

VNS 11/2025 vp

Valtioneuvoston selonteko

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelma

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Oikeudellinen konteksti	4
1.2	Ilmastotavoitteet	7
1.3	Keskeinen taustamateriaali	9
1.4	Valmisteluun liittyvät neuvottelut ja osallistaminen	9
1.4.1	Neuvottelu saamelaiskäräjien kanssa	9
1.4.2	Työpajat, seminaarit ja kansalaiskysely	11
1.4.3	Julkinen lausuntokierros	13
2	Kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien skenaariot... 14	
2.1	Skenaarioiden valmistelu	14
2.2	Vaihtoehtoiset skenaariot	16
2.2.1	Perusskenaario	16
2.2.2	Suomi edellä	20
2.2.3	Markkinat edellä	23
2.2.4	Ympäristö edellä	26
2.2.5	Yhteiskunta edellä	28
2.2.6	Yhteenveto vaihtoehtoisista skenaariosta ja johtopäätökset	31
3	Toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot..... 41	
3.1	Energiajärjestelmä	41
3.1.1	Energian hankinta	42
3.1.2	Energian kulutus	47
3.2	Teollisuus ja palvelut	51
3.3	Liikenne	55
3.4	Rakennukset	56
3.5	Maatalous	58
3.6	Maankäyttösektori	60
3.7	Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumisen tarve pitkän aikavälin ilmastosuunnittelussa	62
4	Menetelmien kehitysnäkymät	64

4.1	Skenaarioiden oleelliset menetelmät.....	64
4.2	Tekniset hiilinelut.....	65
4.3	Sähköistyminen.....	66
4.4	Ydinenergia.....	72
4.5	Vetyteknologia.....	74
4.6	Maatalouden menetelmät.....	75
4.7	Maankäyttösektorin menetelmät.....	78
4.8	Johtopäätökset.....	79

Liite	81
--------------	-------	-----------

Lähteet	91
----------------	-------	-----------

1 Johdanto

1.1 Oikeudellinen konteksti

Tässä ilmastolain mukaisessa pitkän aikavälin suunnitelmassa ei esitetä tai linjata yksittäisiä politiikkatoimia, eikä suunnitelmassa ole sen vuoksi vaikutusarvioita esimerkiksi kilpailukykyyn liittyen. Kyse on kasvihuonekaasupäästöihin ja nielujen aikaansaamiin poistumiin vaikuttavien mahdollisten yhteiskunnan kehityksen ja teknologioiden kehityskulkujen kartoittamisesta tulevan ilmasto- ja energiapolitiikan valmistelun ja valintojen taustaksi. Tutkijat ovat laatineet suunnitelmaa varten monitieteellisenä yhteistyönä neljä vaihtoehtoista tulevaisuusskenaariota. Skenaarioiden laadinnassa on hyödynnetty laajasti sidosryhmätyöskentelyä. Mikään skenaarioista ei edusta todennäköistä tulevaisuuden kuvaa, vaan määrittämällä skenaarioiden painotukset eri lailla, tutkijat pyrkivät kuvaamaan pikemminkin ääriskenaarioita, jotka kuitenkin voisivat jossain määrin toteutua vuoteen 2055 mennessä. Todennäköinen pitkän aikavälin kehitys riippuu merkittävästi globaalista talouden, teknologian sekä poliittisesta kehityksestä. Pitkän aikavälin kehitys on siten todennäköisesti näiden ääriskenaarioiden välissä. Suunnitelmassa ei oteta siksi myöskään kantaa, mikä vaihtoehtoisista skenaarioista olisi toivottava tai mitkä toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot olisivat parhaita. Lähitulevaisuudessa vaikuttavia politiikkalinjauksia esitetään keskipitkän aikavälin suunnitelmissa eli Energia- ja ilmastostrategiassa, Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa ja Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmassa.

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman oikeudellinen perusta tulee ilmasto-
laista (423/2022). Ilmastolaissa säädetään tavoitteet ja puitteet Suomen il-
mastopolitiikan suunnittelulle ja sen toteutumisen seurannalle. Lain 7 §:n mu-
kaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelma on osa lain määrittämää ilmastopo-
litiikan suunnittelujärjestelmää ja 9 §:n mukaan valtioneuvosto hyväksyy vä-
hintään kerran kymmenessä vuodessa pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman.
Lain 23 §:n siirtymäsäännöksen mukaan ensimmäinen pitkän aikavälin ilmas-
tosuunnitelma on hyväksyttävä viimeistään vuonna 2025. Ilmastolain perus-
teluiden mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman ajallinen tarkaste-
lunäkökulma eroaisi muista ilmastopolitiikan suunnitelmista. Suunnitelma
edistäisi osaltaan lain 2 §:ssä asetettujen päästövähennystavoitteiden saa-
vuttamista (tavoitteet kuvataan luvussa 1.2). Erityisesti 2 §:n 1 momentin 2 ja
3 kohdassa asetetut pitkän aikavälin päästövähennystavoitteet vuosille 2040
ja 2050 olisivat lähtökohtana suunnitelman valmistelussa.

Lain 9 §:n mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa tulee esittää lain
2 §:ssä tarkoitettujen tavoitteiden saavuttamiseksi seuraavat asiat:

- 1) *taakanjako-, päästökauppa- ja maankäyttösektorin yhteenlaskettujen kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien kehitystä koskevat ske-
naariot, jotka kattavat vähintään seuraavat 30 vuotta ja joissa otetaan
huomioon kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen, nielujen
vahvistaminen ja ilmastomuutokseen sopeutuminen;*
- 2) *2 §:n 1 momentin 3 kohdassa tarkoitettuun kasvihuonekaasujen vä-
hennystavoitteeseen sekä 1 kohdassa tarkoitettuun nielujen aikaan-
saamien poistumien kasvamista koskevaan tavoitteeseen perustuvat
keskeiset toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot;*
- 3) *arvio kasvihuonekaasujen päästöjen vähennysmenetelmien ja nielu-
jen vahvistamismenetelmien pitkän aikavälin kehitysnäkymistä;*
- 4) *muut kuin 1–3 kohdassa tarkoitettut tarpeelliset seikat.*

Säännöksen 2 kohdan mukaan suunnitelmassa olisi esitettävä keskeiset toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot. Tällä selvitetäisiin eri sektoreilta vaadittua panosta, jotta kasvihuonekaasujen vähennystavoite ja poistumien kasvamista koskeva tavoite voidaan saavuttaa.

Säännöksen 3 kohdan mukaan suunnitelmassa olisi esitettävä arvio kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämistä ja nielujen vahvistamista koskevien menetelmien pitkän aikavälin kehitysnäkymistä. Kasvihuonekaasujen päästöjen vähennysmenetelmillä viitataan esimerkiksi teknisiin menetelmiin päästöjen vähentämiseksi sekä niitä vastaaviin kehityskulkuihin. Nielujen vahvistamismenetelmien kohdalla olisi esitettävä arvio sekä luonnon nielujen, eli pitkälti metsien, vahvistamismenetelmien kehityksestä, että teknologisten nielujen kehitysnäkymistä. Arvion perusteella olisi esitettävä johtopäätöksiä siitä, missä määrin mahdolliset uudet menetelmät voisivat edistää 2 §:n tavoitteiden ja erityisesti pitkän aikavälin päästövähennystavoitteiden saavuttamista.

Säännöksen 4 kohdan mukaan suunnitelmassa olisi esitettävä myös muut tarpeelliset seikat. Tällaisia seikkoja voisivat olla esimerkiksi energia-, teollisuus- ja infrastruktuuri-investointien kehitys ja niiden merkitys päästökehitykselle tai riskiarvio siitä, että ilmastonmuutos etenee ja sen haittavaikutukset voimistuvat ennakoituakin nopeammin.

Ilmastolain 21 a §:n mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmasta koskeva valtioneuvoston päätös annetaan tiedoksi hallintolain (434/2003) 62 a §:n mukaisella julkisella kuulutuksella.

Suomi on jo aikaisempina vuosina tehnyt päästövähennyspolkuja sisältäviä pitkän aikavälin tarkasteluja. Tällaisia tarkasteluja ovat parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintönä vuonna 2014 julkaistu Energia- ja ilmastotiekartta 2050¹ sekä vuonna 2020 julkaistu Suomen pitkän aikavälin

¹ <https://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf?t=1463395012000>

strategia kasvihuonekaasujen vähentämiseksi². Jälkimmäinen dokumentti on toimitettu sekä EU:lle että Pariisin sopimuksen mukaisesti myös Yhdistyneiden Kansakuntien ilmastopöytäkirjan sihteeristölle.

Vuoden 2014 Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean vuoteen 2050 ulottuva tiekartta valmisteltiin Energia- ja ilmastopolitiikan laajapohjaisen tarkastelun varmistamiseksi, kansallisen yhteisymmärryksen lisäämiseksi sekä pitkäjänteisen ja ennustettavan politiikan vahvistamiseksi. Tiekartta toimi strategisen tason ohjeena matkalla kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa.

Vuonna 2020 valmistunut Suomen pitkän aikavälin strategia perustui Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen energiaunionin ja ilmastotoimien hallinnosta (EU 2018/1999) eli hallintomalliasetukseen ja sen 15 artiklaan, jonka mukaan kunkin jäsenvaltion oli laadittava ja toimitettava komissiolle viimeistään 1 päivänä tammikuuta 2020 kattava pitkän aikavälin strategiansa. Suomen pitkän aikavälin strategiassa (Long Term Strategy, LTS) esitetään skenaarioita ja vaikutusarvioita vuodelle 2035 asetetusta kansallisesta hiilineutraalisuustavoitteesta sekä kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien kehityksestä vuoteen 2050 asti. Ilmastolain perustelujen mukaan Suomen pitkän aikavälin strategian voidaan joltain osin katsoa vastaavan ilmastolain vaatimuksia pitkän aikavälin suunnitelmalle.

1.2 Ilmastotavoitteet

Ilmastolain 2 §:ssä päästövähennystavoitteiksi on asetettu, että:

- 1) *ihmisen toiminnasta aiheutuvat kasvihuonekaasujen päästöt vähentyvät ja nielujen aikaansaamat poistumat kasvavat siten, että kasvihuone-*

² <https://tem.fi/documents/1410877/2132096/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020/8cd55d4d-6de7-657f-a86f-bc79497d4756/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020.pdf?t=1692094955051>

nekaasujen päästöt ovat enintään yhtä suuret kuin poistumat viimeistään vuonna 2035 ja että poistumat kasvavat ja päästöt vähenevät edelleen myös sen jälkeen;

- 2) ihmisen toiminnasta aiheutuvat taakanjako- ja päästökauppasektorin yhteenlasketut kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään vähentyvät vuoteen 2030 mennessä vähintään 60 prosenttia ja vuoteen 2040 mennessä vähintään 80 prosenttia verrattuna vuoteen 1990;*
- 3) ihmisen toiminnasta aiheutuvat taakanjako- ja päästökauppasektorin yhteenlasketut kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään vähentyvät vuoteen 2050 mennessä vähintään 90 prosenttia, mutta pyrkien tasoon 95 prosenttia verrattuna vuoteen 1990;*

Yllä esitettyjen kansallisten hiilineutraalius- ja kokonaispäästötavoitteiden lisäksi ilmastolaissa viitataan myös Suomea sitoviin sopimukseen sekä Euroopan unionin lainsäädännöstä johtuviin velvoitteisiin. Ilmastolain mukaan lain ja sen mukaisen ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmän tavoitteena on myös varmistaa osaltaan näiden velvoitteiden täyttyminen.

Suomi on osana EU:ta sitoutunut Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteisiin ja pyrkii edistämään 1,5 asteen mukaisia ilmastotoimia. Keskeisenä elementtinä on osapuolten velvollisuus ylläpitää päästövähennyssitoumus, jota kiristetään vähintään viiden vuoden välein. Päästövähennystavoitteiden tulee vastata osapuolen korkeinta mahdollista tavoitetasoa.

EU:ssa on hyväksytty tiukennetut ilmastotavoitteet vuodelle 2030 sisältäen tavoitteen vähentää EU:n kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 55 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna. EU:n pitkän aikavälin tavoitteena on puolestaan saavuttaa ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä. Edellä mainittujen lisäksi vuodelle 2040 on tarkoitus sisällyttää myös oma tavoitteensa vuoden 2030 ja 2050 tavoitteiden välitavoitteeksi. Euroopan komissio on antanut ehdotuksensa 90 prosentin vähennystavoitteesta, mutta jäsenvaltiot eivät ole vielä päättäneet asiasta (tilanne 31.10.2025). Jäsenvaltiokohtaisia tavoitteita on tällä hetkellä asetettu vain vuodelle 2030 taakanjako- ja maankäyttösektorille.

1.3 Keskeinen taustamateriaali

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman skenaariomallinnukset ja tausta-analyysit on laadittu vuosina 2024–2025 tutkimushankkeessa nimeltä Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO). KEITO-hanke on toteutettu Euroopan unionin REPower-rahoitusinstrumentin rahoituksella yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen (Syke) koordinoiman REPower-CEST (Clean Energy System Transition) ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) REPower-hankkeen kanssa. KEITO-kokonaisuutta on koordinoanut VTT ja työn toteutukseen on osallistunut laaja joukko tutkijoita VTT:ltä, Syke:stä, Luke:sta ja Geologian tutkimuskeskuksesta (GTK). Virkahenkilöistä koostuva seurantaryhmä on seurannut ja tukenut hanketta.

KEITO-hankkeessa tutkijat ovat osallistaneet sidosryhmiä, teettäneet kansalaiskyselyn sekä tehneet yhteenveton toimialojen vuosina 2023–2024 laatimista vähähiilitiekartoista eri näkökulmien ja visioiden kartoittamiseksi. Pitkän aikavälin skenaarioista ja niiden lähtökohdista vastaavat tutkijat.

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman valmistelussa on KEITO-hankkeen lisäksi hyödynnetty laajasti muita ajankohtaisia selvityksiä sekä ministeriöiden tietämystä.

1.4 Valmisteluun liittyvät neuvottelut ja osallistaminen

1.4.1 Neuvottelu saamelaiskäräjien kanssa

Työ- ja elinkeinoministeriön ja saamelaiskäräjien välinen neuvottelu pitkä aikavälin suunnitelmasta käytiin 24.6.2025³. Neuvotteluun osallistui myös maa- ja metsätalousministeriö.

Neuvottelujen puheenjohtaja Petteri Kuuva esitteli pitkän aikavälin ilmasto-suunnitelman valmistelua ja sen lähtökohtia. Perus- ja ihmisoikeuksien kannalta on tärkeää, että saamelaisten asema alkuperäiskansana sekä saamelaisten kulttuurimuotoon kuuluvien perinteisten elinkeinojen harjoittaminen turvataan myös pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman osalta.

Neuvottelussa saamelaiskäräjät piti pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaa tärkeänä. Saamelaisia koskettaa erityisesti taakanjakosektorin osa-alueista liikenne, työkoneet ja rakennusten lämmitys, sekä soveltuvilta osin myös maatalouden toimenpiteet, kuten ruokaturva. Paikallinen ruokaturva on tärkeä asia, koska perinteinen ruokajärjestelmä pohjautuu perinteisiin elinkeinoihin ja nojautuu elinkeinojen elinvoimaisuuteen. Ruokaturva edellyttäisi konkreettisia toimia; lähiruoka ja omavaraisuus tukee ilmastoystävällisyyttä eikä päästöjälki näissä ole iso.

Saamelaiskäräjien mukaan suunnitelmassa tulisi huomioida alueelliset kysymykset eri sektoreiden osalta kuten pitkät etäisyydet ja palveluiden saatavuus, jotta peruspalveluiden käyttö ei muodostuisi kohtuuttoman kalliiksi. Saamelaiskäräjät muistutti myös, että suunnitelman osalta on varmistettava, että ilmastotavoitteita ei edistetä toimilla, jotka heikentävät saamelaiskulttuurin tai perinteisten elinkeinojen, kuten poronhoidon, edellytyksiä, ja on tärkeä, että alkuperäiskansan kulttuuri huomioidaan. Pitkän aikavälin suunnitelmassa tulisi varmistaa, että ei edistettäisi toimenpiteitä, jotka heikentävät saamelaisten kielen, kulttuurin ja elinkeinon edellytyksiä. Pitkän aikavälin suunnitelman osalta on tärkeää huomioida myös sopeutumiskysymykset ja "do no significant harm" -periaate.

Maa- ja metsätalousministeriö kertoi ruokaturva-asian olevan työpöydällä. Tällä hetkellä on valmistelussa kestävä ja kannattava ruokastrategia, johon

³ VN/1046/2025-TEM-10

liittyen on maakunnallisia tapahtumia ja keskusteluja. Myös sopeutumisenäkökulma on tärkeä osa ilmastolakia ja keskeinen saamelaisten oikeuksien kannalta, sillä se liittyy keskeisesti saamelaisten oikeuteen harjoittaa kulttuuria ja elinkeinoja.

Työ- ja elinkeinoministeriö totesi, että pitkän aikavälin suunnitelmaan ei sisälly poliittisia toimenpiteitä, mutta saamelaisnäkökulma tullaan huomioimaan. Erityisesti sopeutumisen huomioiminen on keskeistä, sillä mikäli siinä ei onnistuta, perinteisten elinkeinojen harjoittaminen voi käydä mahdottomaksi.

Lopuksi saamelaiskäräjät totesi, että neuvottelujen tavoitteena olevaa yhteisymmärrystä pitkän aikavälin suunnittelemasta ei tässä neuvottelussa voida todeta, koska yksityiskohtaisia kirjauksia ei ole vielä saatavilla. Neuvottelujen jälkeen jää vielä epäselväksi, miten saamelaiskäräjien esittämät näkökulmat ja ehdotukset sisällytetään suunnitelmaan.

Puheenjohtaja totesi, että vaikka yhteisymmärrystä ei voitu todeta, yhteistä tavoitetilaa on neuvottelujen aikana rakennettu hyvässä yhteishengessä ja että neuvottelussa esitettyjen näkemysten pohjalta voidaan edetä.

1.4.2 Työpajat, seminaarit ja kansalaiskysely

Skenaariotyöpajat

KEITO-hankkeen keskeisen tietopohjan ja ymmärryksen kartuttamiseksi tutkijaryhmä järjesti tammi-toukokuussa 2025 kaksi sidosryhmätyöpajaa ja tulosseminaari, joissa osallistettiin laajasti eri sidosryhmiä. Tilaisuuksiin osallistui henkilöitä noin 60 organisaatiosta. Työpajoissa sovellettiin osallistavan ennakkoinnin menetelmiä ja niiden tarkoituksena oli muodostaa laadullisia skenaarioita pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman laskelmien pohjaksi.

Ensimmäisen työpajassa laadittiin alustavat laadulliset kuvaukset neljästä skenaarioluonnoksesta, jotka kuvaavat vaihtoehtoisia kehityskulkuja vuoteen

2055 mennessä; yhteiskunnan, energiatalouden ja kasvihuonekaasupäästöjen osalta. Työpajassa pienryhmät rikastivat tutkimusryhmän skenaarioluonnoskuvauksia siten, että ne tarjoaisivat riittävästi elementtejä pitkän aikavälin skenaariolaskelmien tekemiseen. Eri pienryhmissä keskustelut painottuivat eri tavoin. Teknologiset ja taloudelliset tekijät painottuivat, mutta sosiaalisen ulottuvuuden käsittely jäi pienemmälle huomiolle. Ympäristönäkökulma oli mukana kaikissa pienryhmissä.

Toisessa työpajassa määriteltiin pienryhmissä toimenpiteitä, joiden avulla julkishallinto, yritykset ja kuluttajat voivat edesauttaa ilmastotavoitteiden saavuttamista eri skenaarioissa kuvatuissa kehityskuluissa. Tämän lisäksi pienryhmiltä pyydettiin huomioita skenaarioiden kehityskuluihin liittyen toimista, joista tulisi luopua tai joita tulisi muuttaa, jotta ehdotettu uusi toimenpide edistäisi haluttua kehitystä. Lopuksi tutkijat keräsivät ryhmätyöskentelyssä esille tulleet näkökulmat koherentiksi kuvaukseksi kunkin skenaarion vaatimista toimenpiteistä.

Ensimmäisen ja toisen työpajan ja tulosten perusteella hankkeen tutkijat pystyivät laatimaan laadulliset, riittävän erilaiset tulevaisuuspolut Suomelle. Kolmas sidosryhmätilaisuus oli toukokuussa pidetty tulosseminaari. Siinä tutkijat esittivät määrällisten laskelmien alustavia tuloksia yleisölle. Lisäksi tilaisuuden aikana osallistujille esitettiin kysymyksiä Mentimeter -applikaation avulla.

Kansalaiskysely

Osana KEITO-hanketta toteutettiin kyselytutkimus, joka kartoitti suomalaisten suhtautumista mahdollisiin energia- ja ilmastopoliittisiin tavoitteisiin, toimenpiteisiin ja ratkaisuihin. Tutkimuksella selvitettiin myös kansalaisten motivaatiota, valmiuksia ja mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseen ja kestäväan elintapaan.

Kyselyn, joka sisälsi noin 60 lähinnä monivalintakysymystä käsittäen noin 100 arvioitavaa vaihtoehtoa, toteutettiin internet-paneelissa 17.2.–20.2.2025 ja siihen vastasi yhteensä 1079 kansalaista.

Tärkeimmiksi tavoitteiksi puhtaan energiasiirtymän toteuttamisessa kansalaiset valitsivat Venäjä-riippuvuudesta irtautumisen (47 %), luontokadon ehkäisyn (47 %), energiaomavaraisuuden nostamisen (45 %), ilmastonmuutoksen hillinnän (39 %) ja kulutuksen kohtuullistamisen (38 %). Tärkeimmiksi keinoiksi ja teknologioiksi puhtaan energiantuotannon ja -käytön saavuttamiseksi arvioitiin aurinkoenergia (42 %), energiansäästö (39 %), pienydinvoima (34 %), energiatehokkuuden edistäminen (32 %) ja maalämmön lisääminen (31 %).

Yleisten energia- ja ilmastopoliittisten tavoitteiden ja niitä tukevien toimenpiteiden lisäksi kyselyllä kartoitettiin myös kansalaisia puhtaassa siirtymässä huolettavia asioita, joita olivat esimerkiksi kriittiseen infrastruktuuriin kohdistuvat uhat (59 %), vastakkainasettelujen lisääntyminen (56 %) ja vaikutusten oikeudenmukainen jakautuminen (48 %). Lisäksi kysyttiin kuluttajien omassa päätäntävällässä olevien toimenpiteiden toteuttamista esimerkiksi ruokavaliion, muun kulutuksen, asumisen ja liikenteen osalta.

Tulosseminaarit

KEITO-hankkeen alustavista tuloksista kerrottiin kaikille avoimessa tulosseminaarissa toukokuussa 2025. Tällöin yleisöllä oli myös mahdollisuudet kommentointiin. KEITO-hankkeen lopullisten tulosten esittely toteutettiin webinaarissa 27.10.2025.

1.4.3 Julkinen lausuntokierros

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman luonnoksesta oli lausuntopyyntö Lausuntopalvelu.fi-palvelussa 7.–23.11.2025. Lausuntopalautteen perusteella luonnosta muokattiin ja yhteenveto annetuista lausunnoista esitetään suunnitelman liitteessä 1.

2 Kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien skenaariot

2.1 Skenaarioiden valmistelu

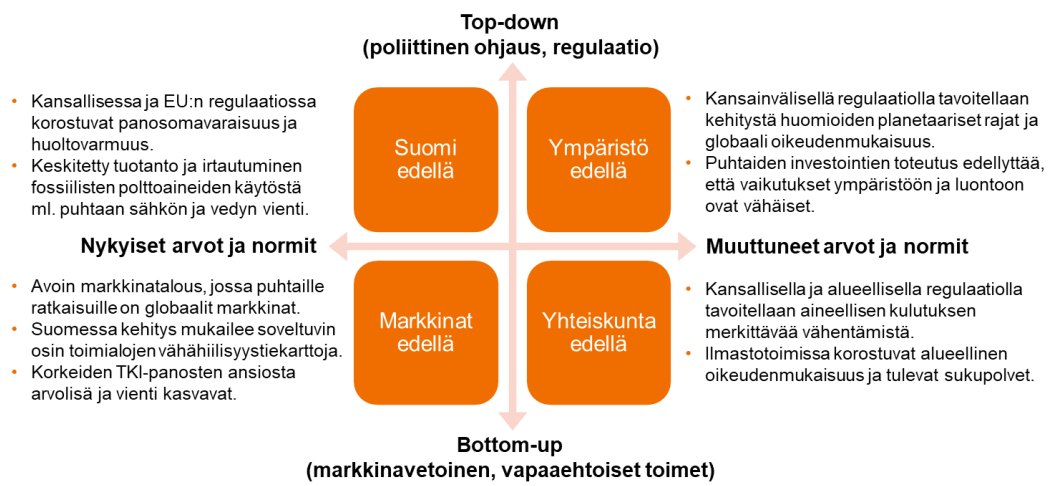
Ilmastolain (423/2022) 9 § 1 kohdan mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa on esitettävä ”*taakanjako-, päästökauppa- ja maankäyttösektorin yhteenlaskettujen kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien kehitystä koskevat skenaariot, jotka kattavat vähintään seuraavat 30 vuotta ja joissa otetaan huomioon kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen, nielujen vahvistaminen ja ilmastomuutokseen sopeutuminen*”.

Pitkän aikavälin skenaariot (LTS-skenaariot) laadittiin osana KEITO (Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja keinot) -hanketta⁴. Skenaariotyö perustui monitieteelliseen yhteistyöhön hankkeen tutkijatahojen kanssa sekä laajaan sidosryhmätyöskentelyyn. Pitkän aikavälin 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. Skenaarioissa on huomioitu ilmastomuutokseen sopeutuminen. Laskelmissa ei ole kuitenkaan varioitu sopeutumista tilanteessa, jossa globaalit ilmastomuutoksen hillintätoimet johtaisivat korkeampaan ilmakehän keskilämpötilaan pitkällä aikavälillä.

LTS-skenaariot sisältävät neljä vaihtoehtoista kehityssuuntaa kohti kestäväää ja vähähiilistä yhteiskuntaa. Ulottuvuuksina ovat muutoksen ohjautuminen joko poliittisen sääntelyn tai markkinatoimijoiden kautta sekä arvojen jatkuvuus tai muutos. Näiden perusteella muodostuvat skenaariot kuvaavat erilaisia painotuksia: kansallinen ja EU:n omavaraisuus, ekologinen kestävyys ja globaali tasa-arvo, markkinavetoinen vihreä kasvu ja alueellisen tasa-arvon

⁴ <https://hiilineutraalisuomi.syke.fi/projektit/repower-cest/keito-hankeyhteistyo/>
<https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T443.pdf>

ja kansalaisten hyvinvoinnin edistäminen. Skenaariomatriisi (kuva 1) havainnollistaa, miten erilaiset arvot ja ohjauskeinot 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.



Kuva 1. Skenaariomatriisi: LTS-skenaarioiden vaihtoehtoiset kehityssuunnat.

Tutkijat mallinsivat KEITO-hankeessa varsinaiset LTS-skenaariot edellä kuvattujen vaihtoehtoisten kehityssuuntien perusteella. Skenaarioille oli keskeistä määrittää yhdyskunta- ja teollisen rakenteiden sekä maa- ja metsätalouden kehitykset, joilla on iso vaikutus Suomen energia- ja kasvihuonekaasupäästötaseisiin. 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-skenaarioiden muodostaminen ja niiden keskeiset lähtöoletukset on kuvattu yksityiskohtaisesti KEITO pitkän aikavälin raportin⁵ luvuissa 5 ja 6.

2.2 Vaihtoehtoiset skenaariot

Tässä luvussa on esitetty vaihtoehtoisten KEITO-hankkeen LTS-skenaarioiden kokonaispäästöjen ja maankäyttösektorin päästöjen/poistumien kehitykset vuoteen 2055 saakka. Skenaarioita verrataan ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteisiin sekä hiilineutraalius 2035 -tavoitteeseen. Lisäksi on esitetty perusskenaariona KEITO-hankkeen keskipitkän aikavälin päästöskenaariot.

LTS-skenaarioiden yksityiskohtaiset kehitykset on kuvattu KEITO LTS-raportin luvussa 7 maatalouden ja maankäyttösektorin osalta sekä 8.2 kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen ja taakanjakosektorin päästöjen osalta. KEITO LTS-raportissa on myös vertailtu kattavasti neljän eri skenaarion päästökehitystä ja niiden erojen syitä.

2.2.1 Perusskenaario

Ilmastolain hallituksen esityksen perusteluissa⁶ todetaan, että *Suunnitelmassa tulisi esittää myös perusskenaario kuvaamaan kehitystä vähintään seuraavien 30 vuoden päähän nykyisten toimien vaikutuksesta.*

Energia- ja ilmastostrategian sekä Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (KAISU) valmistelua varten KEITO-hankkeessa mallinnettiin perusskenaario (WEM-skenaario) sekä hallituksen harkitseamia politiikkatoimia ja joitain ylimääräisiä, mutta vaikutuksiltaan pieniä, toimia sisältävä politiikkaskenaario

⁵ <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T443.pdf>

⁶ HE 27/2022 vp, <https://www.finlex.fi/fi/hallituksen-esitykset/2022/27>

(WAM-skenaario). Skenaariot ja niiden lähtöoletukset on kuvattu yksityiskohdaisesti raportissa Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – keskipitkän aikavälin vaikutusarviot⁷

Alla olevissa taulukoissa ja kuvissa on esitetty KEITO-hankkeen perus- ja politiikkaskenaarioiden mukaiset päästökehitykset. Vuoden 2025 Energia- ja ilmastostrategiassa on puolestaan esitetty arvio päästökehityksestä hallituksen harkitsemilla politiikkatoimilla. Arvio on lähellä KEITO-hankkeen politiikkaskenaariota.

Energia- ja ilmastostrategian mukaisella kehitysarviolla saavutetaan ilmastonlain kokonaispäästöjen 60 %:n vähennystavoite vuodelle 2030 verrattuna vuoden 1990 tasoon. Vuodelle 2040 asetettu tavoite 80 %:n päästöjen vähennyksestä ja vuoden 2050 90–95 %:n tavoite ovat nekin saavutettavissa, mutta niihin liittyy huomattavan paljon epävarmuutta niin EU-sääntelyn, teknologiakehityksen ja yritysten investointihalukkuuden suhteen.

Vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitteen toteutuminen edellyttäisi Energia- ja ilmastostrategian kehitysarvion mukaista uraa selvästi suurempaa kokonaispäästöjen (ml. maankäyttösektori) nettovähennystä – noin 34 Mt CO₂-ekv. vuonna 2035. Muutos on haasteellinen toteutettavaksi pelkästään suorilla päästövähennyksillä ja teknisillä nieluilla ottaen huomioon jäljellä oleva aika, joten vaikuttaa todennäköiseltä, että tavoitteen saavuttamiseksi myös maankäyttösektorin nettonieluja pitäisi pystyä lisäämään merkittävästi. Sama pätee myös hiilinegatiivisuuden saavuttamiseen välittömästi vuoden 2035 jälkeen. Energia- ja ilmastostrategiassa on esitetty tarkemmat kuvaukset kokonaispäästöjen kehityksestä sekä kuvattu myös taakanjako- ja maankäyttösektoreita erikseen.

⁷ <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T442.pdf>

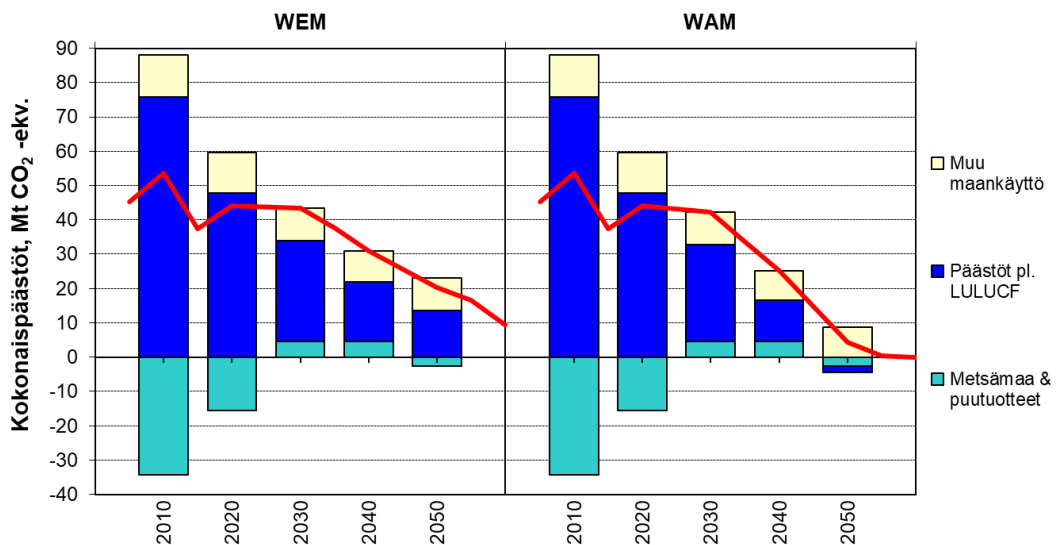
Taulukko 1. Kasvihuonekaasupäästöjen tase (pl. LULUCF) vuosina 2010–2055 pääluokittain WEM- ja WAM-skenaarioissa (Mt CO₂-ekv.).

Päästöluokka	2010	2015	2020	WEM-skenaario						
				2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
1A Polttoaineiden polton päästöt	60,1	40,5	34,3	24,3	17,3	12,4	8,7	7,0	5,2	3,8
1A1 Energiateollisuus	30,9	17,7	13,1	7,1	4,9	3,6	1,9	1,8	1,6	1,1
1A2 Teollisuus ja rakentaminen	10,3	6,7	6,3	5,4	3,6	2,5	2,0	1,7	1,3	1,2
1A3 Kotimaan liikenne	12,7	10,8	10,4	8,6	6,5	4,6	3,3	2,3	1,2	0,4
1A4 Muut sektorit	5,0	4,2	3,8	2,7	1,9	1,5	1,3	1,1	1,1	1,0
1A5 Muu polttoainekäyttö	1,2	1,0	0,7	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
1B Polttoaineiden haihtumapäästöt	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Teollisuusprosessit ja tuotekäyttö	6,1	5,6	5,0	5,2	5,1	2,9	2,1	2,1	2,1	2,2
3 Maatalous	6,4	6,4	6,4	5,9	5,6	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
5 Jätteiden käsittely	2,8	2,3	1,9	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7
Epäsuorat CO ₂ päästöt	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä pl. LULUCF-sektori	75,6	55,1	47,8	37,0	29,4	21,9	17,3	15,5	13,6	12,2
Päästöluokka	2010	2015	2020	WAM-skenaario						
				2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
1A Polttoaineiden polton päästöt	60,1	40,5	34,3	25,7	16,7	9,4	4,1	-3,0	-9,2	-11,0
1A1 Energiateollisuus	30,9	17,7	13,1	7,3	4,8	2,2	0,3	-2,4	-6,2	-7,5
1A2 Teollisuus ja rakentaminen	10,3	6,7	6,3	5,5	3,2	1,2	-0,6	-3,6	-4,9	-5,0
1A3 Kotimaan liikenne	12,7	10,8	10,4	9,6	6,7	4,6	3,2	2,0	1,0	0,4
1A4 Muut sektorit	5,0	4,2	3,8	2,7	1,6	1,3	1,0	0,9	0,9	1,1
1A5 Muu polttoainekäyttö	1,2	1,0	0,7	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0

1B Polttoaineiden haihtumapäästöt	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Teollisuusprosessit ja tuotekäyttö	6,1	5,6	5,0	5,0	4,8	2,8	1,9	1,9	1,6	1,7
3 Maatalous	6,4	6,4	6,4	5,8	5,4	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
5 Jätteiden käsittely	2,8	2,3	1,9	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7
Epäsuorat CO ₂ päästöt	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä pl. LULUCF-sektori	75,6	55,1	47,8	38,2	28,3	18,5	12,1	4,9	-1,7	-3,4

Taulukko 2. Maankäyttösektorin tulokset WEM- ja WAM-skenaarioissa maankäyttöluokittain (Mt CO₂-ekv.). Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025a).

WEM-skenaario	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Yhteensä	12,00	13,00	14,00	15,80	13,74	10,02	6,74	4,46
Metsämaa	1,22	7,40	9,16	10,18	7,85	3,71	0,07	-2,55
Viljelysmaa	8,65	6,69	5,91	6,03	6,39	6,51	6,48	6,50
Ruohikkoalueet	0,70	0,77	0,77	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73
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	-5,17	-4,68	-3,52	-3,34	-3,04	-2,76	-2,49
WAM-skenaario	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Yhteensä	12,00	13,00	13,99	15,25	13,12	9,39	6,11	3,83
Metsämaa	1,22	7,42	9,22	10,23	7,88	3,73	0,07	-2,55
Viljelysmaa	8,65	6,68	5,85	5,35	5,71	5,84	5,81	5,84
Ruohikkoalueet	0,70	0,77	0,77	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,46	1,33	1,36	1,52	1,58
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,19	0,96	0,78	0,75	0,73	0,72
Puutuotteet	-1,60	-5,17	-4,68	-3,52	-3,34	-3,04	-2,76	-2,49



Kuva 2. Kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien kokonaistase WEM- ja WAM-skenaariossa 2010–2050 (Mt CO₂-ekv.).

2.2.2 Suomi edellä

Suomi edellä -skenaariossa (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.

Kokonaispäästöjen kehitys

Taulukossa 3 on esitetty FIN-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt taakanjasektorilla alasektoreittain sekä päästökaupparektorilla vuosina 2005–2050.

Taulukko 3. FIN-skenaarioiden kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂-ekv.).

FIN-skenaario	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
Päästökaupparektori	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

FIN-skenaariossa ollaan vuonna 2030 vielä hyvin lähellä ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen tavoitetta, mutta vuoden 2030 jälkeen niistä jäädyään yhä selvemmin jälkeen. Vuoden 2035 tavoite hiilineutraaliudesta edellyttäisi tulosten mukaan 22 Mt CO₂-ekv. nieluja maankäyttösektorilla, mutta maankäyttösektori on noin 2 Mt CO₂-ekv. netto-nielu. 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 päästökauppaan vaikuttavina lisätekijöinä ovat energiantensiivisen teollisuuden korostuva merkitys teollisessa rakenteessa, liikenteen maltillisemmaksi jäävä sähköistyminen, jonkin verran suppeva kestävä bioenergian saatavuus sekä korkeaan omavaraisuuteen tähtäävä maatalouspolitiikka, joka johtaa korkeimpiin maatalouden päästöihin.

Vuoteen 2030 saakka päästönvähennykset painottuvat suurelta osin energi-
antutuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostuk-
seen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä
päästöoikeuksien hinta. Teollisuuden energia- ja prosessiperäiset päästöt
jäävät FIN-skenaariossa suurimmiksi ja ovat vuonna 2040 noin 3 Mt CO₂-
ekv. ja 2050 noin 2 Mt CO₂-ekv. Teknisten nielujen hyödyntäminen on vä-
häisintä FIN-skenaariossa, jossa kuitenkin tuotetaan CCU-pohjaisia (hiilidiok-
sidin talteenotto ja hyödyntäminen) sähköpolttoaineita laajimmin.

Taakanjakosektorin päästöjen kehitys

FIN-skenaariossa taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöt alenevat verrattain
tasaisesti vuodesta 2020 aina vuoteen 2050 saakka. Poliittikkatoimien oh-
jausvaikutus, joka syntyy taakanjakosektorilla pääosin energiaverosta ja ja-
keluvelvoitteista sekä 2030 alkaen näitä vahvasti tukevasta ETS2-päästö-
kauppamekanismista. Maatalouden päästöjen kehitys eroaa omavaraisuutta
korostavassa FIN-skenaariossa muista skenaarioista. Päästöt eivät vähene
merkittävästi vuoden 2005 tasosta, vaan jopa kääntyvät lievään kasvuun
2035 jälkeen.

Maankäyttösektorin kehitys

FIN-skenaariossa maankäyttösektori on päästölähde ja kääntyy noin -2 Mt
CO₂-ekv. nieluksi vuonna 2035. Nettonielu kasvaa melko tasaisesti koko tar-
kastelujakson ajan. FIN-skenaariossa maankäyttösektorin tulokset maankäyttö-
luokittain on esitetty taulukossa 4.

*Taulukko 4. Maankäyttösektorin tulokset FIN-skenaariossa maankäyttöluokittain (Mt CO₂-ekv.).
Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaa-
rion arvoja (Tilastokeskus 2025).*

FIN-skenaario	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
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

2.2.3 Markkinat edellä

Markkinat edellä -skenaariossa (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 työpöytämaahanmuuttoon, mutta alueellinen kehitys ja maaseudun tyhjentyminen tuovat haasteita.

Kokonaispäästöjen kehitys

Taulukossa 5 on esitetty BIZ-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt taakanjakosektorilla alasektoreittain sekä päästökauppa- ja energiasektorilla vuosina 2005–2050.

Taulukko 5. BIZ-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂-ekv.).

BIZ-skenaario	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	34,3	33,5	29,6	28,2	24,3	17,7	13,8	11,1	9,3	8,0
yhteensä										
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

BIZ-skenaariossa saavutetaan kaikki ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteet. Vuoden 2035 tavoite hiilineutraaliudesta edellyttäisi tulosten mukaan noin 15 Mt CO₂-ekv. nieluja maankäyttösektorilla, mutta maankäyttösektori on 11 Mt CO₂-ekv. päästölähde.

BIZ-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 hyödyntämisen kokonaismäärä nousee BIZ-skenaariossa ylivoimaisesti suurimmaksi, noin 10 Mt CO₂-ekv.:iin vuonna 2040 ja 17 Mt CO₂-ekv.:iin vuonna 2050. DACCS (hiilidioksidin talteenotto suoraan ilmakehästä ja varastointi) tulee korkeiden päästöoikeuksien hintojen vuoksi kilpailukykyiseksi jo vuoteen 2040 mennessä ja sitä hyödynnetään tällöin BIZ-skenaariossa noin 4 Mt:n laajuudessa vuosina 2040–2050, ja BECCS:n (bioperäisen hiilidioksidin talteenotto savu- tai prosessikaasuista ja varastointi) osuus nousee siten samalla aikavälillä noin 6 Mt CO₂-ekv.:sta noin 13 Mt CO₂-ekv.:iin.

Vuoteen 2030 saakka päästönvähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta.

Taakanjakosektorin päästöjen kehitys

BIZ-skenaariossa taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöt alenevat verrattain tasaisesti vuodesta 2020 aina vuoteen 2050 saakka. Politiikkatoimien ohjausvaikutus, joka syntyy taakanjakosektorilla pääosin energiaverosta ja jakeluvälitteistä sekä 2030 alkaen näitä vahvasti tukevasta ETS2-päästökauppamekanismista. Ohjaavuus näkyy erityisesti BIZ-skenaariossa, jossa päästöoikeuksien hinta on korkea.

Maankäyttösektorin kehitys

BIZ-skenaariossa maankäyttösektori on päästölähde vuonna 2025 ja jää pieneksi päästölähteeksi koko tarkastelujakson ajan. Nettopäästöt kasvavat tarkastelujakson alussa ja pienenevät vasta 2035 jälkeen metsäteollisuuden suuresta tuotantovolyymista johtuen. Vuonna 2035 maankäyttösektori on BIZ-skenaarion mukaan 11,5 Mt CO₂-ekv. päästölähde.

BIZ-skenaarion maankäyttösektorin tulokset maankäyttöluokittain on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Maankäyttösektorin tulokset BIZ-skenaariossa maankäyttöluokittain (Mt CO₂-ekv.). Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

BIZ-skenaario	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
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

2.2.4 Ympäristö edellä

Ympäristö edellä -skenaariossa (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 arvopohjan muutos.

Kokonaispäästöjen kehitys

Taulukossa 7 on esitetty ENV-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt taakanjakosektorilla alasektoreittain sekä päästökauppasektorilla vuosina 2005–2050.

Taulukko 7. ENV-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂-ekv.).

ENV-skenaario	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

ENV-skenaariossa saavutetaan kaikki ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteet. Vuoden 2035 tavoite hiilineutraaliudesta edellyttäisi tulosten mukaan vajaan -19 Mt CO₂-ekv. nieluja maankäyttösektorilla. Hiilineutraaliustavoite saavutetaan, koska maankäyttösektori on vajaan -22 Mt CO₂-ekv. nielu.

ENV-skenaarioissa päästöoikeuksien korkeat hinnat ohjaavat kehitystä tehokkaasti päästöjen vähennyksiin. ENV-skenaariossa investoinnit uuteen teknologiaan ovat maltillisemmat ja teknisille nieluille jää vain hyvin pieni rooli.

Vuoteen 2030 saakka päästönvähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta.

Taakanjakosektorin päästöjen kehitys

ENV-skenaariossa taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöt alenevat verrattain tasaisesti vuodesta 2020 aina vuoteen 2050 saakka. Poliittikkatoimien ohjausvaikutus, joka syntyy taakanjakosektorilla pääosin energiaveroista ja jakeluelvoitteista sekä 2030 alkaen näitä vahvasti tukevasta ETS2-päästökauppamekanismista. Ohjaavuus näkyy erityisesti ENV-skenaariossa, jossa päästöoikeuksien hinta on korkea.

ENV-skenaariossa maatalouden päästöjä saadaan vähennetyksi 35 % vuoteen 2050 mennessä. Tämä on suurin päästövähennys tarkastelluista skenaarioista.

Maankäyttösektorin kehitys

ENV-skenaariossa maankäyttösektori on päästölähde vuonna 2025, mutta se kääntyy nieluksi jo vuonna 2030. Nettonielu kasvaa melko tasaisesti koko tarkastelujakson ajan. Vuonna 2035 maankäyttösektori on -22 Mt CO₂-ekv. hiilinielu. Hiilitaseeseen vaikuttavat ennen kaikkea pienet hakkuumäärät,

mutta myös metsien tiukka lisäsuojelu, hakkuiden kohdentuminen ja metsänhoidon käytännöt, kuten lannoitus. Vuonna 2035 metsämaa on merkittävä nettonielu (–31 Mt CO₂-ekv.).

ENV-skenaarion maankäyttösektorin tulokset maankäyttöluokittain on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Maankäyttösektorin tulokset ENV-skenaariossa maankäyttöluokittain (Mt CO₂-ekv.). Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

ENV-skenaario	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
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

2.2.5 Yhteiskunta edellä

Yhteiskunta edellä -skenaariossa (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 siirtymäaika. Ympäristön osalta päätösten pitkäaikaisvaikutukset, vihreän imperialismin torjunta ja paikallisten ratkaisujen merkitys nousevat esiin.

Kokonaispäästöjen kehitys

Taulukossa 9 on esitetty PPL-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt taakanjakosektorilla alasektoreittain sekä päästökauppasektorilla vuosina 2005–2050.

Taulukko 9. PPL-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂-ekv.).

PPL-skenaario	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

PPL-skenaariossa saavutetaan kaikki ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteet. Vuoden 2035 tavoite hiilineutraaliudesta edellyttäisi tulosten mukaan noin –18 Mt CO₂-ekv. nieluja maankäyttösektorilla, mutta maankäyttösektori on vain –2 Mt CO₂-ekv. nielu.

PPL-skenaariossa on 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 lähinnä metsäteollisuudessa, mitä tukee tässä skenaariossa oletettu muita suotuisammin kehittyvä bioenergiapotentiaali.

Vuoteen 2030 saakka päästönvähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta.

Taakanjakosektorin päästöjen kehitys

PPL-skenaariossa taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöt alenevat verrattain tasaisesti vuodesta 2020 aina vuoteen 2050 saakka. Poliittikkatoimien ohjausvaikutus, joka syntyy taakanjakosektorilla pääosin energiaveroista ja jakeluvälvoitteista sekä 2030 alkaen näitä vahvasti tukevasta ETS2-päästökauppamekanismista.

Maankäyttösektorin kehitys

PPL-skenaariossa maankäyttösektori on päästölähde vuonna 2025, mutta se kääntyy nieluksi jo vuonna 2035. Nettonielu kasvaa melko tasaisesti koko tarkastelujakson ajan. Vuonna 2035 maankäyttösektori on -2 Mt CO₂-ekv. hiilinielu. Vuonna 2035 metsämaa toimii nettonieluna (-9 Mt CO₂-ekv.).

PPL-skenaarion maankäyttösektorin tulokset maankäyttöluokittain on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Maankäyttösektorin tulokset PPL-skenaariossa maankäyttöluokittain (Mt CO₂-ekv.). Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

PPL-skenaario	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
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

2.2.6 Yhteenveto vaihtoehtoisista skenaariosta ja johtopäätökset

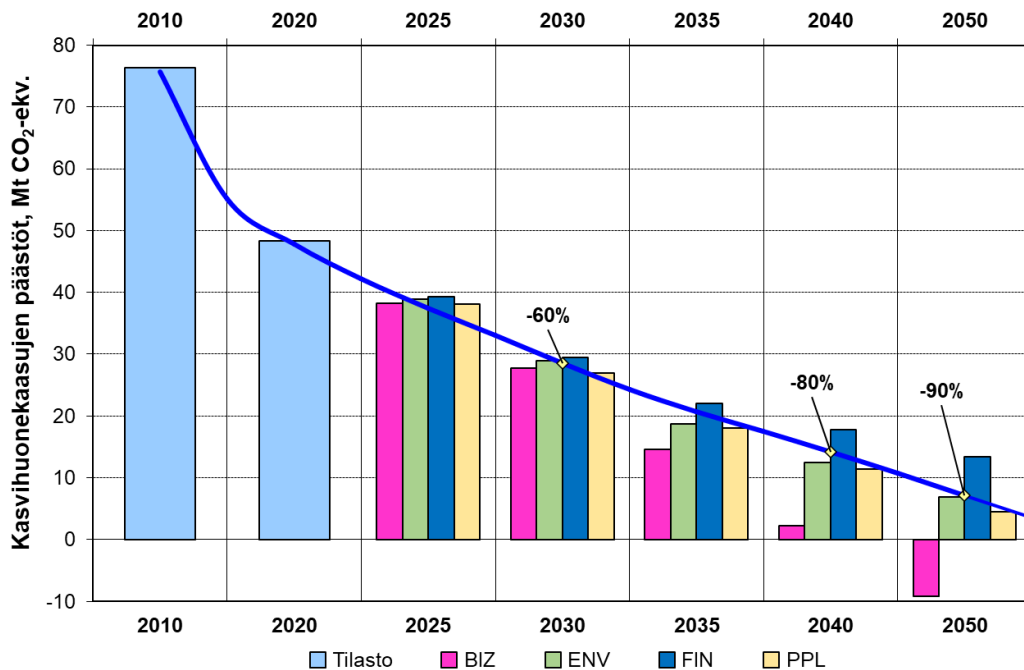
Kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen kehitys

Ilmastolain (423/2022) 2 § 2-3 kohdan mukaan tavoitteena on, että:

2) ihmisen toiminnasta aiheutuvat taakanjako- ja päästökauppasektorin yhteenlasketut kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään vähentyvät vuoteen 2030 mennessä vähintään 60 prosenttia ja vuoteen 2040 mennessä vähintään 80 prosenttia verrattuna vuoteen 1990;

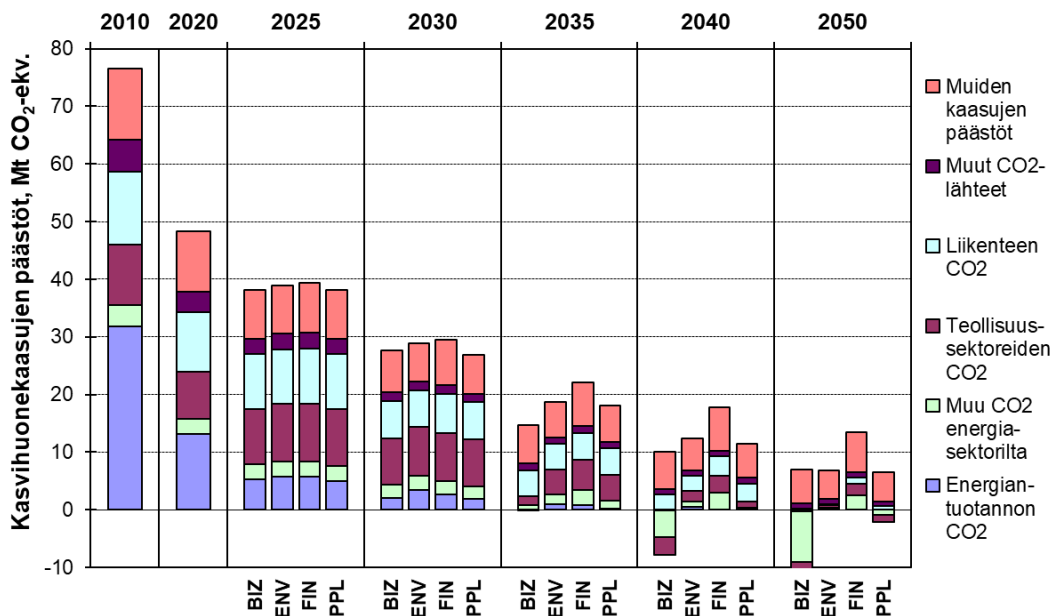
3) ihmisen toiminnasta aiheutuvat taakanjako- ja päästökauppasektorin yhteenlasketut kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään vähentyvät vuoteen 2050 mennessä vähintään 90 prosenttia, mutta pyrkien tasoon 95 prosenttia verrattuna vuoteen 1990;

Kuten edellä luvuissa 2.2.2 – 2.2.5 esitettiin, mallinnetuista KEITO LTS-skenaarioista kaikki ilmastolain asettamat kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteet vuosille 2030, 2040 ja 2050 saavutettiin muissa, paitsi Suomi edellä (FIN) -skenaariossa. Tässäkin ollaan vuonna 2030 vielä hyvin lähellä tavoitetta, mutta vuoden 2030 jälkeen kasvihuonekaasujen päästötaavoitteista jäädään yhä selvemmin jälkeen johtuen erityisesti laskentaoletuksista teknisiin hiilinieluihin, joiden oletettiin toteutuvan vain vähäisessä määrin (kuva 3).



Kuva 3. Kasviuonekaasujen kokonaispäästöjen kehitys LTS-skenaarioissa 2000–2055 (Mt CO₂-ekv.).

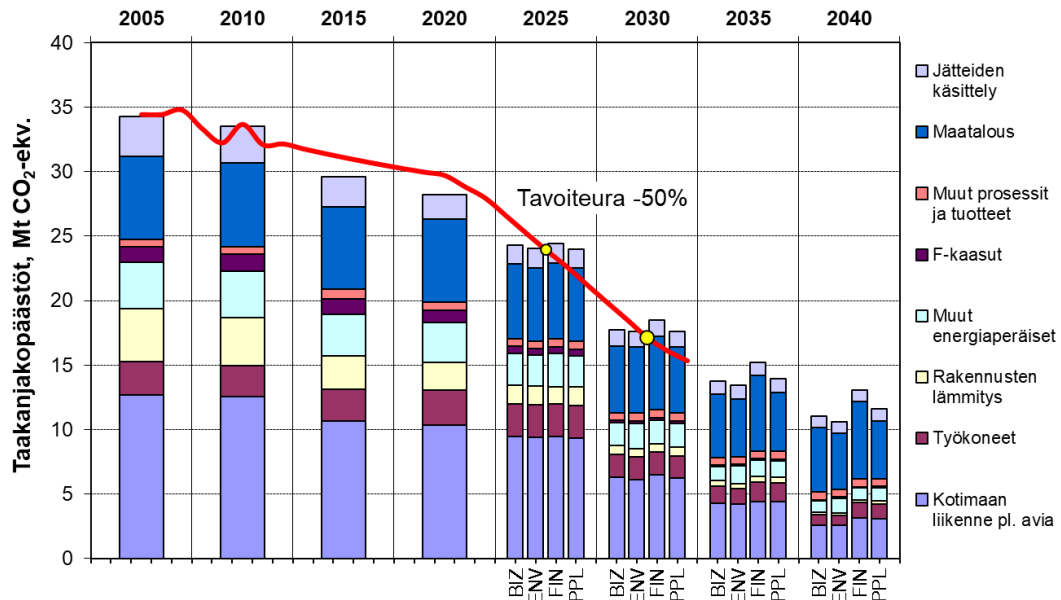
Kasviuonekaasupäästöjen pääluokkien mukainen jaottelu (kuva 4) osoittaa, että vuoteen 2030 saakka päästövähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta. Hiilidioksidin talteenotolla voi olla merkittävä rooli ilmastomuutoksen hillinnässä. Teknisten nielujen hyödyntämisen kokonaismäärä nousi BIZ skenaariossa ylivoimaisesti suurimmaksi, noin -10 Mt CO₂-ekv.:iin vuonna 2040 ja -17 Mt CO₂-ekv.:iin vuonna 2050.



Kuva 4. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys pääluokittain LTS-skenaarioissa 2010–2050 (Mt CO₂-ekv.).

Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys taakanjakosektorilla

KEITO LTS-skenaarioissa taakanjakosektorin kokonaispäästöt vuonna 2030 olivat 17,6–18,5 Mt CO₂-ekv., joka on vain 0,5–1,4 Mt CO₂-ekv. suurempi kuin taakanjakosektorin päästövähennystavoite 2030. 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 kansallista tavoitetta. KEITO 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-skenaariion päästötasoa. Taakanjakosektorin sisällä eroja on sen sijaan havaittavissa liittyen esimerkiksi maatalouden ja kotimaan liikenteen osalta, vaikka molempien sektoreiden KHK-päästöt vähenevät merkittävästi (ks. taulukot 3, 5, 7 ja 9 sekä kuva 5).



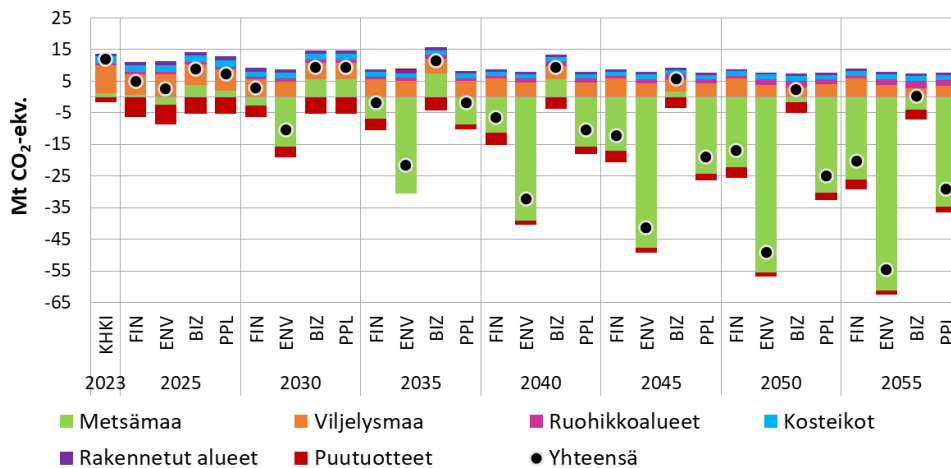
Kuva 5. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys taakanjakosektorilla LTS-skenaarioissa 2005–2040 (Mt CO₂-ekv.).

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 kaikissa skenaarioissa kotimaan liikenteessä, yli 12 Mt CO₂-ekv. vuodesta 2005 vuoteen 2050. Seuraavilla sijoilla ovat rakennusten lämmitys, noin 4 Mt, ja muut energiaperäiset päästöt, vajaat 3 Mt CO₂-ekv. sekä jätteiden käsittely, noin 2,4 Mt CO₂-ekv. 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.

Maankäyttösektorin päästö- ja poistumakehitys maankäyttöluokittain

Maankäyttösektori on päästölähde kaikissa skenaarioissa vuonna 2025 (taulukot 4, 6, 8 ja 10 sekä kuva 6), 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.



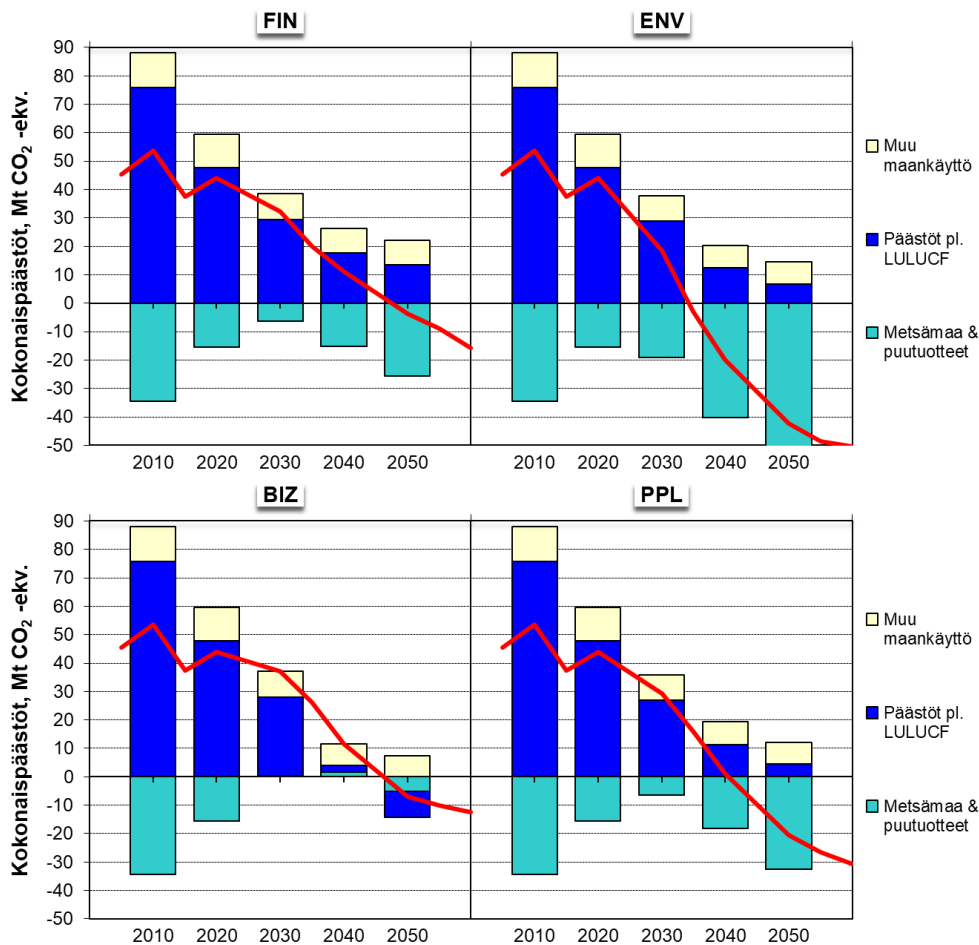
Kuva 6. Maankäyttösektorin päästö- ja poistumakehitys maankäyttöluokittain LTS-skenaarioissa (Mt CO₂-ekv.). Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa kasvihuonekaasuinventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

Hiilineutraalius 2035

Ilmastolain 2 § 1 kohdan mukaan tavoitteena on, että

- 1) ihmisen toiminnasta aiheutuvat kasvihuonekaasujen päästöt vähentyvät ja nielujen aikaansaamat poistumat kasvavat siten, että kasvihuonekaasujen päästöt ovat enintään yhtä suuret kuin poistumat viimeistään vuonna 2035 ja että poistumat kasvavat ja päästöt vähenevät edelleen myös sen jälkeen

Kuvassa 7 on esitetty kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen tase KEITO LTS-skenaarioissa maankäyttösektori mukaan lukien. Kuvasta nähdään, että Suomi saavuttaisi hiilinegatiivisuuden pitkällä aikavälillä kaikissa KEITO 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 milj. m³ tasolta runsaaseen 50 milj. m³:in vuoteen 2030 mennessä. Huomionarvoista toisaalta on, että ENV-skenaariossa oletettiin vain vähäiset investoinnit teknisiin hiilinieluihin ja nekin toteutuivat mallinnuksen mukaan vasta vuoden 2035 jälkeen.



Kuva 7. Kasvihuonekaasupäästöjen kokonaistaseen kehitys ml. LULUCF-sektori (Mt CO₂-ekv.).

Suomen tulisi ilmastolain mukaan 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 (BIZ) ja Suomi edellä (FIN) -skenaarioissa ennen vuotta 2050. Nielujen aikaansaamat poistumat kasvavat ja päästöt vähenevät edelleen kaikissa skenaarioissa hiilineutraaliuuden saavuttamisen jälkeen.

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman pohjana olevissa skenaarioissa ei ole mallinnettu EU:n vuoden 2030 jälkeisiä tavoitteita, koska eurooppalaisen ilmastolain uudistus vuoden 2040 tavoitteen ja toimeenpanolainsäädännön

osalta on vielä kesken. Kaikki skenaariot saavuttavat kuitenkin hiilineutraaliuuden viimeistään 2040-luvulla eli aiemmin kuin EU:n ilmastolain mukainen tavoite vuodelle 2050. Kaikkien skenaarioiden mukainen kehitys on myös kunnianhimoisempi, kuin EU:ssa käsiteltävä oleva esitys vuoden 2040 tavoitteista.

Hiilineutraalius voitaisiin saavuttaa vuoteen 2035 kaikissa skenaarioissa esimerkiksi rajoittamalla hakkuita voimakkaasti kuten Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa tai tukemalla teknisiä hiilinieluja merkittävästi etupainotteisesti siten, että Markkinat edellä (BIZ) -skenaarion mukaiset investoinnit voisivat toteutua jo 2030-luvun alkupuolella.

Suomen Ilmastopaneeli on arvioinut⁸ Suomen edellytyksiä saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Ilmastopaneelin mukaan edellytyksenä on, että maankäyttösektorilla ryhdytään viivyttämättä korjaaviin toimiin, taakanjakosektorilla otetaan välittömästi käyttöön vahvempia ohjauskeinoja muun muassa liikenteen ja maatalouden päästöjen hillitsemiseksi, päästökauppasektorilla toimivien suurten päästäjien puhtaat investoinnit etenevät suotuisasti aikataulussa ja teknologisia nieluja saadaan aikaiseksi vuoteen 2035 mennessä.

Ilmastopaneeli arvioi, että päästökauppasektorilla olisi saavutettavissa 5 Mt CO₂-ekv. päästöt vuonna 2035. Tämä saavutetaan KEITO LTS-skenaarioissa BIZ- ja PPL-skenaarioissa (4 Mt CO₂-ekv. ja 5 Mt CO₂-ekv.). ENV- ja FIN-skenaarioissa päästöt ovat hiukan suuremmat (5,2 Mt CO₂-ekv. ja 7 Mt CO₂-ekv.). Teknisten hiilinielujen osalta Ilmastopaneeli on arvioinut potentiaaliksi noin -3,4 Mt CO₂-ekv. BIZ-skenaariossa on oletettu teknisiä nieluja vajaa 6 Mt CO₂-ekv., FIN ja PPL-skenaarioissa vajaa 2 Mt CO₂-ekv. ja ENV-skenaariossa vain vähän. Huomionarvoista on, että BIZ-skenaarion laaja teknisten nielujen hyödyntäminen perustuisi pääasiassa biogeenisen hiilidioksidin

⁸ Suomen hiilineutraaliuspolku – Arvio hiilineutraaliuden saavuttamisesta ja sen keinoista. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/suomen-hiilineutraaliuspolku-arvio-hiilineutraaliuden-saavuttamisesta-ja-sen-keinoista/>

talteenottoon, joka on mahdollista laajemman metsäteollisuuden ja sen edellyttämien suurempien runkopuun hakkuiden vuoksi. Tämä puolestaan kasvattaa maankäyttösektorin päästöjä.

Ilmastopaneelin mukaan taakanjakosektorilla päästöt voisivat olla vuonna 2035 13,2 Mt CO₂-ekv. ENV- ja BIZ-skenaarioissa tästä tasosta jäädään hiukan (13,5 Mt CO₂-ekv. ja 13,8 Mt CO₂-ekv.) ja PPL- ja FIN-skenaarioissa enemmän (14 Mt CO₂-ekv. ja 15,2 Mt CO₂-ekv.).

Maankäyttösektorin osalta Ilmastopaneeli arvioi, että maankäyttösektorin nettonielun tulisi olla noin -15 Mt CO₂-ekv. vuonna 2035. Tähän päästään vain ENV-skenaariossa, jossa nettonielu on noin -22 Mt CO₂-ekv. Muissa skenaarioissa nettonielu on vain vähäinen (PPL ja FIN noin -2 Mt CO₂-ekv.) tai vielä merkittävä päästölähde (BIZ vajaa 12 Mt CO₂-ekv.). Ilmastopaneelin arvioissa maankäyttösektorin nettonielun taustalla oli oletus noin 64 milj. m³ hakkuutasosta vuonna 2035. ENV- ja PPL-skenaarioissa vuotuiset runkopuun hakkuut ovat tätä pienempiä (runsas 50 milj. m³ ja 63 milj. m³) ja BIZ- ja FIN-skenaarioissa merkittävästi suurempia (81 milj. m³ ja runsas 70 milj. m³). Luonnonvarakeskuksen lausunnon mukaan ero nettonielujen tasoissa PPL-skenaariota ja Ilmastopaneelin arvion välillä (hakkuutasot lähes samat) selittyy sillä, että Ilmastopaneeli on sisällyttänyt nieluarvioonsa lukuisia toimia, joiden arvioidaan muun muassa lisäävän metsämaan nielua ja laskenut toimien vaikutukset yhteen. Arviot näiden toimien vaikutuksista pohjautuvat kuitenkin erillisiin selvityksiin, joiden taustaoletukset poikkeavat toisistaan.

Suomen ilmastopaneelin mukaan⁹ hakkuiden lisääminen pysyvästi nykytasoa (73 miljoonaa m³ vuodessa) korkeammaksi vähentää metsien hiilinielua joka vuosi vähintään tämän vuosisadan ajan verrattuna siihen, että hakkuita ei lisättäisi. Vastaavasti pienentämällä hakkuita pystyttäisiin parantamaan metsiemme hiilinielua vähintään tämän vuosisadan ajan. Fossiilisten materiaalien ja polttoaineiden korvaaminen nykyisen kaltaisilla puutuotteilla ja -polttoaineilla vähentää päästöjä, mutta vältetyt päästöt ovat niin alhaiset, etteivät

⁹ Metsät ja ilmasto: Hakkuut, hiilinielut ja puun käytön korvaushyödyt, Suomen Ilmastopaneelin raportti 3/2022, <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/metsat-ja-ilmasto-hakkuut-hiilinielut-ja-puun-kayton-korvaushyodyt/>

päästövähennykset ja puutuotteiden hiilivarastot pysty kompensoimaan hakuiden lisäämisen kautta aiheutettuja hiilinielumenetyksiä ainakaan 150 vuoden aikajänteellä, jos hakkuutaso jää pysyvästi nykyistä suuremmaksi.

Toisaalta metsätaloudesta ja metsäteollisuudesta syntyy arvonlisää ja työllisyyttä kansantalouteen. Tieteellisen tutkimuksen¹⁰ mukaan hakkuiden vähentäminen Suomessa ja EU alueella korvautuisi pääosin lisähakkuilla ja tuotannolla muualla, jossa metsien hiiliensidonta vähenisi, päästöt lisääntyisivät ja biodiversiteetti heikkenisi.

Johtopäätökset

Kuten luvussa 1 on todettu, Keiton LTS-skenaariot ovat luonteeltaan ääriskenaarioita ja tulevaisuuden kehityskulku on todennäköisesti jossain näiden skenaarioiden välissä. Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan valmistelussa tulee pyrkiä vahvistamaan kussakin skenaariossa kuvattuja positiivisia kehityskulkuja päästöjen vähentämisessä ja nielujen aikaansaamien poistumien vahvistamisessa. Esimerkiksi hiilineutraaliuuden kannalta keskeisen metsäteollisuuden toimialan osalta puun jalostusarvon nosto mahdollistaisi fossiilisia raaka-aineita korvaavien tuotteiden viennin globaaleille markkinoille, toimialan hiilikädenjäljen vahvistamisen edelleen sekä arvonlisän tuottamisen ja työllisyyden noston Suomen kansantaloudelle.

¹⁰ Kallio & Rannestad. 2025. "Potential impacts of the EU's biodiversity strategy on the EU and global forest sector and on the risk of biodiversity loss", Norwegian University of Life Sciences: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10669-025-10050-1>

3 Toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot

Ilmastolain (423/2022) 9 § 2 kohdan mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa on esitettävä keskeiset toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot perustuen kasvihuonekaasujen vähennystavoitteeseen sekä poistumien kasvamista koskevaan tavoitteeseen.

Tässä luvussa kuvataan eri toimialojen etenemisvaihtoehtoja ja minkälaisia päästökehityksiä on odotettavissa. Luvussa 4 kuvataan yksityiskohtaisemmin merkittävimpien teknologioiden ja päästövähennysmenetelmien kehitysnäkömät.

3.1 Energiajärjestelmä

Edellä kuvatut erilaiset etenemisvaihtoehdot eroavat jonkin verran toisistaan energiajärjestelmän kehitysnäkymän osalta. Esimerkiksi Markkinat edellä (BIZ)-vaihtoehdossa painotetaan merkittävässä määrin toimialojen tiekarttoja, nykyisenkaltaisia markkinanäkymiä ja yhteiskunnallisia arvoja sekä oletusta toimivista globaaleista markkinoista. Tämä näkyy erityisesti panostuksina BECCS ja DACCS -teknologioihin, tuuli- ja aurinkovoimaan, ydinvoimaan sekä myös yleisemmin digitalisaatioon ja kasvaviin tuotantovolyymeihin.

Ympäristö edellä (ENV) -vaihtoehdossa painotetaan arvo- ja normimuutoksia sekä merkittävää poliittista ohjausta nimenomaan ympäristön näkökulmasta niin kotimaisesti kuin globaalistikin. Tämä heijastuu esimerkiksi pienempinä tuotantovolyymeina, mistä hyvänä esimerkkinä on metsäteollisuus.

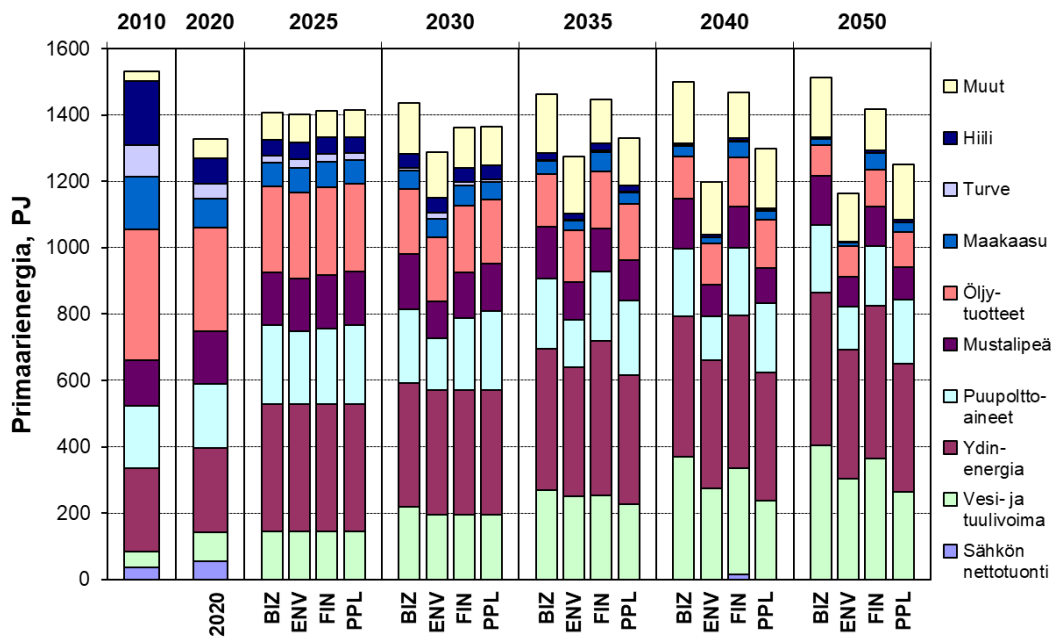
Suomi edellä (FIN) -vaihtoehdossa lähtökohtana on panostus omavaraisuuteen ja huoltovarmuuteen sekä Suomessa että koko EU:ssa. Panostukset puhtaaseen siirtymään oletetaan mittaviksi, mutta ensisijaisena tavoitteena on irtautuminen fossiilisista tuontipolttoaineista kaikilla energiasektoreilla.

Tämä näkyy mm. panostuksina uusiutuvaan energiaan, ydinvoimaan, vetytalouteen mukaan lukien synteettisten polttoaineiden tuotanto sekä fossiilittomaan teräksen ja öljynjalostukseen.

Yhteiskunta edellä (PPL)-vaihtoehdossa lähtökohtana ovat merkittävät yhteiskunnalliset muutokset sekä arvoissa ja normeissa että toisaalta myös koko yhteiskunta- ja elinkeinorakenteessa. Poliittisen ohjauksen sijasta kehitystä ohjaavat enemmän vapaaehtoiset toimet, mikä johtaa nykyistä hajaantumiaan teolliseen ja yhdyskuntarakenteeseen.

3.1.1 Energian hankinta

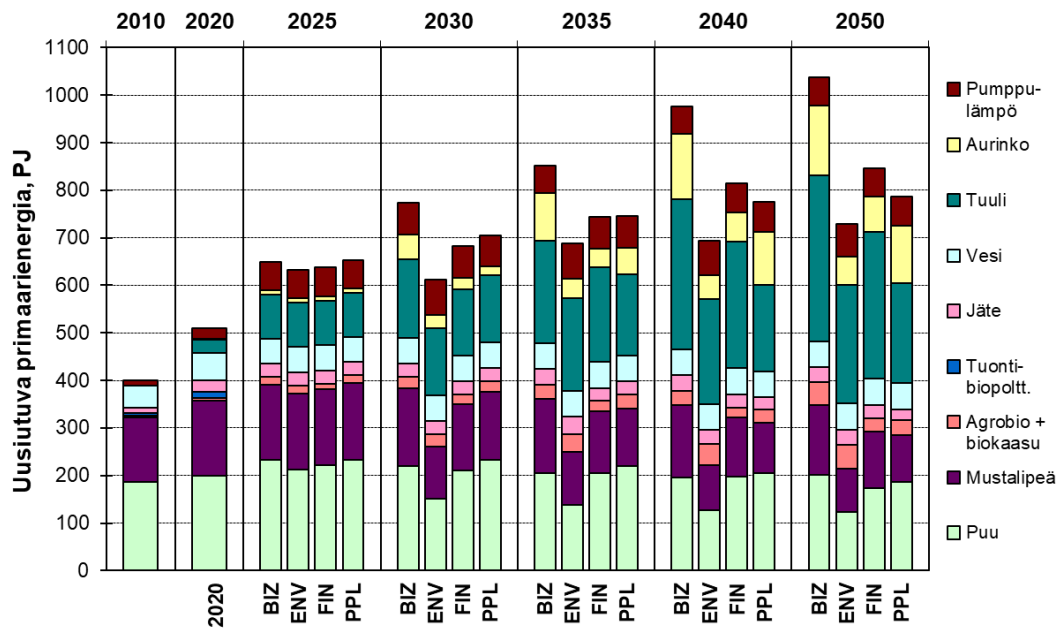
Kuva 8 esittää kaikkien mallinnettujen etenemisvaihtoehtojen primaarienergian kokonaiskulutuksen, joka on vuonna 2025 noin 400 TWh. Tämän jälkeen kulutus alkaa Markkinat edellä -vaihtoehtoa lukuun ottamatta pienentyä. Ydinvoima on alhaisen laskennallisen hyötysuhteensa takia merkittävä yksittäinen primaarienergian kulutusta lisäävä tekijä, joka heijastuu skenaarioiden kokonaiskulutusten eroissa. Uutta ydinvoimaa on oletettu rakennettavan Markkinat edellä -vaihtoehdossa 1000 MW ja Suomi edellä -vaihtoehdossa 1200 MW, joten ydinvoiman lisäykset eivät kuitenkaan ole kovin suuria.



Kuva 8. Primaarienergian kokonaiskulutuksen kehitys energialähteittäin kaikissa mallinnetuissa etenemisvaihtoehdoissa vuoteen 2050 asti (PJ).

Uusiutuvan tuuli- ja aurinkoenergian hyödyntämisen voimakas kasvu aiheuttaa jo jonkinasteista primaarienergian käytön tehostumista. Vesi- ja pumppuvoiman säätövoimaominaisuus tukee tuuli- ja aurinkoenergian kasvua. Sama kasvu tukee myös osaltaan monien käyttökohteiden sähköistymistä, mikä parantaa tuntuvasti loppukäytön energiatehokkuutta ja näkyy merkittävänä tehostumisena. Vuoteen 2030 mennessä primaarienergian kokonaiskulutuksessa merkittävimmin vähenevät turpeen ja kivihiihen energiakäyttö, mutta myös maakaasun kokonaiskäyttö vähenee tuntuvasti.

Kuva 9 havainnollistaa, miten kaiken kaikkiaan uusiutuvan energian osuuden kasvu jatkuu kaikissa etenemisvaihtoehdoissa huomattavana. Kasvu on merkittäväntä Markkinat edellä (BIZ) -vaihtoehdossa ja jonkin verran maltillisempaa Suomi edellä (FIN) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -vaihtoehdoissa. Ympäristö edellä (ENV) -vaihtoehdossa kasvu on selvästi matalinta.



Kuva 9. Uusiutuvan primaarienergian ja kierrätyspolttoaineiden hyödyntämisen kehitys mallinnetuissa etenemisvaihtoehdoissa vuoteen 2050 asti (PJ).

Turpeen ja kivihiilen käytön väheneminen tarkoittaa bioenergian käytön merkittävän roolin säilymistä kaikissa etenemisvaihtoehdoissa, mikä johtuu pääosin kauko- ja prosessilämmön merkityksestä Suomen energiajärjestelmässä. Polttoaineiden korvaaminen laajassa mittakaavassa sähköllä voi olla joko heikosti kannattavaa tai prosessilämmön osalta myös teknisesti vaikeaa biopolttoaineiden hyödyntämiseen verrattuna. Esimerkiksi sähkökattiloiden huipunkäyttäjät ovat tyypillisesti matalia. Toisaalta kehitykseen liittyy epävarmuuksia, mitä ainakin osittain havainnollistaa Ympäristö ensin -vaihtoehto, jossa bioenergian käyttöä vähentävät oletettu puupolttoaineiden nykyistä selvästi niukempi saatavuus sekä metsäteollisuuden muita skenaarioita pienemmät tuotantomäärät, mikä tarkoittaa nykytasoa noin 30 % pienempää puuperäisen energian kulutusta vuonna 2035. Puuperäisen energian kulutus kääntyy kuitenkin kaikissa muissakin vaihtoehdoissa loivaan laskuun vuoteen 2030 mennessä.

Energiapuun ja jäteliemien tarjonnasta suuri osa syntyy suoraan juuri metsäteollisuuden tuotannon ja siten ainespuun tarpeen kasvun myötä sivutuotevirtoina. Myös metsähakkeen saatavuus määräytyy suurelta osin ainespuun

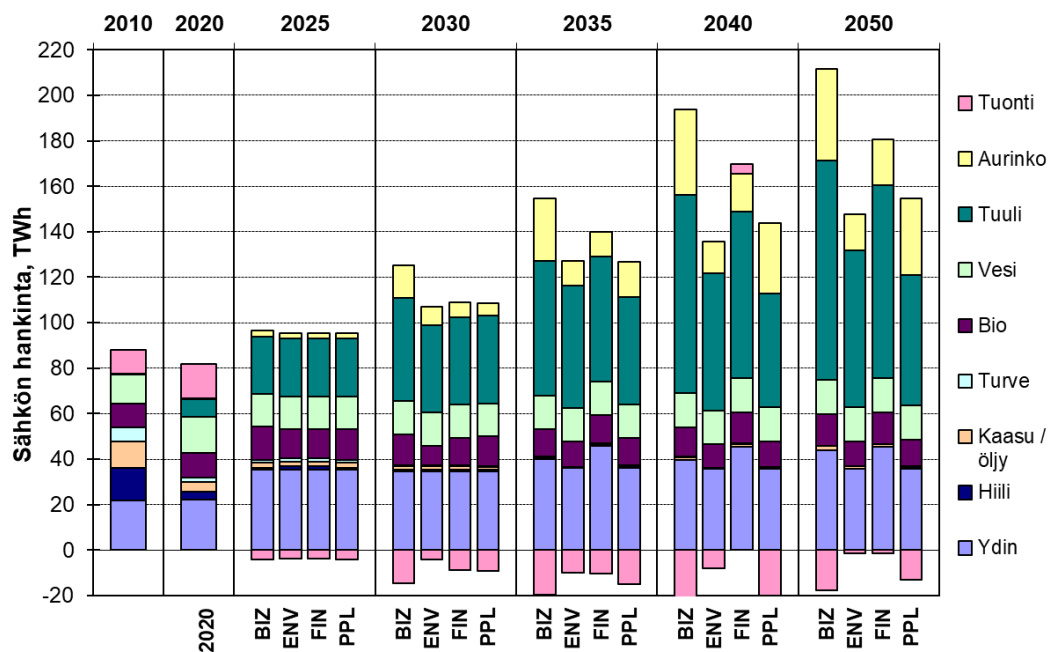
hakkuumääristä. Ainespuuksi huonosti soveltuvaa harvennusten pienpuuta lukuun ottamatta runkopuuta ei ole skenaarioissa oletettu voitavan käyttää primaarisesti energiaksi. Energiapuun lisätuonnilla puun energiakäyttöä voitaisiin kasvattaa, mutta Venäjän-kaupan sulun ja kestävyysnäkökohtien perusteella tuonti on rajoitettu korkeintaan noin 2 TWh:n määrään kaikissa etenemisvaihtoehdoissa. Energiapuun niukkuutta voidaan hieman kompensoida muulla bioenergialla (biokaasu, agrobiomassa), jonka käyttö kasvaa eniten juuri Ympäristö edellä -vaihtoehdossa.

Tuuli- ja aurinkoenergian asemaa uusiutuvan energian hankinnassa korostuu etenemisvaihtoehdoissa entisestään – osuus nousee vuoteen 2030 mennessä 25–31 %:iin ja vuonna 2050 45–51 %:iin. Korkein osuus saavutetaan Markkinat edellä -vaihtoehdossa, jossa muun muassa merituulivoiman investointien oletetaan tulevan jo 2030-luvulla laajassa mitassa kannattaviksi. Vuonna 2050 osuus jää pienimmäksi Ympäristö edellä ja Yhteiskunta edellä -vaihtoehdoissa. Kaikkiaan tuulivoimatuotanto nousee vuoteen 2050 mennessä korkeimmaksi Markkinat edellä -vaihtoehdossa (lähes 100 TWh, josta merituulta 40 TWh), ja seuraavaksi korkeimmaksi Suomi edellä -vaihtoehdossa (85 TWh, josta 20 TWh merituulta). Jotta tuuli- ja aurinkoenergian osuutta voidaan jatkossa kasvattaa ilmastotavoitteiden mukaisesti, on myös säätövoiman edellytyksiä vastaavasti vahvistettava.

Aurinkovoiman tuotannon osalta etenemisvaihtoehdot voidaan jakaa kiinteistökohtaiseen aurinkosähköön painottuviin (Yhteiskunta edellä ja Ympäristö edellä) sekä teollisiin, suuren kokoluokan tuotantolaitoksiin painottuviin skenaarioihin (Markkinat edellä ja Suomi edellä). Kiinteistökohtainen aurinkoenergian tuotanto kasvaa voimakkaimmin hajautetun energiantuotannon Yhteiskunta edellä -vaihtoehdossa, jossa se nousee vuoteen 2050 mennessä noin 20 TWh:n määrään ja aurinkosähkö yhteensä noin 34 TWh:iin. Tässä etenemisvaihtoehdossa Suomen kiinteistöjen arvioitu aurinkosähköpotentiaali on siten hyödynnetty lähes kokonaisuudessaan. Ympäristö edellä -vaihtoehdossa kiinteistökohtainen aurinkosähkö tuottaa noin 12 TWh ja teollinen tuotanto mukaan lukien runsaat 16 TWh. Suunnilleen samoihin kiinteistökohtaisen tuotannon tasoon päästään myös Markkinat edellä ja Suomi edellä -vaihtoehdoissa, mutta niissä teollisen kokoluokan tuotanto kasvaa

paljon enemmän ja selvästi suurimmaksi edellisessä, jossa aurinkosähkön tuotanto on hieman yli 40 TWh vuonna 2050.

Kuva 10 havainnollistaa sähkön kokonaishankintaa ja -kulutusta, jotka nousevat kaikissa etenemisvaihtoehdoissa puhtaan siirtymän myötä vähintään noin 100 TWh:n tasolle vuoteen 2030 mennessä. Vuotuinen sähkötase on positiivinen eli vuotuinen vienti on vuotuista tuontia suurempaa vuodesta 2025 lähtien – poikkeuksena ainoastaan Suomi edellä -vaihtoehdon vuosi 2040.



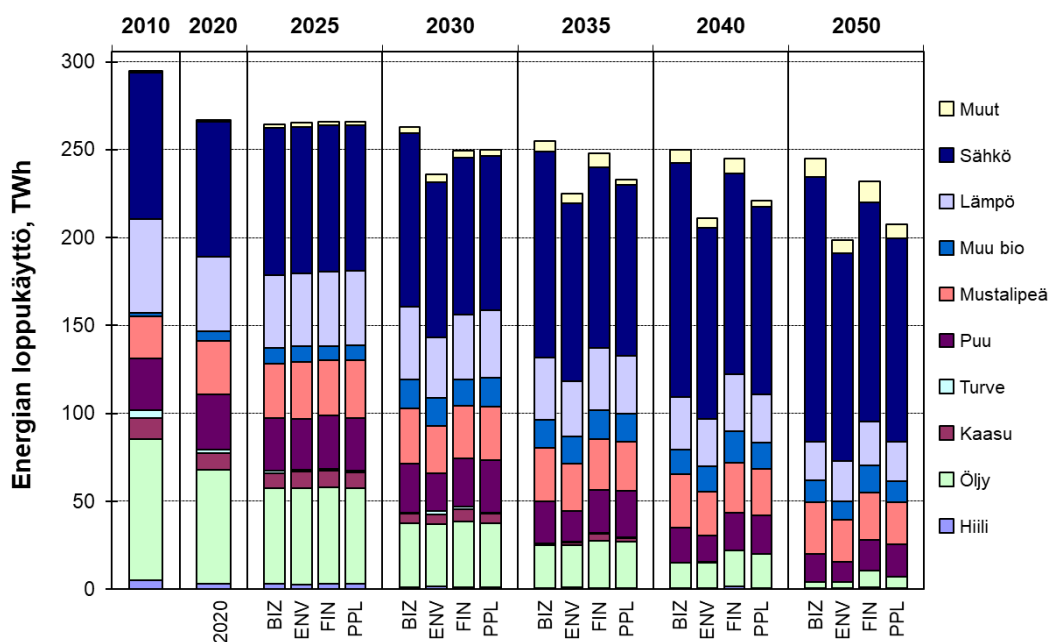
Kuva 10. Sähköenergian kokonaishankinnan kehitys mallinnetuissa etenemisvaihtoehdoissa vuoteen 2050 asti (TWh).

Energiatalouden sähköistyminen on jo 2020-luvun loppupuolella tuntuvaa muun muassa liikenteen käyttövoimissa, ja sähkönkulutusta lisäävät myös uudet datakeskusinvestoinnit, joita tehdään eniten Markkinat edellä -vaihtoehdossa. Sähköistyminen jatkuu vuoden 2030 jälkeenkin voimakkaana siten, että kokonaiskulutus kasvaa vuoteen 2050 mennessä Markkinat edellä -vaihtoehdossa yli 190 TWh:iin ja Suomi edellä -vaihtoehdossa noin 180 TWh:iin, mutta Ympäristö edellä ja Yhteiskunta edellä -vaihtoehdoissa kulutus jää alle

150 TWh:n tasolle, joka sekin on kuitenkin yli 70 % enemmän kuin esimerkiksi vuonna 2024.

3.1.2 Energian kulutus

Energian loppukulutuksen kokonaismäärä vähenee jonkin verran kaikissa mallinnetuissa etenemisvaihtoehdoissa. Kuva 11 havainnollistaa vaihtelua eri vaihtoehtojen välillä. Vähentyminen on selvästi hitainta Markkinat edellä -vaihtoehdossa ja puolestaan voimakkainta energiakäytön tehostamista korostavassa Ympäristö edellä -vaihtoehdossa, jossa kulutus laskee vuoteen 2050 mennessä jopa hieman alle 200 TWh:n tason. Kokonaiskulutuksen vähentyessä sähkön kulutus kuitenkin kasvaa kaikissa etenemisvaihtoehdoissa, joten loppukulutuksen tehostuminen kohdistuu erityisesti polttoaineisiin ja lämpöön, joita samalla korvataan ainakin osittain sähköllä.



Kuva 11. Energian loppukulutus energialähteittäin mallinnetuissa etenemisvaihtoehdoissa vuoteen 2050 asti (IEA:n tilastoissa käytetyn määritelmän mukaisesti)(TWh). Kuvan "Muut" sisältää aurinkolämmön, vedyn ja sähköpolttoaineet. Teollisuuden käyttämä ja paikallisesti tuotantolaitosten yhteydessä tuotettu vety on sisällytetty sähkönkäyttöön.

Sähkön osuus loppukäytön energialähteistä nousee suurimmaksi Markkinat edellä - ja Ympäristö edellä -vaihtoehdoissa eli 60–62 %:iin vuonna 2050. Fossiilisten polttoaineiden ja turpeen kulutus vastaavasti vähenee samoissa vaihtoehdoissa voimakkaimmin – yhteensä laskettuna alle 2 %:n tasolle vuonna 2050. Loppuosa kulutuksesta on siten lähinnä uusiutuvia polttoaineita, sähköpolttoaineita tai lämpöä, joten vuoteen 2050 mennessä loppukulutuksessa on lähes kokonaan luovuttu fossiilisista polttoaineista. Fossiilisestä energiasta luopuminen on puolestaan hitainta Suomi edellä -vaihtoehdossa, mutta siinäkin fossiilisten polttoaineiden ja turpeen yhteisosuus jää vuonna 2050 vain alle 5 %:n.

Kaukolämmön ja myydyn teollisuushöyryn kulutus vähenee melko hitaasti mutta tasaisesti kaikissa etenemisvaihtoehdoissa. Vuoteen 2050 mennessä lämpöenergian loppukulutus putoaa kuitenkin jo lähes puoleen. Kaukolämmön kulutus vähenee sekä energiatehokkuuden paranemisen että kaukolämmityksen yleisen kilpailukyvyn heikkenemisen vuoksi, vaikkakin melko hitaasti vuoteen 2040 saakka. Metsähakkeen saatavuuden oletettu tuntuva väheneminen nykytasosta on Yhteiskunta edellä -vaihtoehtoa lukuun ottamatta eräs merkittävistä kilpailukykyä heikentävistä tekijöistä. Kaukolämmön kulutuksen väheneminen supistaa samalla yhdyskuntien yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon potentiaalia. Toisaalta kaukolämmön asemaa taajamien kiinteistöjen lämmityksessä tukevat useimmissa etenemisvaihtoehdoissa oletettu uudisrakentamisen painottuminen kerrostaloihin, kaukolämpöpumppujen alennettu sähköveroluokka sekä datakeskusten hukkalämmön laaja talteenotto.

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 etenemisvaihtoehdoissa erityisen merkittävästi liikenteessä ja teollisuudessa sekä datakeskuksissa. Liikenteen sähkönkulutus nousee vuoteen 2050 mennessä 11–15 TWh:iin. Energian loppukäytön sektorijakaumassa teollisuuden merkitys korostuu sekä Markkinat edellä että Suomi edellä -vaihtoehtojen tulevaisuuskuvassa entisestään. Teollisuudessa keskeisiä vaikutuksia ovat kaikissa etenemisvaihtoehdoissa 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.

Sähkön loppukulutus alkaakin kasvaa melko nopeasti 2020-luvun loppupuolelta alkaen ja ylittää vuoteen 2030 mennessä 100 TWh:n tason Yhteiskunta edellä -vaihtoehtoa lukuun ottamatta. Kulutuksen kasvu on voimakkainta Markkinat edellä -vaihtoehdossa, 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 tapahtuu palveluissa ja liikenteessä, joista edellisessä etenkin datakeskusinvestointien vuoksi ja jälkimmäisessä liikenteen sähköistymisen myötä. Suomi edellä -vaihtoehtossa kulutus nousee lähes yhtä korkeaksi sähköllä tuotetun vedyn viennin sekä perusmetallien uuden tuotannon myötä. Ympäristö edellä ja Yhteiskunta edellä -vaihtoehdoissa sähkön loppukulutuksen kasvu jää huomattavasti maltillisemmaksi mutta saavuttaa kuitenkin 134–140 TWh:n tason vuonna 2050.

Asumisen ja palveluiden energian loppukulutus laskee tulosten mukaan Markkinat edellä -vaihtoehtoa lukuun ottamatta jonkin verran vuoteen 2050 mennessä, vaikka asuin- ja palvelurakennuskanta kasvavat ja datapalvelut laajenevat. Vähennykseen vaikuttavina tekijöinä ovat maltilliset uudisrakentamisen kehitysarviot, korjausrakentamisella saavutettava energiatehokkuuden paraneminen, uudisrakentamisen energiatehokkuusstandardit sekä kaiken energiankäytön sähköistyminen. Etenemisvaihtoehdoissa on lisäksi huomioitu lämmitystarpeen asteittainen väheneminen ilmaston lämpenemisen myötä

Mallinnustulosten taustana olevat rakennuskannan kehitystä koskevat oletukset on pidetty Suomi edellä -etenemisvaihtoehdossa samoina kuin perusskenaariossa (luku 2.2.1). Markkinat edellä -vaihtoehdossa kannan oletettiin kasvavan kasvukeskuksiin keskittyen. Ympäristö edellä -vaihtoehdossa kasvu oletettiin maltillisemmaksi ja nykyrakenteen mukaiseksi, ja myös Yhteiskunta edellä -vaihtoehdossa oletettiin hieman maltillisempaa mutta rakenteeltaan hajautunutta kasvua. Rakennusten energiatehokkuuden oletettiin paranevan erityisen paljon Markkinat edellä -vaihtoehdossa mutta muissa etenemisvaihtoehdoissa perusskenaarion tapaan.

Palveluiden laitesähköön sisältyvä datakeskusten kulutus kasvaa eniten Markkinat edellä -vaihtoehdossa, jossa oletetaan alan investointien toteutuvan laajimmassa mittakaavassa. Muissa skenaarioissa datakeskusten kehitysarviot perustuivat brittiläisen ICIS-konsulttiyhtiön laatimiin maakohtaisiin projektioihin (ICIS 2025¹¹). Keskusten hukkalämmöstä oletettiin voitavan hyödyntää merkittävä osa yhdyskuntien lämmitykseen.

Sähköistymiskehitys vaikuttaa myös kotimaanliikenteen loppukulutukseen, joka vähenee kaikissa etenemisvaihtoehdoissa kokonaisliikennesuoritteiden oletetusta kasvusta huolimatta. Ympäristö edellä ja Yhteiskunta edellä -vaihtoehdoissa loppukulutus vähenee nopeimmin – jälkimmäisessä pääosin liikennesuoritteiden vähäisemmän kasvun takia mutta edellisessä myös voimakkaamman sähköistymisen ansiosta. Vety- ja sähköpolttoaineiden merkitys on puolestaan suurin Markkinat edellä -vaihtoehdossa. Vaikka Suomi edellä -vaihtoehdossa vetytalous etenee ripeimmin, sen vaikutukset painottuvat kuitenkin muille sektoreille kuin liikenteeseen. Suomi edellä -vaihtoehdossa polttomoottorien osuus liikenteen käyttövoimista jää muita etenemisvaihtoehtoja suuremmaksi, ja samalla myös biopolttoaineiden rooli pysyy Markkinat edellä ja Ympäristö edellä -vaihtoehtoja huomattavasti suurempana. Kaikki liikennemuodot mukaan luettuna biopolttoaineiden kokonaiskulutus Suomen kotimaanliikenteessä kuitenkin vähenee vuoden 2030 jälkeen kaikissa etenemisvaihtoehdoissa.

¹¹ 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/>

3.2 Teollisuus ja palvelut

Energiaintensiivisen prosessiteollisuuden kehityksellä on suuri merkitys paitsi kasvihuonekaasujen päästöihin myös energiankysyntään. Lisäksi toimialojen vähähiilitiekarttojen perusteella tavoitteet irtautua fossiilisten polttoaineiden käytöstä ovat merkittävät ja toteutuessaan vaikuttavat ilmastolain mukaisten päästötavoitteiden saavuttamiseen.

Suurin teollisuuden murros näkyy etenemisvaihtoehdossa (FIN), jossa investoidaan paitsi fossiilittomaan teräksen ja polttoaineiden tuotantoon (l. biojaloitteet, synteettiset polttoaineet), jotka ovat mukana kaikissa skenaarioissa, myös fossiilittoman ammoniakkin ja jopa alumiinin tuotantoon. Myös vaihtoehdossa, jossa panostetaan TKI-toimintaan ja digitalisaatioon (BIZ), teollisen tuotannon arvonlisä kasvaa.

Etenemisvaihtoehdoissa, joissa lähtökohtana on käyttäytymisen ja arvojen muutokset (PPL) kohti resurssitehokkuutta ja yleisesti pienempää kulutusta, energiantensiivisen teollisuuden tuotteilla on alhaisempi kysyntä ja siksi myös alhaisemmat tuotantomäärät.

Palvelusektorille kuuluvien datakeskusten kehitysarviot ovat korkeimmat etenemisvaihtoehdossa (BIZ), jossa panostetaan TKI-toimintaan ja digitalisaatioon. Datakeskusten sähkönkulutus nousisi 14 terawattituntiin vuonna 2035 ja 30 terawattituntiin vuonna 2050. Muissa etenemisvaihtoehdoissa datakeskusten sähkön kulutuksen kasvu olisi maltillisempaan ja olisi 6,5 terawattituntia vuonna 2025 ja runsas 10 terawattituntia vuonna 2050. Datakeskusten investoinneilla on vaikutusta energiasektorilla hukkalämpöjen hyödyntämiseen kaukolämpösektorilla.

Oletukset metsäteollisuuden tuotannon kehityksestä ja kehityksen edellyttämistä hakkuumääristä vaikuttavat sekä kansantalouteen, puuperäisten polttoaineiden tarjontaan energiasektorille sekä maankäyttösektorin päästöihin. KEITO LTS-skenaarioissa metsäteollisuuden kapasiteettia ja tuotantomääriä sekä puun energiakäyttöä varioitiin siten, että ne johtivat eri suuruisiin hakkuukertymiin. Tämän vuoksi skenaarioiden välillä on eroja metsäteollisuuden

tuotantorakenteessa, metsäteollisuuden ja energiantuotannon puunkäytön välisessä suhteessa sekä oletuksessa puun tuonnissa.

Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (FIN) runkopuun hakkuukertymäksi on oletettu 72 milj. m³. Tämä vastaa energia- ja ilmastostrategian yhteydessä laskettua PEIKKO WEM-L skenaarion mukaista hakkuukertymää¹². Etenemisvaihtoehdossa korostuu kansallinen etu, ja puunhankinnan oletetaan keskittyvän kotimaahan, eikä puuta tuoda ulkomailta lainkaan. Tämä puolestaan heijastuu metsäteollisuuden käytössä olevaan puumäärään. Metsäteollisuuden tuotannossa korostuvat pitkäikäiset puutuotteet: sahatavaran tuotanto kasvaa, mutta sellun tuotanto pienenee PEIKKO WEM-L-skenaarioon verrattuna.

Teknologista kehitystä korostavassa etenemisvaihtoehdossa (BIZ) hakkuukertymäksi on oletettu noin 80 milj. m³, joka vastaa energia- ja ilmastostrategian skenaarioiden taustaoletuksena olevaa hakkuukertymää. Myös mekaanisen ja kemiallisen metsäteollisuuden perinteisten tuotteiden tuotanto kehittyy energia- ja ilmastostrategian skenaarioiden mukaisesti. Tässä etenemisvaihtoehdossa on mukana korkean arvonlisän tuotteiden tuotantoa, kuten talteen otetun ligniinin jatkojalostusta sekä nykyisin vientiin päätyvän sellun jalostusta tekstiilikuituiduiksi ja kehittyneiksi pakkausmateriaaleiksi.

Hajautettua yhteiskunnallista kehitystä koskevassa etenemisvaihtoehdossa (PPL) hakkuukertymä vuonna 2035 on noin 63 milj. m³. Hakkuukertymä on valittu vastaamaan Suomen ilmastopaneelin arviota hakkuukertymän taustasta, joka Ilmastopaneelin mukaan mahdollistaisi Suomen ilmastoneutraaliustavoitteen toteutumisen¹³. Metsäteollisuuden tuotannossa painottuvat pitkäikäiset puutuotteet, ja niiden tuotanto säilyy likimain nykytasolla. Paperin ja

¹² Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO) <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-219-0>

¹³ Suomen hiilineutraaliuspolku – Arvio hiilineutraaliuden saavuttamisesta ja sen keinoista. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/suomen-hiilineutraaliuspolku-arvio-hiilineutraaliuden-saavuttamisesta-ja-sen-keinoista/>

kartonkien tuotantomäärien sen sijaan oletetaan vähentyvän noin kolmanneksen. Puun tuontioletus on sama kuin teknologista kehitystä korostavassa etenemisvaihtoehdossa (BIZ).

Ympäristövaikutuksia minimoimassa etenemisvaihtoehdossa (ENV) hakkuukertymä vuonna 2035 on runsas 50 milj. m³. Etenemisvaihtoehdossa korostuu maankäyttösektorin hiilinielujen vahvistaminen. Puuta ei oleteta ilmastotyönsyiden vuoksi tuotavan ulkomailta lainkaan. Metsäteollisuuden tuotantomäärä on selvästi pienempi kuin muissa etenemisvaihtoehdoissa, jotta hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä saavutettaisiin. Sahatavaran tuotannon oletetaan vuoden 2025 jälkeen supistuvan nykytasosta vajaa 20 % ja sellun tuotannon yli neljänneksen.

Oletukset metsäteollisuuden kehityksestä ja hakkuutasoista vaikuttavat erityisesti maankäyttösektorin päästökehitykseen. Maankäyttösektorin päästökehitystä on käsitelty luvussa 3.7. Teollisuuden päästöt pienenevät nopeimmin teknologista kehitystä korostavassa etenemisvaihtoehdossa (BIZ).

Taulukossa 11 on esitetty esimerkkejä toimialojen 2024 julkaistuissa tiekartoissa tunnistetuista teknologisista ratkaisuista ja TKI-panostukset vähähiilisuuden edistämiseksi.

Taulukko 11. Esimerkkejä toimialojen 2024 julkaistuissa tiekartoissa tunnistetuista teknologisista ratkaisuista ja TKI-panostukset vähähiilisuuden edistämiseksi.

Toimiala	Tunnistettut teknologiset ratkaisut	TKI-panostukset
Energiateollisuus	Tuulivoimateknologiat, biopolttoainesten tuotantoteknologiat, sähkökattilat, ydinvoimaloiden käyttöiän jatkaminen, uudet suuret ydinvoimayksiköt, pumppuvoimalat, teollisen tason aurinkovoimalat, teolliset lämpöpumput, pienet modulaariset ydinreaktorit, hiilentalteenotto (tekninen hiilensidonta, CCU)	Tuetaan uuden energiateknologian tutkimusta ja kehitystä
Teknolוגiateollisuus (ml. kaivosteollisuus)	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	TKI-panostukset erityisesti vetytalousalueeseen liittyen

	ja automaatio, digitaaliset kaksoset, IoT, AR, VR, lohkoketjut	
Rakennusteollisuus, Rakli ry	CCS/CCU-tekniikat sementtiteollisuudessa, vetytelkitys teräksen valmistuksessa	
Palvelualat	Energiatohokkuuden parantaminen toimi- ja tuotantotiloissa, verkkoteknologioissa ja datakeskuksissa, hukkalämmön hyödyntäisen tekniikat, ohjelmistojen optimointi ja vihreä laskenta	TKI-tukea kädenjälkeä kasvattavaan palvelukehitykseen
Metsäteollisuus	Sellun, paperin ja mekaanisten puutuotteiden tuotannon uudet tekniikat, data ja tekoälyyn liittyvät uudet tekniset ratkaisut (prosessioptimointi ja digitalisaatio), sähköistäminen. Hiilen talteenoton tekniikat, BECCS ja BECCU	Yritysvetoisen PPP-innovaatiomallin toimeenpano (Public-Private Partnership) TKI-politiikan pitkäjänteisyys ja osaavan työvoiman saatavuus ruokkivat mm. uusien tuotteiden kehittämistä ja saamista tuotantoon
Bioenergia-ala	Biogeenisen hiilidioksidin tekninen talteenotto ja varastointi (BECCS-tekniikka), yleisesti hiilidioksidin talteenoton tekniikat	Kannustejärjestelmä CCUS-arvoketjun ylös ajolle, ml. kansallista tukea innovaatorahoituksen haakuun ja innovaatiotoimintaan
Kaupalliitto	Sähköisen kaupankäynnin tekniikat, logistiikan ja digitaalisten maksujen kehittyminen, automatisointi ja tietoanalyysityökalut	Investointituet ja kannustimet vähähiilisyteen panostamiseksi
Sahateollisuus	Ei mainintoja	Puurakentamisen kasvattaminen: TKI-kannusteet ja julkisen sektorin rooli esim. pientalotonttien kaavoittaminen
Elintarviketeollisuus	Biokaasun tuotanto, hiilidioksidin talteenotto ja varastointi, sähköisen liikenteen infrastruktuuri. Uudet vähähiiliset tuotanto- ja kasvatustekniikat.	Investointituet kotimaisten raaka-ainevaihtoehtojen ja kestävien ruokainnovaatioiden jatkojalostukseen Investointitukia arvoketjun vähähiilisyttä edistäviin tekniikoihin TKI-toiminnan verovähennyksestä kannustavampi
Maatalous	Viljan kuivauksen ohjaus- ja säätötekniikka, peltoviljelyn sähköistämisen mahdollistavat uudet akku- ja lataustekniikat, 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 kehittämiseen.

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 prosessointiteknot, sähköistämisen, tuotantoprosessien uudistaminen vähäenergisillä vaihtoehdoilla	Tutkimus- ja tuotekehitys ja sen rahoitus avaintekijä kemianteollisuuden ilmasto- ja raaka-ainesiiirtymässä. TKI-rahoitusta tarvitaan koko tuotekehitysprosessin ajalle, tutkimuksesta kaupallistamiseen ja pilotointiin. TKI-ympäristön tulee enustettavasti tukea 10–15 vuoden aikaikkunaa
Matkailu- ja ravintolapalvelut	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.

3.3 Liikenne

Tieliikenteen päästökehitykseen vaikuttavat eri käyttövoimien rekisteröintiosuudet, ajoneuvojen ensirekisteröintien ja maahantuontien kokonaismäärä, ajosuoritteiden määrä sekä uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitteen tavoitetaso. Mikäli liikenteen teknologiset ratkaisut ovat keskiössä (BIZ), korkeampi hiilidioksidin talteenoton määrä lisää sähköpolttoaineiden sekä vedyn käyttöä ja teknologinen kehitys näkyy nopeampana sähköistymisenä henkilö- ja tavaraliikenteessä. Etenemisvaihtoehdossa vetyajoneuvot yleistyvät nopeammin sähkön rinnalla käyttövoimana. Sähkö- ja vetyajoneuvojen käyttö pitkällä aikavälillä toisi energiatehokkuutta tieliikenteeseen kokonaisenergiankulutuksen laskiessa -40 % vuodesta 2025 vuoteen 2055. Myös uusiutuvien polttoaineiden jakelu tieliikenteeseen kasvaa yli 50 %:iin pitkällä aikavälillä.

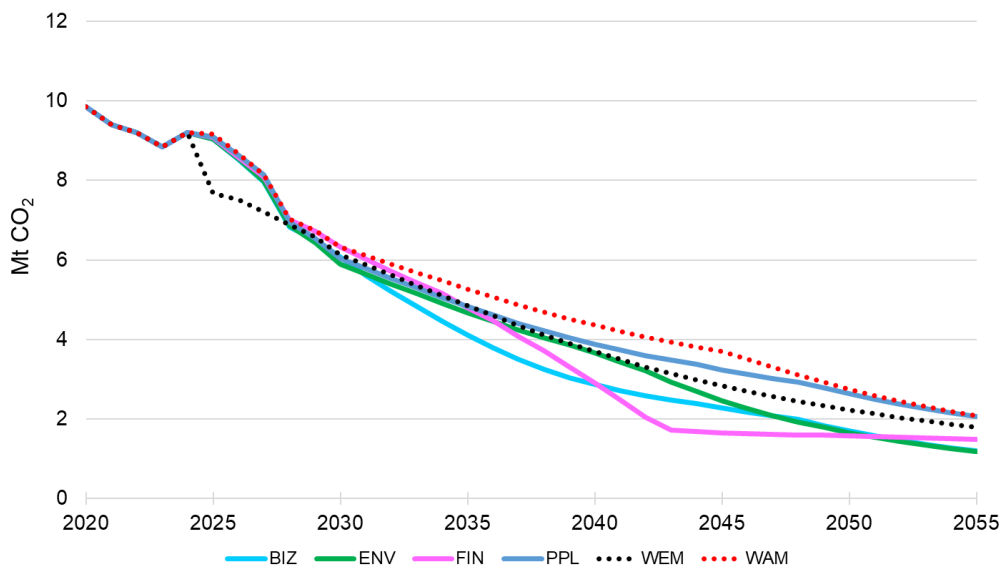
Mikäli painopisteenä on huoltovarmuuden ja omavaraisuuden korostaminen (FIN), edistyisi liikenteessä synteettisten ja sähköpolttoaineiden sekä jakeluvelvoitteen kautta uusiutuvien polttoaineiden käyttö. Näiden edistämistoimien vuoksi polttomoottoriautoja myytäisiin vielä vuoteen 2045 saakka ja tämä johtaisi hitaampaan sähköistymiseen pitkällä aikavälillä.

Etenemisvaihtoehdossa, jossa ympäristövaikutusten minimoimiseksi (ENV) vähennettäisiin biopolttoaineiden ja biopolttoaineiden käyttöä, liikenteen

päästövähennyksiä tavoiteltaisiin pääasiassa henkilöauto- ja tavaraliikenteen nopean sähköistymisen kautta. Julkisen liikenteen käytön kasvu vähentäisi henkilöautojen ajosuoritteita. Pitkällä aikavälillä liikenteen energiankulutus vähenisi tässä etenemisvaihtoehdossa voimakkaimmin.

Hajautetun yhteiskuntarakenteen (PPL) lyhyemmät etäisyydet vähentäisivät ajosuoritteita henkilö- ja tavaraliikenteessä. Tässä etenemisvaihtoehdossa myös auton omistustarve ja autojen ensirekisteröinnit olisivat vähäisemmät.

Etenemisvaihtoehdoista liikenteen hiilidioksidipäästöt vähenisivät nopeimmin etenemisvaihtoehdoissa, joissa panostettaisiin teknologisiin ratkaisuihin (BIZ) tai päästöttömiin synteettisiin ja sähköpolttoaineisiin sekä biopolttoaineisiin (FIN). Vaihtoehdossa, jossa yhteiskuntarakenne olisi hajautettu (PPL), päästöt vähenisivät hitaimmin.



Kuva 12. Tieliikenteen CO₂-päästöjen kehitys eri etenemisvaihtoehdoissa (Mt CO₂).

3.4 Rakennukset

Rakennuskannan päästökehitys ja kasvihuonekaasujen päästövähennysmahdollisuudet riippuvat jossain määrin yhdyskuntarakenteen kehittymisestä.

Valtakunnan tasolla nykyisen kaltaisessa kehityksessä (FIN) 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, kun taustalla ovat energiaomavaraisuuden lisääminen ja ilmastotavoitteet.

Nykyisen kaltainen yhdyskuntarakenteen kehittyminen mahdollistaa myös etenemisvaihtoehdon (ENV), jossa 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. käyttötarkoituksien yhteydessä. Fossiilisten energialähteiden käytöstä lämmityksessä luovutaan ripeään tahtiin, kun taustalla on nopeasti tiukkenevat päästötavoitteet.

Mikäli väestö keskittyy nykyistä voimakkaammin kasvukeskuksiin (BIZ), luot tämä kysyntää uudisrakentamiselle. Tällöin 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.

Mikäli yhdyskuntarakenne kehittyi hajautuneemmaksi (PPL) muun muassa etätyömahdollisuuksien vuoksi, käyttäjiä löytyy myös maakuntien pientaloille. Palveluja tuotetaan tehokkaasti kokoamalla ne yhteisiin tiloihin sekä integroidaan niitä kotiinkuljetuksiin. Pientalojen osuus uudisrakentamisessa kasvaa.

KEITO LTS-hankkeen skenaariolaskelmien perustella rakennusten lämmityksen päästöt vähenevät kaikissa edellä kuvatuissa etenemisvaihtoehdoissa vuodesta 2025 vuoteen 2050 noin 4 Mt CO₂-ekv.

3.5 Maatalous

Luvussa 2 kuvatuissa skenaarioissa maatalouden päästökehitykseen vaikuttavat muun muassa oletukset ruuan omavaraisuudesta, solumaatalouden kehityksestä, maatalouspolitiikasta ja kuluttajien ruokavaliomuutoksista.

Suomi edellä (FIN) -skenaariossa kuluttajien ruokavalioiden ei oleteta muuttuvan lainkaan vuodesta 2022. Arvot ja asenteet eivät muutu myöskään solumaataloudelle suosiollisiksi. Julkinen valta pyrkii erilaisin lisäkannustimin ja tuin lisäämään niiden maataloustuotteiden tuotantoa, joissa Suomi ei ole lähellä omavaraisuutta. Luomutuotannon osuus jää hyvin vähäiseksi FIN-skenaariossa.

Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa kuluttajien ruokavaliot eivät myöskään muutu, mutta kotieläintuotteiden kulutuksesta merkittävä osa korvautuu solumaatalouden tuotteilla. Turvepeltojen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen kohdennetaan kustannusvaikuttavuusperusteisesti tukea. Luomun osuus elintarvikkeiden kysynnästä ja tuotannosta jää alhaiseksi.

Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa kotieläintuotteiden kulutus vähenee huomattavasti, jolloin palko- ja leipäviljojen kulutus kasvaa merkittävästi. Kaikki eläinperäisten tuotteiden vähentyneen käytön aiheuttaman proteiinin saannin vähenemä ei kuitenkaan korvaudu, vaan proteiinin saanti jää vähän alemmaksi kuin 2022 tilanteessa, jossa proteiinin saanti ylittää reilusti suositukset keskimäärin. Skenaariossa on käytössä myös typpivero, joka vähentää kaikkien kasvien lannoitusta. Solumaatalouden ei oleteta yleistyvän. Luomutuotannon osuus ruoan kulutuksesta ja tuotannosta nousee 30–40 prosenttiin.

Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa terveellinen ja ravitsemussuosittelun mukainen ruokavalio yhdistyy ylisukupolvisen vastuullisuusajattelun kanssa. Eläinperäisten tuotteiden vähentyessä ruokavalioissa, niitä korvataan pitkälti palko- ja muiden viljojen käytöllä.

Sian- ja siipikarjanlihantuotanto laskee muissa kuin huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (FIN-skenaario). Suuressa

osassa Suomea leipäviljan, palko- ja öljykasvien tuotanto on riskialtista suurten vuosien välisen satovaihtelun vuoksi. Satojen määrä ja laatu voivat olla heikkoja, jolloin suuri osa tuotannosta kelpaa vain rehuksi. 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.

Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavan etenemisvaihtoehdon (FIN) omavaraistavoitteiden saavuttaminen on vaikeaa. Kasvit ja tuotteet, joissa on alhainen omavaraisuusaste ovat usein niitä, joilla on alhaiset sadot, ja/tai suuret satoriskit Suomessa.

Skenaariossa on otettu epäsuorasti huomioon ilmastonmuutoksen sopeutumiseen liittyviä näkökohtia. Laskelmissa on oletettu, että satotasot eivät lähtökohtaisesti laske tai nouse (poikkeuksena palko- ja öljykasvit huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa), vaan pysyvät vuoteen 2055 asti viimeisen 15 vuoden keskiarvojen tasolla. Tämä edellyttää jonkinasteista vähintäänkin reaktiivista sopeutumista lämpenevään ilmastoon ja piteneviin kasvukausiin sekä äärevöityviin sääolosuhteisiin, jotka yleistyvät suurella todennäköisyydellä vuoteen 2055 asti Suomen ja maailman kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä likimain riippumatta.

Maataloussektorin kasvihuonekaasupäästöt vähenevät kaikissa etenemisvaihtoehdoissa nykytasoon verrattuna. Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (FIN) päästövähennys jää kuitenkin vähäiseksi, sillä viljelyyn käytettävän peltopinta-alan määrä ei merkittävästi muutu ja eläintuotanto säilyy lähes nykyisellään. Suurimmat päästövähennykset saavutetaan hajautettua yhteiskuntarakennetta (PPL) ja ympäristövaikutusten minimointia (ENV) korostavissa etenemisvaihtoehdoissa. Ympäristövaikutusten minimointia korostavassa vaihtoehdossa (ENV) päästöjä alentavat erityisesti väkilannoitteiden vähäinen käyttö sekä laajemmat turvepeltojen vettä- ja kosteikkoviljelyalat, mikä näkyy muita etenemisvaihtoehtoja

alhaisempina maatalousmaiden N₂O-päästöinä. Hajautettua yhteiskuntarakennetta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (PPL) päästöjä vähentävät maltillisempi väkilannoitteiden käyttö alhaisempi nautojen kokonaismäärä, mikä näkyy pienempinä ruuansulatuksen ja lannankäsittelyn päästöinä verrattuna muihin etenemisvaihtoehtoihin.

Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (FIN) maataloussektorin kasvihuonekaasupäästöt vähenevät vain vähän ja pysyvät nykyisellä noin 6 Mt CO₂-ekv. tasolla. Muissa etenemisvaihtoehdoissa maatalouden päästöt alenevat 1,5–2,5 Mt CO₂-ekv. vuoteen 2055 mennessä.

3.6 Maankäyttösektori

Edellä luvussa 3.3 on käsitelty metsäteollisuuden kehitystä eri etenemisvaihtoehdoissa ja niiden edellyttämiä kotimaisia hakkuumääriä. Luvussa 3.6 kuvatuilla maatalouden etenemisvaihtoehdoilla on vaikutusta maatalouden päästöjen lisäksi myös maankäyttösektorin päästöihin.

Maankäyttösektori on päästölähde kaikissa etenemisvaihtoehdoissa vuonna 2025, mutta sektori kääntyy nieluksi jo vuonna 2030 ympäristövaikutusten minimointia korostavissa etenemisvaihtoehdoissa (ENV) sekä vuonna 2035 hajautettua yhteiskuntarakennetta (PPL) sekä huoltovarmuutta ja omavaraisuutta (FIN) korostavassa etenemisvaihtoehdossa. Teknologista kehitystä korostavassa etenemisvaihtoehdossa (BIZ) sektori jää pieneksi päästölähdeksi koko tarkastelujakson ajan.

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 ympäristövaikutusten minimointia (ENV) korostavassa etenemisvaihtoehdossa (–31 Mt CO₂-ekv.), jossa hakkuutaso oletetaan olevan noin 50 milj. m³, ja toimii nettonieluna myös hajautettua yhteiskuntarakennetta (PPL) korostavassa etenemisvaihtoehdossa (–9 Mt CO₂-ekv.), jossa hakkuutaso oletetaan olevan

noin 63 milj. m³, sekä huoltovarmuutta ja omavaraisuutta (FIN) korostavassa etenemisvaihtoehdossa (-7 Mt CO₂-ekv.), jossa hakkuutason oletetaan olevan noin 72 milj. m³. Toisaalta metsämaa on melko iso päästölähde teknologista kehitystä (BIZ) korostavassa etenemisvaihtoehdoissa vuonna 2035 (runsas 7 Mt CO₂-ekv.), jossa hakkuutason oletetaan olevan noin 80 milj. m³.

Myös puutuotteiden osalta skenaarioiden välillä on melko merkittäviä eroja. Ympäristövaikutusten minimointia korostavassa (ENV) etenemisvaihtoehdossa puutuotteet ovat pieni päästölähde vuonna 2035 (0,4 Mt CO₂-ekv.) lähinnä vähentyneiden hakkuumäärien seurauksena. Hajautettua yhteiskuntarakennetta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (PPL) puutuotteet ovat pieni nielu (-1 Mt CO₂-ekv.) ja runsaimpien hakkuiden etenemisvaihtoehdoissa (FIN- ja BIZ) selvästi tätä suurempi nielu (-4 Mt CO₂-ekv.). Puutuotteiden hiilinielu pienenee tarkastelujakson loppua kohti kaikissa skenaarioissa, koska tuotannon kasvaessa myös nielu kasvaa, mutta tuotannon pysyessä samalla tasolla tai supistuessa vanha hiilivarasto alkaa pienentyä utta poistumaa enemmän.

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 ympäristövaikutusten minimointia korostavassa etenemisvaihtoehdossa (ENV) merkittävä osa hylätyistä pelloista metsitetään. Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (FIN) viljelysalaa ei siirry muihin maankäyttöluokkiin samassa määrin, joten viljelysmaan ja ruohikkoalueiden päästöt pysyvät vakaampina.

Rakennettujen alueiden päästöt ovat samat kaikissa skenaarioissa. Kos-teikoiden päästöt ovat ympäristövaikutusten minimointia korostavassa etenemisvaihtoehdossa (ENV) hieman korkeammat (0,3 Mt CO₂-ekv.) kuin muissa skenaarioissa vuosina 2035–2050, koska turvepeltojen vettämisalat ovat tässä etenemisvaihtoehdossa suurempia ja niiden päästöt siirtyvät kos-teikkoluokkaan vettämisestä yhteydessä

Kuvassa 6 on esitetty eri etenemisvaihtoehtojen maankäyttösektorin päästö- ja poistumakehitys maankäyttöluokittain.

3.7 Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumisen tarve pitkän aikavälin ilmastosuunnittelussa

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaksi laaditut skenaariot ulottuvat vuoteen 2055. Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät jo nykyilmastossa, ja vuosisadan puolivälin tienoilla ne alkavat näkyä entistä selvemmin ja laajemmin. Vaikutukset ulottuvat kaikkiin yhteiskunnan sektoreihin, kuten talouteen ja elinkeinoihin, infrastruktuuriin, huoltovarmuuteen sekä luonnon monimuotoisuuteen.

Ilmastonmuutoksen voimakkuus riippuu globaalien hillintätoimien onnistumisesta. Siksi hillintätoimia on tärkeää jatkaa ja vahvistaa ilmastonmuutoksen haitallisten vaikutusten minimoimiseksi. Suomen vuosikeskilämpötilan arvioidaan kohoavan noin kahdesta kuuteen astetta vuosisadan loppuun mennessä skenaariosta riippuen¹⁴. Suomessa vuoden keskilämpötilan arvioidaan nousevan sadassa vuodessa noin 1,6 kertaa niin paljon kuin maapallolla keskimäärin.

Ilmastonmuutoksesta aiheutuu merkittäviä muutoksia: talvet lauhtuvat, lumi-peite ja routa vähenee, helleaallot yleistyvät ja sademäärät kasvavat erityisesti talvella. Rankkasateet ja kuivuusjaksot voivat esiintyä samanaikaisesti eri alueilla, mikä vaikeuttaa esimerkiksi vesitalouden hallinnan ja maatalouden suunnittelua. Pitkällä aikavälillä tehokas ilmatoriskien hallinta voi muodostua edellytykseksi hillintätoimien onnistumiselle, esimerkiksi metsien kasvun ja hiilinielujen säilymisen osalta.

¹⁴ Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastonmuutokseen sopeutumis suunnitelmasta vuoteen 2030. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-585-6>

Taustaskenaarioissa ilmastonmuutoksen vaikutukset on huomioitu vain osittain. Tämä johtuu epävarmuuksista siinä, miten ilmasto ja yhteiskunnalliset tekijät kehittyvät. Sopeutumistoimien riittävä laajuus, ajoitus ja paikallinen toteutus ovat vaikeasti ennakoitavissa, eikä niitä ole voitu sisällyttää skenaarioihin kattavasti mallinnuksen keinoin. Mallinnusmenetelmiä ja skenaariotyön metodologiaa tulisi kehittää, jotta ne tukisivat paremmin päätöksentekoa ja huomioisivat myös varautumisen ilmastonmuutoksen laajoihin vaikutuksiin.

Kustannustehokas ilmastonmuutoksen vaikutuksiin varautuminen edellyttää ennakoivaa sopeutumista, eli toimenpiteitä ennen kuin vaikutukset realisoituvat. Sopeutumistoimien tehokkuus riippuu muun muassa siitä, ryhdytäänkö niihin ajoissa ja ovatko ne oikein mitoitettuja ja kohdennettuja. Sopeutumistoimien suunnittelua vaikeuttavat epävarmuudet, jotka liittyvät tulevaisuuden ilmaston kehitykseen, yhteiskunnallisiin muutoksiin ja sopeutumiskyvyn tasoon. Siksi ilmatoriski- ja haavoittuvuusarviointia sekä skenaarioiden päivittämistä viimeisimmän tiedon mukaan tulee tehdä säännöllisesti päätöksenteon ja suunnittelun tueksi.

Kansallisesti sopeutumistoimia tehdään systemaattisesti Kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumis suunnitelman KISS2030 mukaisesti. Suunnitelma on ilmastolain mukainen ja ohjaa sopeutumisen edistämistä julkisen sektorin toimijoiden osalta. KISS2030:n aikajänne ulottuu vuoteen 2030, ja sen perustuu riski- ja haavoittuvuusarviointiin. Valmistelussa on kuultu erityisen haavoittuvien ryhmien edustajia, kuten saamelaiskäräjiä, nuoria sekä vammais- ja vanhusneuvostoja.

Ilmastonmuutoksen taloudelliset, sosiaaliset ja ekologiset vaikutukset kasvavat jatkuvasti. Toimettomuuden kustannukset voivat olla merkittäviä. Hyvä yhteiskunnallinen ja taloudellinen toimintakyky tukee sopeutumiskyvyn ylläpitämistä ja auttaa varautumaan ilmastonmuutoksen vaikutuksiin. Sopeutuminen voi tarjota myös mahdollisuuksia – esimerkiksi innovaatioiden, uusien liiketoimintamallien ja teknologisten ratkaisujen kautta.

Sopeutumista tulee vahvistaa kaikilla yhteiskunnan sektoreilla ja hallinnon tasoilla. Lisäksi tarvitaan tiivistä yhteistyötä yksityisen ja julkisen sektorin välillä, jotta toimet ovat vaikuttavia, tehokkaita ja oikeudenmukaisia.

4 Menetelmien kehitysnäkymät

4.1 Skenaarioiden oleellimmat menetelmät

Ilmastolain (423/2022) 9 § 3 kohdan mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa on esitettävä arvio kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämistä ja nielujen vahvistamista koskevien menetelmien pitkän aikavälin kehitysnäkymistä. Säännöksen 4 kohdan mukaan suunnitelmassa olisi esitettävä myös muut tarpeelliset seikat, kuten esimerkiksi energia-, teollisuus- ja infrastruktuuri-investointien kehitys ja niiden merkitys päästökehitykselle.

Seuraavissa alaluvuissa esitetään potentiaalisina pidettyjen suorien päästövähennysmenetelmien ja nielujen vahvistamismenetelmien kehitysnäkymiä: tekniset hiilinielut, sähköistyminen, ydinenergia, vetyteknologia, maatalouden menetelmät ja maankäyttösektorin menetelmät. Näiden lisäksi myös kiertotalouden ja digitalisaation merkitys voi nousta tulevaisuudessa moninkertaiseksi nykyisestä.

Kiertotalous tarjoaa mahdollisuuksia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi haastamalla perinteistä "ota-valmista-hävitä" -mallia. Tuotteiden ja materiaalien elinkaaren pidentäminen esimerkiksi korjaamalla, uudelleenkäyttämällä ja kierrättämällä vähentää raaka-aineiden tarvetta ja samalla myös niiden hankintaan liittyviä päästöjä. Samaan aihepiiriin usein liitetty resurssitehokkuus puolestaan tarkoittaa, että tuotannossa ja kulutuksessa käytetään vähemmän energiaa ja materiaaleja, mikä suoraan pienentää hiilijalanjälkeä.

Käytännön kiertotalous- ja resurssitehokkuusesimerkkeinä voidaan mainita materiaalien uusiokäyttö, kuten käytettyjen renkaiden tai purkujätteen hyödyntäminen rakennusmateriaaleina, mikä vähentää sekä jätteen määrää että uusien materiaalien valmistuksesta syntyviä päästöjä. Etenkin rakennusalalla purkujätteen hyödyntäminen uusissa rakennuskohteissa voi vähentää merkittävästikin sementin tuotannon tarvetta, joka on yksi suurista yksittäisistä päästölähteistä globaalisti.

Myös digitaaliset teknologiat, kuten tekoäly, esineiden internet (IoT) ja data-analytiikka, voivat tulevaisuudessa tehostaa päästöjen hallintaa monin tavoin. Älykkäät energiajärjestelmät ja automaatio mahdollistavat kulutuksen nopeatkin muutokset nykyistä paremmin, ja digitaaliset mallit tarjoavat mahdollisuuden simuloida tuotantoprosesseja ja tunnistaa päästövähennyspotentiaaleja ennen kuin usein kalliita muutoksia tehdään fyysisesti. Älykkäiden järjestelmien avulla saadaan myös edistettyä energia-alan sektori-integraatiota. Lisäksi digitaaliset alustat tukevat kiertotaloutta mm. jakamistalouden, materiaalipankkien ja tuotteiden jäljitettävyyden kautta.

Käytännössä esimerkiksi rakennuksissa käytettävät älykkäät sensorit voivat seurata energiankulutusta ja ohjata lämmitystä ja valaistusta tarpeen mukaan, mikä vähentää turhaa energiankäyttöä. Tekoälypohjainen logistiikkaoptimointi puolestaan auttaa suunnittelemaan kuljetusreitit ja kuormaukset tehokkaammin, mikä vähentää liikenteen päästöjä. Lisäksi blockchain-tekniologiaa hyödyntävät jäljitettävyyden ratkaisut mahdollistavat kierrätettävien tuotteiden alkuperän ja käsittelyn seuraamisen.

4.2 Tekniset hiilinielut

Suomen ilmastotavoitteet edellyttävät merkittäviä päästövähennystoimia kaikilla sektoreilla. Vaikka luonnon hiilinielut ovat keskeinen osa ilmastopolitiikkaa, niiden kapasiteetti on rajallinen ja viimeaikaisen kehityksen valossa myös altis nopeillekin muutoksille. Tästä syystä tekniset hiilinielut – erityisesti bioenergiaan perustuva hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (BECCS) – voivat nousta tärkeiksi täydentäviksi ratkaisuiksi tulevaisuudessa.

Suomalaisessa teollisuudessa syntyy vuosittain jopa 30 Mt biogeenistä hiilidioksidia, mikä tarjoaa merkittävän potentiaalin teknisten nielujen hyödyntämiselle, sillä hiilidioksidin talteenottaminen savukaasuista on huomattavasti energia- ja siten kustannustehokkaampaa kuin ilmakehästä. Etenkin metsäteollisuudessa on suuria yksittäisiä lähteitä, joista esimerkiksi pelkästään kahden tai kolmen suurimman hiilidioksidivirran talteenotto sekä varastointi voisi tarkoittaa useamman megatonnin vuosittaista nielua. Potentiaalia pa-

rantaa myös se, että Suomessa on hyvät edellytykset puhtaan sähköntuotannon lisäämiselle, sillä hiilidioksidin talteenotto prosessit kuluttavat sähköä merkittävässä määrin.

Suomessa ei ole geologisesti soveltuvia varastoalueita hiilidioksidille, mikä tarkoittaa, että varastointi nykyisin käytössä olevin menetelmin edellyttää kuljetusta esimerkiksi Pohjanmeren alueelle. Toisaalta kehitteillä on vaihtoehtoisia ratkaisuja, joiden kaupallistuminen voisi laajentaa teknisten nielujen kotimaisia arvoketjuja ja siten tehdä myös talteenotosta nykyistä houkuttelevampaa. Esimerkiksi erilaisilla mineralisointitekniikoilla voidaan sitoa hiilidioksidia pysyvästi mm. kaivosjätteisiin tai rakennusmateriaaleihin.

Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin kustannusarviot vaihtelevat, mutta pelkästään edellä mainitun kahden tai kolmen suurimman laitoksen talteenotto tarkoittaisi nyky menetelmin joka tapauksessa useamman sadan miljoonan euron vuotuista kustannusta. Teknisten hiilinielujen kehitystä rajoittaakin tällä hetkellä merkittävästi myös taloudellisten kannustimien puute infrastruktuurin kehittymättömyyden ja teknologisten epävarmuuksien ohella. Valtiontuki on ainoastaan rajallinen edistämiskeino, joten teknisten nielujen laajamittaisempi yleistyminen vaatii muitakin toimenpiteitä. Nieluille kohdentuvia nykyistä selvempiä kannusteita voitaisiin luoda esimerkiksi sopivalla EU:n laajuisella sääntelyllä, kuten pysyvien nielujen integroinnilla päästökauppajärjestelmään.

Näin ollen tekniset nielut tuskin ovat lähivuosien ratkaisu, mutta niillä voi olla suurikin merkitys etenkin hiilinegatiivisuuden tavoittelemisessa vuoden 2035 jälkeen. Teknisten nielujen ja sitä kautta biogeenisen hiilidioksidin tarjonnan yleistyminen vaikuttaisi todennäköisesti suotuisasti myös esimerkiksi sähköpolttoaineiden tuotantoon.

4.3 Sähköistyminen

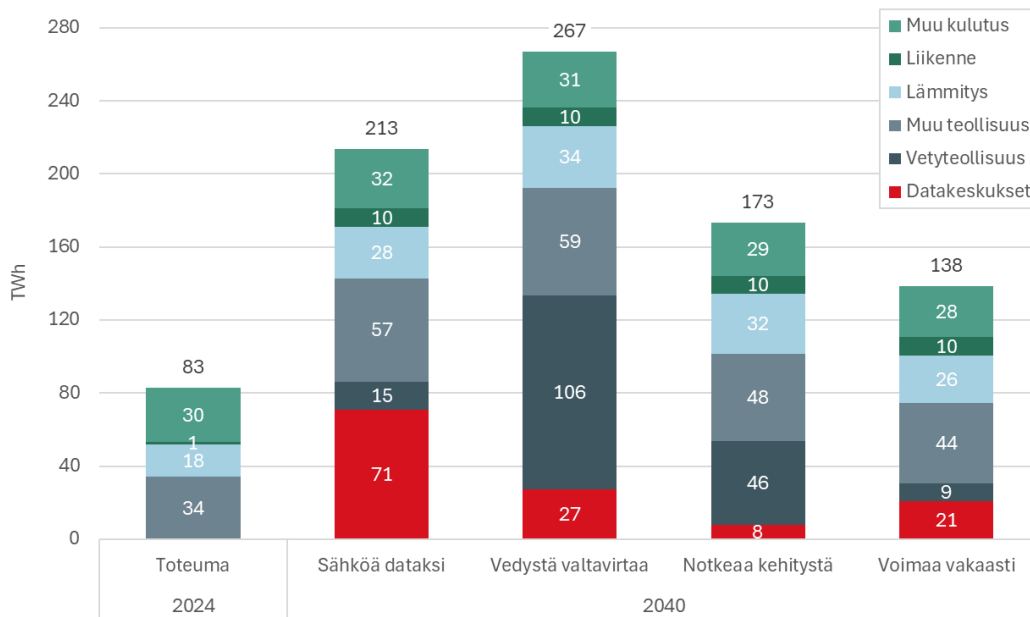
Sähköistyminen, joko suoraan tai epäsuorasti vetytalouden kautta, on keskeinen keino päästöjen vähentämisessä teollisuudessa, lämmöntuotannossa

ja liikenteessä. Tässä luvussa kuvataan suoran sähköistymisen ja siihen liittyvän lämpöpumpputeknologian mahdollisuuksia pitkällä aikavälillä. Sähköistymisellä voidaan korvata fossiilisten ja biomassaan perustuvien polttoaineiden käyttöä sekä parantaa energiatehokkuutta. Sähköistymisen edellytyksenä on kohtuuhintaisen ja päästöttömän sähköntuotannon toimitusvarma saatavuus sekä riittävä sähköverkkoinfrastruktuuri. Tähän on Suomessa hyvät edellytykset.

Koko Suomen sähköistymispotentiaalista ja mahdollisesta tulevaisuuden kehityksestä saa hyvän kokonaiskuvan Fingridin sähköjärjestelmävisiosta vuodelle 2040¹⁵. Sähköjärjestelmävisiossa tarkastellaan Suomen vaihtoehtoisia kehityspolkuja kohti puhdasta energiajärjestelmää sekä luodaan näkemys kantaverkon kehittämistarpeista pitkällä aikavälillä. Sähköjärjestelmävision taustalle laadituissa skenaarioissa tärkeimpiä muuttujia ovat sähkön kulutuksen kasvu (kuva 13) ja kulutusjousto. Fingridin sähköjärjestelmävisiossa on arvioitu skenaarioita, jossa sähkönkulutus kasvaa voimakkaasti, jotta kantaverkon kehittäminen ja verkkoinvestoinnit eivät muodostu puhtaiden teollisten investointien pullonkaulaksi. Fingridin skenaariot eroavat siten sähkönkulutuksen osalta KEITO LTS-skenaarioista. LTS-skenaarioiden mukaiset sähkönkulutusskenaariot ovat ENV ja PPL-skenaariossa huomattavasti Fingridin skenaarioita alhaisempia (noin 120 TWh vuonna 2040). BIZ- ja FIN-skenaariossa sähkönkulutus kasvaa voimakkaammin (noin 160 TWh vuonna 2040), mutta jää silti merkittävästi alhaisemmaksi kuin Fingridin voimakkaan sähkönkulutuksen kasvun skenaariot vuonna 2040 (Sähköä dataksi 213 TWh ja Vedystä valtavirtaa 267 TWh).

Sähköä dataksi ja Voimaa vakaasti -skenaarioissa kulutuksen oletetaan olevan pääosin joustamatonta. Vedystä valtavirtaa ja Notkeaa kehitystä -skenaarioissa kulutuksen oletetaan olevan pääosin joustavaa.

¹⁵ Fingridin sähköjärjestelmävisio vuodelle 2040, Loppuraportti Lokakuu 2025 (https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/sahkojarjestelmavisio-2025/fingrid-sahkojarjestelmavisio-2040.-loppuraportti-10_2025.pdf)



Kuva 13. Sähkön kulutus 2024 toteuma ja skenaariot 2040 Fingridin sähköjärjestelmävisiossa (TWh). Lähde: Fingrid

Fingridin sähköjärjestelmävisiossa uusi energiantensiivinen teollisuus on merkittävin ajuri kasvulle. Skenaariosta riippuen suurin kasvu tulee datakeskuksista, vetyteollisuudesta tai muusta uudesta teollisuudesta. Toimialojen kehitys ja Suomen kilpailukyky määrittävät sektorikohtaisen kasvun. Myös muu yhteiskunta sähköistyy nykyisessä teollisuudessa, lämmityksessä ja liikenteessä.

Fingridin sähköjärjestelmävisioissa on arvioitu myös sähkön siirtotarpeiden kehittymistä pitkällä aikavälillä. Sähkön tuotanto- ja kulutusinvestointien sijainnilla on keskeinen vaikutus sähkönsiirtotarpeisiin ja sitä kautta tarvittaviin verkkoinvestointeihin. Skenaarioissa Keski-Suomen poikkileikkauksen yli tapahtuvan sähkönsiirron tarve kasvaa merkittävästi. Korkean kasvun skenaarioissa siirtotarve voi nousta 17–18 GW:iin, mikä on noin viisinkertainen nykytilanteeseen verrattuna. Maltillisemmissä skenaarioissa siirtotarve on 10–11 GW. Suurimmat siirtotarpeet syntyvät tilanteissa, joissa pohjoisessa on paljon sähköntuotantoa ja etelässä samanaikaisesti paljon kulutusta. Kor-

kean pohjois-eteläsuunteisen sähkönsiirron tilanteiden todennäköisyyttä lisäävät muun muassa kulutusta nostava kylmä sää, runsas tuulivoimatuotanto, maltillinen sähkön hinta sekä tuotantokeskeytykset Etelä-Suomessa.

Ratkaisut, joilla pystyttäisiin rajamaan siirtotarvetta sähkönsiirron huipputilanteissa, vähentäisivät tarvittavia verkkoinvestointeja merkittävästi. Kaikissa skenaarioissa siirron pysyvyyssäily huippu on hyvin terävä eli korkeimman siirron tilanteita esiintyy vain pienenä osuutena vuoden tunneista edellä mainituiden tilanteitten takia. Merkittävä osa verkon vahvistustarpeista syntyy kuitenkin näistä korkeimmista siirtotilanteista. Kantaverkon tehokkaalle hyödyntämiselle on myös edellytyksenä, että sähköjärjestelmässä on saatavilla joustoja oikeassa paikassa ja oikeaan aikaan korkeimpien huippusiirtotilanteiden varalta. Yksi keskeinen keino on kulutuksen ajoittaminen, esimerkiksi optimoimalla sähkövarastojen käyttöä ja sähköautojen latausta siten, että ne tukevat verkon tasapainoa siirtotilanteiden mukaan.

Kuvassa 14 on esitetty yhteenvedona Fingridin sähköjärjestelmävisiossa tunnistettuja kantaverkon lisävahvistustarpeita kymmenvuotisen kehittämissuunnitelman vahvistuksien lisäksi. Useammassa kuin yhdessä skenaariossa tarvittavat verkkoratkaisut on esitetty kartassa tummanvihreällä ja yksittäisissä skenaarioissa esiin nousseet verkkoratkaisut vaaleanvihreällä.



Kuva 14. Fingridin sähköjärjestelmävisiossa tunnistetut kantaverkon lisävahvistustarpeet kehittämissuunnitelman vahvistusten lisäksi. Lähde: Fingrid

Fingridin on laadittava kantaverkkoansa ja sen yhteyksiä toisiin sähköverkkoihin koskeva kymmenvuotinen kehittämissuunnitelma (sähkömarkkinalaki (588/2013) 41 §). Kehittämissuunnitelma on päivitettävä kahden vuoden välein. Kehittämissuunnitelman tavoitteena on mahdollistaa ilmastotavoitteiden ja hyvinvointia luovien puhdasta sähköä hyödyntävien investointien toteuttaminen. Fingridin vuosia 2026–2035 koskeva kehittämissuunnitelma julkaistiin 2.12.2025¹⁶. Suunnitelman mukaan pääosa investoinneista kohdistuu uusiin siirtoyhteyksiin sähköntuotantopainotteisilta alueilta Länsi- ja Pohjois-Suomesta kulutuspainotteisille alueille Etelä-Suomeen sekä uusien teollisuus- ja sähköntuotantohankkeiden edellyttämiin sähköasemiin. Vuosien 2025–2028 aikana Fingridin arvio investoinneista on 1,7 mrd. euroa.

Motiva Oy on laatinut selvityksen Suomen teollisuuden sähköistymisestä ja sen vaikutuksesta energiatehokkuuteen ja hukkalämpöjen hyödyntämiseen¹⁷. Teollisuudessa suoran sähköistymisen potentiaalisimmat kohteet ovat erilaiset lämpökäsittely- ja kuivatusprosessit sekä uunit, joissa lämmön lähteenä ovat fossiiliset polttoaineet. Näitä prosesseja on useilla eri teollisuuden aloilla. Lämpökäsittelyprosesseja on käytössä laajasti metalli- ja teknologia-teollisuudessa. Näiden osalta sähkölämmitys on jo ollut vaihtoehtoinen tapa toteuttaa lämmitys.

Metsäteollisuudessa paperin ja kartongin päällystyskerroksen kuivauksessa on käytössä maakaasu- tai nestekaasukäyttöisiä kuivaimia. Erityisesti sähkölämmitteistä ilmakeivainteknologian laajamittaista käyttöä puoltaa kaasukäyttöisiä järjestelmiä pienemmät käyttö- ja huoltokustannukset. Osassa metsäteollisuuden prosesseja kuivaukseen tarvittavat lämpötilat ovat hyvin korkeita. Tämä rajoittaa hukkalämpöjen hyödyntämistä lämpöpumpuilla.

Kemianteollisuuden energiankulutuksesta merkittävä osa on polttoaineita, joten sähköistymisellä on pidemmällä aikavälillä merkittävä rooli. Energian kulutus liittyy usein teollisuusprosessiin, jossa prosessin toiminta ja turvallisuus

¹⁶ <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/kehittamissuunnitelma/>

¹⁷ Motiva Oy, Suomen teollisuuden sähköistyminen ja sen vaikutus energiatehokkuuteen ja hukkalämpöjen hyödyntämiseen, 5/2021. https://www.motiva.fi/fi-les/19644/Suomen_teollisuuden_sahkoistyminen_ja_sen_vaikutus_energiatehokkuuteen_ja_hukkalampojen_hyodyntamiseen_-raportti_2021.pdf

ovat aina etusijalla. Hukkalämpöjä voidaan hyödyntää tehokkaimmin erilaisissa erotusprosesseissa (haihdutus, tislauk ja kuivaus), joissa vaaditut lämpötilatasot ovat maltillisia ja lämpöpumppuratkaisuille löytyy sovelluskohteita. Vastaavasti osa prosesseista vaatii korkeita lämpötiloja, joihin sähköisillä ratkaisuilla ei välttämättä ole mahdollista päästä.

Metallien jalostuksessa energiankulutus jakaantuu suhteellisen tasan polttoaineiden ja sähkön välillä. Esimerkiksi terästeollisuudessa on jo merkittävä sähkönkäyttö osassa prosesseja (mm. sulatus, uunit jne.). Vetytelkistykseen perustuvassa teräksen valmistuksessa prosessi voidaan sähköistää epäsuorasti. Metalliteollisuudessa on prosesseja, jotka on mahdollista sähköistää. Esimerkkeinä ovat sähköiset esilämmitys- ja lämpökäsittelyuunit.

Elintarviketeollisuus on sekä hukkalämmön hyödyntämisen että sähköistymisen kannalta merkittävä teollisuudenala, jolla lämmönkäytöllä on merkittävä rooli. Sähköistymisen näkökulmasta myös suora sähköistyminen on mahdollista elintarviketeollisuudessa, sillä esimerkiksi erilaiset prosessin esilämmitysratkaisut voivat toimia sähköllä ja esimerkiksi nykyiset maakaasu-uunit voivat korvautua sähköuuneilla. Teollisuuden alalla olevat lämmön ja kylmän varaajat mahdollistavat kysyntäjoustoratkaisujen hyödyntämisen, jossa olisi mahdollisuus hyödyntää yhtenä ratkaisuna myös sähkökattilaa.

Energiateollisuudessa voidaan hyödyntää sähkökattiloita laajasti kaukolämmöntuotannossa. Sähkökattiloiden määrä on lisääntynyt nopeasti kaukolämmöntuotannossa ja vuonna 2024 sähkökattiloilla tuotettiin jo 4 % kaukolämmöstä. Yleisesti voidaan todeta, että sähköisten lämmitysratkaisujen etuna on lämmöntuoton parempi hyötysuhde verrattuna polttotekniikkaan.

Suomen mahdollisuutena hukkalämpöjen hyödyntämisessä on kattava kaukolämpöverkosto. Tämä mahdollistaa sekä hukkalämmön hyödyntämisen teollisen mittakaavan lämpöpumpuilla että kaukolämpöverkon ja lämpöakkujen lataamisen sähköllä kysyntäjoustopilanteissa. Kaukolämpöverkosto on tärkeän linkki sektori-integraatiossa teollisuuden sekä energiantuottajien ja -jalkelijoiden välillä.

Polttoainekäyttöisissä työkoneissa kehityssuunta on myös sähkökäyttöisiin laitteisiin. Tämä nousee isoksi mahdollisuudeksi etenkin kaivosteollisuudessa. Maanalaisissa laitteissa sähköistyminen tuo lisäksi etuja kevyempien ilmanvaihtovaatimusten suhteen. Toisaalta valmistavassa teollisuudessa on käytössä erilaisia työkoneita (esim. trukit), joita on mahdollista sähköistää.

Myös liikenteen sähköistäminen tarjoaa merkittävän potentiaalın kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen, erityisesti kaupunkiliikenteessä ja henkilöautojen käyttövoimana. Sähköajoneuvot tuottavat käytön aikana huomattavasti vähemmän päästöjä kuin polttomoottoriajoneuvot, ja kun sähkö on päästötöntä (Suomessa jo lähes täysin), koko ajoneuvon elinkaaren aikaiset päästöt pienenevät merkittävästi. Esimerkiksi Suomessa sähköbussien käyttöönotto kaupunkiliikenteessä on jo vähentänyt paikallisia päästöjä ja melua. Myös sähköiset jakeluautot ovat yleistymässä, mikä mahdollistaa päästöjen vähentämisen logistiikassa erityisesti kaupunkien keskustoissa. Raskaan liikenteen sähköistäminen etenee hitaammin ja on huomattavasti henkilöliikennettä haastavampaa, mutta esimerkiksi sähköisiä kuorma-autoja on jo käytössä joillain lyhyillä reiteillä ja satamien sisäisessä liikenteessä. Raskaan liikenteen pitempien matkojen sekä meri- ja lentoliikenteen tapauksessa tarvitaan päästöjen vähentämiseksi lisäksi esimerkiksi sähköpolttoaineita. Yksityisautoilussa sähköautojen yleistyminen on nopeampaa, ja valtiolliset tukitoimet sekä latausverkoston laajentuminen vauhdittavat kehitystä. Kehittyvät sähköautomallit tarjoavat entistä pitemmän toimintamatkan ja nopeamman latauksen, mikä tekee sähköautoista entistä käytettävämpiä vaihtoehtoja. Myös sähköautojen hankintahinnat näyttävät kääntyneen lasku-uralle, vaikka kehitys onkin vielä tässä suhteessa maltillista.

4.4 Ydinenergia

Ydinenergian osalta ratkaisuja hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamiseen ja yhteiskunnan sähköistymisen tarpeisiin haetaan samanaikaisesti olemassa olevista suurista laitoksista sekä uuden sukupolven pienreaktoreista (SMR).

Perinteiset suuret voimalaitokset muodostavat Suomen sähköntuotannon vakaan selkärangan vielä pitkään. Olemassa olevan kapasiteetin ikääntyminen

kuitenkin muodostaa haasteen. Olkiluodon yksiköiden luvat päättyvät 2038 ja Loviisan yksiköiden 2050. Loviisan laitokset on suunniteltu purettavan nykyisen käyttöjakson jälkeen. Vaikka laitosten käyttöään jatkaminen on kustannustehokkain tapa ylläpitää päästötöntä tuotantoa, se vaatii merkittäviä perusteluja erityisesti turvallisuuden osalta.

Loviisan laitousyksiköiden poistuminen tuotantokäytöstä vuonna 2050 pienentäisi Suomen sähköntuotantoa nykyisellään noin 10 %:lla. Uusien suurten, korvaavien laitosten rakentaminen on hidasta; vaikka päätös tehtäisiin lähivuosina, uusi sähköä tuottava ydinvoimalaitosyksikkö valmistuisi aikaisintaan 2040-luvulla. Siten vuoteen 2050 mennessä Loviisan laitoksen korvaaminen suurella ydinvoimalaitoksella on kuitenkin mahdollista.

Pienreaktorit (SMR) avaavat ydinenergialle täysin uusia käyttökohteita perinteisen sähköntuotannon rinnalla. Niiden suurin potentiaali piilee kaukolämmön sekä vaikeasti sähköistettävien energiamuotojen, kuten teollisuuden prosessilämmön, päästöttömässä tuotannossa. SMR:t tarjoavat työkalun kaupunkien ja teollisuuden irrottamiseksi fossiilisista polttoaineista.

Ensimmäisiä SMR-laitoksia odotetaan käyttöön 2030-luvulla. 2040-luvun tulee olla niiden laajan kaupallisen käyttöönoton vuosikymmen. Tämä edellyttää, että teknologia, kustannuskilpailukyky ja luvitusmallit osoittautuvat toimiviksi 2030-luvun demonstraatiokohteissa, mahdollistaen nopean ja kustannustehokkaan rakentamisen ja käytön.

Vuoteen 2050 mennessä Suomen ydinenergiakenttä on todennäköisesti nykyistä monipuolisempi. Tässä visiossa suuret laitokset tuottavat edelleen valtaosan kantaverkon perusvoimasta, kun taas useat pienemmät SMR-laitokset toimittavat paikallisesti lämpöä kaupunkeihin ja höyryä teollisuuden tarpeisiin.

Fuusioenergia on vielä kehitysvaiheessa oleva energiantuotantomuoto, jonka teknisiä haasteita ratkotaan aktiivisesti eri tutkimuslaitoksissa ja kasvavassa määrin myös yrityksissä. Tulevaisuudessa fuusioenergian odotetaan tarjoavan puhdasta, turvallista ja lähes rajatonta energiaa ilman kasvihuonekaasupäästöjä. Ensimmäisiä kaupallisia fuusiovoimaloita jouduttaneen kuitenkin

odottamaan vielä vähintään pari vuosikymmentä. Fuusioenergian rooli Suomen energiahuollossa vuonna 2055 lienee siten rajallinen.

4.5 Vetyteknologia

Elektrolyysiin perustuvalla vedynvalmistuksella voi olla merkittävä rooli Suomen kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemisessä vuoteen 2055 mennessä. On kuitenkin huomionarvoista, että puhtaan vedyn valmistus sisältää huomattavia energiahäviöitä. Näin ollen merkittävimmät hyödyt keskittyvät lähinnä sektoreille, joilla lähtökohtaisesti energiatehokkaampi suora sähköistys on vähintään osittain haasteellista tai kallista, kuten sähköpolttoaineiden osalta lento- ja meriliikenne sekä raskas tieliikenne. Teollisuuden oleellisia prosesseja voivat olla esimerkiksi öljynjalostus, teräksen vetypelkistys tai lannoitteiden valmistus.

Mikäli uutta kysyntää syntyy, Suomella on mahdollisuus lisätä puhtaan vedynvalmistuksen mittakaavaa merkittävästi jatkuvasti kasvavan uusiutuvan sähköntuotantokapasiteetin määrän ansiosta. Suomessa on jo myönnetty investointitukia useille vetyprojekteille, joiden tarkoituksena on tuottaa sähköpolttoaineita.

Vedystä jalostettujen tuotteiden, kuten sähköpolttoaineiden, valmistuksen mahdollistamiseksi tarvitaan myös riittävä infrastruktuuri. Vetytalouteen liittyvissä keskusteluissa nousee usein esiin, että vetyverkkojen kehitys alkaa toteutuessaan keskeisten kulutuskohteiden ja puhtaan sähkön tuotantoalueiden yhteyteen syntyvistä ns. vetylaaksoista. Esimerkki maantieteellisesti keskeisestä alueesta on Pohjanlahden ympäristö ja seudulla toimivat metalliteollisuuden laitokset. Suomen valtion omistamaan Gasgrid-konserniin kuuluva Gasgrid Vetyverkot Oy on julkaissut suunnitelman kansallisen vedyn siirtoverkon rakentamiseksi, jonka on tarkoitus alkaa vuonna 2027. Vetyverkkojen rakentaminen lisää mahdollisuuksia joustavaan ja kustannustehokkaaseen integraatioon sähköjärjestelmän ja vetytalouden välillä.

Uusien projektien ja infrastruktuurin edistämistoimenpiteistä huolimatta vetyteknologian laajamittaisempaan merkitykseen nimenomaan Suomen päästöjen vähentämisessä liittyy huomattavia epävarmuuksia. Vaikka vety tunnustetaan jo EU-lainsäädännössä osana RNFBO-määritelmää, sähköpolttoaineiden valmistuksessa tarvittavan hiilidioksidin tarjontaan vaikuttavat myös sen hyödynnettävyys ja kannattavuus teknisinä nieluina (luku 4.2). EU:n päästökauppajärjestelmän puolestaan odotetaan nostavan fossiilisten polttoaineiden käyttökustannusta jatkuvasti, mikä parantanee vaihtoehtoisten vetyyn perustuvien ratkaisujen kannattavuutta tulevaisuudessa. Toisaalta kaikkeen vedynkäytön kannattavuuteen vaikuttavat myös mm. haasteellisten prosessien tai sektoreiden vaihtoehtoisten ratkaisujen ja elektrolyyserien investointikustannusten muutokset sekä sähkön hintatason kehittyminen.

4.6 Maatalouden menetelmät

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi pitkällä aikavälillä tarvitaan sekä jo tiedossa olevia keinoja ja niiden tehostamista, että uusia keinoja. Toimenpidevalikoima tulee monipuolistumaan ja samalla vaikutusten mittaaminen, todentaminen ja raportointi tehostuvat. Tähän vaikuttaa positiivisesti niin teknologinen kehitys, kuten robotiikka, automatisaatio ja mittaukseen käytettävät anturit sekä digitalisaation tuomat mahdollisuudet muun muassa suurten datamäärien käsittelyyn ja tekoälyn kautta.

Erilaiset digitaaliset työkalut auttavat tiloja seuraamaan tilakohtaisia päästöjä ja valitsemaan vaikuttavia toimenpiteitä päästöjen tehokkaaseen vähentämiseen. Esimerkiksi kivennäismaiden hiilivaraston kehitystä pystytään seuraamaan entistä tarkemmin tilakohtaisten digitaalisten työkalujen ja analyysimenetelmien avulla.

Turvemaista syntyvien päästöjen vähentämisessä tehokkaimpina keinona säilyvät jatkossakin pohjaveden pinnan korkeuden säätämiseen liittyvät toimet, joiden vaikutuksien seuranta tulee tarkentumaan kustannustehokkaiden ja helppokäyttöisten pohjavedenpinnan säätö- ja seurantateknologioiden avulla.

Kasvinjalostuksella on keskeinen rooli saatettaessa markkinoille uusia lajikkeita, jotka ovat paremmin sopeutuneet ilmastonmuutokseen ja jotka toimivat tehokkaammin hiilensidonnassa. Tulevaisuudessa kasvinjalostajat hyödyntävät yhä enemmän uusia teknologioita kuten geenimerkkejä, genomivalintaa ja erilaisia geenieditointimenetelmiä, kehittäessään uusia viljelykasvilajikkeita. Nämä innovaatiot nopeuttavat ja tehostavat jalostusprosessia sekä mahdollistavat uusien, toivottujen ominaisuuksien tuomisen jalostusaineistoon. Kun satoisuus ja satovarmuus paranevat, myös viljelykasvien kyky sitoa hiiltä tehostuu. Ilmastonmuutoksen myötä Suomessa avautuu lisäksi mahdollisuus viljellä uusia kasvilajeja.

Kotieläimiin liittyviä päästöjä voidaan vähentää parantamalla entisestään eläinten rehuhyötysuhdetta kotieläinjalostuksen, tuotantovaiheen mukaisen ruokinnan ja hyvän eläinterveyden kautta. Lisäksi markkinoille tulee uusia päästöjä vähentäviä rehulisäaineita. Tekniikat ja laitteet kasvihuonekaasupäästöjen ja myös ammoniakkin poistamiseen eläinsuojista kehittyvät vauhdilla ja niiden käyttö tiloilla yleistyy. Lannan ja maatalouden muiden sivuvirtojen varastoinnissa, käsittelyssä ja hyödyntämisessä otetaan käyttöön uusia päästöjä vähentäviä tekniikoita biokaasutuksen lisäksi ja myös biokaasutuksen päästöjä vähennetään uusilla teknologioilla ja menetelmillä. Kiertotalouden mukaisen hyödyntämisen edistymisen esimerkiksi ravinteiden kierrätyksen tehostuminen korvaa neitseellisten ja usein energiaintensiivisten raaka-aineiden käyttöä ja vähentää päästöjä. Esimerkiksi lannan separointi tiloilla mahdollistaa ravinteiden tehokkaamman hyödyntämisen ja tehostaa logistiikkaa tilan sisäisesti tai kuivajae voidaan hyödyntää myös kauempana tilasta.

Uudet täsmäviljelytekniikat tarkentavat niin lannoituksen, kasvinsuojeluaineiden kuin vedenkin käyttöä viljelykasvien tarpeiden ja satopotentialin mukaisesti. Sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä pellon vesitaloudesta sekä maan rakenteesta tulee huolehtia entistä paremmin ja pidentyneisiin kuivuuskausiin on varauduttava kastelulla. Toisaalta sadanta voi myös kasvaa syksyllä ja talvella, jolloin toimiva ojitus on erittäin tärkeää. Lannoitemarkkinoita tulee muuttamaan vihreä ammoniakki, joka on tuotettu hiilineutraalisti tai vähäpäästöisesti uusiutuvien energialähteiden avulla. Lisäksi tarjolla on erilaisia

inhibiittoreita, joilla voidaan parantaa tyyppipäästöjen hallintaa ja vähentään kasvihuonekaasupäästöjä, jos ne ovat toimivia Suomen kosteassa ja viileässä maaperässä.

Maatalouden käyttämästä energiasta yhä suurempi osa tuotetaan uusiutuville lähteillä. Työkonetekniikan kehittyminen ja uusiutuvien polttoaineiden saatavuuden kasvu mahdollistavat kaasu-, vety- ja sähkökäyttöisten työkoneneiden yleistymistä maataloudessa. Työkoneet myös automatisoituvat ja käytössä on robotiikkaa, joilla on mahdollisuus vähentää polttoaineiden kulutusta ja näin parantaa energiatehokkuutta.

Valtaosa ruoasta tuotetaan yhä perinteisesti pelloilla, laitumilla ja eläinsuojissa, mutta lisäarvoa ruokajärjestelmään voidaan saada uusilla tuotantoinnovaatioilla. Nämä innovatiiviset ratkaisut tarjoavat vaihtoehtoja, jotka voivat täydentää perinteistä ruoantuotantoa tulevaisuudessa.

Osa uusista tekniikoista parantavat myös maatalon taloutta: hyödyt voivat tulla tuotantopanosten säästön, parantuneiden tuotosten tai muuten tuotannon tehostumisen kautta. Jokaisen tekniikan kohdalla ei kuitenkaan ole näin, jolloin on tärkeää luoda kannustimia uuden tekniikan käyttöönottamiseksi.

Ruokavaliomuutos kasvispainotteisempaan suuntaan voi muuttaa maatalouden tuotantoa ja maankäyttöä vähempipäästöiseen suuntaan. Vähentävätkö kuluttajat kotieläintuotteiden kulutusta riippuu kuluttajien maku- ja ruokailutottumusten kehittymisestä. Kansallisesta ruokavaliomuutoksesta huolimatta kasvihuonekaasupäästöjen väheneminen voi olla hidasta, jos vienti vetää, rakennekehitys etenee ja maankäytön muutos jää pieneksi.

Kuluttajilla on tärkeä rooli maatalouden kasvihuonekaasupäästökehityksessä. Kehittyvän datatalouden myötä kuluttajille on tarjolla entistä enemmän tietoa muun muassa ruuan kestävydestä, tuotantotavasta ja ravintoarvoista, mutta iso kysymys on kasvaako tietoinen kuluttaminen ja maksuhalukkuus samalla tahdilla ja vaikuttaako se ruokavalintoihin.

4.7 Maankäyttösektorin menetelmät

Pitkällä aikavälillä metsien käsittelymenetelmät ovat monipuolistuneet entisestään. Metsätaloudessa jatkuvapeitteisen metsänhoidon menetelmät ja sekametsien kasvattaminen tulevat edelleen yleistymään. Massadatan hyödyntäminen sekä digitalisaation ja automaation kehitys avaavat metsälalle uusia mahdollisuuksia. Tulevaisuudessa työkoneet kykenevät yhä itsenäisempään toimintaan ja täsmämetsänhoito yleistyy. Myös metsänjalostuksen odotetaan edistyvän ja jalostetun metsänviljelyaineiston käytön lisääntyvän. Metsänjalostuksella parannetaan muuttuvassa ilmastossa tärkeitä metsäpuiden ominaisuuksia, kuten laajaa ympäristöolojen sietokykyä sekä hyvää kasvua, elävyyttä, kestävyyttä erilaisille tuhoille.

Noin neljännes Suomen puuntuotannon metsämaasta on suometsiä, joiden hoitoon kohdistuu kasvavaa painetta ilmaston, luonnon monimuotoisuuden ja vesistövaikutusten näkökulmasta. Tämä edellyttää osaamisen monipuolistamista sekä uusien teknologioiden kehittämistä turvemaiden puunkorjuuseen ja vesitalouden hallintaan.

Ilmastonmuutoksen myötä metsien hyönteis-, sieni- ja tuulituhojen esiintymisen todennäköisyys kasvaa, joten varautuminen ja riskien hallinta korostuu. Tämä luo kysyntää uusille teknologioille sekä riskien arvioinnin ja hallinnan uusille työkaluille. Entistä tarkempi ja laadukkaampi paikkatieto mahdollistaa tulevaisuudessa riskialueiden paremman kartoittamisen. Uusien työkalujen kehittäminen tukee metsänomistajia ja alan toimijoita tietoon perustuvassa päätöksenteossa.

Ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen sopeutuminen edellyttää uusien tuotteiden ja palveluiden sekä kokonaan uusien liiketoimintamallien kehittämistä metsäbiotaloudessa. Pitkällä aikavälillä metsäteollisuuden tuotantorakenteen odotetaan monipuolistuvan ja arvonnisan kasvavan. Puutuoteteollisuuden uudet innovaatiot edesauttavat pitkäikäisten puutuotteiden osuuden kasvattamisessa.

4.8 Johtopäätökset

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. 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. Keskeisimpänä päästöjen vähentämismenetelmänä teollisuudessa ja lämmöntuotannossa on suora sähköistyminen, joka mahdollistaa myös hukkalämpöjen tehokkaan hyödyntämisen. Myös liikenteessä sähköistyminen on merkittävin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismenetelmä, erityisesti kaupunkiliikenteessä ja henkilöautojen käyttövoimana. Raskaan liikenteen pitempien matkojen sekä meri- ja lentoliikenteen tapauksessa tarvittaneen päästöjen vähentämiseksi lisäksi epäsuoraa sähköistämistä esimerkiksi sähköpolttoaineiden avulla.

Laajamittainen sähköistyminen edellyttää suuria panostuksia sähköjärjestelmän kehittämiseksi. Sähköistymisen edellytyksenä on kohtuuhintaisen ja päästöttömän sähköntuotannon toimitusvarma saatavuus sekä riittävä sähköverkkoinfrastruktuuri. Puhtaan sähköntuotannon lisäämiseen on Suomessa hyvät edellytykset niin tuuli- ja aurinkovoiman kuin ydinenergian osalta. Sähköverkkoa pitää vahvistaa sekä kanta- ja jakeluverkkotasolla.

Keskipitkällä ja erityisesti pitkällä aikavälillä päästöjen vähentämismenetelminä painottuvat epäsuora sähköistyminen vetytalouden kautta ja siihen liittyvät tekniset nielut. Vetytalouden kehittyminen edellyttää erityisesti puhtaan teollisuuden lopputuotteiden markkinoiden kehittymistä niin EU:ssa kuin globaalisti.

Hiilidioksidin talteenotolla voi olla merkittävä rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä. KEITO LTS-raportin mukaan bioperäisen hiilen talteenotto ja varastointi (BECCS) voi muodostua keskeiseksi keinoksi 2040-luvulla. Fossiilisia polttoaineita korvaava hiilidioksidin hyötykäyttö (CCU) on myös tärkeää, mutta päästöt vapautuvat verrattain nopeasti takaisin ilmakehään, ja ilman

bioperäisen hiilen varastointia päästötavoitteita ei näin ollen saavuteta. Tois-
taiseksi teknisten nielujen käyttöönottoa rajoittavat investointikustannukset,
poliittisen ohjauksen puute, lupakäytännöt ja hiilidioksidin kuljetukseen vaa-
dittavan infrastruktuurin puuttuminen. Skenaarioiden mukaan CCS-tekno-
logian laajamittainen hyödyntäminen voisi kuitenkin laskea kokonaispäästöjä
vuoteen 2050 mennessä useita miljoonia tonneja vuodessa.

Keskeisin haaste liittyy kuitenkin maankäyttösektorin kehitykseen liittyvään
epävarmuuteen ja siten myös vuodelle 2035 asetetun hiilineutraalisuustavoit-
teen ja sen jälkeisen hiilinegatiivisuustavoitteen saavuttamiseen. Maankäyt-
tösektorin 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, hakkui-
den määrää ja pellonkäyttöä, ja siten myös maankäyttösektorin päästöjen ja
poistumien tasetta. Edellä mainituilla teknisillä hiilinieluilla voidaan tukea
maankäyttösektorin luonnon nielujen aikaansaamia poistumia.

Pohdittaessa jatkossa keskipitkän aikavälin päästöjen vähennysten ohjaus-
keinoja suoran sähköistämisen edistäminen on keskeinen menetelmä erityi-
sesti energian tuotannossa, öljynjalostuksessa, osassa teollisuutta ja liiken-
teessä. Epäsuoraa sähköistämistä vetytalouden kautta, mukaan lukien tekni-
set nielut, tulee edistää ohjauskeinoilla keskipitkällä ja erityisesti pitkällä aika-
välillä teollisuudessa ja raskaassa liiketeessä.

Liite

Liite 1. Lausuntoyhteenveto pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmasta

Työ- ja elinkeinoministeriö pyysi lausuntoja Suomen kansallisen pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman luonnoksesta 7-23.11.2025. Lausuntopyynnössä pyydettiin huomioita neljään teemaan ja myös yleisempien kommenttien jättämiseen oli mahdollista. Lausunto pyydettiin erikseen 137 taholta ja lausunnon antoi 74 tahoa.

Ilmastolain (423/2022) 20 §:n mukaan Suomen ilmastopaneelin tehtävänä on tuottaa, koostaa ja eritellä tieteellistä tietoa ja tunnistaa tietotarpeita ilmastomuutoksen hillitsemisestä ja siihen sopeutumisesta ilmastopolitiikan suunnittelua, toimeenpanoa, seurantaa ja päätöksentekoa varten. Näitä tehtäviä varten ilmastopaneeli antaa lausuntoja ilmastomuutoksen hillintään ja siihen sopeutumiseen liittyvistä ilmastopolitiikan asiakirjoista. Tämän vuoksi seuraavassa lausuntoyhteenvedossa on erikseen koottu yhteenveto Suomen ilmastopaneelin lausunnosta.

Lausuntoyhteenveto teemoittain

1) Huomioita pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustalla olevista vaihtoehtoisista skenaarioista (suunnitelman luku 2)

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustalla olevia KEITO-LTS-skenaarioita pidetään lausunnoissa kattavasti ja asiantuntevasti laadittuna. Lausunnoissa tunnistetaan, että kehityskulut ovat osittain ääriskenaariota, joten todennäköinen kehitys on skenaarioiden välissä tai yhdistelmä niistä. Osa lausunnonantajista toivoo yhdistelmiä skenaarioista, jotta ne kuvaisivat paremmin todennäköisiä kehityskulkuja. Skenaarioiden taustaoletuksista esitettiin osittain täysin vastakkaisia näkemyksiä. Esimerkiksi teknisten hiilinielujen edistymistä teknologista kehitystä korostavassa skenaariossa pidettiin yhtäältä epärealistisena ja toisaalta liian konservatiivisena. Erityistä kiitosta annetaan KEITO-skenaarioiden valmistelun laajasta osallistamisesta ja kansalaiskyselystä, sekä toimialojen vähähiilitiekarttojen hyödyntämisestä. Toisaalta tuotiin esille, että tutkijat olivat kiinnittäneet skenaarioiden lähtökohdat

ennen työpajoja, joten niihin ei pystynyt vaikuttamaan. Lausunnonantajat kommentoivat vaihtoehtoisia skenaariota pääosin oman toimialansa tai maakunnallisen toimialueensa lähtökohdista ja tuovat esille omia vahvuuksiaan ja haasteitaan vaihtoehtoisissa kehityskuluissa.

Lausunnoissa kiinnitetään huomioita, että vain ympäristö- ja ilmastonäkökohtia korostavassa skenaariossa saavutetaan hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Toisaalta kaikissa skenaarioissa hiilineutraalius saavutetaan 2040-luvulla. Lausunnoissa korostetaan maankäyttösektorin toimien tärkeyttä ja metsän hakkuiden suurta vaikutusta hiilineutraaliuden saavuttamisessa. Toisaalta lausunnoissa tuodaan esille, että ympäristö- ja ilmastonäkökohtia korostava skenaario johtaisi metsäteollisuuden tehtaiden sulkemiseen ja metsäteollisuuden tuotannon alenemiseen sekä hakkuiden siirtymiseen muualle (hakkuuvuoto), jolloin globaalia ilmastovaikutusta ei syntyisi. Sen sijaan Suomen talouskasvu ja työllisyys kärsisivät. Osa lausunnonantajista huomauttaa, että hiilineutraalius on keskipitkän aikavälin tavoite eikä sen tulisi painottua pitkän aikavälin suunnitelmassa.

Suunnitelmasta ei ole laadittu vaikutusarviota, koska suunnitelmassa ei esitetä politiikkatoimia. Osa lausunnonantajista toivoo kuitenkin vaikutusarvioita. Tällaisia voisivat lausuntojen perusteella olla esimerkiksi kilpailukyky- ja talousvaikutukset sekä vaikutukset julkiseen talouteen, työllisyyteen, aluekehitykseen, suomalaisten yritysten hiilikädenjälkeen, materiaalitehokkuuteen, luontokatoon, sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen, lapsiin ja nuoriin sekä ilmanlaatuun. Suunnitelmassa tulisi painottua enemmän myös ilmastomuutokseen sopeutuminen.

2) Huomioita toimialakohtaisista etenemisvaihtoehtoista (suunnitelman luku 3)

Lausuntopalautteessa nähdään etenemisvaihtoehtojen kanssa yhteneväisesti, että yleistrendinä mm. sähköistymisen ja uusiutuvien energialähteiden osuus kasvaa, vaikkakin myös esimerkiksi sähkön riittävydestä ja biomasan käytön kestävydestä kannetaan huolta. Toisaalta osassa lausunnoista kommentoidaan, että suunnitelmassa on esitetty kattavasti erilaisia etenemisvaihtoehtoja, mutta toisaalta skenaarioita pidetään jopa ääriesimerkeinä eikä varsinaisina etenemisvaihtoehtoina tai eri keinoja täsmällisesti

vertailevina toimenpidesuunnitelmina. Samalla melko monessa lausunnossa huomautetaan, että ainoastaan yhdessä etenemisvaihtoehdossa saavutetaan kaikki ilmastolain mukaiset tavoitteet, joihin ei päästä ilman hakkuiden rajoittamista. Monessa lausunnossa tuodaan esille myös skenaarioiden sisältämiä epävarmuuksia, jotka voidaan tulkita myös ristiriidoiksi, kuten kaukolämmön kilpailukyvyyn epävarmuus mutta toisaalta hyödyntäminen sektori-integraatiossa. Myös konkreettisempaa listausta mahdollisista politiikkatoimista toivotaan joissain lausunnoissa. Monin paikoin todetaan myös yleishuomiona, että etenemisvaihtoehdot näyttävät, miten kaikkien sektorien päästövähennystoimia on lisättävä ja niin teknisiä kuin luonnon hiilinieluja vahvistettava. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen kuvauksen koetaan keskimäärin jäävän yleiselle tasolle.

Yksityiskohtaisemmissa huomioissa nousevat esille muun muassa seuraavat asiat. Skenaarioissa ei päästä fossiilittoman liikenteen tiekartan mukaiseen päästöttömyyteen vuonna 2045, joten liikenteen toimiin tarvittaisiin lisäpanostamista. Nykyisen rakennuskannan ja -paikkojen hyödyntämistä, energiatehokkuuden parantamista sekä rakennusten kulutusjoustoa tulisi tuoda enemmän esiin – samoin rakennusten korjausvelkaa ja roolia ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. Rakennusten skenaariot nähdään joiltain osin myös konservatiivisina esimerkiksi alan tiekarttaan verrattuna. Myös rakennusmateriaalien ja luonnonvarojen käytön ilmastovaikutuksiin pitäisi kiinnittää enemmän huomiota.

Energiakäytön osalta joidenkin lausuntojen mukaan mm. kiinteistökohtaisen aurinkoenergiantuotantoa on ylikorostettu suhteessa teollisen mittakaavan tuotantoon, eivätkä etenemisvaihtoehdot nosta selvästi esiin biokaasun, biokierrotalouden, synteettisen metaanin, terästeollisuuden, vetytalouden tai elintarviketeollisuuden roolia. Vaihtoehdoissa ei juurikaan keskitytä tuotantomäärien, kulutuksen ja liikennesuoritteiden vähentämiseen. Toisaalta PPL-etenemisvaihtoehdon ajosuoritteiden laskua myös kyseenalaistetaan. Energialähteiden osalta ydinvoiman merkittävän lisärakentamisen kannattavuuteen suhtaudutaan epäilevästi – samoin vedyn ja sähköpolttoaineiden yleistyminen BIZ-etenemisvaihtoehdossa.

Maatalouden osalta todetaan, että missään skenaariossa ei ole tunnistettu merkittäviä päästövähennyskeinoja. Maankäyttösektorin haasteisiin ja keskeiseen rooliin päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Ympäristö ensin -skenaarion samanaikaista metsien lannoituksen kasvua ja hakkuiden laskemista ei kaikkien lausuntojen mukaan pidetä realistisena. Lisäksi hakkuiden rajoittamisen osalta kaivataan hakkuuvuodon analysointia. Toisaalta myös energiapuun tuonnin rajoitus 2 TWh:iin koetaan matalaksi.

3) Huomioita kasvihuonekaasupäästöjä vähentävien ja nieluja vahvistavien menetelmien kehitysnäkymistä (suunnitelman luku 4)

Yleistä

Päästövähennysmenetelmien kuvausta pidetään yleisesti ansiokkaana, ja kuvattuja menetelmiä Suomen päästökehityksen kannalta olennaisesti valittuna. Toisaalta lausunnoissa toivotaan kehitysnäkymiin määrällisiä arvioita menetelmien kustannuksista, kustannuskehityksestä, investoinneista ja mitataaavoista sekä pitkän aikavälin suunnitelman perustumista laajempaan ja monipuolisempaan aineistoon. Suunnitelmaluonnoksen tulisi korostaa vielä enemmän puhtaan siirtymän investointien edistämistä ja uusien, suoraan päästöihin vaikuttavien ratkaisujen käyttöönoton vauhdittamista.

Tekniset hiilinielut

Tekniset hiilinielut nähdään osin välttämättömänä täydentävänä ratkaisuna, kun ensisijaisena CO₂:n vähennyskeinona olevien luonnollisten nielujen kapasiteetti on rajallinen ja herkkä muutoksille.

Ehdotettiin kehittäväksi menetelmiä, joilla hiilidioksidi voidaan ottaa talteen myös suoraan ilmakehästä. Hiilidioksidin talteenotto ja hyödyntäminen tulisi tunnistaa selvemmin omana kokonaisuutenaan ja kehittää sen hyötykäytön sallivia teknologioita ja toimintatapoja tki-toiminnan ja investointien kautta.

Sähköistyminen

Sähköistymisen osalta toivotaan, että arviot sähkönkulutuksen kasvusta olisivat koherentteja Fingridin vastaavien skenaarioiden kanssa. Teollisen mitta-luokan kulutusjoustojen kehitysnäkymistä, mahdollisuuksista ja esteistä toivotaan syvällisempää käsittelyä.

Ydinenergia

Ydinenergiaa ei lausunnoissa juuri kommentoida muuten kuin ydinvoiman li-särähtämisen osalta. Sen ei nähdä olevan nopein eikä kustannustehokkain tapa vastata energiakriisiin tai ilmastotavoitteisiin.

Vetyteknologia

Vetytalon kehityksen mahdollisuudet ja suunnat on suunnitelmaluon-noksessa tunnistettu hyvin.

Maatalouden menetelmät

Lausuntopalautteen mukaan maatalousosuuteen ei sisälly samassa määrin arviota eri kehityskulkujen ja menetelmien yleistymisen todennäköisyydestä ja haasteista kuin muissa luvun menetelmien kuvauksissa. Ravinteiden kier-rätyksen ja mädätykseen perustuvien ratkaisujen potentiaali katsotaan vä-häiseksi. Maatalouden kehitysnäkymissä olisi hyödyllistä tuoda esiin myös koko ruokaketjun alkutuotannon datatarpeet.

Maankäyttösektorin menetelmät

Lausuntojen mukaan suunnitelmassa tuodaan esiin, miten ilmastotavoittei-den toteutuminen riippuu paljolti metsämaan hiilitaseesta, johon vaikuttaa merkittävimmin hakkuutaso. Palautteen mukaan suunnitelmassa pitäisi ana-lysoida tätä huomiota pidemmälle ja esittää toimia, joilla hakkuutaso on mah-dollista saada tasolle, jolla metsämaan hiilinielu on riittävä ilmastotavoitteiden toteutumiseksi. Myöskään hakkuumäärien merkitystä luonnon monimuotoi-suudelle ja siten metsien ilmastoresilienssille ei suunnitelmassa avata.

Muuta

Uusiutuvan energian teknologinen kehitys ja mahdolliset hidasteet, digitaalis-ten ratkaisujen ja teollisuuden kasvava merkitys, bioenergiaratkaisut ja

bioraaka-aineiden hyödyntämiseen jäävät lausuntojen mukaan vähälle suunnitelmassa huomiolle. Jatkossa on tärkeä arvioida tarkemmin uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainepohjan riittävyttä ja siihen liittyviä riskejä pidemmällä aikavälillä. Biokaasun, vedyn ja sähköisen liikenteen rooli tulisi nostaa pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa paremmin esille. Lisäksi on tärkeä pyrkiä arvioimaan tarkemmin vedyn ja sähköpolttoaineiden mahdollista kustannuskehitystä, epävarmuuksia ja julkisten tukien tarvetta pidemmällä aikavälillä. Metsien hiilinielujen kasvattamisella voidaan parhaimmillaan samalla vaikuttaa myös metsien biodiversiteettiin ja virkistyskäyttöarvoon.

4) Puuttuuko suunnitelmassa kuvattujen kasvihuonekaasupäästöjä vähentävien ja nieluja vahvistavien menetelmien joukosta joku keskeinen menetelmä (suunnitelman luku 4)?

Monessa lausunnossa todetaan, että kokonaisuutena suunnitelmaluonnoksen menetelmäkuvaus on kattava tai melko kattava, mutta joitakin teemoja voisi vahvistaa. Usean lausunnon mukaan kiertotalouden roolia voisi kuvata laajemmin ja konkreettisemmin, ei vain mainita lyhyesti. Kiertotalous nähdään kasvavana ja tärkeänä kehityssuuntana, jolla on merkittävä potentiaali päästövähennyksissä. Rakennusalan kiertotalous ja purkumateriaalien hyödyntäminen nostetaan esiin erityisen merkittävänä osa-alueina, koska ne vaikuttavat suoraan materiaalivirtoihin ja sitä kautta päästöihin. Puutuotteiden ja puurakentamisen roolia päästövähennys- ja nieluratkaisuna olisi myös voinut käsitellä suunnitelmaluonnoksessa enemmän. Lausunnoissa mainitaan myös biopohjaisten sivuvirtojen hyödyntämisen mahdollisuudet polttoaineiden ja lannoitteiden tuotannossa asiana, jota ei käsitellä riittävästi.

Käyttäytymisen ja kulutustottumusten muutokset nähdään merkittävänä päästövähennysten kannalta. Lausunnoissa korostetaan tarvetta nostaa kulutuksen vähentäminen, ruokavalion muutos, liikkuminen ja asuminen sekä ympäristökasvatus omaksi menetelmäkokonaisuudekseen. Lisäksi painotetaan tietoisuuden lisäämistä ja ihmisten osallistamista, sillä kuluttajien valinnoilla on lausunnonantajien mukaan huomattava vaikutus päästökehitykseen. Osamisen kehittämisen tarvetta tulisi käsitellä myös muissa suunnitelmassa kuvatuissa menetelmissä kuin maankäyttösektorin menetelmissä.

Liikenteen osa-aluetta koskien suunnitelma voisi usean lausujan mielestä sisältää yksityiskohtaisempia asioita, kuten tiestön kunnon ja autokannan uudistumisen merkitystä, raskaan kaluston taukopaikkojen ja jakelu- ja lataus-infran sekä MAL-sopimusten tärkeyttä liikenteen päästökehitykseen. Liikenteen alueellisia eroavaisuuksia ja erityispiirteitä sekä biokaasun käyttö raskaassa liikenteessä mainittiin myös asioina, joita tulisi käsitellä suunnitelmassa.

Suunnitelmassa toivotaan laajempaa käsittelyä luonnollisten hiilinielujen ja hiilivarastojen vahvistamisesta. Lausunnoissa todetaan, ettei suunnitelma-luonnoksessa käsitellä luonnonsuojelun merkitystä hiilensidonnan ja hiilivarastojen turvaamiselle. Lausunnoissa mainitaan luontopohjaisia ratkaisuja, kuten metsien suojelua, turvemaiden ennallistamista, metsitystä ja kosteikkojen palauttamista. Lausunnoissa korostetaan, että nämä menetelmät tukevat sekä ilmastotavoitteita että luontokadon estämistä, mutta niiden potentiaalia ei ole arvioitu suunnitelmaluonnoksessa riittävästi. Puunkäytön ja hakkuiden osalta esitetään lausunnoissa vastakkaisia näkemyksiä. Toisaalta nostetaan esiin tarve tarkastella hakkuutasojen rajoittamista yhtenä menetelmänä nielun vahvistamiseksi. Toisaalta kyseenalaistetaan ilmastonmuutoksen torjumista vähentämällä puunkäyttöä ja lisäämällä kiertoaikoja, mikä johtaisi puuston vanhenemiseen ja tekisi siitä alttiimman tuhoille.

Puuttuvina teemoina mainitaan lisäksi elinkeinoelämän palveluvaltaistuminen, suotuisa ja ennakoitava investointiympäristö sekä tutkimus-, kehitys- ja innovaatorahoitus. Hallinnon roolia ilmastotavoitteiden saavuttamisen edistäjänä mainittiin myös. Digitalisaatio ja datan hyödyntäminen saa muutaman lausunnon mukaan suunnitelmaluonnoksessa liian vähän huomiota. Paikalliset erityisolot ja elinkeinojen ja arvoketjujen alueellinen kehittäminen nostetaan myös esiin aiheena, jota ehdotetaan käsiteltävän suunnitelmassa.

Varsinaisten päästövähennys- ja hiilinielun vahvistamismenetelmien lisäksi yhdessä lausunnossa mainitaan ilmastointerventiot, kuten tekniset menetelmät jäätiköiden suojaamiseksi tai ilmaston viilentämiseksi, ja niiden vaikutusten kartoittaminen aiheena, jota sopisi nostaa esiin suunnitelmassa.

5) Muita huomioita pitkänaikavälin ilmastosuunnitelman luonnoksesta

Lausuntopyyntöön viimeisessä kohdassa oli mahdollisuus jättää yleisiä huomioita pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman luonnoksesta. Lausunnonantajat tuovat esille tässä kohdassa samoja asioita kuin kysymyksen yksi ”huomioita vaihtoehtoisista skenaarioista”. Lausunnoissa esitetään kommentteja mahdollisiin ohjauskeinoihin sekä mille sektoreille ohjauskeinojen tulisi tai ei tulisi kohdistua. Ohjauskeinot eivät saisi muun muassa heikentää kotimaista ruuantuotantoa, matkailua, perinteisiä saamelaiselinkeinoja, Suomen kilpailukykyä, harvaan asuttuja alueita, sosiaalista oikeudenmukaisuutta ja kohtuuhintaisen energian saatavuutta. Sen sijaan ohjauskeinoilla tulisi edistää elinkeinorakennetta, kilpailukykyä, ruokaturvaa sekä energian toimitus- ja huoltovarmuutta. Lausunnoissa toivotaan poliittisia kannanottoja toivottavista kehityskuluista ja ohjauskeinoista.

Lausunnoissa todetaan kasvihuonekaasupäästöjä vähentävien ja nieluja vahvistavien menetelmien kehitysnäkymien ja riittävyyden suhteessa kansallisiin tavoitteisiin ja EU-velvoitteisiin riippuvan paljolti poliittisesta tahtotilasta, sääntelyn toimeenpanon nopeudesta sekä sääntely- ja toimintaympäristön ennakoitavuudesta. Kehitysnäkökuulmissa ja jatkohankkeissa toivotaan huomioitavan myös alueelliset erityispiirteet, kiertotalous, materiaali- ja resurssitehokkuus, luonnonvarojen kestävä käyttö, biodiversiteetti, luonto- ja vesistövaikutukset, energiankulutuksen tehostaminen, energiansäästö, liikkumistarpeen vähentäminen, ihmisoikeuskysymykset ja huoltovarmuus.

Lausunnoissa otetaan kantaa myös ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmään. Suunnittelujärjestelmä on rakenteeltaan monimutkainen ja osin päällekkäinen. Tämä monimutkaisuus kasvattaa hallinnollisia kustannuksia ja heikentää ymmärrettävyyttä ja avoimuutta. Pitkän aikavälin suunnitelma nähdään päällekkäisenä EU:lle toimitettavan pitkän aikavälin strategian kanssa.

Lausuntoaikaa pidettiin yleisesti liian lyhyenä.

Yhteenveto Suomen ilmastopaneelin lausunnosta

Ilmastolain (423/2022) 20 §:n mukaan Suomen ilmastopaneelin tehtävänä on tuottaa, koostaa ja eritellä tieteellistä tietoa ja tunnistaa tietotarpeita ilmaston-

muutoksen hillitsemisestä ja siihen sopeutumisesta ilmastopolitiikan suunnittelua, toimeenpanoa, seuranta ja päätöksentekoa varten. Näitä tehtäviä varten ilmastopaneeli antaa lausuntoja ilmastomuutoksen hillintään ja siihen sopeutumiseen liittyvistä ilmastopolitiikan asiakirjoista. Tämän vuoksi seuraa-vassa on erikseen koottu yhteenveto Suomen ilmastopaneelin lausunnosta.

Yleiset huomiot LTS-skenaarioista

Ilmastopaneeli toteaa, että pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaluonnos pohjaa ääriskenaarioihin, ja skenaarioiden luonne vaihtoehtoisia, osin epätodennäköisiäkin yhteiskunnallisia kehityskulkuja havainnollistavana kokonaisuutena on sanoitettu suunnitelmaluonnoksessa sinänsä ansiokkaasti. Kuitenkin neljästä skenaarioista vain yksi saavuttaa kaikki ilmastolain mukaiset tavoitteet.

Ilmastopaneeli tuo esille, että pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaluonnoksen pohjana olevissa skenaarioissa ei ole mallinnettu EU:n vuoden 2030 jälkeisiä tavoitteita, koska eurooppalaisen ilmastolain uudistus vuoden 2040 tavoitteen ja toimeenpanolainsäädännön osalta on vielä kesken. EU:n päästövähennystavoitteet tulevat kuitenkin tiukentumaan ensi vuosikymmenellä, joten tämä tulisi huomioida myös pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa.

Ilmastopaneelin mukaan KEITO-hankkeen LTS-työssä ei lähtökohtaisesti tarkasteltu ilmastomuutokseen sopeutumista, vaikka ilmaston lämpenemisen vaikutuksia on sisällytetty jossain määrin joihinkin mallinnuksiin.

Ilmastopaneelin mukaan skenaarioissa ei oteta riittävästi huomioon tasapainoista vaihtoehtoa, jossa metsäteollisuus kehittyisi ”markkinat edellä” energia- ja materiaalitehokkaampaan suuntaan valmistaen korkeamman jalostusarvon tuotteita pienemmästä ainespuumäärästä, ja energiakäyttöön ohjautuvan puun määrä vähentyisi merkittävästi. Tämä voi synnyttää ilmastotavoitteiden saavuttamisen ja Suomen taloudellisten mahdollisuuksien ja kilpailukyvyn välille mielikuvatasolla perusteetonta ristiriitaa.

Huomiot toimialakohtaisista etenemisvaihtoehdoista

Ilmastopaneelin mukaan skenaariot on laadittu ansiokkaasti, mutta niistä voitaisiin muodostaa toteuttamiskelpoisia etenemisvaihtoehtoja, jotta voitaisiin määritellä eri toimialoille vaadittavat panokset tavoitteisiin pääsemiseksi. Etenemisvaihtoehdot tulisi sitoa tavoitteiden saavuttamiseen. Poliittikkatoimien suunnittelua varten olisi hyödyllistä arvioida, mitkä skenaarion elementit voitaisiin yhdistää toteuttamiskelpoiseksi ilmastolain tavoitteet saavuttaviksi etenemisvaihtoehdoiksi.

Huomioita kasvihuonekaasupäästöjä vähentävien ja nieluja vahvistavien menetelmien kehitysnäkymistä

Ilmastopaneelin mukaan suunnitelmassa ei esitetä, miten ja missä määrin uudet menetelmät auttavat saavuttamaan ilmastolain tavoitteet ja miten menetelmä- ja kehitysnäkymät kytkeytyvät ilmastopoliittiseen päätöksentekoon ja tulevien politiikkatoimien valmisteluun.

Suunnitelmassa olisi tullut hyödyntää laajemmin eri skenaarioita KEITO-mallinnuksen ja Fingridin skenaarioiden lisäksi.

Muita huomioita pitkäaikavälin ilmastosuunnitelman luonnoksesta

Ilmastopaneeli ehdottaa, että suunnitelmaa tulee täydentää ennen kymmenen vuoden takarajaa, jos kehityskulut näyttävät mahdottomilta tai epätodennäköisiltä ajankohtaisen tiedon valossa. Suunnitelma voitaisiin päivittää EU:lle hallintomalliasetuksen mukaisen pitkän aikavälin suunnitelman yhteydessä. Suunnitelmassa voitaisiin käsitellä myös oikeudenmukaisuuteen liittyviä kysymyksiä muidenkin ryhmien kuin saamelaisten osalta. Suunnitelman lausuntoaika oli vain kaksi viikkoa.

Lähteet

Ilmastolaki (423/2022), antopäivä 10.6.2022. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2022/423>

Hallituksen esitys eduskunnalle ilmastolaiksi, HE 27/2022 vp (3.3.2022). <https://www.finlex.fi/fi/hallituksen-esitykset/2022/27>

Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaselvitys. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, VTT Technology 443 (27.10.2025). <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T443.pdf>

Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – keskipitkän aikavälin vaikutusarviot. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, VTT Technology 442 (2.10.2025). <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T442.pdf>

Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO). Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:26 (20.6.2024). <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-219-0>

Yhteenveto toimialojen vähähiilitiekartoista 2024. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2024:45 (29.10.2024). <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-829-5>

Fingridin sähköjärjestelmävisio vuodelle 2040. Loppuraportti 10/2025, Fingrid (10/2025). <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/sahkojarjestelma-visio/>

Suomen hiilineutraalispolku – Arvio hiilineutraaliuden saavuttamisesta ja sen keinoista. Suomen Ilmastopaneelin julkaisuja 1/2025. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/suomen-hiilineutraalispolku-arvio-hiilineutraaliuden-saavuttamisesta-ja-sen-keinoista/>

Suomen teollisuuden sähköistyminen ja sen vaikutus energiatehokkuuteen ja hukkalämpöjen hyödyntämiseen, Motiva 05/2021 (26.2.2021).

https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/kaikki_julkaisut/suomen_teollisuuden_sahkoistuminen_ja_sen_vaikutus_energiatehokkuuteen_ja_hukkalampojen_hyodyntamiseen.9236.shtml

Selvitys hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön kansallisesta ilmasto- ja talouspotentiaalista. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Asiakasraportti VTT-CR-00468-24 (21.8.2024). https://teknologiateollisuus.fi/wp-content/uploads/2024/09/VTT-projektiraportti_Selvitys-hiilidioksidin-talteenoton-ja-hyotykayton-potentiaalista.pdf

Tietokooste hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin teknologioista. Ilmastopaneeli, Tietokooste (4.7.2025). <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/tietokooste-hiilidioksidin-talteenoton-ja-varastoinnin-teknologioista/>

Päästäjästä tuottajaksi – Hiilidioksiditaloudella arvonlisää Suomen metsäsektorille. Luonnonvarakeskus ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, ISBN 978-951-38-8835-0 (2024). https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2024/VTT_Luke_Hiilidioksiditalous.pdf

Energia- ja ilmastotiekartta 2050 – Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16.10.2014, työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Energia ja ilmasto 31/2014. <https://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf?t=1463395012000>

Selvitys energiapolitiikan vaihtoehtoista, työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Energia ja ilmasto 25/2015. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-227-977-4>

Suomen pitkän aikavälin strategia kasvihuonekaasujen vähentämiseksi, työ- ja elinkeinoministeriö. Toimitettu EU-komissiolle 1.4.2020. <https://tem.fi/documents/1410877/2132096/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020/8cd55d4d-6de7-657f-a86f-bc79497d4756/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020.pdf?t=1692094955051>

Finland's long-term low greenhouse gas emission development strategy, Ministry of Economic Affairs and Employment. Submitted to UNFCCC 6.10.2020. <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>

Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelmasta vuoteen 2030: Hyvinvointia ja turvallisuutta muuttuvassa ilmastossa. Valtioneuvoston julkaisu 2023:73. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-585-6>

Data centres: Hungry for power. Forecasting European power demand from data centres to 2035. Independent Commodity Intelligence Services, ICIS. <https://www.icis.com/explore/resources/data-centres-hungry-for-power/>

Metsät ja ilmasto: Hakkuut, hiilinielut ja puun käytön korvaushyödyt, Suomen Ilmastopaneelin raportti 3/2022. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/metsat-ja-ilmasto-hakkuut-hiilinielut-ja-puun-kayton-korvaushyodyt/>

Potential impacts of the EU's biodiversity strategy on the EU and global forest sector and on the risk of biodiversity loss. Kallio & Rannestad, Norwegian University of Life Sciences. Environment Systems and Decision, Volume 45, article number 58, (2025). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10669-025-10050-1>