



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 54/2022

# Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman mukainen skenaariotarkastelu vuoteen 2040

Paula Ollila, Sofia Vikfors, Harri Kilpeläinen, Jyrki Aakkula, Hannu Hirvelä,  
Kari Härkönen, Kauko Koikkalainen, Antti Miettinen,  
Jukka-Pekka Myllykangas, Tarja Silfver ja Antti Wall

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 54/2022

# **Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman mukainen skenaariotarkastelu vuoteen 2040**

Paula Ollila, Sofia Vikfors, Harri Kilpeläinen, Jyrki Aakkula,  
Hannu Hirvelä, Kari Härkönen, Kauko Koikkalainen, Antti Miettinen,  
Jukka-Pekka Myllykangas, Tarja Silfver ja Antti Wall

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2022

## **Viittausohje:**

Ollila, P., Vikfors, S., Kilpeläinen, H., Aakkula, J., Hirvelä, H., Härkönen, K., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Myllykangas, J.-P., Silfver, T. & Wall, A. 2022. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman mukainen skenaariotarkastelu vuoteen 2040. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 54/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 24 s.



ISBN 978-952-380-459-3 (Painettu)

ISBN 978-952-380-460-9 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-460-9>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Paula Ollila, Sofia Vikfors, Harri Kilpeläinen, Jyrki Aakkula, Hannu Hirvelä, Kari Härkönen, Kauko Koikkalainen, Antti Miettinen, Jukka-Pekka Myllykangas, Tarja Silfver ja Antti Wall

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2022

Julkaisuvuosi: 2022

Kannen kuva: Paula Ollila

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

## Tiivistelmä

Paula Ollila, Sofia Vikfors, Harri Kilpeläinen, Jyrki Aakkula, Hannu Hirvelä, Kari Härkönen, Kauko Koikkalainen, Antti Miettinen, Jukka-Pekka Myllykangas, Tarja Silfver ja Antti Wall

Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi@luke.fi

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma (MISU) (Maa- ja metsätalousministeriö 2022) koostuu maankäyttösektorille suunnitelluista toimenpiteistä, joilla tavoitellaan sektorille asetettuja ilmastotavoitteita osana Suomen tavoitetta saavuttaa hiilineutraalisuus vuoteen 2035 mennessä. Maankäyttösektorilla toteutettavien lisätoimien tavoiteltu vuosittainen nettovaikutus on vähintään 3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia vuoteen 2035 mennessä verrattuna nykytoimiin. Maa- ja metsätalousministeriö on pyytänyt Luonnonvarakeskukselta skenaariotarkastelun (MISU-WAM) tavoitteen saavuttamisen varmistamiseksi.

Skenaariolaskelmissa hyödynnettiin Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI) -hankkeessa laadittuja perus- ja lisätoimiskenaarioita (HIISI-WEM ja HIISI-WAM) (Maanavilja ym. 2021) sekä mm. selvitystä maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteiden päästövähennysmahdollisuuksista (Lehtonen ym. 2021) ja hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin IPCC:n päästökertoimia (IPCC 2014).

Skenaariotarkastelun mukaan Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman toimilla saavutettu nettovaikutus on 4,7 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia vuonna 2035 perusskenaarioon verrattuna. Tämä ylittää suunnitelmalle asetetun minimitaloituksen 1,7 miljoonalla hiilidioksidiekvivalenttitonnilta. Vuoden 2035 kokonaisnettovaikutuksesta metsämaan osuus on 68 prosenttia ja viljelysmaiden osuus on 32 prosenttia. Skenaariossa vuoden 2035 maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF) -sektorin nettonielu on -22,7 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia.

Epävarmuudet skenaariotöissä ovat suuria, joten tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina. Toimintaympäristö muuttuu jatkuvasti ja muutokset voivat olla suuriakin, kuten Ukrainan sota on osoittanut. Skenaario myös sisältää aina suuren joukon oletuksia. Skenaario ei ole ennuste, vaan kuvaus yhdestä vaihtoehtoisesta tulevaisuudesta, joka toteutuu vain, jos kaikki sen oletukset toteutuvat täysimääräisinä.

**Asiasanat:** ilmastomuutos, hiilinielu, hiilivarasto, kasvihuonekaasut, maankäyttö, maatalous, metsitys, metsäkato, metsätalous, turvemaat

# Sisällys

<b>1. Johdanto .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Skenaariolaskelmiin sisältyvien lisätoimien kuvaus .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Laskentamenetelmät ja oletukset .....</b>	<b>8</b>
3.1. Metsävarojen kehitys ja hakkuut .....	8
3.2. Kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien laskenta.....	13
3.2.1. Yleiset oletukset .....	13
3.2.2. Metsämaan kasvihuonekaasupäästölaskenta .....	14
3.2.3. Metsityksen ja metsäkadon hillinnän laskenta .....	14
3.2.4. Maatalousmailla tapahtuvien toimien laskenta.....	15
<b>4. MISU-WAM-skenaarion kasvihuonekaasuvaikutukset .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Tulosten tarkastelu .....</b>	<b>20</b>
<b>Viitteet.....</b>	<b>23</b>

# 1. Johdanto

*Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma* (MISU) koostuu maankäyttösektorille suunnitelluista toimenpiteistä, joilla tavoitellaan sektorille asetettuja ilmastotavoitteita osana Suomen tavoitetta saavuttaa hiilineutraalisuus vuoteen 2035 mennessä (Maa- ja metsätalousministeriö 2022). Suunnitelmaluonnoksen on laatinut maa- ja metsätalousministeriön valmistelua varten perustama virkamiestyöryhmä. Suunnitelma on tarkoitus antaa valtioneuvoston selontekona eduskunnalle vuoden 2022 aikana.

Maankäyttösektorilla toteutettavien lisätoimien tavoiteltu vuosittainen nettovaikutus on vähintään 3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia vuoteen 2035 mennessä. Tavoite on määritelty hallituksen Vuosaaren ilmastokokouksessa 3.2.2020 julkistamassa tiekartassa *Hiilineutraali Suomi 2035* -tavoitteen saavuttamiseksi (Valtioneuvosto 2020a). Maa- ja metsätalousministeriö on pyytänyt Luonnonvarakeskukselta skenaariotarkastelun tavoitteen saavuttamisen varmistamiseksi.

EU:n ilmastopolitiikassa on määritelty ns. perusskenaario tai nykytoimiskenaario (*With Existing Measures, WEM*), joka kuvaa tilannetta, jossa tulevaisuudessa ei oteta käyttöön uusia ilmastopoliittisia ohjauskeinoja verrattuna nykyisin käytössä oleviin ohjauskeinoihin tai niihin, joiden käyttöönotosta on jo päätetty. Poliittikkaskenaario tai lisätoimiskenaario (*With Additional Measures, WAM*) taas kuvaa tilannetta, jossa otetaan käyttöön uusia poliittisia ohjauskeinoja jo käytössä olevien tai päätettyjen lisäksi.

Hallituksen muotoilema tavoite maankäyttösektorille on määritelty suhteessa nykytoimiin vuonna 2035. Se tarkoittaa sitä, että tässä raportissa kuvattavan lisätoimiskenaarion, ns. MISU-WAM:n tuottamaa nettohiilivaikutusta vuodelle 2035 verrataan perusskenaarion tuottamaan maankäyttösektorin nettohiilivaikutukseen vuonna 2035. Näiden kahden skenaarion erotuksen vuonna 2035 tulee olla vähintään 3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia, jotta tavoite saavutetaan. Perusskenaariona on käytetty *Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset* (HIISI) -hankkeessa laadittua perusskenaariota HIISI-WEM (Maanvilja ym. 2021).

## 2. Skenaariolaskelmiin sisältyvien lisätoimien kuvaus

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma sisältää yhteensä 35 toimea, joilla pyritään saavuttamaan hallituksen asettama ilmastotavoite maankäyttösektorille. Toimet on kuvattu tarkemmin Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman luvussa 7 (Maa- ja metsätalousministeriö 2022). Jotta toimenpide voidaan sisällyttää skenaariotarkasteluun ja sen vaikutus kasvihuonekaasujen päästöihin ja poistumiin voidaan laskea yhdenmukaisesti Suomen kasvihuonekaasuinventaarion luokitusten ja menetelmien kanssa, sille on määriteltävä pinta-ala ja maankäyttöluokka. Monet suunnitelman toimenpiteistä ovat sellaisia, joiden pinta-alaa tai maankäyttöluokkaa ei niiden luonteen vuoksi voida määritellä. Tämä koskee esimerkiksi osaamista, viestintää ja yhteistyötä vahvistavia toimenpiteitä. Suurin osa suunnitelman toimenpiteistä, joille on määritelty toteutus- ja pinta-ala, kuuluvat maankäyttöluokkiin metsämaa ja viljelysmaa. Lisätoimien toteutus- ja pinta-alaat ovat Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman valmistelleen virkamiestyöryhmän määrittämiä.

### Metsätalouden lisätoimet

Metsätalouden toimenpiteisiin tehtävillä muutoksilla pyritään kasvattamaan metsien hiilivarastoa ja vahvistamaan metsien hiilinielua. Skenaariolaskelmiin sisältyvät myös Metsähallituksen hallinnoimiin metsiin kohdistuvat ilmastotoimet hallituksen määrittelemien omistajapoliittisten linjausten mukaisesti (Valtioneuvosto 2020b, 2021).

Vuodesta 2023 eteenpäin suometsissä vältetään kunnostusojituksia harvennushakkuiden yhteydessä rehevissä korvissa sekä karuilla rämeillä 1 000 hehtaarilla vuodessa. Vuodesta 2023 lähtien rehevissä korvissa 30 prosenttia hakkuista toteutetaan peitteisen metsänkasvatuksen menetelmillä, 6 000 hehtaarilla vuodessa. Vuosina 2020–2028 ojitettuja turvemaita lannoitetaan tuhkalannoitteella 37 000 hehtaaria vuodessa, mikä on 26 000 hehtaaria vuodessa enemmän kuin vuonna 2019. Kivennäismaametsien lannoitusta lisätään 24 000 hehtaarilla vuodessa tasolle 50 000 hehtaaria vuodessa. Lisäksi Metsähallituksen hallinnoimissa metsissä lannoitetaan 30 000 hehtaaria vuodessa vuosina 2023–2035. Talousmetsien lahopuun hiilivarastoa kasvatetaan jättämällä lisää säästöpuita ja metsien nopeaa ja tehokasta uudistumista edistetään uudistamalla metsiä viipymättä uudistushakkuun jälkeen.

### Metsitystä ja metsäkadon hillintää koskevat lisätoimet

Päästöjä vähennetään metsityksen myötä lisäämällä puuston hiilivarastoa ja vähentämällä maaperän päästöjä tai lisäämällä maaperän hiilivarastoja. Vuosina 2021–2023 joutoalueita metsitetään 3000–4000 hehtaaria vuodessa ja toimenpiteen suunnitellaan jatkuvan vuodesta 2024. Heikkotuottoisia, metsitykseen soveltuvia turvemaapeltoja metsitetään vuosina 2024–2028 yhteensä 9 000 hehtaaria, josta 6 000 hehtaaria on Etelä-Suomessa ja 3 000 hehtaaria Pohjois-Suomessa.

Kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään hillitsemällä metsäkatoa. Metsäkato tarkoittaa maankäytön muutosta metsästä toiseen maankäyttöluokkaan, esimerkiksi viljelysmaaksi tai rakennetuksi maaksi. Vuodesta 2023 metsämaiden raivaus pelloiksi vähenee turvemaille 900 hehtaaria ja kivennäismailla 800 hehtaaria vuodessa perusskenaarioon verrattuna. Rakennetun maan raivauksen ehkäisytoimenpide ei sisälly lisätoimiskenaarioon, sillä toteutus- ja pinta-ala ei ole määritelty suunnitelman valmisteluvaiheessa.

## Maatalousmaata koskevat lisätoimet

Viljelysmailla päästöjä vähennetään muuttamalla viljelymenetelmiä ja nostamalla turvepeltojen pohjaveden pintaa. Turvemaapeltojen vedenpinnan korkeutta nostetaan yhteensä 65 000 hehtaarilla vuoteen 2035 mennessä. DTW-kartoituksen (*depth to water*) (Kekkonen 2022) mukaan pohjavesivarannot riittävät tämän suuruisella turvepeltoalalla vedenpinnan nostamiseen riittävän korkealle, jotta turpeen hajoaminen hidastuu. Pelloilla, joiden pohjaveden pinta on nostettu tasoon -30 cm maanpinnasta, viljellään nurmea monivuotisesti ilman muokkausta 20 000 hehtaarilla vuoteen 2030 mennessä ja 32 500 hehtaarilla vuoteen 2035 mennessä. Muita biomassaa tuottavia kasveja (ruokohelpi ym.) viljellään 5 000 hehtaarilla vuoteen 2030 mennessä ja 10 000 hehtaarilla vuoteen 2035 mennessä. Pelloilla, joiden pohjaveden pinta on nostettu tasoon -5 – -10 cm maanpinnasta, viljellään kosteikkoviljelyyn soveltuvia kasveja (osmankäämi, kihokki tms.) 2 500 hehtaarilla vuoteen 2030 mennessä ja 5 000 hehtaarilla vuoteen 2035 mennessä. Ilmastokosteikkoja perustetaan 4 000 hehtaarille entisille turvemaapelloille vuoteen 2030 mennessä ja 7 500 hehtaarille vuoteen 2035 mennessä. Lisäksi vuoteen 2030 mennessä vetetään 10 000 hehtaaria huonotuottoisia, paksuturpeisia peltoja ja suonpohjia ilmastokosteikoiksi.

**Taulukko 1.** Maatalouden toimenpiteiden toteutusalat (ha) vuosina 2025, 2030, 2035 ja 2040.

Toimenpide	2025	2030	2035	2040
Turvemaan nurmiviljely korotetulla pohjaveden pinnalla -30 cm	7 500	20 000	32 500	32 500
Turvemaan viljely korotetulla vedenpinnalla (ruokohelpi ym.) -30 cm	2 000	5 000	10 000	10 000
Turvemaan viljely korotetulla vedenpinnalla -5 – -10 cm (osmankäämi, kihokki tms.)	1 000	2 500	5 000	5 000
Turvepellon ilmastokosteikko	1 500	4 000	7 500	7 500
Turvepeltojen nurmet	40 000	40 000	40 000	40 000
Vetetään huonotuottoisia, paksuturpeisia peltoja ja suonpohjia ilmastokosteikoiksi	4 000	10 000	10 000	10 000
YHTEENSÄ	56 000	81 500	105 000	105 000

Vuodesta 2023 lähtien turvemaapeltojen yksivuotisten kasvien viljelyä korvataan nurmiviljelyllä 40 000 hehtaarilla vuodessa. CAP-suunnitelman turvepeltojen nurmet -toimenpide ei edellytä pohjaveden pinnan nostamista, mutta toimenpiteellä edistetään monivuotisten kasvien viljelyä muokkaamatta eloperäisillä mailla (YMP:n strategiasuunnitelmaraportti 2021).

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmaan sisältyvä kivennäismaapeltojen hiilensidontaan ja hiilivarastojen pysyvyyteen vaikuttava toimenpide on jätetty pois skenaariolaskelmista, koska toimenpiteiden (kuten luonnonhoito- ja viherlannoitusnurmet sekä maanparannus- ja sanerauskasvit) ilmastovaikutuksen arviointiin liittyy vielä paljon epävarmuutta.



## 3. Laskentamenetelmät ja oletukset

### 3.1. Metsävarojen kehitys ja hakkuut

MISU-WAM-skenaariolaskelman metsiin liittyvissä tarkasteluissa hyödynnettiin HIISI-hankkeessa laadittuja perus- ja politiikkaskenaarioita, joissa hakkuita ohjasivat skenaariokohtaisesti määritellyt metsäteollisuuden puunkäyttötarpeen ja puun energiakäytön arviot (Maanavilja ym. 2021). Puun käyttötarvearvioiden pohjalta johdettiin laskennassa käytetyt alueelliset hakkuukertymätavoitteet aines- ja energiapuulle. Ainespuun osalta nämä kertymätavoitteet olivat samat perusskenaariossa HIISI-WEM ja politiikkaskenaariossa HIISI-WAM, mutta energiakäyttöön korjattavan puun osalta kertymätavoitteet poikkesivat skenaarioissa hieman toisistaan. MISU-WAM-skenaariolaskelmassa aines- ja energiapuun hakkuukertymät olivat yhdenmukaiset HIISI-WEM-skenaarion kanssa.

MISU-WAM-skenaariossa kotimaisen ainespuun, metsähakkeen ja polttopuun käyttöä vastaava hakkuuprojektio sekä sille ehdollinen metsävarojen kehitys laskettiin koko Suomelle MELA-ohjelmistolla (Hirvelä ym. 2017, Luke 2022a). Laskennan lähtötilanteen metsävaratietona käytettiin valtakunnan metsien 12. inventoinnin (VMI12) maastoaineistoa mittausvuosilta 2014–2018 (Korhonen ym. 2021). Ylä-Lapin osalta laskenta perustui vuosina 2012–2013 mitattuun VMI11:n maastoaineistoon (Korhonen ym. 2017). Aineisto edusti metsävarojen tilannetta keskimäärin vuonna 2016, joka oli myös metsien skenaariolaskennan aloitusvuosi. Laskenta MELA-ohjelmistolla toteutettiin 10 vuoden pituisille kausille, joiden puolivälissä metsänkäsittelytoimenpiteet olivat mahdollisia.

HIISI-WEM-skenaariossa käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi perustui MELA Tulospalvelun mukaisiin määrittelyihin (Maanavilja ym. 2021, Luke 2022a), joiden mukaisesti metsänkäsittely on mahdollista vain puuntuotannossa olevalla metsämaalla ja kaikki kitu- ja joutomaat ovat metsänkäsittelyn ulkopuolella. MELA Tulospalvelun mukaisista määrittelyistä poiketen MISU-WAM-skenaariossa osalta metsien käsittelyssä huomioitiin kuitenkin joukko metsien hiilinielujen ja monimuotoisuuden lisäämiseen tähtääviä politiikkatoimia, jotka olivat pääosin yhtenevät HIISI-WAM-skenaariossa (taulukko 2). HIISI-WAM-skenaariossa oli mukana kasvatuslannoituksen lisäämistä 150 000 hehtaariin vuodessa, karujen rämeiden rajaamista kunnostusojitusten ulkopuolelle harvennushakkuiden yhteydessä ja yläharvennuksia osassa kiertojen viimeisistä harvennushakkuista (Maanavilja ym. 2021). Nämä lisätoimet pohjautuivat Metsäteollisuus ry:n ilmastotiekartan metsänhoitoskenaariossa keinoihin (Luke 2020) lisätä metsien kasvua ja ottaa huomioon muita metsien käyttömuotoja. Molemmissa HIISI-skenaarioissa oletettiin, että taimikonhoito tehtiin aina metsänhoidon suositusten mukaisesti ja että jalostetun viljelymateriaalin mahdollinen vaikutus sisältyi laskelmissa sovellettuun kasvuntasoon (Maanavilja ym. 2021).

HIISI-WAM-skenaariossa mukaisesti MISU-WAM-skenaariolaskelmassa tavoiteltiin kunnostusojitusten vähentämistä 1 000 hehtaariin vuodessa rehevissä korvissa ja karuilla rämeillä ja yläharvennuksia 6 000 hehtaariin vuodessa rehevissä korvissa (taulukko 2). MISU-WAM-skenaariossa lannoitusten vuotuinen kokonaisala lisättiin kuitenkin 117 000 hehtaariin sekä uudistushakkuissa valittavien säästöpuiden hehtaarikohtaista määrää nostettiin viidestä seitsemään kuutiometriin. Laskennassa oletettiin myös, että metsät uudistetaan viipymättä uudistushakkuun jälkeen.

**Taulukko 2.** Metsän käsittelytoimenpiteiden eroavuudet skenaarioiden välillä. Lannoitusten tavoitepinta-alat on ilmoitettu skenaarioittain koko maassa ja MISU-WAM-skenaariota osalta myös kasvupaikkakohtaisesti.

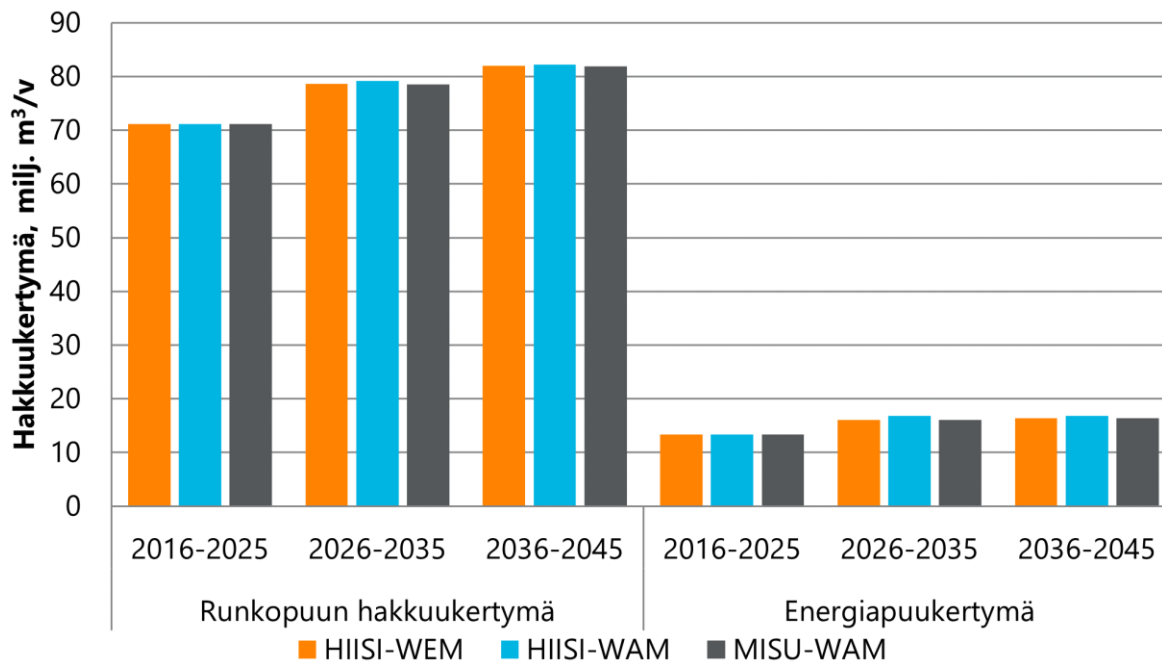
Toimenpiteet	HIISI-WEM	HIISI-WAM	MISU-WAM
Lannoitukset <sup>1)</sup>	Ei lannoituksia	150 000 ha/v	117 000 ha/v
- turvemaat	-	-	50 000 ha/v
- kivennäismaat	-	-	67 000 ha/v
Yläharvennukset	Ei mahdollista	Rehevät korvet	Rehevät korvet
Kunnostusojituksen välttäminen	Rehevät korvet	Rehevät korvet ja karut rämeet	Rehevät korvet ja karut rämeet
Säästöpuiden tilavuus uudistushakkuualoilla	5 m <sup>3</sup> /ha	5 m <sup>3</sup> /ha	7 m <sup>3</sup> /ha

<sup>1)</sup> Kaikissa skenaarioissa kasvumallien kalibroituun kasvuntasoon sisältyy kalibroitijakson aikana tehtyjen kasvatuslannoitusten vaikutus (koko Suomessa runsas 23 000 hehtaaria vuodessa), joka on huomioitu taulukossa esitetyissä lannoituspinta-aloissa.

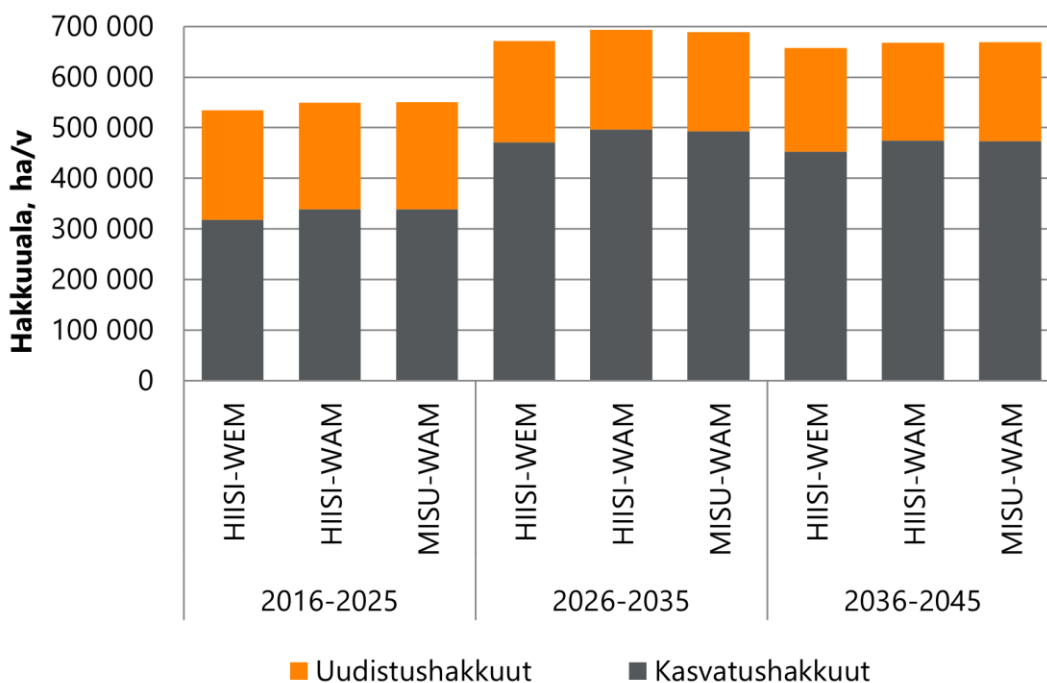
Lannoitusten osalta MISU-WAM-skenaario sisälsi ilmastosuunnitelman mukaiset toimet vuodesta 2021 alkaen suometsien tuhkalannoitusten edistämiseksi 37 000 hehtaarilla vuodessa ja kivennäismaametsien kasvatuslannoitusten edistämiseksi 50 000 hehtaarilla vuodessa sekä Metsähallituksen ilmastotoimiin sisältyvän lannoitusalan lisäyksen 30 000 hehtaariin vuodessa (taulukko 2). Kaksi kolmasosaa Metsähallituksen lannoitusalan oletettiin kohdistuvan Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Lapin maakuntien alueille huomioimatta laskennassa metsien omistusta. HIISI-WAM-skenaariossa lannoituksia ei etukäteen jaettu kangas- ja turvemaiden lannoitukseen, vaan lannoitukset kohdistuivat laskelman tuloksena kannattavimpiin kohteisiin (Maanvilja ym. 2021).

Toimenpiteiden vaikutus metsien käsittelyyn huomioitiin skenaariolaskennan alusta lähtien lukuun ottamatta lannoituksia, joiden osalta toteutusala asetettiin tavoitetasolle vuodesta 2021 alkaen. Yläharvennusten pinta-alat ja harvennushakkuiden yhteydessä toteutettavien kunnostusojitusten pinta-alat saatiin skenaarioissa laskennan tuloksena. MISU-WAM- ja HIISI-WAM-skenaarioissa yläharvennuksia oletettiin toteutettavan rehevissä korvissa 30 prosentissa ainespuukorjuuta sisältävien harvennushakkuiden pinta-aloista, joissa harvennushakkuu tehtiin kiertoajan lopussa edeltävänä hakkuuna ennen metsikön uudistamista. Tästä poiketen MISU-WAM-skenaariossa vastaava yläharvennusten osuus oli kuitenkin 20 prosenttia vuosina 2016–2025. Yläharvennukset eivät olleet HIISI-WAM- ja MISU-WAM-skenaarioissa jatkuvapitteisen metsänkasvatuksen mukaisia hakkuumenetelmiä.

Vuosina 2016–2025 runkopuun vuosittainen hakkuukertymäarvio on MISU-WAM-skenaariossa koko maan osalta keskimäärin runsas 71 miljoonaa kuutiometriä, josta hakkuiden vuotuinen taso nousee vajaaseen 79 miljoonaan vuosina 2026–2035 ja edelleen noin 82 miljoonaan kuutiometriin vuosina 2036–2045 (kuva 1). Energiapuun osalta vuotuiset kokonaiskertymät ovat koko maassa yli 13 miljoonaa ja yli 16 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2016–2025 ja 2026–2045. MISU-WAM-skenaariossa runko- ja energiapuun hakkuukertymät ovat samalla tasolla HIISI-WEM-skenaariota kanssa, mutta poikkeavat HIISI-WAM-skenaariosta erityisesti vuodesta 2026 alkaen. HIISI-WAM-skenaariossa korjataan vuosittain 0,3–0,6 miljoonaa kuutiometriä runkopuuta ja 0,4–0,8 miljoonaa kuutiometriä energiapuuta enemmän kuin MISU-WAM-skenaariossa vuosina 2026–2045.



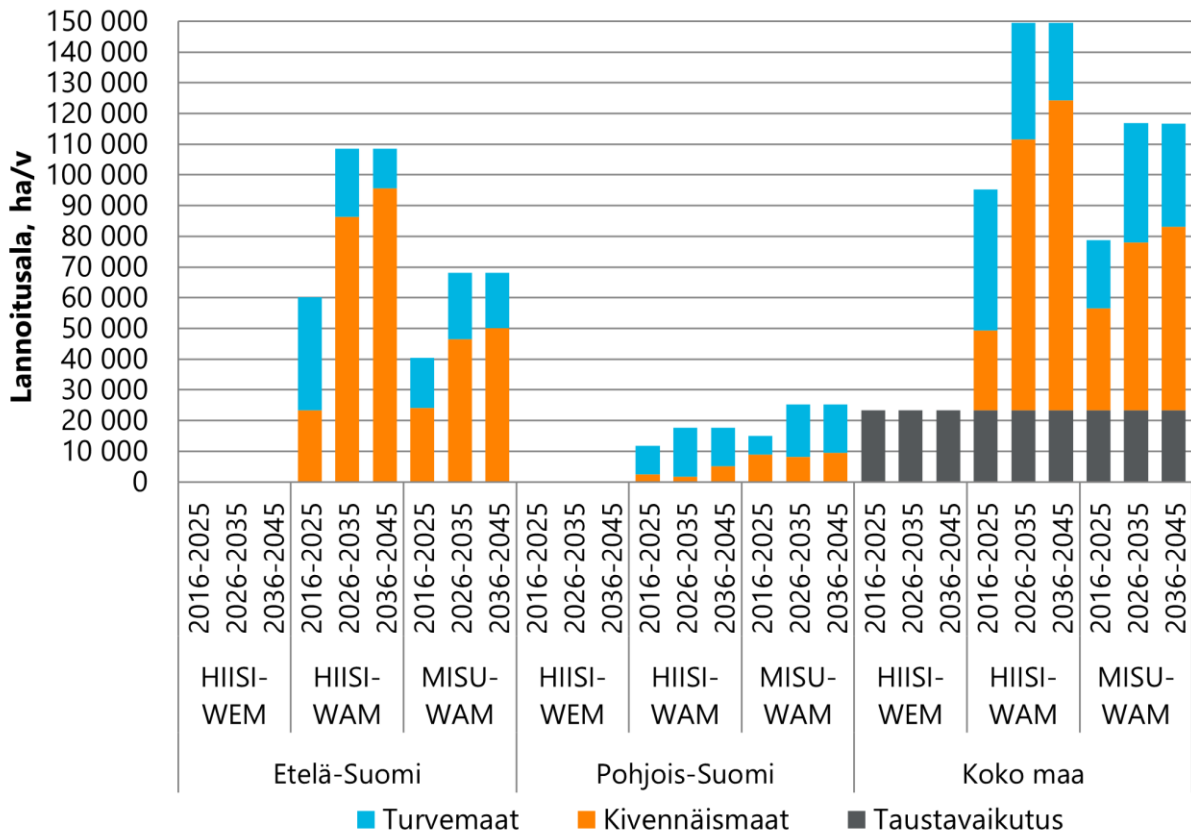
**Kuva 1.** Runko- ja energiapuun vuotuiset hakkuukertymät HIISI-WEM-, HIISI-WAM- ja MISU-WAM-skenaarioiden mukaan koko maassa vuosina 2016–2045. Runkopuun hakkuukertymässä on mukana ainespuu (tukki- ja kuitupuu) ja energiarunkopuu. Energiapuukertymä sisältää runkopuun lisäksi puiden oksat, lehdet, neulasen, kannot ja juuret, jotka korjataan skenaarioissa puun energiakäyttöä varten.



**Kuva 2.** Kasvatus- ja uudistushakkuiden vuotuiset pinta-alat HIISI-WEM-, HIISI-WAM- ja MISU-WAM-skenaarioiden mukaan koko maassa vuosina 2016–2045. Kasvatushakkuualueisiin sisältyvät myös ylispuiden poistohakkuiden pinta-alat.

Hakkuiden vuotuinen kokonaispinta-ala on MISU-WAM-skenaariossa noin 550 000 hehtaaria vuosina 2016–2025, mutta vuodesta 2026 alkaen hakkuukertymätason noustessa kokonaishakkuuala ylittää skenaariossa vajaaseen 700 000 hehtaariin vuodessa (0). MISU-WAM-skenaarioon sisältyvät lisätoimet (taulukko 2) nostavat kasvatushakkuiden osuutta hakkuiden kokonaispinta-alasta, minkä vuoksi MISU-WAM-skenaariossa kokonaishakkuualat ovat vuositasolla 11 000–17 000 hehtaaria suuremmat kuin HIISI-WEM-skenaariossa vuosina 2016–2045. Hakkuiden vuotuiset kokonaispinta-alat poikkeavat myös hieman MISU-WAM- ja HIISI-WAM-skenaariossa toisistaan. Tähän vaikuttavat erot skenaarioiden energiapuukertymätavoitteissa sekä lisätoimissa lannoituksen ja säästöpuiden määrän osalta.

Metsien vuotuiset lannoitusalat jäävät koko maan osalta MISU-WAM-skenaariossa 16 500 ja 32 700 hehtaaria pienemmiksi kuin HIISI-WAM-skenaariossa vuosina 2016–2025 ja 2026–2035 (kuva 3). MISU-WAM-skenaariossa lannoitukset kohdistuvat enemmän Pohjois-Suomeen ja varsinkin vuodesta 2026 lähtien myös turvemaille kuin HIISI-WAM-skenaariossa. MISU-WAM-skenaariossa kunnostusojituksia tehdään vuosittain 1 400–2 200 hehtaaria vähemmän kuin HIISI-WEM-skenaariossa vuosina 2016–2035 (taulukko 3). MISU-WAM-skenaariossa kunnostusojitusten ja yläharvennusten pinta-alat jäävät myös hieman pienemmiksi kuin HIISI-WAM-skenaariossa vuosina 2016–2035.



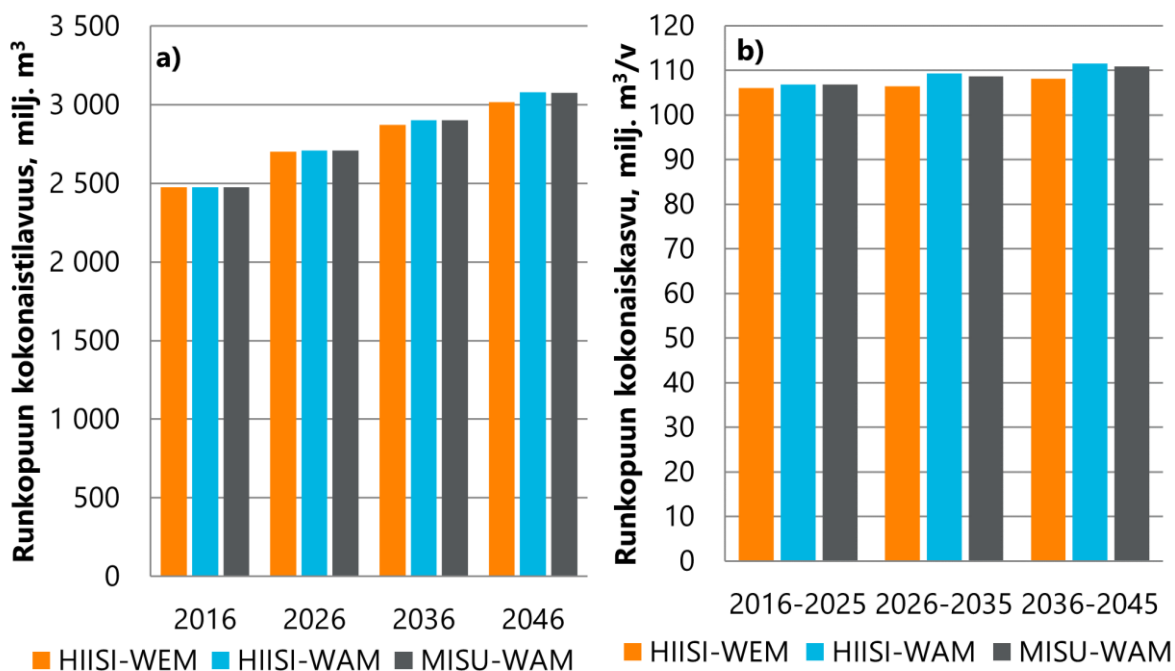
**Kuva 3.** Lannoitusten vuotuiset pinta-alat kasvupaikoittain HIISI-WEM-, HIISI-WAM- ja MISU-WAM-skenaarioiden mukaan Etelä- ja Pohjois-Suomessa sekä koko maassa vuosina 2016–2045. Kuvassa on myös esitetty erillisesti laskelmassa kalibroituun kasvuntasoon sisältyvän lannoitusvaikutuksen pinta-alat ainoastaan koko maan osalta.

**Taulukko 3.** Kunnostusojitusten ja yläharvennusten pinta-alat HIISI-WEM-, HIISI-WAM- ja MISU-WAM-skenaarioiden mukaan koko maassa 2016–2045. Taulukossa on ilmoitettu harvennushakkuiden yhteydessä toteutettavien kunnostusojitusten pinta-alat.

Skenaario	Kunnostusojitusala, ha/v			Yläharvennusala, ha/v		
	2016–2025	2026–2035	2036–2045	2016–2025	2026–2035	2036–2045
HIISI-WEM	20 800	29 900	19 600	0	0	0
HIISI-WAM	19 900	28 700	22 300	4 900	5 700	6 300
MISU-WAM	19 400	27 700	22 900	3 500	5 600	6 300

Puuston kokonaistilavuus vuonna 2016 oli koko maassa 2 475 miljoonaa kuutiometriä VMI12-aineiston (Korhonen ym. 2021) mukaan. MISU-WAM-skenaariossa kokonaistilavuus kasvaa vuoteen 2036 mennessä hieman yli 400 miljoonalla kuutiometrillä (kuva 4a). Puuston runkoti- luvuus onkin MISU-WAM-skenaariossa noin 30 miljoonaa kuutiometriä korkeampi kuin HIISI- WAM-skenaariossa ja lähes samalla tasolla kuin HIISI-WAM-skenaariossa vuonna 2036.

Puuston vuotuinen kokonaiskasvu on koko maassa MISU-WAM-skenaariossa HIISI- WAM-skenaariossa tasolla, 106,8 miljoonassa kuutiometrissä vuosina 2016–2025, kun HIISI- WEM-skenaariossa puuston vuotuinen kokonaiskasvu jää vastaavalla ajanjaksolla hieman alemmaksi, 106,0 miljoonassa kuutiometriin (kuva 4b). MISU-WAM-skenaariossa vuotuinen ko- konaiskasvu nousee 108,6 miljoonassa kuutiometriin vuosina 2026–2035, mikä on 2,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa korkeampi kasvun taso kuin HIISI-WEM-skenaariossa ja 0,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa alhaisempi kuin HIISI-WAM-skenaariossa. Vuosina 2036–2045 puuston vuotuinen kokonaiskasvu nousee MISU-WAM-skenaariossa 110,9 miljoonassa kuutiometriin, kun vastaavat kasvuntasot HIISI-WEM- ja HIISI-WAM-skenaariossa ovat 108,1 miljoonaa ja 111,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. HIISI-WAM- ja MISU-WAM-skenaarioihin sisältyvistä lisätoimista erityisesti lannoituksilla on merkittävä vaikutus puuston tulevaan kehitykseen. Tar- kemmat metsälaskennan tulokset skenaarioista puuston tulevaan kehitykseen, hakkuukerty- miin ja metsäkäsittelypinta-aloihin liittyen on esitetty koko maan sekä alueellisesti Etelä- ja Pohjois-Suomen osalta raportin lisämateriaalissa.



**Kuva 4.** a) Runkopuun kokonaistilavuuden kehitys vuosina 2016–2046 ja b) vuotuinen kokonaiskasvu vuosina 2016–2045 HIISI-WEM-, HIISI-WAM- ja MISU-WAM-skenaarioiden mukaan arvioituna koko maassa.

## 3.2. Kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien laskenta

### 3.2.1. Yleiset oletukset

Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF) -sektorin päästöt ja poistumat lasketaan kuudessa maankäyttöluokassa, jotka kattavat Suomen maa-alan ja sisävedet. Maankäyttöluokat ovat metsämaa, viljelysmaa, ruohikkoalueet, kosteikot, rakennettu maa ja muu maa. Käytetty luokitus vastaa Suomen kansallisen kasvihuonekaasuinventaariojärjestelmän maankäyttöluokitusta, joka on kuvattu muun muassa raportissa Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050 (Aakkula ym. 2019).

MISU-WAM-skenaariolaskelmaa varten ei tuotettu vuosittaisia, maankäyttöluokittaisia pinta-ala-aikasarjoja, vaan hyödynnettiin soveltuvin osin HIISI-hankkeessa laadittuja perus- ja politiikkaskenaarioiden pinta-aloja (Maanvilja ym. 2021) sekä suoraan MISU-toimenpiteiden pinta-aloja. Tämä tarkoittaa sitä, että pinta-aloissa on pieniä epätarkkuuksia. Epätarkkuuksien vaikutus lopputuloksiin on kuitenkin hyvin pieni eikä niiden katsota merkittävästi lisäävän skenaariotulosten epävarmuutta.

Maatalousmailla tapahtuvat toimenpiteet vaikuttavat sekä LULUCF- että maataloussektorin päästöihin. MISU-WAM-skenaariolaskelma koskee vain LULUCF-sektoria, joten siinä on huomioitu vain toimien vaikutukset LULUCF-sektoriin.

Aineen, kuten biomassan, hiilisisältönä on käytetty 50 prosenttia. Hiili on muunnettu hiilidioksidiksi (CO<sub>2</sub>) kertoimella (–44/12). Kasvihuonekaasut ovat yhteismittallistettu hiilidioksidiekvivalenteiksi hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin, IPCC:n viidennen arviointiraportin (AR5) GWP (Global Warming Potential) -kertoimilla, jotka ovat hiilidioksidille (CO<sub>2</sub>) 1, metaanille (CH<sub>4</sub>)

28 ja dityppioksidille (N<sub>2</sub>O) 265 (IPCC AR5 WG1 Ch8 2013). Kasvihuonekaasuinventaariossa on ollut käytössä AR4-kertoimet (Tilastokeskus 2022).

### 3.2.2. Metsämaan kasvihuonekaasupäästölaskenta

Metsämaan (ollut metsämaata yli 20 vuotta) puuston hiilivaraston muutokset laskettiin MELA-mallinnuksen tuottamien puuston biomassavarastojen hehtaarikohtaisista erotuksista kunkin 10-vuotiskauden loppu- ja alkutilan välillä kertomalla nämä kausittaiset erotukset skenaariokohtaisesti ennustetulla kasvihuonekaasuinventaarion mukaisella metsämaan pinta-alalla. Kansallisen määritelmän mukaiselle metsä- ja kitumaan pinta-alalle lasketut MELA-tulokset skaalattiin näin vastaamaan kasvihuonekaasuinventaariossa käytettyä metsäpinta-alaa (Tilastokeskus 2022). Maaperälaskentaan elävästä ja luonnonpoistumana kuolleesta puustosta sekä hakkuissa metsään jäävästä hakkuutähteestä syntyvän karikkeen syötteen olivat MELA-laskennan tuloksia. Kivennäismaiden maaperän hiilivaraston muutokset estimoitiin Yasso07-maamallilla ja ojitettujen turvemaiden CO<sub>2</sub>-päästöt laskettiin kasvihuonekaasuinventaarion kasvupaikatyyppisillä päästökertoimilla (Tilastokeskus 2022). Turvemaiden CH<sub>4</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöt, typilannoituksen N<sub>2</sub>O-päästöt ja kulituksen CH<sub>4</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöt ovat soveltuvin osin HIISI-WEM tai HIISI-WAM-skenaarioiden mukaiset.

### 3.2.3. Metsityksen ja metsäkadon hillinnän laskenta

Joutoalueiden metsitystuen jatkamistoimenpiteen (Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma-luonnoksen luku 7.3.1) tulokset oletettiin olevan HIISI-WAM-skenaarion mukaisia (Maanaviija ym. 2021). HIISI-WAM-skenaariossa joutoalueita metsitetään 2 290 hehtaaria vuodessa kivennäismailla ja 650 hehtaaria vuodessa turvemaidella. Turvemaita metsitetään yhtä paljon kuin WEM-skenaariossa, mutta kivennäismaiden osalta metsitys lisääntyy 980 hehtaaria vuodessa. Skenaariolaskelmissa joutoalueiden on oletettu olevan hylättyjä peltoja ja ne on kohdistettu maankäyttöluokkaan ruohikkoalueet. Toimenpiteen päästövaikutukset sisältyvät kuitenkin kokonaisuudessaan metsämaaluokkaan. Kasvihuonekaasuinventaarion metodologian mukaan hylättyjen kivennäismaapeltojen lisääntynyt metsitys ei aiheuta muutoksia ruohikkoalueiden hiilivarastoon, koska kivennäismaiden maaperän hiilivaraston oletetaan olevan tasapainossa (ei päästö, ei nielu). Näin ollen MISU-WAM-skenaariossa ruohikkoalueiden nettopäästöt ovat perusskenaarion mukaisia.

Heikkotuottoisten, metsitykseen soveltuvien turvepeltojen osalta tehtiin uusi laskelma IL-MAVA-hankkeessa käytetyllä menetelmällä (Lehtonen ym. 2021). Maaperän ilmastovaikutuslaskelma perustui kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion raportissa esitettyihin metsitetyn turvepellon ja maatalouskäytössä olevan turvepellon päästökertoimiin Etelä-Suomessa ja Pohjois-Suomessa (Tilastokeskus 2022). Ilmastovaikutukset laskettiin kertomalla vanhan ja uuden käyttömuodon päästökertoimien erotus suunnitellulla toteutus-pinta-alalla. Puuston kehityksen aikaansaama hiilivaraston muutos laskettiin MOTTI-metsänkasvatusohjelmiston (Luke 2015) avulla käyttäen kasvupaikatyyppi mustikkaturvekankaan kehityssarjaa. Kosteikkojen ja rakennetun maan sekä kivennäismaapeltojen metsityksen osalta käytettiin perusskenaarion tuloksia.

Pellonraivauksen ehkäisytoimenpiteen vaikutusten laskemisessa käytettiin HIISI-WEM- ja HIISI-WAM-skenaarioiden tuloksia soveltuvien osin. MISU-WAM-laskennassa oletettiin, että kivennäismaapeltoja raivataan koko tarkastelujakson aikana HIISI-WAM-skenaarion vuosien 2024–2027 mukaisesti ja turvemaa- ja peltoja raivataan HIISI-WAM-skenaarion vuosien 2032–2035 mukaisesti. Näinä vuosina kivennäismaapeltoja raivataan HIISI-WAM-skenaariossa 590 hehtaaria vuodessa, mikä vastaa 830 hehtaarin vuotuista vähennystä verrattuna WEM-skenaarioon, ja turvemaa- ja peltoja raivataan 150 hehtaaria vuodessa, mikä vastaa 900 hehtaarin vuotuista

vähennystä. Vuotuisen päästövähennysvaikutuksen oletettiin olevan skenaarioiden tulosten erotuksen keskiarvo soveltuvilta vuosilta, ja MISU-WAM-skenaarion tulokset laskettiin vähentämällä päästövähennys WEM-skenaarion tuloksesta. Tulokset laskettiin erikseen kivennäis- ja turvemaille. Metsäkato rakennetuksi maaksi on perusskenaarion mukainen, koska metsänraivauksen ehkäisytoimenpiteen pinta-alasta ei tässä vaiheessa ole arviota. Metsäkato kosteikoiksi ja ruohikkomaiksi on perusskenaarion mukaista.

### 3.2.4. Maatalousmailla tapahtuvien toimien laskenta

Turvemaapelloille suunniteltujen toimenpiteiden ilmastovaikutuslaskelmien pohjana käytettiin pääsääntöisesti 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories -ohjeen kosteikkoliitteen (IPCC 2014) mukaisia päästökertoimia turvepellon eri käyttömuodoissa (taulukko 4). Ilmastovaikutukset laskettiin kertomalla vanhan ja uuden käyttömuodon päästökertoimien erotus suunnitellulla toteutuspinna-alalla.

**Taulukko 4.** Päästökertoimet eri pellonkäyttömuodoissa ja erilaisilla vedenpinnan tasoilla. Lähteet: IPCC 2014, 2013, Maljanen ym. 2010 (käytöstä pois jätetty pelto).

Pellonkäyttömuoto	CO <sub>2</sub> , t/ha LULUCF	CH <sub>4</sub> , t CO <sub>2</sub> -ekv. /ha <sup>1</sup> LULUCF	N <sub>2</sub> O, t CO <sub>2</sub> -ekv. /ha <sup>1</sup> Maatalous- sektori	Yhteensä t CO <sub>2</sub> - ekv./ha
Yksivuotinen kasvi (vilja)	29	-	5	34
Monivuotinen (nurmi)	21	-	4	25
Käytöstä pois jätetty pelto	13	-	2	15
Kosteikkoviljely, pohjave- denpinta -30 cm	13	1	1	15
Ilmastokosteikko, pohjave- denpinta -5– -10 cm	-2	5	-	3

<sup>1</sup> Metaanin ja dityppioksidin päästöt on muunnettu hiiliidioksidiekvivalenteiksi IPCC:n viidennen arviointiraportin GWP-kertoimilla (AR5): CH<sub>4</sub> 28, N<sub>2</sub>O 265. Päästökertoimet perustuvat pitkälti suomalaisiin ja muissa Pohjoismaissa tehtyihin tutkimuksiin.

Skenaariolaskennassa oletettiin, että peltolohkot, joilla viljellään nurmea korotetulla pohjaveden pinnalla (-30 cm), olivat ennen monivuotisia nurmia. Ennen siirtymistä ruokohelven ym. viljelyyn korotetulla vedenpinnalla (-30 cm), kolmasosan peltolohkoista oletettiin olleen yksivuotisten kasvien viljelyssä ja kahden kolmasosan peltolohkoista monivuotisen nurmen viljelyssä. Ennen siirtymistä osmankäämin, kihokin ym. viljelyyn korotetulla vedenpinnalla (-5 – -10 cm), 10 prosentin peltolohkoista oletettiin olleen yksivuotisten kasvien viljelyssä ja 90 prosentin peltolohkoista monivuotisen nurmen viljelyssä. Viljelyksessä olevien turvepeltolohkojen, jotka muutetaan kosteikoksi, oletettiin olleen monivuotisia nurmia tai luonnonhoitopeltoja. Lisäksi oletettiin, että vetettävät huonotuottoiset, paksuturpeiset pellot ovat olleet luonnonhoitopeltoja.

CAP-suunnitelmaan sisältyvä ympäristökorvauksen toimenpide turvepelloilla viljeltävien yksivuotisten kasvien korvaamiseksi monivuotisella muokkaamattomalla nurmella ei edellytä vedenpinnan nostamista. Turvepeltojen nurmet -toimenpiteen toteutusala 40 000 ha korvaa yksivuotisen kasvin viljelyä vuosittain 10 000 ha, koska joka neljäs vuosi suojaviljan kanssa



uudistettavaan nurmenviljelyyn verrattuna toimenpiteen ansiosta pinta-aloissa on lisäistä nurmenviljelyä vain  $40\,000\text{ ha}/4 = 10\,000\text{ ha}$ .

Kaikki turvepelloille suunnitellut toimet on kohdennettu viljelysmaaluokkaan, vaikka osa viljelysmaasta siirtyy kasvihuonekaasuinventaarion mukaisessa maankäytön luokituksessa kosteikoluokkaan. Näiden toimien ilmastovaikutukset on siten oletettu tapahtuvan kokonaisuudessaan viljelysmaaluokan sisällä, vaikka todellisuudessa ne kohdistuvat molempiin maankäyttöluokkiin. Maatalouden toimenpiteiden ilmastovaikutukset LULUCF-sektorilla on esitelty taulukossa 5. Päästövähennysvaikutukset on vähennetty HIISI-WEM-skenaarion tuloksista.

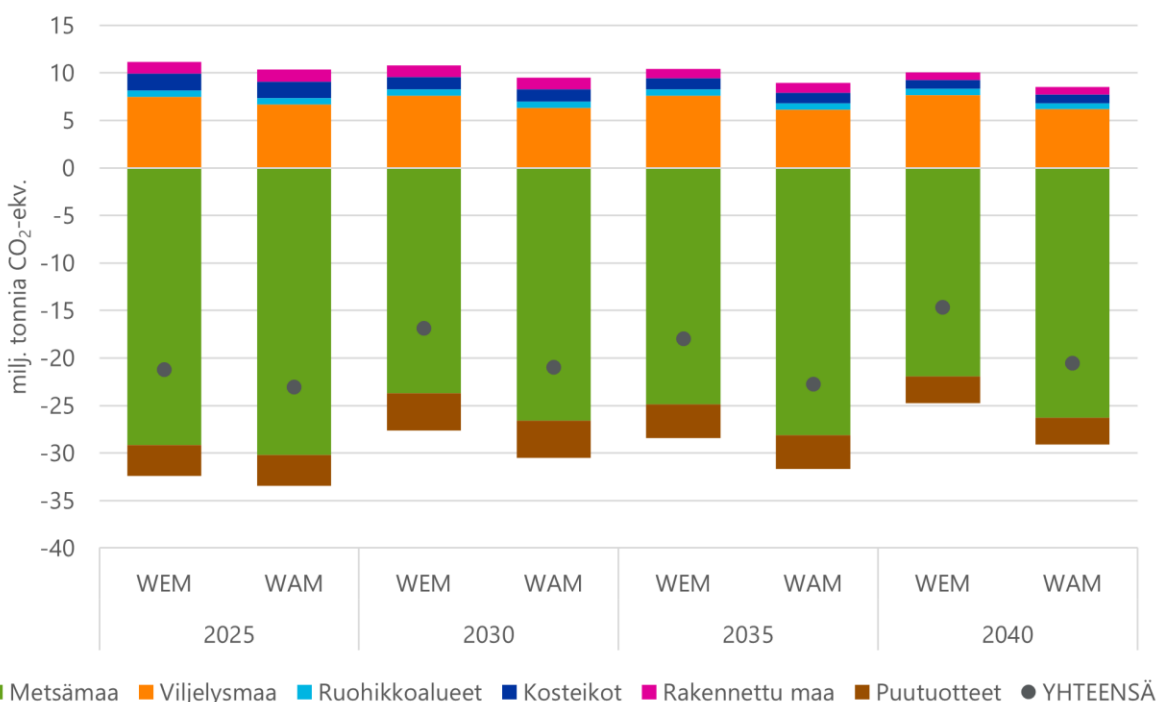
**Taulukko 5.** Maatalouden toimenpiteiden päästövähennysvaikutukset (Mt CO<sub>2</sub>-ekv. per vuosi) LULUCF-sektorilla vuosina 2025, 2030, 2035 ja 2040 lähtötasoon (2022 = 0) verrattuna.

Toimenpide	2025	2030	2035	2040
Turvemaan nurmiviljely korotetulla pohjaveden pinnalla -30 cm	0,05	0,13	0,21	0,21
Turvemaan viljely korotetulla vedenpinnalla (ruokohelpi ym.) -30 cm	0,02	0,05	0,09	0,09
Turvemaan viljely korotetulla vedenpinnalla -5 – -10 cm (osmankäämi, kihokki tms.)	0,02	0,05	0,09	0,09
Turvepellon ilmastokosteikko	0,03	0,07	0,13	0,13
Turvepeltojen nurmet	0,08	0,08	0,08	0,08
Vetetään huonotuottoisia, paksuturpeisia peltoja ja suonpohjia ilmastokosteikoiksi	0,07	0,18	0,18	0,18
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>0,26</b>	<b>0,55</b>	<b>0,79</b>	<b>0,79</b>

## 4. MISU-WAM-skenaarion kasvihuonekaasuvaikutukset

Vuonna 2035 LULUCF-sektorin nettohiilidioksidipäästöt ovat -22,7 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia MISU-WAM-skenaariossa (kuva 5, taulukko 6). Nettohiilidioksidipäästöt kasvavat yhteensä 4,7 miljoonalla hiilidioksidiekvivalenttitonniin vuoteen 2035 mennessä verrattuna perusskenaarioon, ylittäen suunnitelmalle asetetun minimimitavoitteen 1,7 miljoonalla hiilidioksidiekvivalenttitonniin (kuva 6). Maankäyttösektorilla tapahtuvien lisätoimien nettovaikutus on arviolta 4,2 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia jo vuonna 2030. Vuoden 2035 kokonaisnettovaikutuksesta metsämaan osuus on 68 prosenttia ja viljelysmaiden osuus on 32 prosenttia. Viljelysmaa-maankäyttöluokka sisältää maatalouden toimien (taulukko 5) lisäksi myös metsityksen ja metsäkadon hiilidioksidipäästöt viljelysmaan pinta-alan muutosten kautta.

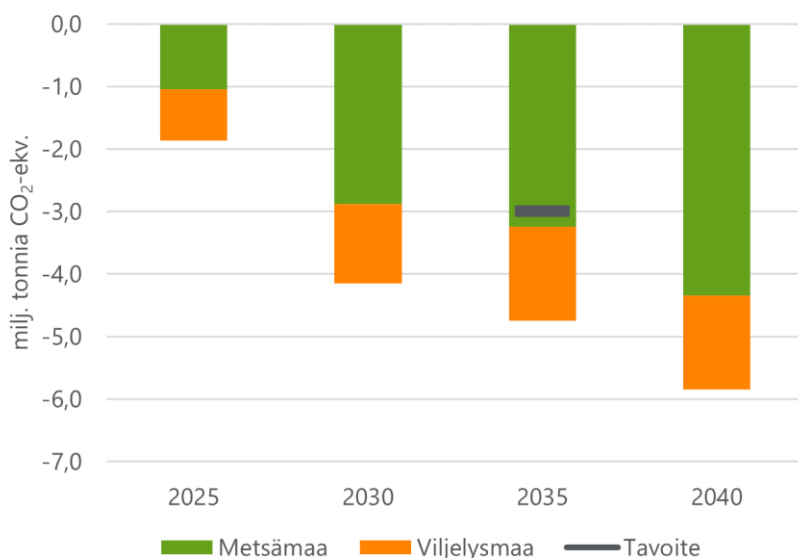
Vuoden 2035 jälkeen nettohiilidioksidipäästöt pienenevät hitaammin MISU-WAM-skenaariossa kuin WEM-skenaariossa. MISU-WAM-skenaariossa nettohiilidioksidipäästöt ovat -20,5 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia vuonna 2040, verrattuna -14,7 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonniin WEM-skenaariossa. Lisätoimien nettovaikutuksen suuruus kasvaa 5,8 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonniin vuonna 2040, jolloin metsämaan osuus nettovaikutuksesta kasvaa 74 prosenttiin. Skenaariolaskelmien menetelmistä ja oletuksista johtuen ruohikkoalueiden ja kosteikkojen nettopäästöt eivät muutu perusskenaarioon verrattuna. Myös rakennetun maan ja puutuotteiden nettopäästöt ja -poistumat pysyvät MISU-WAM-skenaariossa samalla tasolla kuin perusskenaariossa.



**Kuva 5.** LULUCF-sektorin päästöt päästoluokittain WEM- ja MISU-WAM-skenaarioissa, miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia.

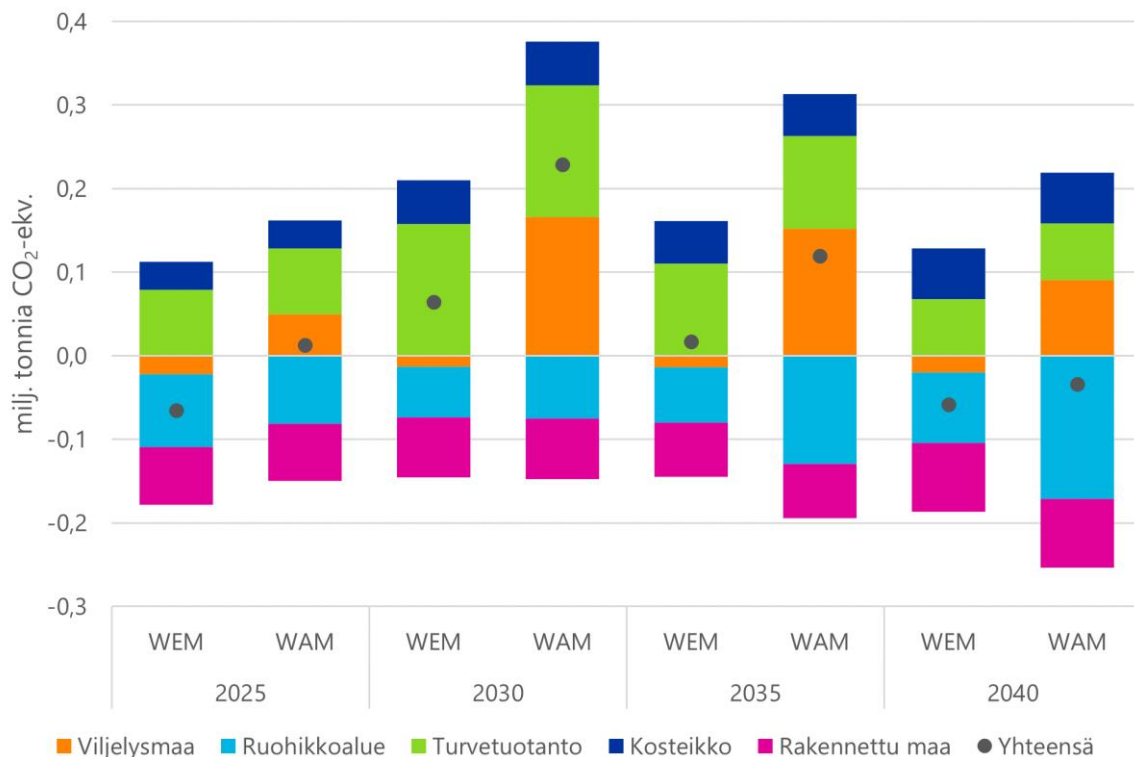
**Taulukko 6.** LULUCF-sektorin päästöt päästöluokittain WEM- ja MISU-WAM-skenaarioissa, miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia.

	2025		2030		2035		2040	
	WEM	WAM	WEM	WAM	WEM	WAM	WEM	WAM
Metsämaa	-29,17	-30,21	-23,71	-26,60	-24,85	-28,10	-21,92	-26,26
Viljelysmaa	7,47	6,65	7,58	6,32	7,61	6,11	7,67	6,17
Ruohikkoalueet	0,69	0,69	0,68	0,68	0,67	0,67	0,65	0,65
Kosteikot	1,75	1,75	1,28	1,28	1,13	1,13	0,90	0,90
Rakennettu maa	1,27	1,27	1,23	1,23	1,00	1,00	0,82	0,82
Puutuotteet	-3,22	-3,22	-3,92	-3,92	-3,56	-3,56	-2,82	-2,82
Yhteensä	-21,20	-23,07	-16,85	-21,01	-18,00	-22,74	-14,69	-20,54

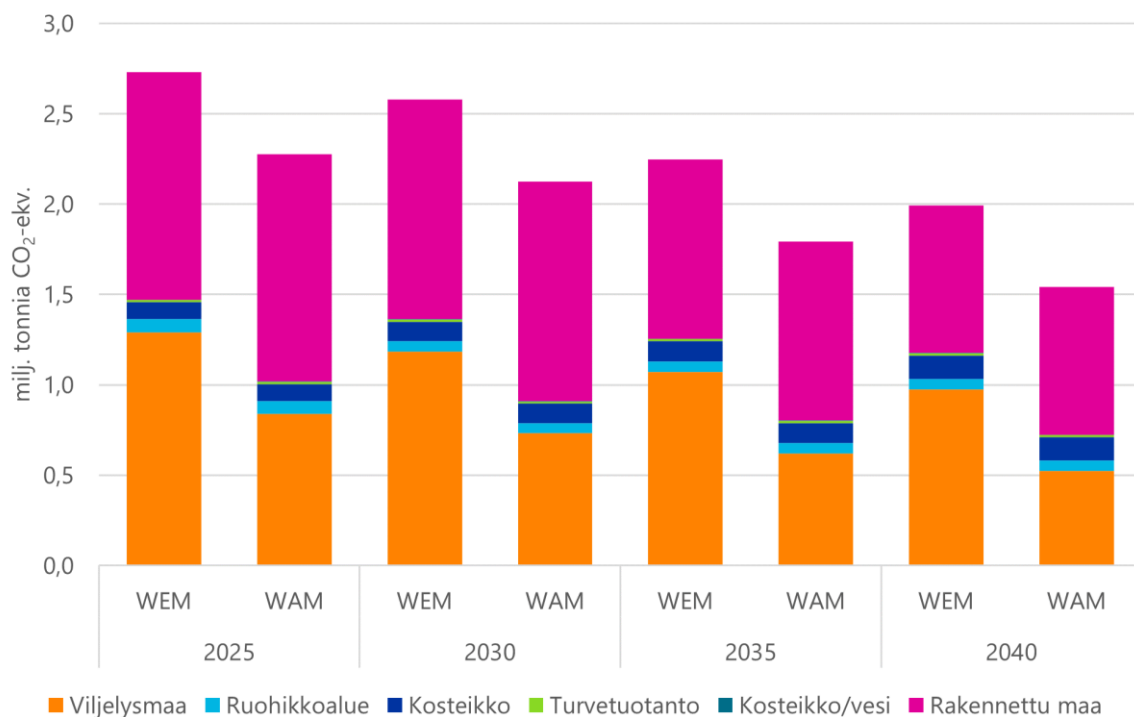
**Kuva 6.** Maankäyttösektorin lisätoimien nettovaikutus verrattuna perusskenaarioon. Negatiiviset luvut tarkoittavat nielun kasvua tai päästöjen vähenemistä.

MISU-WAM-skenaariossa metsityksen nettopäästöt kasvavat 0,1 miljoonalla hiilidioksidiekvivalenttonnilla vuonna 2035 verrattuna perusskenaarioon. Erityisesti turvemailla metsitys alustavat nettopäästöjä ensimmäiset vuodet metsityksen jälkeen, koska pienikokoisen puuston hiilensidonta ei vielä riitä kattamaan maaperästä aiheutuvia päästöjä (kuva 7). Vuoden 2035 jälkeen metsityksen nettovaikutus muuttuu nieluksi molemmissa skenaarioissa. MISU-WAM-skenaariossa metsityksen tuottama nettonielu jää vielä vuonna 2040 hieman pienemmiksi kuin WEM-skenaariossa, mutta skenaarioiden välinen ero pienenee 0,2 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonniin.

Metsäkadon päästöt pienenevät MISU-WAM-skenaariossa pellonraivauksen rajoittamisen vuoksi ja ovat 0,45 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia pienemmät kuin perusskenaariossa vuosina 2025–2040 (kuva 8). Noin kaksi kolmasosaa päästövähennyksestä johtuu turvepeltojen raivauksen vähenemisestä. Laskentaoletusten mukaan muiden maankäyttöluokkien metsityksen päästöt ovat perusskenaariossa mukaisia.



**Kuva 7.** Metsityksen nettonielun/-päästön kehitys WEM- ja MISU-WAM-skenaarioissa eriteltynä maankäyttöluokkiin.



**Kuva 8.** Metsäkadosta aiheutuvien päästöjen kehitys WEM- ja MISU-WAM-skenaarioissa eriteltynä maankäyttöluokkiin.

## 5. Tulosten tarkastelu

MISU-WAM-skenaarioiden tulokset ovat suuntaa antavat, mutta niiden perusteella voidaan päätellä, että suunnitelman toimilla voidaan saavuttaa asetettu tavoite nettonielun lisäämiseksi 3 miljoonalla hiilidioksidiekvivalenttitonilla vuoteen 2035 mennessä verrattuna perusskenaarioon. Merkittävin yksittäinen toimenpide nettonielun lisäyksessä johtuu metsien lannoituksista, jotka nostavat puuston kokonaiskasvua olennaisesti MISU-WAM-skenaariossa suhteessa perusskenaarioon.

Metsäkatoa hillitsemällä voidaan saavuttaa nopeita päästövähennyksiä. Perusskenaariossa on oletettu, että metsäkato jatkuu suunnilleen samansuuruisena kuin se on toteutunut lähivuosina. Kun metsää raivataan muuhun maankäyttöön, puuston poistamisesta aiheutuvan kertapäästön lisäksi maaperän päästöt lisääntyvät yleensä pysyvästi erityisesti turvemaidella. Lisäksi menetetään metsän puuston tuleva, potentiaalinen hiilensidonta.

Suomen kaltaisessa metsäisessä maassa erilaiset infrastruktuurihankkeet aiheuttavat lähes väistämättä jonkin verran metsäkatoa. Tällaisia hankkeita ovat muun muassa teiden, sähkönsiirtoverkkojen ja tuulivoimaloiden rakentaminen sekä kaivostoiminta ja maa-aineksen ottaminen. Vastaavasti asuin- ja liikekiinteistöjen kehittäminen aiheuttaa usein metsäkatoa, jollei se kohdistu viljelysmaalle tai rakentamista tehdä lisä- ja täydennysrakentamisena. Viime vuosikymmeninä metsänhävitys rakennetuksi maaksi onkin aiheutunut ennen kaikkea kaivoksista ja muista maa-aineksen ottoalueista, asuin- ja lomarakentamisesta sekä liikenneväylyistä (Timonen 2020). Infrastruktuuri- ja rakentamishankkeisiin liittyy usein merkittäviä yhteiskunnallisia hyötyjä, joten niitä ei voida eikä kannata kokonaan välttää (Assmuth ym. 2022). Rakentamisen maankäyttömuutosmaksun ohjausvaikutuksen on arvioitu jäävän pieneksi (Timonen 2020), eikä maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmassa tämänhetkisin tiedoilla pystytty arvioimaan toimenpiteelle pinta-alaa tai päästövaikutusta.

Toinen keskeinen metsäkadon ajuri Suomessa on pellonraivaus, joka näyttäytyy erityisen ongelmallisena kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta turvemaiden raivaamisen vuoksi. Myös pellonraivauksen taustalla on sen tuottama taloudellinen hyöty. Pellonraivaukseen ajaa maatalouden rakennemuutos, jossa tilakoon kasvattaminen lisää toiminnan kannattavuutta. Pienimuotoisen pellonraivauksen syynä voi olla peltolohkojen muodon parantaminen. Pellonraivauksen taloudelliset hyödyt vaihtelevat tapauskohtaisesti ja niihin vaikuttavat merkittävästi myös jo olemassa olevat maatalouden moninaiset taloudelliset ohjauskeinot ja kannustimet. Näistä ongelmallisimpia metsäkadon kannalta on peltoalaperusteinen tukipolitiikka (Assmuth ym. 2022).

Metsityksellä saatavat päästövähennykset toteutuvat hitaasti. Kun esimerkiksi aktiivikäytössä ollut turvepelto metsitetään ja säännöllinen maanmuokkaus lopetetaan, maaperän päästöt pienenevät, mutta eivät lopu kokonaan. Puuston kasvu on Suomen oloissa hidasta ja kestää olosuhteista riippuen useita vuosia ennen kuin puuston sitoman hiilen määrä ylittää maaperän tuottamat päästöt ja metsitysala muuttuu päästöjen lähteestä nettonieluksi. Tästä syystä MISU-WAM-skenaariossa metsitys on päästölähde vielä vuonna 2035 ja muuttuu kokonaisuutena nettonieluksi vasta vuoteen 2040 mennessä.

Päästövähennyksiä voidaan toteuttaa nopeasti lisäämällä turvepeltojen nurmiviljelyä sekä nostamalla niiden veden pintaa. Veden pinnan nosto lähemmäs maanpinnan tasoa tuottaa metaanipäästöjä, mutta vähentää maaperän hiilen häviötä turvemaidella niin paljon, että viljelysmaan päästöt LULUCF-sektorilla vähenevät. Laskelmissa käytetyt IPCC:n kosteikkoliitteen (IPCC 2014) päästökertoimet soveltuvat jokseenkin hyvin suomalaisten turvemaapeltojen käyttötap-

muutosten päästövaikutusten arviointiin, sillä ne perustuvat pitkälti Suomessa tai muissa pohjoismaissa tehtyihin tutkimuksiin.

Maatalouden toimet vaikuttavat myös maataloussektorin päästöihin, koska ne vähentävät maaperän dityppioksidipäästöjä. Viljelysmaan turvepeltoihin kohdistuvien toimenpiteiden ansiosta maataloussektorin päästöt vähenevät 0,07–0,25 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia vuosittain.

Viimeisimpien, valtakunnan metsien 13. inventointiin perustuvien mittausten mukaan puuston kasvu on pienentynyt neljä prosenttia verrattuna 12. inventoinnin tuloksiin. Metsävaraskenaa-rioissa ei kuitenkaan hyödynnetä aluekohtaisia VMI-kasvuarvioita, vaan kasvun kalibrointi perustuu pitkän aikavälin keskimääräiseen kasvun tasoon. Tämän raportin metsälaskennassa puun pohjapinta-alan kasvumallit on kalibroitu VMI11-koela-aineiston perusteella ja lisäksi tilavuuskasvun arviota on tarkennettu ottamalla huomioon vuoteen 2017 mennessä tapahtunut ilman keskilämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden nousun vaikutus puuston kasvuun (ks. tarkemmin MELA Tulospalvelu, Luke 2022a). Tämä on perusteltua, koska skenaariot laaditaan usean vuosikymmenen ajalle. Tällöin skenaarioiden tuottamista tuloksista on poistettu sääolojen ja muun satunnaisen vuotuisen vaihtelun vaikutukset.

Kasvun pienentymisen syiden selvittäminen vaatii lisätutkimusta. Alustavat selvitykset viittaavat siihen, että osittain kasvun pienentyminen johtuu puuston ikärakenteen kehittymisestä, mutta myös hakkuutapojen muutoksella voi olla merkitystä. Tämän hetken (kesäkuu 2022) tietojen perusteella ei voida tehdä arviota siitä, miten nyt havaittu kasvun pienentyminen vaikuttaa puuston kasvuun vuonna 2035, koska ei ole tarkempaa tietoa siitä, onko kyse pysyvämmästä rakennemuutoksesta vai hetkellisestä kasvun alenemasta.

Metsälaskenta skenaarioissa perustuu lisäksi oletukseen, ettei ilmasto ei muutu olennaisesti nykyisestä, eikä laajoja hyönteis-, myrsky-, lumi- ym. metsätuhoja esiinny laaja-alaisesti tulevaisuudessa. Puuston tulevan kehityksen arviointiin vaikuttaa myös skenaarioiden oletukset hakkuiden määrästä lähimpinä kymmenvuotiskausina. Vuosina 2016–2021 on korjattu runkopuuta koko Suomessa keskimäärin 73,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Luke 2022b), mikä on vuotuisesti noin 2 miljoonaa kuutiometriä enemmän kuin HIISSI-skenaarioissa, kuten myös MISU-WAM-skenaariossa, on arvioitu korjattavan ajanjaksolla 2016–2025. Runkopuun hakkuukertymien pitäisi olla vuosina 2022–2025 noin 68 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, jotta runkopuun hakkuukertymät keskimäärin olisivat skenaarioiden mukaisella tasolla, 71,1 miljoonassa kuutiometrissä vuodessa, ajanjaksolla 2016–2025.

Skenaariotyöhön liittyy paljon epävarmuutta ja oletuksia. Historiallisella kehityksellä ei voida suoraan ennustaa tulevaa, koska toimintaympäristö voi muuttua nopeallakin aikataululla kuten Ukrainan sota on osoittanut. Skenaario ei koskaan ole ennuste tulevaisuudesta vaan kuvaus yhdestä vaihtoehtoisesta tulevaisuudesta, joka toteutuu vain, jos kaikki skenaarion oletukset toteutuvat täysimääräisesti. Skenaarioissa toimintaympäristön kysyntä ja tarjonta säätelevät esimerkiksi metsäteollisuuden tuotantoa ja pellonkäyttöä ja sitä kautta metsien hiilinielua ja maatalousmaiden päästöjä. Tulokset ovat malleihin ja oletuksiin perustuvia arvioita, joihin liittyy sitä enemmän epävarmuutta mitä kauemmas tulevaisuuteen laskelmat ulottuvat.

Päästölaskelmiin liittyvät epävarmuudet ovat osittain vielä suuria ja lisää tutkimusta tarvitaan, jotta epävarmuuksia voidaan pienentää. Maankäyttöön liittyvät päästöt tai poistumat voivat vaihdella merkittävästi vuosien välillä esimerkiksi säähän liittyvistä tekijöistä johtuen. Tällöin vaaditaan pitkäaikaisia mittaustietoja, jotta saadaan luotettavia tuloksia. Paikallinen vaihtelu on suurta ja siihen vaikuttaa paitsi maaperän ominaisuudet, myös käsittelyhistoria.

MISU-WAM-skenaariotyön tarkoitus oli tarkastella sitä, kuinka suuret päästövähennykset suunnitelman toimilla voidaan saavuttaa verrattuna perusskenaarioon. Tämän työn ydin on siis kahden skenaarion välisessä erotuksessa. Mikäli perusskenaario tulevaisuudessa muuttuu otettaessa uutta tietoa ja menetelmiä käyttöön, on kuitenkin selvää, että lisäksi ilmastotoimenpiteillä voidaan edelleen kasvattaa nieluja tai saavuttaa päästövähennyksiä.

## Viitteet

- Aakkula, J., Asikainen, A., Kohl, J., Lehtonen, A., Lehtonen, H., Ollila, P., Regina, K., Salminen, O., Sievänen, R. & Tuomainen, T. 2019. Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 20/2019. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki. 70 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-650-8>
- Assmuth, A., Lintunen, J., Wejberg, H., Koikkalainen, K., Uusivuori, J. & Miettinen, A. 2022. Metsäkadon ilmastohaitta ja hillinnän ohjaukeinot Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 31/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 96 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-409-8>
- Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R. & Salminen, O. 2017. MELA 2016: Reference Manual. Natural resources and bioeconomy studies 7/2017. Natural Resources Institute Finland. Helsinki. 547 p. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-358-1>
- IPCC 2013 (Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W. ym.). Chapter 8: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. IPCC AR5 WG1 2013. s. 659–740.
- IPCC 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. & Troxler, T.G. (eds.). Published: IPCC, Switzerland.
- Kekkonen, H. 2022. Turvepellot maastossa ja päästötilastossa. Esitys Luken webinaarissa ”Mitä tehdä turvepelloille?” 27.1.2022. <https://www.slideshare.net/LukeFinland/turvepellot-maastossa-ja-psttilastoissa-hanna-kekkonen-luonnonvarakeskus-251058589>
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J.-P., Nevalainen, S., Pitkänen, J., Strandström, M. & Viiri, H. 2017. Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 86 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-467-0>
- Korhonen, K.T., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J.-P., Ihalainen, A., Melin, M., Pitkänen, J., Rätty, M., Sirviö, M. & Strandström, M. 2021. Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018. *Silva Fennica* 55(5): 10662. <https://doi.org/10.14214/sf.10662>
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkonen, P., Rätty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinne, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A. & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 121 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-152-3>
- Luke 2015. MetINFO - MOTTI-ohjelmisto. <http://www.metla.fi/metinfo/motti/>
- Luke 2020. Metsien käsittelyskenaariot. Metsäteollisuus ry:n ilmastotiekartta. Hiilivaraston kasvattaminen. [https://global-uploads.webflow.com/5f33b1bfbd4fdb69d3afe623/5fd363-c220057bccfdff506b-Ilmastotiekartta\\_mets%C3%A4skenaariot\\_loppuraportti\\_Luke\\_16\\_06\\_2020.pdf](https://global-uploads.webflow.com/5f33b1bfbd4fdb69d3afe623/5fd363-c220057bccfdff506b-Ilmastotiekartta_mets%C3%A4skenaariot_loppuraportti_Luke_16_06_2020.pdf)



- Luke 2022a. MELA Tulospalvelu, VMI12 (mittausvuodet 2014–2018). <http://www.luke.fi/mela-metsalaskelmat/>
- Luke 2022b. Hakkuukertymä ja puuston poistuma. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma>
- Maa- ja metsätalousministeriö 2022. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman valmistelutyöryhmän ehdotus (luonnos 14.4.2022) / Päivitetty luonnos 3.5.2022.
- Maanavilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Ollila, P., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035: Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:63. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki. 102 s. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-263-3>
- Maljanen, M., Sigurdsson, B.D., Guðmundsson, J., Óskarsson, H., Huttunen, J.T. & Martikainen P.J. 2010. Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps. Biogeosciences 7: 2711–2738.
- Tilastokeskus 2022. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2020. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. 14.4.2022.
- Timonen, R. 2020. Selvitys rakentamisen maankäyttömuutosmaksusta. Ympäristöministeriön julkaisuja 2020:11. Ympäristöministeriö. Helsinki. 87 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-204-4>
- Valtioneuvosto 2020a. Reilulla siirtymällä kohti hiilineutraalia Suomea – tiekartta hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi 3.2.2020. <https://valtioneuvosto.fi/documents/10616/20764082/hiilineutraaliuden+tiekartta+03022020.pdf/1f1dfbea-f623-9197-5352-23a7f1b83703/hiilineutraaliuden+tiekartta+03022020.pdf?t=1580742856000>
- Valtioneuvosto 2020b. Metsähallitukselle uudet omistajapoliittiset linjaukset. Tiedote 28.4.2020. <https://valtioneuvosto.fi/-/10616/metsahallitukselle-uudet-omistajapoliittiset-linjaukset>
- Valtioneuvosto 2021. Uudet omistajapoliittiset linjaukset laskevat Metsähallituksen liiketoiminnan tulostavoitetta. Tiedote 18.2.2021. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410837/uudet-omistajapoliittiset-linjaukset-laskevat-metsahallituksen-liiketoiminnan-tulostavoitetta>
- YMP:n strategiasuunnitelmaraportti. 2021. Suomen CAP-suunnitelma 2023–2027. <https://mmm.fi/documents/1410837/10668578/Suomen+CAP-suunnitelma+tuloste+17.1.2022+nettiin.pdf/5c74ae39-8feb-5c45-3afe-822aabee1651/Suomen+CAP-suunnitelma+tuloste+17.1.2022+nettiin.pdf?t=1642665061697>



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000