatyö)	Perusura 2035 Vähähiili 2035 (skenaarioita ei ole päivitetty vuodelle 2024)	- Sähköntuotanto ja kuljetukset vähähiilistävät (yleisesti) - VH: Sähköistäminen, energiatehokkuus, fossiilisista luopuminen	- Kannustin sähkökäyttöisten työkonien hankintaan ja käyttöön - Ilmastosääntelyn vahvistaminen rakentamisessa (puurakentaminen) - METKAn rahoitus + sopeutumis suunnitelma
Elintarvike-teollisuus	Perusura 2035 Vähähiilisyys 2035 Skenaarioita ei ole laskettu auki!	- Energiatehokkuus, vähähiilinen energia ja sähköistyminen kasvavat - VH: erityistä tukea vähähiilistymiseen	- Vähähiiliset teknologiat ja ratkaisut - Kiertotalous - Puhdas energia, sähköistäminen, energiatehokkuus - TKI-rahoitus, tuet ja kannustimet, biokaasun tuki - Yhtenäiset laskentamenetelmät ja yhteistyö yli toimialojen
Maatalous (MTK)	Vuodet 2035 ja 2050. WEM (perusskenaario) WAM1 (tavoitteellinen lisätoimiskenaario) WAM2 (kunnianhimoinen lisätoimiskenaario)	- Päivitys 2020 tiekarttaan seuraavilta osin: - EU CAP –politiikka - Maatalouden hiilimarkkinat - Maatalous osana energiantuotantoa	- Kivennäismaiden hiiliviljely ja metsitys - Turvepellot - Energiankäytön muutos - Typpilannoituksen väheneminen/tarkentuminen - Nautojen lisäaineruokinta ja nautojen lkm väheneminen - Biokaasu
Kemian-teollisuus	Baseline: Slowdown 2045	- Siirtymän vaatimat politiikkatoimet eivät toteudu - Talouskehitys oletettua hitaampaa - Yritykset eivät toteuta suunniteltuja ilmastotoimia - Raakaöljyn jalostus jatkuu, mutta laskee 30 % - Kierrätetyn raaka-aineen osuus ei kasva odotetusti	- Isot yritykset siirtyvät pääosin puhtaaseen sähköön - Polttoaineiden vaihtoja (esim. raakaöljystä nesteytettyyn maakaasuun) - PPA-sopimukset - Hiilineutraali energiasysteemi 2030 eteenpäin - Raakaöljyn jalostuksen väheneminen - Uusiutuvien raaka-aineiden lisääntyminen
	Positive development 2045	- Vaaditut politiikkatoimet ovat voimassa mutta vihreistä investoinneista kilpaillaan - Yritykset toteuttavat suunnitellut ilmastoneutraaliustoimet - Raakaöljyn jalostus päättyy v. 2035 jälkeen - Kierrätetyn raaka-aineen osuus kasvaa merkittävästi	- Lisääntyvä puhtaan energian osuus - Investointeja vihreään vetyyn - Maakaasun korvaaminen biokaasulla - Isot yhtiöt vähentävät Scope 1 päästöjään - Hiilineutraali energiasysteemi 2030 eteenpäin - Raakaöljyn jalostus päättyy 2035 - Hiilen talteenotto käytössä muovin kierrätyksessä

Toimiala	Skenaariot	Oletukset	Keinot
	Climate neutrality: Climate Neutrality with raw material transition scenario 2045	• Politiikkatoimet täysin käytössä • Vihreät investoinnit Suomessa houkuttelevia monikansallisille yrityksille • Kova kysyntä hiilineutraaleille tuotteille • Raakaöljyn jalostus päättyy v. 2035 jälkeen	• Fossiiliset polttoaineet lähes täysin korvattu prosesseissa • Sähköistäminen • Scope 1 –päästövähennyksiä saadaan kierrätetyllä ja uudistuvilla raaka-aineilla • Hiilineutraali energiasysteemi 2030 eteenpäin • Raakaöljyn jalostus päättyy 2035 • Vihreän vedyn tuotanto ja hyödyntäminen • Hiilensidonta valituissa kemianteollisuuden prosesseissa
Matkailu- ja ravintola-palvelut Marary	Ei skenaarioita		• Energiatehokkuus (koneet, laitteet, rakennukset) • Ruoka (hävikin vähentäminen, valmistusmenetelmien ja varastoinnin päästövähennykset, raaka-ainehankinnat) • Pakkaukset (vähentäminen, siirtyminen ympäristöystävällisempiin pakkausvaihtoehtoihin) • Jätteet (vähentäminen, jätehuoltoon panostaminen) • Asiakkaat (kestävään liikkumiseen ja ympäristöystävällisiin valintoihin kannustaminen) • Johtaminen (osaamisen kehittäminen, vastuullisten hankintojen lisääminen, työntekijöiden kestävän liikkumisen edistäminen) • Sidosryhmät (alkutuotannon ilmastovaikutusten vähentäminen, kiertotalous, pakkausten ja pakkausmateriaalien kehittäminen) • Sopimukset ja sitoumukset (solmittu energiatehokkuus- ja muovisten kertakäyttöisten pakkausten Green deal, sitoumus materiaalitehokkuuteen)

Liite C: Metsävaraskenaarioiden tulokset koko Suomessa

Laskelma: Suomi edellä

Alue: Koko Suomi

Pinta-alat ja puuston runkotilavuudet ovat vuosien 2019, 2029, 2039, 2049 ja 2059 alun tilatietoja.

Kausittaiset tiedot (mm. kasvut ja poistumat) ovat kymmenvuotiskauskojen vuotuisia keskiarvotietoja.

METSÄ- JA KITUMAA					
VUOSI	2019	2029	2039	2049	2059
Pinta-ala, milj. ha	22,80	22,80	22,80	22,80	22,80
Metsämaa	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17
Ensisijaisesti puuntuotannossa	17,06	17,06	17,06	17,06	17,06
Rajoitetussa puuntuotannossa	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Puuntuotannon ulkopuolella	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88
Kitumaa	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64
Kivennäismaa	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90
Turvemaa	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90
Puuston runkotilavuus, milj. m³	2 511	2 711	2 956	3 239	3 566
Mänty	1 258	1 351	1 477	1 582	1 699
Kuusi	764	843	912	1 032	1 189
Lehtipuu	489	517	567	625	678
Kivennäismaa	1 880	2 036	2 227	2 460	2 752
Mänty	925	999	1 106	1 196	1 309
Kuusi	606	662	706	802	934
Lehtipuu	350	374	414	463	510
Turvemaa	631	676	729	779	814
Mänty	333	351	371	387	390
Kuusi	158	181	205	230	255
Lehtipuu	139	143	153	161	169
Säästöpuut	35	72	110	151	192
KAUSI	2019-2028	2029-2038	2039-2048	2049-2058	
Runkopuun kasvu, milj. m³/v	104,5	106,1	111,0	117,7	
Runkopuun kokonaispoistuma, milj. m³/v¹⁾	84,6	81,6	82,7	85,0	
¹⁾ Sisältää hakkuissa, taimikonhoidossa ja raivauksessa kaadetun sekä luonnonpoistumana kuolleen puuston runkotilavuuden.					
PUUNTUOTANNOSSA OLEVA METSÄMAA					
KAUSI	2019-2028	2029-2038	2039-2048	2049-2058	
Runkopuun hakkuukertymä, milj. m³/v	72,9	70,9	70,4	70,4	
Kasvatushakkuu	17,8	24,3	26,3	30,4	
Uudistushakkuu	55,1	46,6	44,0	40,1	
Ainespuukertymä, milj. m³/v	63,3	62,3	61,8	61,6	
Mänty	31,1	28,4	30,4	30,2	
Kuusi	22,3	25,3	22,9	23,1	
Lehtipuu	9,9	8,5	8,5	8,4	
Tukkipuukertymä²⁾	29,0	32,5	32,4	32,4	
Mänty	15,0	14,8	16,7	16,7	
Kuusi	12,7	16,5	14,6	14,5	
Lehtipuu	1,3	1,1	1,1	1,1	
Kuitukertymä²⁾	34,3	29,8	29,4	29,2	
Mänty	16,1	13,6	13,7	13,5	
Kuusi	9,6	8,8	8,3	8,5	
Lehtipuu	8,5	7,4	7,4	7,3	
Energiapuukertymä, milj. m³/v	14,8	13,1	12,9	12,9	
Runkopuu	9,6	8,6	8,6	8,8	
Oksat, lehdet ja neulasen, kannot ja juuret	5,2	4,5	4,4	4,1	
Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v	551,6	577,6	532,8	539,7	
Kasvatushakkuu	299,2	400,0	378,1	407,3	
josta yläharvennuksia rehevissä korvissa ³⁾	3,3	6,8	6,8	6,1	
Uudistushakkuu	252,4	177,5	154,6	132,4	
Kivennäismaa	404,8	429,1	403,5	410,0	
Turvemaa	146,8	148,5	129,2	129,7	
Lannoitusala, 1 000 ha/v⁴⁾	55,3	93,4	93,2	93,2	
Kivennäismaa	34,7	55,7	57,1	65,8	
Turvemaa	20,6	37,7	36,2	27,4	
Kunnostusojitusala, 1 000 ha/v⁵⁾	20,5	19,2	20,9	20,6	

²⁾ Laskentateknisistä seikoista johtuen tukki- ja kuitukertymän arviot ovat vain suuntaa antavia.

³⁾ Yläharvennus oli mahdollinen vain viimeisenä pohjapinta-alaohjeisiin perustavana harvennuksena kiertoajan kuluessa.

⁴⁾ Lannoitusala laskennallisen lannoituskäsitteilyn mukaan. Tämän lisäksi kaikissa skenaarioissa kasvumallien kalibroituun kasvuntasoon sisältyy kalibrointijakson aikana tehtyjen kasvatuslannoitusten vaikutus (koko Suomessa runsas 23 000 hehtaaria vuodessa).

⁵⁾ Kunnostusojitusalat on ilmoitettu harvennushakkuiden yhteydessä toteutettavien ojitusten osalta.

Laskelma: Ympäristö edellä**Alue: Koko Suomi**

Pinta-alat ja puuston runkotilavuudet ovat vuosien 2019, 2029, 2039, 2049 ja 2059 alun tilatietoja.

Kausittaiset tiedot (mm. kasvut ja poistumat) ovat kymmenvuotiskausjaksojen vuotuisia keskiarvotietoja.

METSÄ- JA KITUMAA					
VUOSI	2019	2029	2039	2049	2059
Pinta-ala, milj. ha	22,80	22,80	22,80	22,80	22,80
Metsämaa	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17
Ensisijaisesti puuntuotannossa	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94
Rajoitetussa puuntuotannossa	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Puuntuotannon ulkopuolella	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23
Kitumaa	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64
Kivennäismaa	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90
Turvemaa	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90
Puuston runkotilavuus, milj. m³	2 511	2 726	3 171	3 674	4 250
Mänty	1 258	1 365	1 575	1 778	1 989
Kuusi	764	840	1 003	1 241	1 552
Lehtipuu	489	520	592	655	709
Kivennäismaa	1 880	2 041	2 393	2 802	3 273
Mänty	925	1 007	1 179	1 348	1 523
Kuusi	606	658	785	977	1 234
Lehtipuu	350	375	428	477	516
Turvemaa	631	685	778	872	977
Mänty	333	358	395	430	465
Kuusi	158	181	219	264	318
Lehtipuu	139	145	164	178	193
Säästöpuut	35	71	104	137	169

KAUSI	2019-2028	2029-2038	2039-2048	2049-2058
Runkopuun kasvu, milj. m³/v	103,6	106,4	114,1	123,6
Runkopuun kokonaispoistuma, milj. m³/v¹⁾	82,2	61,9	63,7	66,1

¹⁾ Sisältää hakkuissa, taimikonhoidossa ja raivauksessa kaadetun sekä luonnonpoistumana kuolleen puuston runkotilavuuden.

PUUNTUOTANNOSSA OLEVA METSÄMAA				
KAUSI	2019-2028	2029-2038	2039-2048	2049-2058
Runkopuun hakkuukertymä, milj. m³/v	70,3	50,9	50,5	50,5
Kasvatushakkuu	18,2	20,8	25,2	30,0
Uudistushakkuu	52,1	30,1	25,3	20,4
Ainespuukertymä, milj. m³/v	61,4	46,9	46,6	46,5
Mänty	29,1	21,8	23,1	23,0
Kuusi	22,6	18,3	16,6	16,7
Lehtipuu	9,7	6,9	6,9	6,9
Tukkikertymä ²⁾	27,9	23,5	23,2	23,3
Mänty	13,7	10,9	12,0	12,0
Kuusi	12,9	11,7	10,2	10,2
Lehtipuu	1,3	0,9	1,0	1,0
Kuitukertymä ²⁾	33,4	23,5	23,4	23,3
Mänty	15,4	10,9	11,0	10,9
Kuusi	9,6	6,6	6,4	6,5
Lehtipuu	8,3	5,9	5,9	5,9
Energiapuukertymä, milj. m³/v	13,8	6,1	5,9	5,9
Runkopuu	9,0	3,9	3,9	4,0
Oksat, lehdet ja neulasen, kannot ja juuret	4,8	2,2	2,1	2,0
Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v	546,2	472,8	433,3	424,2
Kasvatushakkuu	311,4	357,7	349,1	362,3
josta yläharvennuksia rehevissä korvissa ³⁾	2,9	6,7	7,3	6,6
Uudistushakkuu	234,8	115,1	84,2	61,9
Kivennäismaa	408,8	357,3	329,0	331,6
Turvemaa	137,4	115,5	104,3	92,6
Lannoitusala, 1 000 ha/v⁴⁾	15,8	26,6	26,6	26,5
Kivennäismaa	0,0	0,0	0,0	0,0
Turvemaa	15,8	26,6	26,6	26,5
Kunnostusojitusala, 1 000 ha/v⁵⁾	20,5	13,7	20,5	20,6

²⁾ Laskentateknisistä seikoista johtuen tukki- ja kuitukertymän arviot ovat vain suuntaa antavia.

³⁾ Yläharvennus oli mahdollinen vain viimeisenä pohjapinta-alaohjeisiin perustuvana harvennuksena kiertoajan kuluessa.

⁴⁾ Lannoitusala laskennallisen lannoituskäsitteilyn mukaan. Tämän lisäksi kaikissa skenaarioissa kasvumallien kalibroituun kasvuntasoon sisältyy kalibrointijakson aikana tehtyjen kasvatuslannoitusten vaikutus (koko Suomessa runsas 23 000 hehtaaria vuodessa).

⁵⁾ Kunnostusojitusalat on ilmoitettu harvennushakkuiden yhteydessä toteutettavien ojitusten osalta.

Laskelma: Markkinat edellä

Alue: Koko Suomi

Pinta-alat ja puuston runkotilavuudet ovat vuosien 2019, 2029, 2039, 2049 ja 2059 alun tilatietoja.

Kausittaiset tiedot (mm. kasvut ja poistumat) ovat kymmenvuotisjaksojen vuotuisia keskiarvotietoja.

METSÄ- JA KITUMAA					
VUOSI	2019	2029	2039	2049	2059
Pinta-ala, milj. ha	22,80	22,80	22,80	22,80	22,80
Metsämaa	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17
Ensisijaisesti puuntuotannossa	17,06	17,06	17,06	17,06	17,06
Rajoitetussa puuntuotannossa	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Puuntuotannon ulkopuolella	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88
Kitumaa	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64
Kivennäismaa	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90
Turvemaa	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90
Puuston runkotilavuus, milj. m³	2 511	2 695	2 812	2 955	3 132
Mänty	1 258	1 348	1 393	1 441	1 521
Kuusi	764	835	885	941	999
Lehtipuu	489	512	534	573	612
Kivennäismaa	1 880	2 012	2 130	2 291	2 505
Mänty	925	990	1 045	1 108	1 214
Kuusi	606	653	693	749	814
Lehtipuu	350	368	392	434	477
Turvemaa	631	683	682	664	627
Mänty	333	358	348	333	307
Kuusi	158	182	192	192	185
Lehtipuu	139	144	142	139	135
Säästöpuut	35	73	118	166	219

KAUSI	2019-2028	2029-2038	2039-2048	2049-2058
Runkopuun kasvu, milj. m³/v	103,9	103,3	106,5	111,2
Runkopuun kokonaispoistuma, milj. m³/v ¹⁾	85,5	91,6	92,2	93,5

¹⁾ Sisältää hakkuissa, taimikonhoidossa ja raivauksessa kaadetun sekä luonnonpoistumana kuolleen puuston runkotilavuuden.

PUUNTUOTANNOSSA OLEVA METSÄMAA				
KAUSI	2019-2028	2029-2038	2039-2048	2049-2058
Runkopuun hakkuukertymä, milj. m³/v	74,0	80,7	80,8	80,8
Kasvatushakkuu	16,8	26,2	29,3	30,6
Uudistushakkuu	57,2	54,5	51,5	50,2
Ainespuukertymä, milj. m³/v	64,5	72,2	72,3	72,2
Mänty	31,2	35,3	35,3	33,7
Kuusi	22,9	25,9	26,2	27,7
Lehtipuu	10,3	10,9	10,9	10,8
Tukkikertymä ²⁾	29,1	31,7	31,7	31,6
Mänty	14,8	16,1	16,2	15,5
Kuusi	12,7	14,2	14,0	14,7
Lehtipuu	1,6	1,4	1,5	1,4
Kuitukertymä ²⁾	35,4	40,4	40,6	40,5
Mänty	16,5	19,2	19,1	18,1
Kuusi	10,2	11,7	12,2	13,0
Lehtipuu	8,7	9,5	9,4	9,4
Energiapuukertymä, milj. m³/v	14,8	13,1	13,0	13,0
Runkopuu	9,5	8,5	8,5	8,7
Oksat, lehdet ja neulasen, kannot ja juuret	5,3	4,6	4,5	4,3
Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v	541,3	648,4	640,7	663,8
Kasvatushakkuu	277,3	410,1	426,7	462,1
josta yläharvennuksia rehevissä korvissa ³⁾	2,9	6,5	6,5	5,5
Uudistushakkuu	264,0	238,3	213,9	201,7
Kivennäismaa	402,4	467,1	468,9	489,8
Turvemaa	138,9	181,3	171,8	174,0
Lannoitusala, 1 000 ha/v ⁴⁾	55,3	93,3	93,2	93,2
Kivennäismaa	35,7	57,1	63,1	68,4
Turvemaa	19,6	36,2	30,1	24,8
Kunnostusojitusala, 1 000 ha/v ⁵⁾	20,5	21,6	19,3	14,6

²⁾ Laskentateknisistä seikoista johtuen tukki- ja kuitukertymän arviot ovat vain suuntaa antavia.

³⁾ Yläharvennus oli mahdollinen vain viimeisenä pohjapinta-alaohjeisiin perustavana harvennuksena kiertoajan kuluessa.

⁴⁾ Lannoitusala laskennallisen lannoituskäsitteilyn mukaan. Tämän lisäksi kaikissa skenaarioissa kasvumallien kalibroituun kasvutason sisältyy kalibroitajien aikana tehtyjen kasvatuslannoitusten vaikutus (koko Suomessa runsas 23 000 hehtaaria vuodessa).

⁵⁾ Kunnostusojitusalat on ilmoitettu harvennushakkuiden yhteydessä toteuttavien ojitusten osalta.

Laskelma: Yhteiskunta edellä**Alue: Koko Suomi**

Pinta-alat ja puuston runkotilavuudet ovat vuosien 2019, 2029, 2039, 2049 ja 2059 alun tilatietoja.

Kausittaiset tiedot (mm. kasvut ja poistumat) ovat kymmenvuotiskausjaksojen vuotuisia keskiarvotietoja.

METSÄ- JA KITUMAA					
VUOSI	2019	2029	2039	2049	2059
Pinta-ala, milj. ha	22,80	22,80	22,80	22,80	22,80
Metsämaa	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17
Ensisijaisesti puuntuotannossa	16,34	16,34	16,34	16,34	16,34
Rajoitetussa puuntuotannossa	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Puuntuotannon ulkopuolella	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78
Kitumaa	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64
 Kivennäismaa	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90
Turvemaa	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90
 Puuston runkotilavuus, milj. m³	2 511	2 701	2 969	3 317	3 707
Mänty	1 258	1 349	1 479	1 620	1 785
Kuusi	764	842	927	1 056	1 208
Lehtipuu	489	509	563	641	714
 Kivennäismaa	1 880	2 032	2 223	2 482	2 794
Mänty	925	1 001	1 106	1 208	1 346
Kuusi	606	664	710	805	921
Lehtipuu	350	368	407	469	527
Turvemaa	631	668	746	835	914
Mänty	333	349	373	412	439
Kuusi	158	178	217	250	288
Lehtipuu	139	142	157	173	187
 Säästöpuut	35	73	111	151	192

KAUSI	2019-2028	2029-2038	2039-2048	2049-2058
Runkopuun kasvu, milj. m³/v	103,7	104,2	109,4	116,5
Runkopuun kokonaispoistuma, milj. m³/v ¹⁾	84,7	77,3	74,6	77,4

¹⁾ Sisältää hakkuissa, taimikonhoidossa ja raivauksessa kaadetun sekä luonnonpoistumana kuolleen puuston runkotilavuuden.

PUUNTUOTANNOSSA OLEVA METSÄMAA				
KAUSI	2019-2028	2029-2038	2039-2048	2049-2058
Runkopuun hakkuukertymä, milj. m³/v	73,1	67,2	62,9	62,8
Kasvatushakkuu	17,2	22,9	22,1	25,5
Uudistushakkuu	56,0	44,4	40,8	37,3
Ainespuukertymä, milj. m³/v	63,2	55,1	50,5	50,4
Mänty	30,6	25,4	24,0	23,1
Kuusi	22,2	22,4	20,4	21,3
Lehtipuu	10,4	7,3	6,1	6,0
Tukkikertymä ²⁾	28,8	29,2	27,7	27,7
Mänty	14,7	13,4	13,4	13,1
Kuusi	12,5	14,6	13,2	13,5
Lehtipuu	1,6	1,2	1,1	1,1
Kuitukertymä ²⁾	34,4	25,9	22,8	22,8
Mänty	15,9	12,0	10,6	10,1
Kuusi	9,7	7,8	7,2	7,8
Lehtipuu	8,8	6,2	5,0	4,9
Energiapuukertymä, milj. m³/v	15,3	17,4	17,6	17,6
Runkopuu	10,0	12,1	12,4	12,4
Oksat, lehdet ja neulasen, kannot ja juuret	5,3	5,2	5,2	5,3
Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v	546,8	543,8	457,3	481,1
Kasvatushakkuu	286,6	375,7	319,8	368,4
josta yläharvennuksia rehevissä korvissa ³⁾	2,8	5,7	5,0	5,4
Uudistushakkuu	260,3	168,1	137,5	112,7
Kivennäismaa	400,9	409,9	357,1	375,2
Turvemaa	145,9	133,9	100,2	105,9
Lannoitusala, 1 000 ha/v ⁴⁾	15,8	26,7	26,7	26,7
Kivennäismaa	10,1	13,9	11,9	12,5
Turvemaa	5,7	12,8	14,8	14,2
Kunnostusojitusala, 1 000 ha/v ⁵⁾	18,8	19,5	18,2	19,7

²⁾ Laskentateknisistä seikoista johtuen tukki- ja kuitukertymän arviot ovat vain suuntaa antavia.

³⁾ Yläharvennus oli mahdollinen vain viimeisenä pohjapinta-alaohjeisiin perustuvana harvennuksena kiertoajan kuluessa.

⁴⁾ Lannoitusala laskennallisen lannoituskäsitteilyn mukaan. Tämän lisäksi kaikissa skenaarioissa kasvumallien kalibroituun kasvuntasoon sisältyy kalibrointijakson aikana tehtyjen kasvatuslannoitusten vaikutus (koko Suomessa runsas 23 000 hehtaaria vuodessa).

⁵⁾ Kunnostusojitusalat on ilmoitettu harvennushakkuiden yhteydessä toteuttavien ojitusten osalta.

Liite D: Synteesi 1. sidosryhmätyöpajan tuloksista hyödyntäen PESTE-analyysiä

Yhteenvedon laadinnassa on hyödynnetty myös Copilot-tekoälyä

SUOMI EDELLÄ

Poliittiset ulottuvuudet (Policy)

- Turvallisuusympäristön muutos ajaa Suomi ensin -ajatteluun, mutta kansainvälistä yhteistyötä jatketaan erityisesti EU:n kautta.
- Sotilaallisten uhkien lisääntyminen vaatii resursseja puolustukseen.
- Blokkiutumisen ja kauppasodat korostavat kansallisia intressejä.
- Populismin nousu liittyy taloudelliseen epävarmuuteen.
- EU:n ympäristö- ja ilmastopolitiikka määrittää miniminormit, mutta Suomi ei ole edelläkävijä.

Taloudelliset ulottuvuudet (Economy)

- Korkeamman jalostusasteen tuotteet (esim. metsäteollisuus) ja palvelusektori ovat talouden peruspilareita.
- Alueellinen kehitys vaihtelee, mutta alkutuotanto on tärkeää huoltovarmuudelle.
- Teollisuuden vienti ja tuonti suuntautuvat yhä enemmän Eurooppaan.
- Uusiutuvan energian investoinnit ja puolustusteollisuuden merkitys kasvavat.
- Taloutta ohjataan tullien, valtion tukien ja politiikan avulla.
- Kotitalouksien kulutus vähenee, mutta vienti tukee taloutta.

Sosiaaliset ulottuvuudet (Social)

- Maahanmuutto lisääntyy ilman rajoituksia, mutta väkiluvun odotetaan silti pienenevän.
- Työnteon tavat muuttuvat: huippuosaajat ja halpatyövoima korostuvat.
- Työvoiman riittävyys on haaste, jota paikataan automaatiolla ja digitalisaatiolla.
- Venäjän geopoliittinen uhka vaikuttaa yhteiskuntaan.
- Alueellisuus työpaikoissa hidastaa kaupungistumista ja tukee koko maan asuttuna pitämistä.

Teknologiset ulottuvuudet (Technology)

- Energian varastointi, kehittynyt akkuteknologia ja nestemäiset puupohjaiset biopolttoaineet tasapainottavat energijärjestelmää.
- Ydinvoiman ja vetypolttoaineiden merkitys kasvaa, fossiilisista polttoaineista luovutaan.
- Kiertotalouden ja siihen liittyvien teknologioiden käyttö lisääntyy raaka-aineiden hinnan noustessa.
- Hajautetut energiaratkaisut ja ruoantuotanto sekä kansainväliset säästövoimamarkkinat korostuvat.
- Bioenergian käyttöä rajoittaa raaka-aineiden niukkuus ja metsäteollisuuden jalostusarvon nousu.

Ympäristölliset ulottuvuudet (Environment)

- Paineet luonnonvarojen käytölle kasvavat, mutta kiertotalousratkaisuja tehostetaan resurssien niukkuuden vuoksi.
- Ilmasto- ja ympäristölainsäädäntöä väljennetään, ja hiilineutraalisuustavoitteita perutaan.
- Uusiutuvan energian investoinnit lisäävät metsäkatoa ja ympäristöhaittoja.
- Ympäristö- ja ilmastoarvot tunnistetaan, mutta ne eivät ole keskiössä – markkinoiden ohjaavuuteen luotetaan.
- Alueelliset erot luonnonvarojen käytössä ja ympäristönsuojelussa ovat merkittäviä.

MARKKINAT EDELLÄ

Poliittiset ulottuvuudet (Policy)

- Poliittisen sääntelyn rooli on pienempi kuin muissa skenaarioissa; markkinamekanismit ohjaavat kehitystä vahvemmin.
- Lainsäädännön keventäminen nähdään keinona tukea yritysten toimintaympäristöä, mutta tasapainoa haetaan tiukkojen ilmastotavoitteiden ja taloudellisen kilpailukyvyn välillä.
- Päätöksenteossa korostuu arvopohjainen lupakäytäntö ja nuorten vastuunkanto sekä oikeudenmukaisuuden tavoittelu vaikuttavat poliittisiin linjauksiin.

Taloudelliset ulottuvuudet (Economy)

- Vapaakauppa ja toimivat hankintaketjut tukevat Suomen viennin kasvua, kattaen sekä palvelut että tavaraviennin.
- Suomen vientiä tukevat erityisesti vähähiilisten tuotteiden ja laitteistojen valmistus sekä ympäristöratkaisujen tuottaminen (esim. hiilikädenjälki).
- Uuden teollisuuden investoinnit Suomeen lisäävät kasvua, ja teknologiat, kuten tekoäly ja kvanttietokoneet nostavat tuottavuutta.
- Investointien markkinaalogiikka vaikuttaa kehitykseen voimakkaammin kuin muissa skenaarioissa; sääntely perustuu pitkälti markkinamekanismeihin (vrt. päästökauppa).

Sosiaaliset ulottuvuudet (Social)

- Suomi panostaa terveys- ja hyvinvointiteknologioihin sekä korkeaan koulutustasoon ja työperäiseen maahanmuuttoon.
- Työllisyysaste on korkea, mutta alueellinen kehitys asettaa haasteita.
- Uuden teknologian investoinnit voivat lisätä kasvukeskusten määrää, mutta maaseutu jatkaa tyhjenemistään.
- Mahdollisuus valita asuinpaikka ja hajauttaa asutusta on tärkeä kysymys Suomen kehityksessä.

Teknologiset ulottuvuudet (Technology)

- Suomen asema globaalissa ilmastopolitiikassa ja EU:n sääntely vaikuttavat kansalliseen energiapolitiikkaan ja tuettaviin sektoreihin.
- Suomi on teknologian ja palveluiden viejä, mutta kriittisten raaka-aineiden saatavuus on yhä tärkeämpi kysymys.
- Vähähiilitiekarttojen toteuttaminen tukee vihreää siirtymää.

- Hiilidioksidin hyötykäyttö ja varastointi, sähköistyminen sekä uudet teollisuudenalat (esim. datakeskukset, vedyn valmistus) ovat keskeisiä kehitysalueita.

Ympäristölliset ulottuvuudet (Environment)

- Kansalliset tavoitteet, kuten fossiilittoman liikenteen ja logistiikan tavoite vuoteen 2045 mennessä, ovat kunnianhimoisia, ja niiden toteutuminen riippuu yritysten eduista.
- Kotimaisten hakkuiden tiukka rajoittaminen ei kuulu tähän skenaarioon hiilineutraalisuuden saavuttamiseksi.
- Ekologisesti kestävä tuotanto (esim. vesiteknologiat, kiertotalous) ja luonnon puhtaus nähdään kilpailuvaltteina.
- Sähkön kulutuksen kasvu ja planetaaristen rajojen huomioiminen vaikuttavat toimintaympäristöön.
- Ympäristölupakäytäntöjen ja kaavoituksen kehittäminen on tärkeää EU-sääntelyn mukaisesti.

YMPÄRISTÖ EDELLÄ

Poliittiset ulottuvuudet (Policy)

- Geopolitiikka, erityisesti Kiinan ja USA:n suhteet, vaikuttavat vihreän siirtymän etenemiseen ja EU:n ilmastopolitiikkaan.
- EU ja Suomi tasapainoilevat suurvaltojen välillä, mutta jatkavat vahvaa ilmasto- ja ympäristöjohtajuutta.
- Kansainvälinen turvallisuustilanne haastaa kehitystä, mutta ilmastomuutoksen riskit tunnistetaan laajasti.
- Oikeudenmukaisuus ja globaalin etelän tukeminen ovat keskeisiä, ja elinkaariajattelu korostuu investoinneissa.
- Haasteina ovat heikko talous, kansalliset intressit ja geopolittiset konfliktit, jotka voivat hidastaa ilmastotoimia.

Taloudelliset ulottuvuudet (Economy)

- Planetaariset rajat ohjaavat talouspolitiikkaa ja regulaatiota.
- Luontokato ja kestävyysajattelu on tuotu osaksi taloutta ja kauppaa.
- EU:n pitkäjänteinen ilmastopolitiikka ja päästöjen hinnoittelu ohjaavat toimintaa.
- Talouden kasvu ei ole enää itseisarvo, vaan painopiste on kestävyiden ja jalostusasteen nostamisessa.
- Kiertotalous, palveluiden kasvu ja kulutuksen vähentäminen ovat keskeisiä.
- Kestävä talouskasvu nähdään edellytyksenä myös turvallisuusympäristölle.

Sosiaaliset ulottuvuudet (Social)

- Vihreän siirtymän investoinneissa tulee huomioida luontoarvot ja oikeudenmukaisuus.
- Asumisen keskittyminen jatkuu, mutta paikallisyhteisöjen rooli kasvaa.
- Digitalisaatio lisää energiankulutusta, mutta mahdollistaa tuottavuuden kehityksen.

- Koulutuksen ja osaamisen kehittäminen on kriittistä rakennemuutoksessa.

Teknologiset ulottuvuudet (Technology)

- Digitalisaatio ja energiateknologiat ovat mahdollistaneet kestävä kehityksen, mutta energiankulutus kasvaa.
- Uusiutuvien energiateknologioiden käyttöönottoa ohjaavat luontoarvot ja alueellinen sijoittuminen.
- Ydinvoiman merkitys kasvaa, ja CCU-teknologiat (päästöjen talteenotto ja kierto) ovat tärkeitä.
- Ruokateknologian ja vaateteollisuuden murros tukevat kestävä kehitystä.

Ympäristölliset ulottuvuudet (Environment)

- Ilmastonmuutoksen riskit tunnistetaan globaalisti, ja päästöjen hinnoittelu ohjaa toimintaa.
- Metsien suojelu ja hiilinielujen turvaaminen ovat keskeisiä.
- Ympäristöarvot ja luonnonsuojelu priorisoidaan teollisen toiminnan yli.
- Maankäytössä tärkeiden luontokohteiden suojelu on tärkeämpää kuin teollisen toiminnan kehittyminen.

YHTEISKUNTA EDELLÄ

Poliittiset ulottuvuudet (Policy)

- EU-regulaatio ei aina huomioi paikallisia mahdollisuuksia ja eroavaisuuksia päästöjen vähentämisessä, mikä voi vaikeuttaa oikeudenmukaisia ratkaisuja eri alueilla.
- Skenaariossa korostetaan poliittisen suvaitsevaisuuden ja rakenteiden joustavuuden tarvetta, jotta ihmiset voivat tehdä omia valintojaan ja muuttaa halutessaan.
- Saamelaisten näkemykset energiasiirtymässä huomioidaan oikeudenmukaisuuden varmistamiseksi.

Taloudelliset ulottuvuudet (Economy)

- Valtavirtaisen talouskasvun malli kyseenalaistetaan.
- Talouden supistuminen ja kasvavat hoito- ja sosiaalimenot nähdään haasteina.
- Elinkeinojen kannattavuus on keskeistä, jotta taloudelle syntyy vahva pohja – ympäristövaatimukset eivät saa tehdä toimintaa kannattamattomaksi, erityisesti haja-asutusalueilla.
- Metsien käytön turvaaminen ja perinteisten elinkeinojen, kuten poronhoidon, huomioiminen päätöksenteossa on tärkeää.
- Taloudelliset kannustimet ohjaavat ihmisiä tekemään ilmaston kannalta oikeita päätöksiä.

Sosiaaliset ulottuvuudet (Social)

- Kantasuomalaisen väestön supistuminen vaikuttaa kansantaloudelliseen kantokykyyn ja yhteiskunnan vakauteen.
- Skenaariossa pyritään monipuoliseen väestörakenteeseen ja kohtuullisiin tuloeroihin sekä alueellisesti että sukupolvien välillä.
- "People first" -näkökulma korostaa yksilöiden ja yhteisöjen huomioimista päätöksenteossa.

- Yhteiskunta tarjoaa lähtökohdat resilienssin toteutumiseen yksilötasolla (bottom up).
- Turvallisuus- ja huoltovarmuus ovat kehityksessä vahvasti mukana.

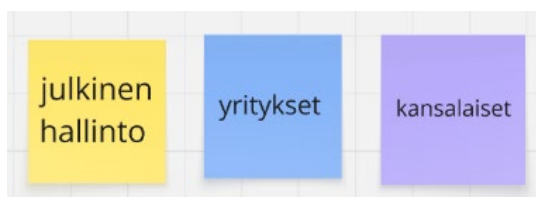
Teknologiset ulottuvuudet (Technology)

- Tekoäly ja automaatio edistävät oikeudenmukaisuutta ja tukevat globaalia kehitystä.
- Teknologialla mahdollistetaan yhteiskunnallisesti tärkeät valinnat, kuten haja-asutusalueiden pitäminen asuttuna.
- Päästövähennyksistä päätetään teknologianeutraalisti, ja fossiilisten polttoaineiden käyttö vähenee, mutta biopolttoaineita ja jätepohjaisia polttoaineita ei voida kokonaan korvata.
- Teknologiasiirtymille on varattava riittävän pitkät ajat, jotta eriarvoisuus ei lisäännä.

Ympäristölliset ulottuvuudet (Environment)

- Rakennuskannan tulee olla kestävä, ja päätökset vaikuttavat tuleviin sukupolviin.
- Ilmasto- ja ympäristötoimia tehdään tulevaisuuden sukupolvien hyvinvointia ajatellen.
- Vihreän imperialismin torjuminen, erityisesti alkuperäiskansojen (saamelaiset) näkökulmasta.
- Paikalliset ratkaisut ja osallistaminen päätöksentekoon (esim. maatuulivoiman hyväksyttävyyden varmistaminen).
- Fossiilisten polttoaineiden vaihtaminen uusiutuviin energiaratkaisuihin tulee olla kannattavaa.

Työpaajassa työryhmat työskentelivät skenaarioittain ja pohtivat toimia julkisen hallinnon, yritysten ja kansalaisten näkökulmista eri sektoreilla. Alla on yhteenveto skenaarioittain työpaajan tuloksista. Joissain yhteenvedoissa näkyvät toimet myös toimijaryhmittäin (vrt. a.o. värikoodit). Kaikki työpaajatulokset ryhmittäin on esitetty Miroboardissa https://miro.com/app/board/uXjVIH0H_50/





Ihmisten hyvinvointi edellä (people first) nimettiin 2. skenaariotyöpajan jälkeen Yhteiskunta edellä -skenaarioksi.



Nimeke	Kansallisen energia- ja ilmastopoliitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) - pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaselvitys
Tekijä(t)	Tiina Koljonen, Tarja Silfver, Sampo Soimakallio, Mari Kivinen, Jyrki Aakkula, Markus Haakana, Minna Halonen, Kirsi Halttu, Hannu Hirvelä, Sofi Kurki, Antti Lehtilä, Heikki Lehtonen, Johanna Markkanen, Antti Mutanen, Johanna Niemistö, Lassi Similä, Henna Sundqvist, Terttu Vainio, Jari Viitanen, Sofia Vikfors
Tiivistelmä	Tiivistelmä KEITO-hankkeessa (<i>Kansallisen energia- ja ilmastopoliitiikan toimet ja skenaariot</i>) on laadittu Suomelle laskennallisia ja laadullisia tulevaisuuspolkuja, eli skenaarioita keskipitkän ja pitkän aikavälin energia- ja ilmastopoliittisen päätöksenteon tueksi. Keskipitkään aikaväliin liittyvät analyysit on esitetty VTT Technology 442 -raportissa, ja tässä raportissa esitetään pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (Long-Term Strategy, LTS) taustaksi laadittu skenaariotyö. Työtä on tukenut laaja sidosryhmäyhteistyö. Kansalaisten näkemyksiä on kerätty laajan kyselytutkimuksen avulla, ja yritysten pitkän aikavälin tavoitteita on arvioitu laatimalla synteesi toimialojen vähähiilitiekartoista. Skenaarioiden laatimisessa hyödynnettiin menetelmäkokonaisuutta, johon kuuluivat sidosryhmätyöpajoissa sovelletut osallistavan ennakkoinnin menetelmät, hankkeen tutkijoiden toimesta tehdyt laadulliset analyysit, mukaan lukien nykytila-analyysi ja arviot ympäristövaikutuksista, sekä laskennalliset skenaariomallinnukset. Muodostetut skenaariot kuvaavat vaihtoehtoisia kehityskulkuja siitä, millaisia suomalainen yhteiskunta, energiatalous ja kasvihuonekaasupäästöjen kehitys voisivat olla vuoteen 2055 mennessä. Neljä tarkasteltua skenaariota nimettiin: <i>Suomi edellä (FIN)</i>, <i>Markkinat edellä (BIZ)</i>, <i>Ympäristö edellä (ENV)</i> ja <i>Yhteiskunta edellä (PPL)</i> -skenaarioiksi. Tulosten perusteella Suomella on edelleen mahdollisuudet saavuttaa ilmastolain asettamat kasvihuonekaasujen päästötavoitteet erityisesti pitkällä aikavälillä, mutta myös keskipitkällä aikavälillä. Pitkän aikavälin kehitykseen vaikuttavat kuitenkin ne päätökset, jotka tehdään lähimmän kymmenen vuoden aikana. Keskeisin haaste liittyy maankäyttösektorin kehitykseen liittyvään epävarmuuteen, mikä vaikuttaa myös vuodelle 2035 asetetun hiilineutraalisuustavoitteen ja sen jälkeisen hiilineläisyysuustavoitteen saavuttamiseen. Vaikka päästökaupasektorilla on tapahtunut nopeaa, myönteistä kehitystä ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä on irtauduttu, Suomi tarvitsee edelleen nettonegatiivisia päästövähennyskeinoja kompensoimaan erityisesti taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöjä sekä maankäyttösektorin maaperäpäästöjä, eli maankäyttösektorin luonnon hiilinieluja ja näitä täydentämään teknisiä hiilinieluja. LTS-skenaariot osoittavat, että polut ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi voivat olla hyvin erilaisia riippuen globaalista ja kansallisesta sosioekonomisesta kehityksestä, teknologioiden kehityksestä ja käyttöönnotosta sekä luonnonvarojen käytöstä. Samalla erilaiset ympäristövaikutukset ja niihin liittyvät haasteet korostuvat eri tavoin eri poluissa. Keskeisiä haasteita ovat lisääntyvä maankäyttö sekä puhtaan energiajärjestelmän toteuttamiseen liittyvän infrastruktuurin rakentaminen riittävän nopeasti, kriittisten raaka-aineiden lisääntyvät tarpeet ja erilaiset sosiaaliset vaikutukset, joita tarvittava murros ja siihen liittyvät ohjauskeinot voivat aiheuttaa.
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8807-7 ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu) DOI: 10.32040/2242-122X.2025.T443
Julkaisuaika	Lokakuu 2025
Kieli	Suomi
Sivumäärä	135 s. + liitt. 23 s.
Projektin nimi	KEITO
Rahoittajat	
Avainsanat	
Julkaisija	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111, https://www.vtt.fi/

Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaselvitys



ISBN 978-951-38-8807-7
ISSN-L 2242-1211
ISSN 2242-122X (Verkkajulkaisu)
DOI: 10.32040/2242-122X.2025.T443



beyond the obvious