



**Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2024**

# **Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman skenaariotarkastelun päivitys**

**Tarja Silfver, Jyrki Aakkula, Markus Haakana, Soili Haikarainen,  
Hannu Hirvelä, Jari Hynynen, Juha Mikola, Antti Mutanen,  
Jukka-Pekka Myllykangas, Paula Ollila, Hannu Salminen,  
Tarja Tuomainen, Jari Viitanen, Sofia Vikfors ja Antti Wall**

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2024

# **Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman skenaariotarkastelun päivitys**

**Tarja Silfver, Jyrki Aakkula, Markus Haakana, Soili Haikarainen, Hannu Hirvelä,  
Jari Hynynen, Juha Mikola, Antti Mutanen, Jukka-Pekka Myllykangas,  
Paula Ollila, Hannu Salminen, Tarja Tuomainen, Jari Viitanen, Sofia Vikfors  
ja Antti Wall**

**Viittausohje:**

Silfver, T., Aakkula, J., Haakana, M., Haikarainen, S., Hirvelä, H., Hynynen, J., Mikola, J., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Ollila, P., Salminen, H., Tuomainen, T., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. 2024. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman skenaariotarkastelun päivitys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 37 s.

Tarja Silfver, ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0003-0619-5008>

Juha Mikola, ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-4336-2648>



ISBN 978-952-380-869-0 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-869-0>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Tarja Silfver, Jyrki Aakkula, Markus Haakana, Soili Haikarainen, Hannu Hirvelä, Jari Hynynen, Juha Mikola, Antti Mutanen, Jukka-Pekka Myllykangas, Paula Ollila, Hannu Salminen, Tarja Tuomainen, Jari Viitanen, Sofia Vikfors ja Antti Wall

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Kannen kuva: Erkki Oksanen

## Tiivistelmä

Tarja Silfver, Jyrki Aakkula, Markus Haakana, Soili Haikarainen, Hannu Hirvelä, Jari Hynynen, Juha Mikola, Antti Mutanen, Jukka-Pekka Myllykangas, Paula Ollila, Hannu Salminen, Tarja Tuomainen, Jari Viitanen, Sofia Vikfors ja Antti Wall

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

Maa- ja metsätalousministeriö laati vuonna 2022 Maankäyttösektorin Ilmastosuunnitelman (MISU) osana uudistettua ilmastolakia. Suunnitelman toimenpiteillä tavoitellaan sektorin päästöjen vähentämistä ja nielujen vahvistamista kolmella miljoonalla hiilidioksidiekvivalenttitonilla vuoteen 2035 mennessä. Suunnitelman tueksi tehdyn skenaariotarkastelun (MISU-WAM) jälkeen sekä metsäsektorin toimintaympäristössä että kasvihuonekaasuinventaarion laskentamenetelmissä on tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Päivitetystä skenaariotarkastelusta (MISU-WEM1), jossa huomioidaan kotimaisen puun kysynnän kasvu ja ojitettujen turvemaametsien laskennan uudistaminen, maankäyttösektorin nettonielu on vuonna 2035 noin 23 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia pienempi kuin alkuperäisessä MISU-WAM-skenaariossa ja maankäyttösektori on muuttunut 0,5 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnin suuruiseksi päästölähteeksi.

Nettonielun heikkeneminen skenaariotarkastelujen välissä johtuu ennen kaikkea oletuksesta kotimaisen puun kysynnän lisääntymisestä ja sitä myötä kasvavista hakkuista, jotka yhdessä metsävarojen laskennan lähtötietoihin tehtyjen päivitysten kanssa selittävät nettonielun pienenemisestä noin kaksi kolmasosaa. Loppu kolmannes selittyy ojitettujen turvemaametsien laskennan uudistamisen myötä kasva-neilla maaperäpäästöillä.

Skenaariotarkastelussa laadittiin MISU-WEM1-skenaarion lisäksi kaksi muuta kotimaisen runkopuun käyttömääräarvion suhteen eroavaa skenaariota, MISU-WEM2 ja MISU-WEM3. Samoin kuin MISU-WEM1-skenaariossa, MISU-WEM2-skenaarioissa kotimaisen runkopuun käyttö nousi aluksi 83–84 milj. kuutiometriin, mutta laski vuoden 2025 jälkeen 76–77 milj. kuutiometriin. MISU-WEM3-skenaariossa käyttömääräarviot asettuivat 75–76 milj. kuutiometrin tasolle. Kaikkien skenaarioiden hakkuukertymät olivat vuosien 2018–2022 keskimääräistä tilastoitua hakkuukertymää, 74 milj. kuutiometriä, isompia. MISU-WEM2- ja MISU-WEM3-skenaarioiden MISU-WEM1-skenaariota alhaisemmillä hakkuutasoilla maankäyttösektorin nettonielu vuonna 2035 oli 9–13 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia.

Koska maankäyttösektorin mallinnetun ja kasvihuonekaasuinventaariossa raportoidun nettonielun on havaittu eroavan, tarkasteltiin myös, miltä maankäyttösektorin nettonielu eri skenaarioissa näyttää, jos 2010–2021 kasvihuonekaasuinventaarion tuloksissa raportoitu hakkuukertymän ja metsien hiilinielun riippuvuussuhde säilyy ennallaan. Jos suhde pysyy ennallaan, maankäyttösektorin nettonielu on vuosina 2030 ja 2035 6–7 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia mallinnettuja nieluja pienempi.

Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteillä voidaan päivitetystäkin skenaariossa kasvattaa nieluja tai saavuttaa päästövähennyksiä 4,7 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia, mikäli toimet toteutetaan siinä laajuudessa kuin on suunniteltu (Orpon hallitusohjelmassa esim. joutoalueiden metsitystä ja kosteikkoviljelyä ei tueta). On kuitenkin selvää, että maankäyttösektorin nykytilanteessa, ja erityisesti jos hakkuutasot nousevat MISU-WEM1-skenaarion mukaisesti, merkittävän nettonielun saavuttaminen maankäyttösektorilla vuoteen 2035 mennessä vaatii päästöjen vähentämistä ja nielujen vahvistamista huomattavasti alkuperäisen suunnitelman toimenpiteiden kolmea miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia enemmän.

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

# Sisällys

<b>1. Tausta ja tavoitteet</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Alkuperäinen MISU-WAM skenaario</b> .....	<b>7</b>
2.1. MISU-WAM skenaarion puunkäyttö .....	7
2.2. MISU-WAM-skenaarion toimet.....	8
<b>3. MISU-skenaarion päivitys ja vaihtoehtoiset puunkäyttöskenaariot</b> .....	<b>10</b>
3.1. Puunkäyttöskenaariot .....	10
3.1.1. MISU-WEM1 puunkäyttö .....	10
3.1.2. MISU-WEM2 puunkäyttö .....	11
3.1.3. MISU-WEM3 puunkäyttö .....	12
3.2. Metsävarojen kehitys .....	13
3.2.1. Metsävarojen kehitys eri puunkäyttöskenaarioilla.....	13
3.2.2. MELA- ja Motti-ohjelmistoilla tuotettujen metsävarojen kehitysennusteiden vertailu .....	18
3.2.3. Mallinnuksen tuottaman ja inventaariossa raportoidun metsämaan hiilinielun vertailu .....	20
3.3. Maankäyttöskenaario.....	21
<b>4. Skenaarioiden kasvihuonekaasuvaikutukset</b> .....	<b>24</b>
4.1. Päästö- ja poistumakehitykset.....	24
4.2. Vertailu alkuperäiseen MISU-skenaarioon.....	25
<b>5. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset</b> .....	<b>28</b>
<b>Viitteet</b> .....	<b>31</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>34</b>

# 1. Tausta ja tavoitteet

Osana uudistetun ilmastolain mukaista suunnittelujärjestelmää maa- ja metsätalousministeriö valmisteli vuosien 2021–2022 aikana maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman (MISU), jonka valtioneuvosto hyväksyi heinäkuussa 2022. Suunnitelma sisältää toimenpiteitä, joiden tavoitteena on vähentää maankäyttösektorin päästöjä ja vahvistaa nielujen aikaansaamia poistumia vähintään kolmella miljoonalla hiilidioksidiekvivalenttitonnilta vuoteen 2035 mennessä (Maa- ja metsätalousministeriö 2022). MISU valmisteltiin osana pääministeri Marinin hallitusohjelman toimeenpanoa.

Vuonna 2021 laadittiin maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF) -sektorille perus- (WEM, *with existing measures*) ja politiikkaskenaariot (WAM, *with additional measures*) osana Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI) -hanketta (Koljonen ym. 2021, Maanavilja ym. 2021). HIISI-skenaariot laadittiin samanaikaisesti ja yhdenmukaisesti muiden sektoreiden kanssa. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman valmistelun yhteydessä syntyi tarve laatia uusi politiikkaskenaario (MISU-WAM) sen varmistamiseksi, että suunnitelmassa tavoiteltu päästövähennys toteutuu. Skenaariotarkastelun laati Luonnonvarakeskus keväällä 2022 (Ollila ym. 2022). LULUCF-sektorin skenaarioita ei laadittu kokonaan uudestaan, vaan hyödyntäen mm. HIISI-hankkeessa laadittuja skenaarioita (Maanavilja ym. 2021).

HIISI-skenaarioiden ja MISU-WAM-skenaarion laadinnan jälkeen sekä kansallinen että kansainvälinen toimintaympäristö on muuttunut. Metsäteollisuusyritykset ovat ilmoittaneet uusista investoinneista, etenkin sahauskapasiteetti on kasvussa, mikä lisääi tukkipuun käyttöä aiempaan arvioon verrattuna (Viitanen ym. 2022, Haakana ym. 2022). Metsähakkeen käyttöön kohdistuu vastakkaisia paineita, kun EU:n politiikkaprosesseista käyttöön kohdistuu laskupainetta. Toisaalta käytön lisäyspainetta kotimaisena energialähteenä tulee, kun puuhakkeen tuonti Venäjältä on päättynyt Ukrainan sodan myötä. Venäjään kohdistuvat pakotteet lopettivat myös raakapuun tuonnin kesällä 2022, mikä luo painetta kotimaisen puun lisäkäyttöön. Toimintaympäristön muutoksen myötä syntyi tarve arvioida uudelleen kotimaista puunkäyttöä ja metsävarojen kehitystä sekä päivittää päästöjen ja poistumien kehitys MISU-WAM-skenaariossa.

Lisätarpeen MISU-WAM-skenaarion päivitykselle muodosti ojitettujen suometsien maaperän hiilidioksidipäästöjen laskentamenetelmä, joka uudistettiin vuoden 2023 kasvihuonekaasuinventaariolähetyksen yhteydessä (Alm ym. 2023). Aikaisemmissa inventaarioissa ja skenaarioissa käytetty menetelmä aliarvioi turpeen ja karikkeen hajoamisen maaperässä. Uusi menetelmä ottaa huomioon turpeen ja karikkeen nopeamman hajoamisen ilmaston lämmitessä, minkä seurauksena päästöt laskivat kasvihuonekaasuinventaarion aikasarjan (1990–2021) alussa ja kasvoivat lopussa vanhaan menetelmään verrattuna. Uusi laskentamenetelmä ei ollut käytössä, kun HIISI-skenaarioita ja MISU-WAM-skenaariota laadittiin.

Hankkeen tavoitteena oli päivittää MISU-WAM puunkäyttö- ja metsävaraskenaariot muuttuneen toimintaympäristön mukaiseksi ja laskea uudelleen maankäyttösektorin päästöjen ja poistumien kehitys laskentamenetelmämuutokset huomioon ottaen. Lisäksi haluttiin määrittää vaihtoehtoiset puunkäytön kehityskulut, jotta nähdään, kuinka paljon maankäyttösektorin nettonielu/päästö voi muuttua puunkäytön muutosten seurauksena.

Koska maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma (MISU) on valtioneuvoston hyväksymä, sen toimien katsotaan edustavan EU:n ilmastopolitiikassa määriteltyä nykytoimi- eli perusskenaariota (WEM, *with existing measures*). Tämän vuoksi päivitetty skenaario nimettiin MISU-WEM-skenaarioksi. On kuitenkin huomattava, että Orpon hallituksen hallitusohjelman mukaisesti esimerkiksi MISU:un sisältyvästä joutoalueiden metsitystuesta on päätetty luopua, eikä korvaavaa tukijärjestelmää aiota esittää. Myös turvepeltojen kosteikkoviljelyyn varattu kolmenkymmenmiljoonan euron tuki päätyi uuden hallituksen leikkauslistalle.

## 2. Alkuperäinen MISU-WAM skenaario

### 2.1. MISU-WAM skenaarion puunkäyttö

MISU-WAM-skenaarion vuoteen 2040 ulottuvat puuntarvearviot perustuvat HIISI-hankkeessa (Maanavilja ym. 2021) laadittuihin skenarioihin metsäteollisuuden tuotantomääristä ja puupohjaisen energian tuotannosta (Taulukko 1 ja 2). HIISI-hankkeen WEM- ja WAM-skenarioissa metsäteollisuustuotteiden tuotantomäärät ja niistä johdettu ainespuun tarve ovat samat. Metsähakkeen lämpö- ja voimalaitoskäytön sekä puun pienpolton osalta WEM- ja WAM-skenaariot eroavat jonkin verran toisistaan. MISU-WAM-skenaariossa metsähakkeen käyttö sekä puun pienpolto ja näistä johdettu energiapuun tarve noudattavat HIISI-hankkeen WEM-skenaariota (Ollila ym. 2022).

Metsäteollisuuden ja puupohjaisen energian tuotantoskenaariot (ml. ainespuun kotitarvehakkuut) määrittävät aines- ja energiapuun kokonaistarpeen. Kun aines- ja energiapuun kokonaistarpeesta vähennetään arvio sekä metsäteollisuuden että energiantuotannon käyttöön päätyvästä tuontipuusta sekä lisätään arvio puun viennistä, tuloksena saadaan kotimaisen puun puutavaralajeittaiset puunkäyttöarviot. Puunkäyttöarvioita käytetään MELA-laskelmien hakkuukertymätavoitteina.

MISU-WAM-skenaariossa paperin tuotanto Suomessa pienenee vuoteen 2025 mennessä voimakkaasti ja tämän jälkeen hitaammin. Kartongin tuotanto puolestaan kasvaa vuoteen 2035 saakka, jonka jälkeen kasvu tasaantuu. Mekaanisen massan, jota käytetään paperin ja kartongin raaka-aineena, mutta jonka vienti on suhteellisen vähäistä, tuotanto pienenee MISU-WAM-skenaarion alkuvuosina, mutta kääntyy jälleen lievään kasvuun vuoteen 2030 mennessä. Sellun tuotanto, erityisesti vientiin päätyvän markkinasellun tuotanto, kasvaa MISU-WAM-skenaariossa voimakkaasti vuoteen 2035 saakka, ja tämän jälkeen kasvu tasaantuu. Sellun tuotannon kehitysura sisältää skenaariota laadittaessa tiedossa olleen Metsä Fibren sellutehdasinvestoinnin Kemiin sekä oletuksen yhdestä uudesta tuotantokapasiteetiltaan noin 500 000 tonnin havusellutehtaasta Pohjois-Suomeen.

Puutuoteteollisuuden tuotteista sahatavaran ja vanerin (ml. viilupuu) tuotantomäärät kasvavat MISU-WAM-skenaariossa maltillisesti vuoteen 2035 saakka, jonka jälkeen kasvua ei enää tapahdu. Lastu- ja kuitulevyjen tuotannot säilyvät MISU-WAM-skenaariossa likimain tasolla, jolla ne olivat skenaarion laatimisajankohdan aikaan.

Metsäteollisuuden käyttöön tuotavan puuraaka-aineen osalta MISU-WAM-skenaariossa oletetaan, että tuonti säilyy koko tarkasteluajanjakson ajan puutavaralajeittain samalla tasolla kuin se oli ollut keskimäärin vuosina 2015–2019.

Metsähakkeen ja pientalojen polttopuun käyttömäärien osalta MISU-WAM-skenaario perustuu VTT:n TIMES-mallinnuksen tuloksiin. Metsähakkeen käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa kasvaa skenaariossa suhteellisen voimakkaasti vuoteen 2025 saakka, ja tämän jälkeen kasvu on hitaampaa. Kehityksen taustalla on kivihiiilen ja turpeen korvaaminen energiantuotannossa. Pientalojen polttopuun käyttö on puolestaan tasaisesti laskevaa. Lisäksi muiden uusiutuvan energian tuotantomuotojen, kuten aurinko- ja tuulivoimaloiden, kehittyminen sekä rakennusten lämmöneristävyyden paraneminen, hillitsevät energiapuuhun kohdistuvan kysynnän kasvua 2020-luvun loppua kohden ja tämän jälkeen. MISU-WAM-skenaariossa energiantuotantoon päätyvän hakkeen tuonnin oletetaan kasvavan vuoteen 2035 saakka. Määrällisesti

kasvuvarvio on kuitenkin maltillinen, sillä vuoden 2035 tuontihakkeen käyttömäärä, noin 1,9 miljoonaa kuutiometriä, on samaa kokoluokkaa kuin Luonnonvarakeskuksen arvio tuontihakkeen käytöstä energiantuotannossa vuonna 2021 (Luke 2023a). MISU-WAM-skenaarion mukaisen metsäteollisuuden tuotantomäärien sekä metsähakkeen ja pientalojen polttopuun käyttömäärien kehitysurat taustaoletuksineen on kuvattu tarkemmin HIISI-hankkeen loppuraportissa (Maanavilja ym. 2021, ss. 50–52).

**Taulukko 1.** MISU-WAM-skenaarion mukaiset massojen sekä sahatavaran ja vanerin tuotantomäärät 2020–2040.

Tuote	Yksikkö	2020	2025	2030	2035	2040
Mekaaninen massa*	1 000 t	2 389	2 214	2 383	2 519	2 484
Sellu	1 000 t	7 681	8 475	9 055	9 613	9 580
Sahatavara	1 000 m <sup>3</sup>	10 916	11 580	12 260	12 350	12 440
Vaneri (ml. viilupuu)	1 000 m <sup>3</sup>	990	1 150	1 140	1 140	1 140

\* sisältää puolikemiallisen massan.

**Taulukko 2.** MISU-WAM-skenaarion mukaiset kotimaisen ainespuun sekä energiarunkopuun käyttömääräarviot 2020–2040.

Puutavaralaji	Yksikkö	2020	2025	2030	2035	2040
Havukuitupuu	1 000 m <sup>3</sup>	23 879	26 467	30 018	33 233	32 937
Lehtikuitupuu	1 000 m <sup>3</sup>	8 906	7 788	7 500	7 730	7 692
Havutukki	1 000 m <sup>3</sup>	25 774	27 482	28 952	29 155	29 357
Lehtitukki	1 000 m <sup>3</sup>	607	957	1 003	1 003	1 003
Energiarunkopuu	1 000 m <sup>3</sup>	10 085	11 424	11 347	11 069	11 390
<b>Yhteensä</b>	<b>1 000 m<sup>3</sup></b>	<b>69 250</b>	<b>74 118</b>	<b>78 820</b>	<b>82 189</b>	<b>82 380</b>

## 2.2. MISU-WAM-skenaarion toimet

MISU-WAM-skenaarioon sisältyi metsien hiilivarastojen kasvua ja hiilinielujen vahvistamista lisääviä toimia, metsitystä lisääviä ja metsäkatoa vähentäviä toimenpiteitä sekä turvepeltojen päästöjä vähentäviä toimia (Ollila ym. 2022). Käytännössä kyse oli niistä toimenpiteistä, joille maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmassa oli määritelty toteutuspinna-ala, ja joiden päästövaikutukset oli teknisesti mahdollista laskea (Taulukko 3). Metsävaraskenaario mallinnettiin MELA-ohjelmistolla (Hirvelä ym. 2017) ja muiden toimenpiteiden laskemiseen hyödynnettiin mm. HIISI-skenaarioita (Maanavilja ym. 2021), selvitystä maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteiden päästövähennysmahdollisuuksista (Lehtonen ym. 2021) ja hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin IPCC:n päästökertoimia (IPCC 2014). Metsäteollisuuden tuotantomäärät sekä aines- ja energiapuun hakkuukertymät olivat HIISI-WEM-skenaarion mukaisia.

MISU-WAM-skenaariossa pellonraivauksen ehkäisy ja joutoalueiden metsitys -toimenpiteiden osalta käytettiin HIISI-WAM-skenaarion tuloksia soveltuvin osin, kun taas heikkotuottoisten peltojen metsityksestä aikaansaama puuston hiilivaraston muutos laskettiin MOTTI-metsänkasvatusohjelmistolla (Luke 2015).

MISU-WAM-skenaarion toimenpiteet pidettiin sellaisenaan mukana päivitetessä MISU-skenaarioissa. Maatalouden uusien toimien vaikutusten laskentaa tarkennettiin päivityksen yhteydessä niin, että toimien vaikutukset muuhun maankäyttöön huomioitiin tarkemmin ja laskenta tehtiin kasvihuonekaasuinventaariomenetelmien mukaisesti.

**Taulukko 3.** MISU-WAM-skenaarioon sisältyvät toimet. Kaikki sisällytettiin myös MISU-WEM-skenaarioihin. Toimien oletetaan toteutuvan vuosina 2023–2040 ellei toisin mainita.

Toimenpide	Pinta-ala / kuvaus
Metsähallituksen ilmastotoimet	Lannoitus 30 000 ha/v Metsähallituksen omistamissa metsissä
Ehkäistään metsän muuttumista pelloiksi	Pellonraivaus vähenee 800 ha/v kivennäismailla ja 900 ha/v turvemilla
Joutoalueiden määräaikainen metsitystuki	Metsitetään joutoalueita noin 3 000 ha/v
Heikkotuottoisten metsitykseen soveltuvien peltojen metsitys	Metsitetään turvepeltoja 1 200 ha/v Etelä-Suomessa ja 600 ha/v Pohjois-Suomessa v. 2024–2028 (MISU-WEM: v. 2025–2029)
Turvemaan numiviljely korotetulla pohjaveden pinnalla -30 cm	20 000 ha v. 2030, 32 500 ha v. 2035
Turvemaan viljely korotetulla vedenpinnalla (ruokohelpi ym.) -30 cm vedenpinnalla	5 000 ha v. 2030, 10 000 ha v. 2035
Turvemaan viljely korotetulla vedenpinnalla (osman-käämi, kihokki tms.) -5 – -10 cm vedenpinnalla	2 500 ha v. 2030, 5 000 ha v. 2035
Turvellon ilmastokosteikko	4 000 ha v. 2030, 7 500 ha v. 2035
Turvepeltojen nurmet	40 000 ha/v
Vetetään huonotuottoisia, paksuturpeisia peltoja ja suonpohjia kosteikoiksi	Turvepeltoja: 10 000 ha v. 2030 (MISU-WEM-skenaarioissa lisäksi suonpohjia 20 000 ha v. 2030)
Kunnostusojituksen välttäminen harvennusten yhteydessä rehevien korpien lisäksi myös karuilla rämeillä	Tavoitteena HIISI-WAM-skenaarion tuloksena saatu kunnostusojitusalan pieneneminen 1 000 ha/v, lopullinen kunnostusojitusala saadaan MISU-laskelman tuloksena
Yläharvennukset rehevissä korvissa kiertoajan viimeisenä harvennuksena ennen uudistamista	Tavoitteena HIISI-WAM-skenaarion tuloksena saatu yläharvennusten pinta-ala 6 000 ha/v, lopullinen yläharvennusten pinta-ala saadaan MISU-laskelman tuloksena
Edistetään suometsien tuhkalannoitusta	37 000 ha/v (lisäys 26 000 ha/v)
Edistetään kivennäismaametsien lannoitusta	50 000 ha/v (lisäys 24 000 ha/v)
Edistetään metsien nopeaa ja tehokasta uudistumista	Metsät uudistetaan viipymättä uudistushakkuun jälkeen kaikissa metsävaraskenaarioissa
Lisätään lahopuun hiilivarastoa talousmetsiin monimuotoisuus- ja ilmastosyistä säästöpuita jättämällä	Uudistushakkuissa valittavien säästöpuiden hehtaari-kohtaista määrää nostetaan 5:stä 7:ään m <sup>3</sup>

## 3. MISU-skenaarion päivitys ja vaihtoehtoiset puunkäyttöskenaariot

### 3.1. Puunkäyttöskenaariot

#### 3.1.1. MISU-WEM1 puunkäyttö

MISU-WAM-skenaarion laadinnan jälkeen metsäsektorin toimintaympäristössä on tapahtunut merkittäviä muutoksia. Koronapandemia nosti sahatavaran hintatason ennätyksellisen korkeaksi. Myös kartonkien sekä sellun kysyntä ja hintataso kohosivat. Investointeja sekä päätöksiä investoinneista on tehty etenkin sahatavaran tuotantokapasiteettiin, mutta myös kartongin ja sellun tuotantoon. Tuotantolaitoksia on toisaalta myös suljettu.

Venäjän hyökkäys Ukrainaan helmikuussa 2022 ja Venäjään myöhemmin kohdentuneet pakotteet päättivät venäläisen puun tuonnin Suomeen keväällä 2022. Vuonna 2021 Suomeen tuotiin Venäjältä raakapuuta (ml. hake) 8,8 miljoonaa kuutiometriä ja tämän lisäksi sivutuotepuuta, kuten puupellettejä, noin 0,5 miljoonaa kuutiometriä (Luke 2023b). Eniten Venäjältä on tuotu koivukuitupuuta selluteollisuuden käyttöön sekä haketta, joka on päätyntä niin selluteollisuuteen kuin energiantuotantoon. Venäjältä tuodun puumäärän korvaaminen kokonaan kasvattamalla tuontia muista maista on käytännössä mahdotonta, sillä puusta on pulaa koko Itämeren alueella. On myös epätodennäköistä, että puun tuonti Venäjältä elpyni lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä. Venäläisen puun tuonnin päätyminen on johtanut puun kysynnän kasvuun ja erityisesti kuitupuun hinnan nousuun Suomen puumarkkinoilla. Lisäksi selluteollisuudessa on tehty tuotantolinjojen muutoksia lehtisellusta havuselluun. Stora Enso on myös ilmoittanut sulkevansa Sunilan sellutehtaan vuoden 2023 loppuun mennessä Kotkassa. Sunilan puunkäytöstä suurin osa on ollut tuontipuuta.

MISU-WAM-skenaarioon verrattuna MISU-WEM1-skenaariossa on otettu huomioon keväällä 2023 tiedossa olleet MISU-WAM-skenaarioon laadinnan jälkeen tapahtuneet tuotantolaitosten sulkemiset sekä tehdyt päätökset investoinneista (Taulukko 4 ja 5). Mukana ovat esimerkiksi Stora Enson Veitsiluodon paperitehtaan sulkeminen vuoden 2021 loppupuolella, Stora Enson päätös sulkea paperikone Anjalan tehtaalla, Stora Enson Enocellin tehtaan liukosellun tuotannon päätyminen ja lehtisellulinjan tuotannon muutos havusellun tuotantoon, UPM:n Kaukaan lehtisellulinjan muutos havusellun tuotantoon, Stora Enson Varkauden tehtaan sellun tuotantokapasiteetin lisäys, Mondin Kuopion tehtaan puoliselukapasiteetin lisäys sekä Stora Enson Oulun tehtaan toisen paperikoneen konversio kartonkikoneeksi ja uusi kemihierrelaitos. Venäläisen puun tuonnin päätyminen ja kotimaan puumarkkinatilanteen kiristymisen myötä MISU-WEM1-skenaarioon ei sisälly oletusta yhdestä uudesta havusellutehtaasta Pohjois-Suomeen. Lisäksi paperin ja kartongin tuotannon sekä näihin liittyvän mekaanisen massan tuotantomäärien tulevia kehityskulkuja on MISU-WEM1-skenaariota laadittaessa täsmennetty suhteessa MISU-WAM-skenaarioon. MISU-WEM1-skenaariota laadittaessa tiedossa ei ollut Stora Enson aikomusta sulkea Sunilan sellutehdas, eikä tästä aiheutuva sellun tuotantokapasiteetin väheneminen sisälly MISU-WEM1-skenaarioon.

Puutuoteteollisuudessa tehtyjen investointien, investointipäätösten sekä ilmoitettujen sulkemisten myötä vuosina 2022–2025 sahatavaran tuotantokapasiteetin nettolisäys on noin 2,0 miljoonaa kuutiometriä. MISU-WEM1-skenaariossa sahatavaran tuotanto kasvaa MISU-WAM-

skenaariota enemmän. Lisäksi mukana on oletus yhden uuden viilupuutehtaan rakentamisesta.

Lämpö- ja voimalaitosten käyttämän metsähakkeen ja puun pienpolton osalta MISU-WEM1-skenaario on identtinen MISU-WAM-skenaarion kanssa.

Puun tuonnin taustaoletuksena MISU-WEM1-skenaariossa on, ettei puun tuonti Venäjältä elvy tarkasteluajanjaksolla. Metsäteollisuuden käyttöön päätyvän tuontipuun MISU-WAM-skenaarion mukaisesta määrästä on MISU-WEM1-skenaariossa vähennetty puutavaralajeittain venäläisen puun vuosien 2017–2021 keskimääräinen tuontimäärä. Hakkeen osalta on arvioitu, kuinka suuri osa Venäjältä tuodusta määrästä on päätynyt metsäteollisuuden ja toisaalta energiantuotannon käyttöön. Energiantuotannossa käytetyn venäläisen hakkeen määrä on puolestaan lisätty kotimaisen metsähakkeen käyttömäärään. Metsäteollisuuden on arvioitu MISU-WEM1-skenaariossa pystyvän lisäämään sekä lehti- että havukuitupuun tuontia muista maista 500 000 kuutiometriä vuodessa. Nämä määrät on lisätty metsäteollisuuden käyttöön päätyvän tuontipuun määriin.

**Taulukko 4.** MISU-WEM1-skenaarion mukaiset massojen sekä sahatavaran ja vanerin tuotantomäärät 2020–2050.

Tuote	Yksikkö	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Mekaaninen massa*	1 000 t	2 389	2 090	2 540	2 540	2 540	2 540	2 540
Sellu	1 000 t	7 681	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500
Sahatavara	1 000 m <sup>3</sup>	10 916	13 450	13 450	13 450	13 450	13 450	13 450
Vaneri (ml. viilupuu)	1 000 m <sup>3</sup>	990	1 150	1 250	1 250	1 250	1 250	1 250

\* sisältää puolikemiallisen massan.

**Taulukko 5.** MISU-WEM1-skenaarion mukaiset kotimaisen ainespuun sekä energiarunkopuun käyttömääräarviot 2020–2050.

Puutavaralaji	Yksikkö	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Havukuitupuu	1 000 m <sup>3</sup>	23 879	29 647	30 564	30 564	30 564	30 564	30 564
Lehtikuitupuu	1 000 m <sup>3</sup>	8 906	8 174	8 425	8 425	8 425	8 425	8 425
Havutukki	1 000 m <sup>3</sup>	25 774	31 986	32 220	32 220	32 220	32 220	32 220
Lehtitukki	1 000 m <sup>3</sup>	607	824	824	824	824	824	824
Energiarunkopuu	1 000 m <sup>3</sup>	10 085	12 038	11 962	11 684	12 005	12 045	12 072
<b>Yhteensä</b>	<b>1 000 m<sup>3</sup></b>	<b>69 250</b>	<b>82 669</b>	<b>83 995</b>	<b>83 716</b>	<b>84 037</b>	<b>84 078</b>	<b>84 104</b>

### 3.1.2. MISU-WEM2 puunkäyttö

MISU-WEM2-skenaariossa venäläisen puun tuonti elpyy vuoteen 2030 mennessä puutavaralajeittain samalle tasolle kuin se oli vuosina 2017–2021 keskimäärin (Taulukko 6 ja 7). Lisäksi ne lehtisellulinjat, jotka MISU-WEM1-skenaariossa käännettiin tuottamaan havusellua, palaavat tuottamaan lehtisellua. Muilta osin skenaario on identtinen MISU-WEM1-skenaarion kanssa.

**Taulukko 6.** MISU-WEM2-skenaarion mukaiset massojen sekä sahatavaran ja vanerin tuotantomäärät 2020–2050.

Tuote	Yksikkö	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Mekaaninen massa*	1 000 t	2 389	2 090	2 540	2 540	2 540	2 540	2 540
Sellu	1 000 t	7 681	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500
Sahatavara	1 000 m <sup>3</sup>	10 916	13 450	13 450	13 450	13 450	13 450	13 450
Vaneri (ml. viilupuu)	1 000 m <sup>3</sup>	990	1 150	1 250	1 250	1 250	1 250	1 250

\* sisältää puolikemiallisen massan.

**Taulukko 7.** MISU-WEM2-skenaarion mukaiset kotimaisen ainespuun sekä energiarunkopuun käyttömääräarviot 2020–2050.

Puutavaralaji	Yksikkö	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Havukuitupuu	1 000 m <sup>3</sup>	23 879	29 647	25 130	25 130	25 130	25 130	25 130
Lehtikuitupuu	1 000 m <sup>3</sup>	8 906	8 174	7 502	7 502	7 502	7 502	7 502
Havutukki	1 000 m <sup>3</sup>	25 774	31 986	32 101	32 101	32 101	32 101	32 101
Lehtitukki	1 000 m <sup>3</sup>	607	824	654	654	654	654	654
Energiarunkopuu	1 000 m <sup>3</sup>	10 085	12 038	11 347	11 069	11 390	11 430	11 457
<b>Yhteensä</b>	<b>1 000 m<sup>3</sup></b>	<b>69 250</b>	<b>82 669</b>	<b>76 734</b>	<b>76 456</b>	<b>76 777</b>	<b>76 817</b>	<b>76 844</b>

### 3.1.3. MISU-WEM3 puunkäyttö

MISU-WEM3-skenaarion erona MISU-WEM1-skenaarioon on, että havusellun tuotantokapasiteetti supistuu vuoteen 2025 mennessä vajaat kaksi miljoonaa kuutiometriä (Taulukko 8 ja 9). Tämä johtuu odotuksia heikommasta sellun kysyntäkehityksestä maailmanmarkkinoilla sekä kiristyneestä puumarkkinatilanteesta ja puun hinnan noususta kotimaassa. Muilta osin MISU-WEM3-skenaario on identtinen MISU-WEM1-skenaarion kanssa.

**Taulukko 8.** MISU-WEM3-skenaarion mukaiset massojen sekä sahatavaran ja vanerin tuotantomäärät 2020–2050.

Tuote	Yksikkö	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Mekaaninen massa*	1 000 t	2 389	2 090	2 540	2 540	2 540	2 540	2 540
Sellu	1 000 t	7 681	7 050	7 050	7 050	7 050	7 050	7 050
Sahatavara	1 000 m <sup>3</sup>	10 916	13 450	13 450	13 450	13 450	13 450	13 450
Vaneri (ml. viilupuu)	1 000 m <sup>3</sup>	990	1 150	1 250	1 250	1 250	1 250	1 250

\* sisältää puolikemiallisen massan.

**Taulukko 9.** MISU-WEM3-skenaarion mukaiset kotimaisen ainespuun sekä energiarunkopuun käyttömääräarviot 2020–2050.

Puutavaralaji	Yksikkö	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Havukuitupuu	1 000 m <sup>3</sup>	23 879	21 607	22 525	22 525	22 525	22 525	22 525
Lehtikuitupuu	1 000 m <sup>3</sup>	8 906	8 174	8 425	8 425	8 425	8 425	8 425
Havutukki	1 000 m <sup>3</sup>	25 774	31 986	32 220	32 220	32 220	32 220	32 220
Lehtitukki	1 000 m <sup>3</sup>	607	824	824	824	824	824	824
Energiarunkopuu	1 000 m <sup>3</sup>	10 085	12 038	11 962	11 684	12 005	12 045	12 072
<b>Yhteensä</b>	<b>1 000 m<sup>3</sup></b>	<b>69 250</b>	<b>74 629</b>	<b>75 955</b>	<b>75 676</b>	<b>75 997</b>	<b>76 038</b>	<b>76 064</b>

## 3.2. Metsävarojen kehitys

### 3.2.1. Metsävarojen kehitys eri puunkäyttöskenaarioilla

MISU-WAM-skenaarion mukaisesti myös MISU-WEM-skenaarioissa metsävarojen kehitys mallinnettiin Luken MELA-ohjelmiston (Hirvelä ym. 2017) avulla. Skenaariolaskennassa MISU-WEM1-, MISU-WEM2- ja MISU-WEM3-skenaarioiden puun käyttötarvearvioista johdettuja alueellisia hakkuukertymiä käytettiin laskelmissa maakunnittaisina korjuumäärätavoitteina. Laskennassa kotimaisen ainespuun, metsähakkeen ja polttopuun hakkuumäärille sekä kasvatustalouden pinta-aloille asetettiin tavoitetasot, ja näille ehdollinen metsien tuleva kehitys saatiin skenaariolaskennan tuloksena erikseen jokaiselle MISU-WEM-skenaariolle. Näitä puutavaralajeittaisia hakkuukertymiä lukuun ottamatta MISU-WEM-skenaarioiden laskentamääritykset olivat yhtenevät. Skenaariolaskenta toteutettiin maakunnittain ja koko Suomen kattavat tulokset saatiin maakunnittaisten arvioiden summina.

MISU-WEM-skenaarioissa otettiin huomioon metsien käsittelyssä hiilinielujen ja monimuotoisuuden lisäämiseen tähtääviä politiikkatoimia. Nämä toimet olivat yhtenevät kaikissa kolmessa MISU-WEM-skenaariossa ja ne olivat samat kuin alkuperäisen MISU-WAM-skenaarion politiikkatoimet (Ollila ym. 2022). Skenaarioissa kasvatuslannoitusta lisättiin 117 000 hehtaariin vuodessa, kunnostusojitusta ei tehty harvennushakkuun yhteydessä rehevien korprien lisäksi myöskään karuilla rämeillä, osa puuston kiertoajan viimeisistä harvennushakkuista tehtiin yläharvennustyyppisinä ja uudistushakkuissa säästöpuina kasvamaan jätettävän puuston määrää lisättiin (Taulukko 3). Toimien ja määrittelyiden tarkempi kuvaus, ks. Ollila ym. (2022). Alkuperäisen MISU-WAM-skenaarion mukaisesti kaikissa kolmessa skenaariossa oletettiin, että metsät uudistetaan viipymättä uudistushakkuun jälkeen, taimikonhoito tehdään aina metsänhoidon suositukseen perustuen ja että jalostetun viljelymateriaalin mahdollinen vaikutus sisältyy laskelmissa sovellettuun kasvuntasoon (Maanvilja ym. 2021).

Yhtenäisistä politiikkatoimista huolimatta MISU-WAM- ja MISU-WEM-skenaarioiden välillä oli eroja laskennan määrittelyissä. MISU-WAM-skenaarion laskenta (Ollila ym. 2022) perustui vuosina 2014–2018 mitattuun valtakunnan metsien 12. inventoinnin (VMI12) maastoaineistoon (Valtakunnan metsien ... 2018, Korhonen ym. 2021) edustaen keskimäärin metsävarojen tilannetta vuonna 2016 ja politiikkatoimia lukuun ottamatta skenaarion laskentamääritykset pohjautuivat MELA Tulospalvelun VMI12-laskelmakerroksen määrityksiin (Luke 2023c, Ollila ym. 2022). MISU-WEM-skenaarioiden laskenta sen sijaan perustui yhdistettyyn vuosina 2017–2018 mitattuun VMI12-aineistoon ja tuoreempaan, vuosina 2019–2021 mitattuun VMI13-aineistoon (Valtakunnan metsien ... 2021). Poikkeuksena oli Ylä-Lapin alue (Enontekiön, Inarin ja Utsjoen kuntien alueet), jonka osalta inventointisykli on harvempi ja skenaarioiden laadintavaiheessa tuorein käytettävissä oleva aineisto oli vuosina 2012–2013 mitattu VMI11-aineisto (Valtakunnan metsien ... 2013, Korhonen ym. 2017) sekä MISU-WAM- että MISU-WEM-skenaarioissa. MISU-WEM-skenaarioiden laskelma-aineisto vastasi metsävarojen tilannetta keskimäärin vuonna 2019, joka oli myös metsien skenaariolaskennan aloitusvuosi. Lisäksi MISU-WEM-skenaarioiden laskentamääritykset pohjautuivat vastaavasti politiikkatoimia lukuun ottamatta tuoreemman MELA Tulospalvelun VMI12-VMI13 –laskelmakerroksen määrityksiin (Luke 2023d), joissa oli käytetty uudempia tilastoituja puun, puunkorjuun ja metsänhoidon hinta ja –kustannustietoja sekä tarkennettu energiapuun korjuun toteutusta. Puuston kasvu- ja kehitysmallit sekä kasvuntason kalibrointi olivat samat MISU-WAM- ja MISU-WEM-

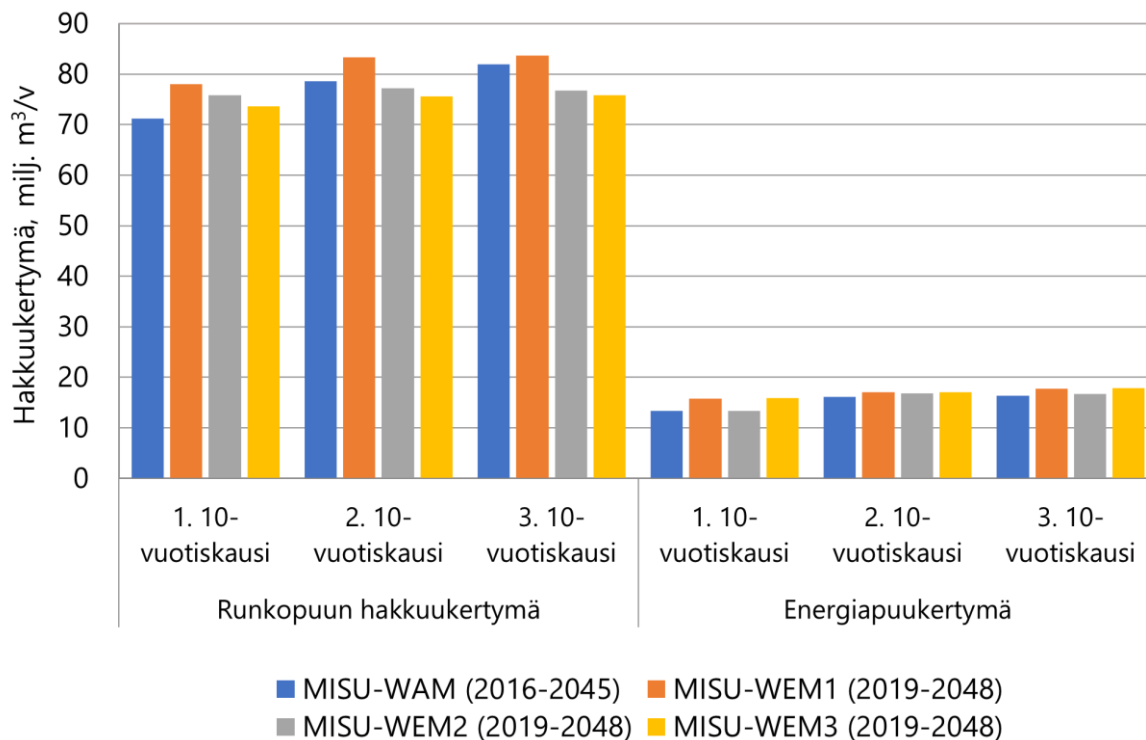
laskelmissa, ja näihin perustuen skenaarioissa puuston kasvun arviot saatiin laskelmien tuloksena. Laskelmamääritysten ja niiden välisten erojen tarkempi kuvaus, ks. Luke (2023d).

Skenaariolaskenta toteutettiin MELA-ohjelmistolla 10 vuoden pituisina kausina 50 vuoden ajalle, ja metsänhoidon suosituksiin perustuvat metsänkäsittelytoimenpiteet olivat mahdollisia kausien puolivälissä. Metsien suojelutilanne perustui käytetyn VMI-aineiston mukaisesti puuntuotannon rajoituksiin, ja laskentaa varten metsät luokiteltiin ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin alueisiin (tarkempi kuvaus, ks. Luke 2023d). Laskennassa metsänkäsittelyt olivat mahdollisia vain puuntuotannossa olevalla metsämaalla, ja siten puuntuotannon ulkopuolella oleva metsämaa sekä kaikki kitu- ja joutomaat olivat metsänkäsittelyn ulkopuolella. Puuntuotannossa oleva metsämaa sisälsi ensisijaisesti puuntuotannossa ja rajoitetussa puuntuotannossa olevan metsämaan. Skenaariolaskennassa oletettiin, että puuntuotannon rajoituksissa ja metsänhoidon suosituksissa ei tapahdu muutoksia laskennan aikana.

Skenaarioissa yläharvennusten toteutuspinna-alat saatiin laskennan tuloksena. Samoin harvennushakkuiden yhteydessä tehtävien kunnostusojitusten pinna-alat olivat laskennan tulos ja ne olivat yhteydessä skenaariolaskennan turvemaiden harvennushakkuiden toteutuspinna-aloihin. On huomattava, että yläharvennukset eivät olleet skenaarioissa jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen mukaisia hakkuumenetelmiä, vaan yläharvennus oli mahdollinen vain rehevissä korvissa kiertoajan viimeisenä harvennuksena ennen uudistushakkuuta. Lisäksi on huomattava, että lannoitusalan lisäystä ei otettu huomioon laskennan alusta, vuodesta 2019, lähtien, vaan vasta ensimmäisen 10-vuotiskauden puolivälistä alkaen vastaavalla tavalla kuin alkuperäisessä MISU-WAM-skenaariossa (Ollila ym. 2022).

Koska alkuperäinen MISU-WAM-skenaario ja tässä laaditut MISU-WEM-skenaariot perustuvat eri ajankohtien VMI-maastoaineistoihin, skenaarioiden 10-vuoden pituiset laskentakaudet ajoittuvat hieman eri tavalla. MISU-WAM-skenaariossa runkopuun (tukkipuun, kuitupuun ja energiarunkopuun) vuotuinen hakkuukertymäärä on koko maassa lähimpään miljoonaan kuutiometriin pyöristettynä 71 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2016–2025, 79 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2026–2035 ja 82 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2036–2045 (Kuva 1, Ollila ym. 2022). MISU-WEM-skenaarioista runkopuun vuotuinen hakkuukertymäärä on koko 30 vuoden tarkastelujakson ajan korkeimmillaan MISU-WEM1-skenaariossa: 78 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2019–2028, 83 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2029–2038 ja 84 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2039–2048. MISU-WEM2-skenaariossa hakkuukertymäärät ovat 76–77 miljoonan kuutiometrin ja MISU-WEM3-skenaariossa vastaavasti 74–76 miljoonan kuutiometrin vuositason 30 vuoden tarkastelujakson (2019–2048) kuluessa. On huomattava, että puuntarvearvioista johdetuille hakkuukertymätavoitteille annettiin laskennassa oletusarvoisesti  $\pm 0,5$  %:n vaihteluväli laskennan teknisen toteutuksen varmistamiseksi ja että tätä vaihteluväliä tarvittaessa suurennettiin puutavaralajeittain.

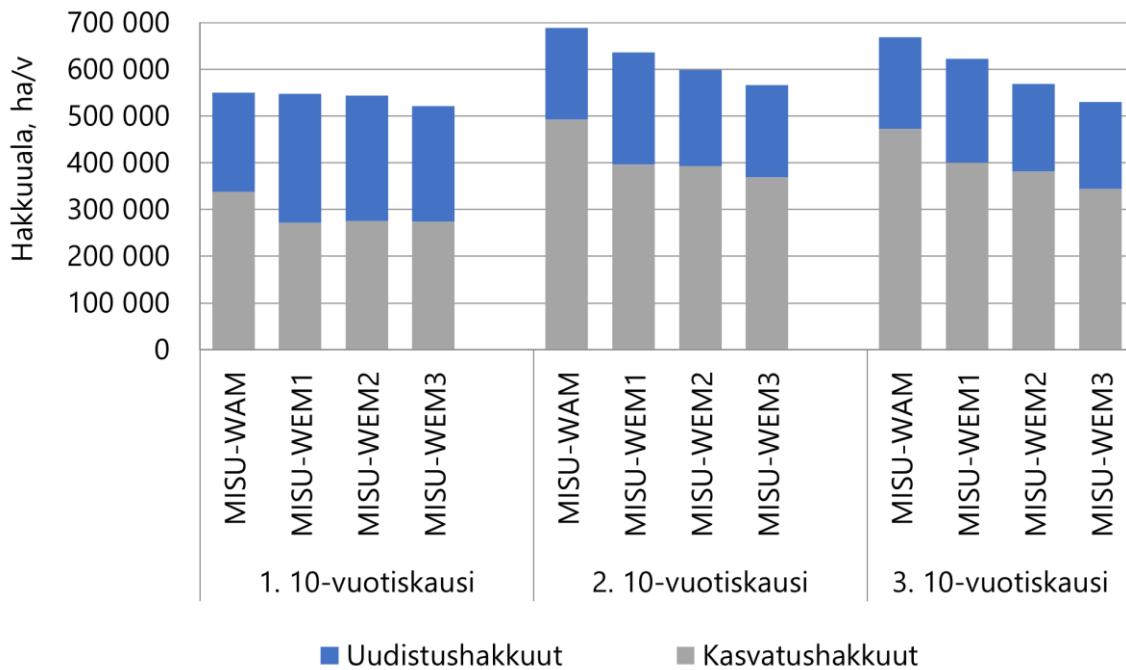
MISU-WAM-skenaariossa energiapuun vuotuinen kokonaiskertymä nousee tarkastelujakson kuluessa 3 miljoonaa kuutiometriä 16 miljoonan kuutiometrin tasolle (Ollila ym. 2022). Energiapuu koostuu energiarunkopuusta, latvussmassasta, kannoista ja juurista. Energiapuun vuotuinen hakkuukertymäärä on korkeimmillaan MISU-WEM1- ja MISU-WEM3-skenaarioissa ollen 16 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2019–2028 ja 18 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2039–2048. MISU-WEM2-skenaariossa energiapuun hakkuukertymäärä on 13–17 miljoonan kuutiometrin tasolla 30 vuoden tarkastelujakson aikana.



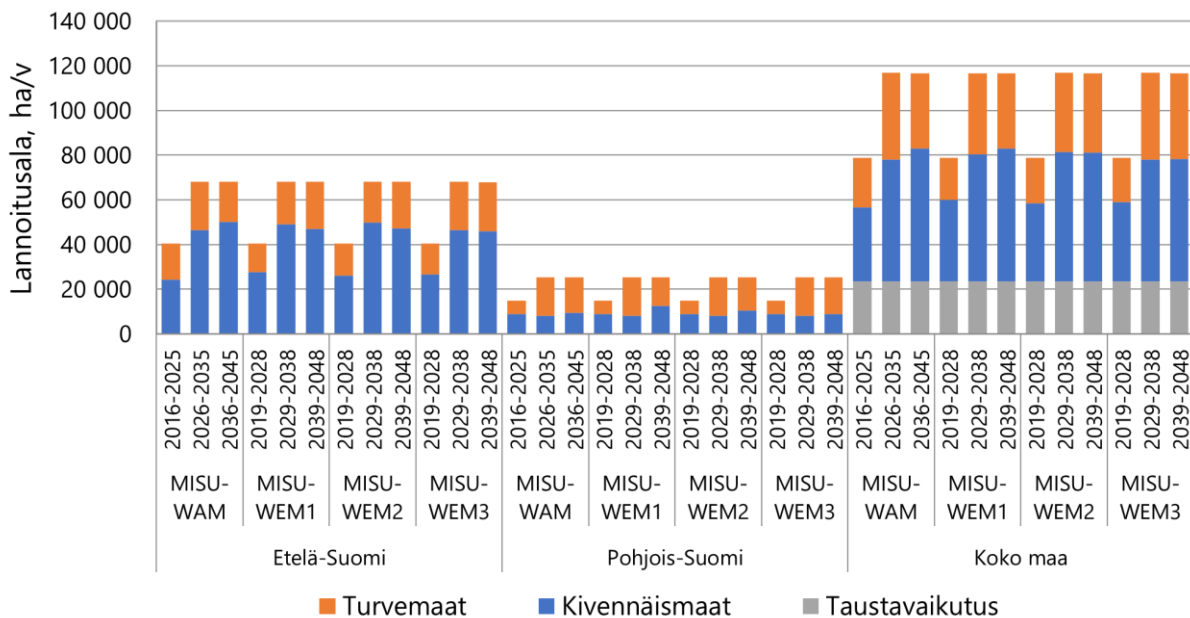
**Kuva 1.** Runko- ja energiapuun vuotuiset hakkuukertymät puuntuotannossa olevalla metsämaalla MISU-WAM-, MISU-WEM1-, MISU-WEM2- ja MISU-WEM3-skenaarioiden mukaan koko maassa kymmenvuotiskausittain. Runkopuun hakkuukertymässä on mukana ainespuu (tukki- ja kuitupuun) ja energiarunkopuu. Energiapuukertymä sisältää energiarunkopuun lisäksi puiden oksat, lehdet, neulasen, kannot ja juuret, jotka korjataan skenaarioissa puun energiatekniikan varten.

Vuosina 2014–2018 mitattuun VMI12-maastoaineistoon perustuvassa MISU-WAM-skenaariossa kasvatushakkuualat ovat suuremmat kuin tuorempaan VMI12-VMI13-aineistoon perustuvissa MISU-WEM-skenaarioissa (Kuva 2). Myös kokonaishakkuualat ovat suuremmat MISU-WAM-skenaariossa erityisesti 2. ja 3. kymmenvuotiskaudella. Muutokset laskenta-aineistoissa, laskentamäärityksissä ja laskelmissa hakkuukertymätavoitteina käytettävissä puun-tarvearvioissa johtavat skenaarioiden välisiin eroihin hakkuupinta-alan tasossa ja rakenteessa. Vuotuiset hakkuupinta-alat ovat MISU-WAM-skenaariossa kymmenvuotiskausittain 0,55–0,69 miljoonaa hehtaaria ja pienimmillään MISU-WEM3-skenaariossa 0,52–57 miljoonaa hehtaaria koko maassa.

Kasvatuslannoitusten vuotuiset kokonaispinta-alat ovat samalla tasolla kaikissa skenaarioissa koko 30 vuoden tarkastelujakson ajan (Kuva 3). Ensimmäisen kymmenvuotiskauden lannoitus-pinta-alan muita kymmenvuotiskausia alempi taso selittyy sillä, että lannoitus-pinta-alan tavoitetta (117 000 ha/v) noudatetaan laskelmissa vasta ensimmäisen kauden puolivälistä alkaen. Skenaarioiden välillä on eroja hakkuiden kohdentumisessa, minkä seurauksena lannoitusten jakautumisessa kivennäis- ja turvemaille on pientä vaihtelua skenaarioiden välillä.



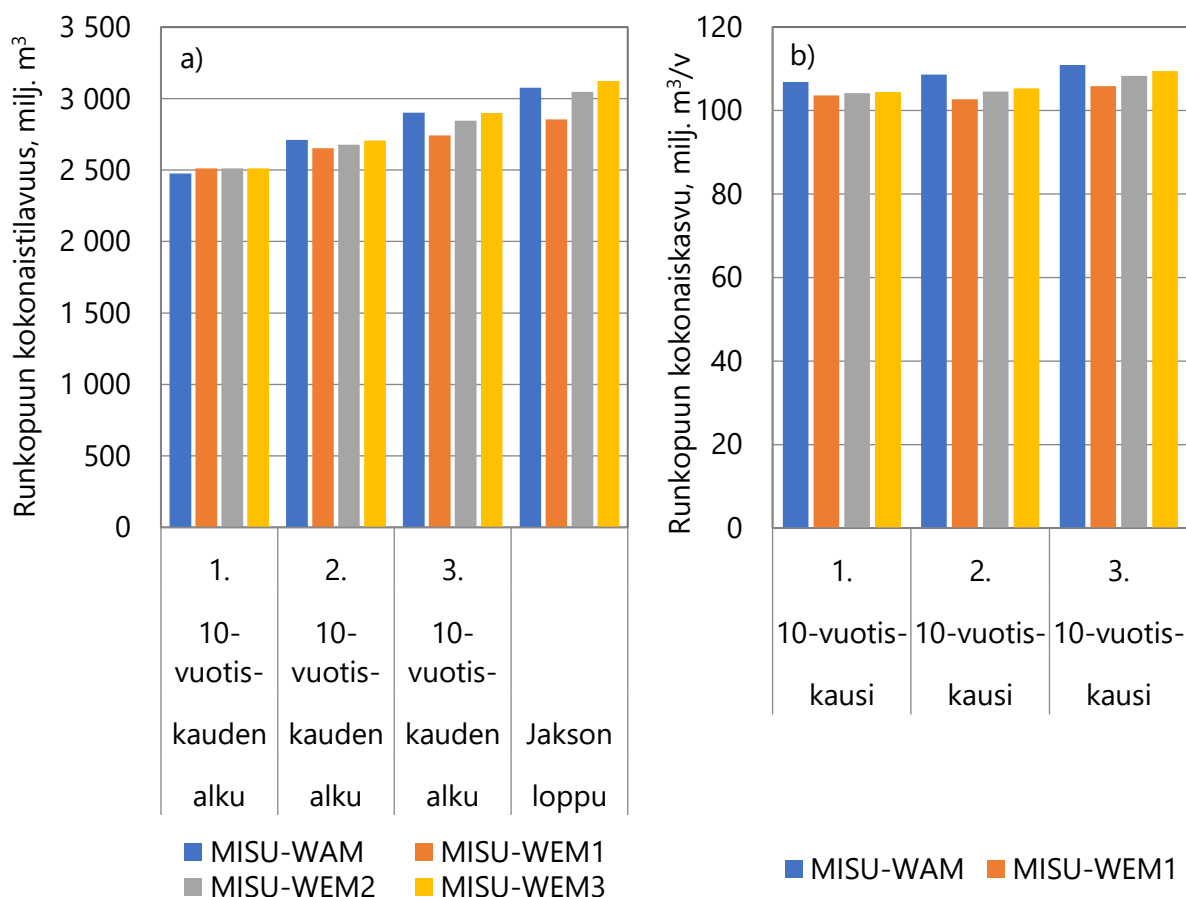
**Kuva 2.** Kasvatus- ja uudistushakkuiden vuotiset pinta-alat puuntuotannossa olevalla metsämaalla MISU-WAM-, MISU-WEM1-, MISU-WEM2- ja MISU-WEM3-skenaarioiden mukaan koko maassa kymmenvuotiskausittain. Kasvatushakkuualaan sisältyvät harvennushakkuiden ja ylispuiden poistoon tähtäävien hakkuiden pinta-alat.



**Kuva 3.** Kasvatuslannoitusten vuotiset pinta-alat puuntuotannossa olevalla metsämaalla MISU-WAM-, MISU-WEM1-, MISU-WEM2- ja MISU-WEM3-skenaarioiden mukaan Etelä- ja Pohjois-Suomessa sekä koko maassa kymmenvuotiskausittain. Kuvassa on esitetty myös laskelemassa kalibroituun kasvuntasoon sisältyvän lannoituksen taustavaikutuksen pinta-alat koko maan osalta.

VMI12-aineistoon perustuvassa MISU-WAM-skenaariossa runkopuun kokonaistilavuus oli vuonna 2016 koko maassa 2 475 miljoonaa kuutiometriä ja se lisääntyy 30 vuoden tarkastelujakson aikana 600 miljoonalla kuutiometrillä (Ollila ym. 2022). Vuosien 2017–2021 VMI12-VMI13-aineistoon perustuvissa MISU-WEM-skenaarioissa runkopuun tilavuus oli 2 511 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2019 koko maassa (Kuva 4a). 30 vuoden tarkastelujakson lopussa puuston kokonaistilavuus on MISU-WEM2-skenaariossa 1 %:n pienempi ja MISU-WEM3-skenaariossa 1,5 %:a suurempi kuin MISU-WAM-skenaariossa. Suurinten hakkuumääräin takia MISU-WEM1-skenaario johtaa alhaisimpaan puuston lopputilavuuteen, joka on 7 %:a pienempi kuin MISU-WAM-skenaariossa.

MISU-WAM-skenaariossa runkopuun vuotuinen kokonaiskasvu on keskimäärin 108,8 miljoonaa kuutiometriä 30 vuoden tarkastelujakson aikana (Ollila ym. 2022). MISU-WEM1-skenaariossa vuotuinen kokonaiskasvu on 4,7 miljoonaa kuutiometriä pienempi, MISU-WEM2-skenaariossa 3,1 miljoonaa kuutiometriä pienempi ja MISU-WEM3-skenaariossa 2,4 miljoonaa kuutiometriä pienempi kuin MISU-WAM-skenaariossa (Kuva 4b). Tilavuuskasvun eroihin vaikuttavat muun muassa muutokset laskenta-aineistossa sekä hakkuumäärien erot ja hakkuiden erilainen kohdentuminen skenaarioiden välillä. MISU-WEM-skenaarioiden tarkemmat metsävara- ja hakkuumahdollisuusarviot on esitetty liitteissä 1–3.

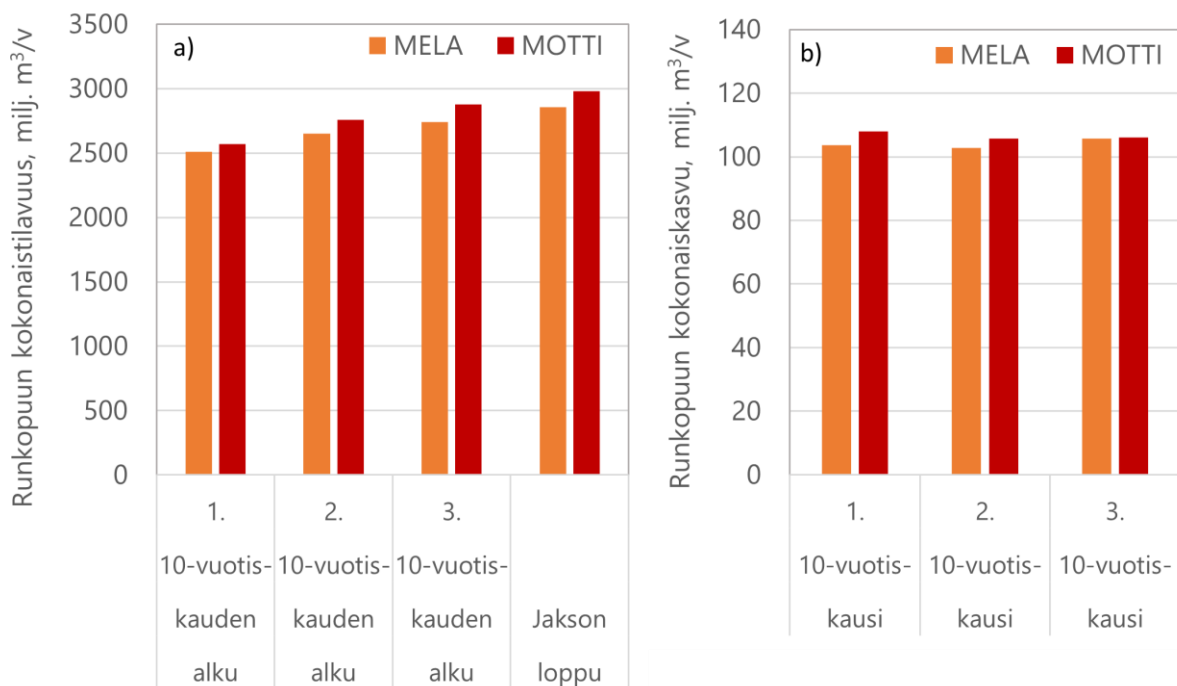


**Kuva 4.** a) Runkopuun kokonaistilavuuden kehitys 30 vuoden tarkastelujakson aikana ja b) vuotuinen kokonaiskasvu kymmenvuotiskausittain koko metsä- ja kitumaalla MISU-WAM-, MISU-WEM1-, MISU-WEM2- ja MISU-WEM3-skenaarioiden mukaan koko maassa.

### 3.2.2. MELA- ja Motti-ohjelmistoilla tuotettujen metsävarojen kehityssennusteiden vertailu

Tarkastelun tavoitteena oli selvittää, onko Luken MELA- ja MOTTI-ohjelmistoilla lasketuissa metsävarojen kehityssennusteissa merkittäviä eroavaisuuksia silloin, kun lähtöaineisto ja käsittelyskenaariot ovat samanlaiset. Sen selvittämiseksi MOTTI- ja J-ohjelmistoilla toteutettiin skenaariotarkastelu, joka aineistoltaan ja skenaariomäärittelyiltään vastasi MELA-ohjelmistolla laskettua MISU-WEM1-skenaariota. Vertailussa keskityttiin puuntuotannon ja puuston hiilensidonnan kannalta keskeisimpiin tunnuksiin, puuston kokonaistilavuuden, puuston kokonaiskasvun ja -poistuman ennusteisiin, 30 vuoden tarkastelujaksolla.

Runkopuun kokonaistilavuudet poikkesivat MOTTI- ja MELA-laskelmissa toisistaan skenaariotarkastelun alussa 2,3 %. Ero johtuu puujoukon muodostuksen menetelmäeroista. MELA-laskelmassa kasvatettava puusto on muodostettu pääosin suoraan VMI-koaloilta mitatuista puista, kun taas MOTTI hyödyntää koaloja suuremmilta metsikkökuviolta puusto-ositteittain mitattuja puustotunnuksia, joiden perusteella simuloitava puujoukko muodostetaan läpimitta- ja pituusjakaumamallien avulla. Lisäksi MELA-laskelmassa runkopuun kokonaistilavuus ja puulaajitukset tukkitilavuudet kalibroidaan laskelmien alkutilanteessa vastaamaan VMI:n tilavuusarvioita maakunnittain. Skenaariotarkastelun aikana alun tilavuusero kasvoi hieman ollen loppuun 4 prosentin luokkaa (Kuva 5a, Taulukko 10).



**Kuva 5.** a) Puuston kokonaistilavuuden kehitys ja b) kokonaiskasvu MELA-ohjelmistolla laaditussa MISU-WEM1-skenaariossa ja sitä vastaavassa MOTTI-laskelmassa.

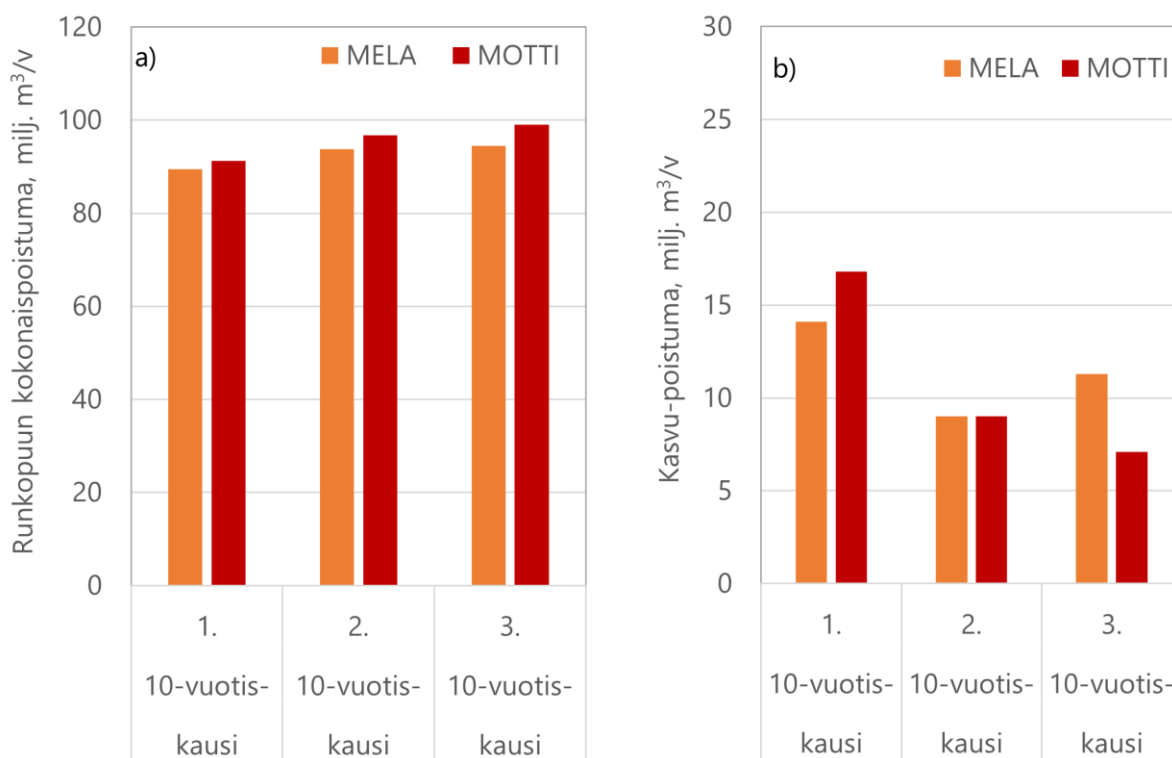
**Taulukko 10.** Puuston kehitysennusteet MELA-ohjelmistolla laaditussa MISU-WEM1-skenaariossa ja sitä vastaavassa MOTTI-laskelmassa.

	MISU-WEM1	MOTTI	suhteellinen ero, %
Kokonaistilavuus			
1. 10-vuotiskauden alku	2511	2570	2,3
2. 10-vuotiskauden alku	2652	2759	4,0
3. 10-vuotiskauden alku	2742	2878	5,0
Jakson loppu	2855	2978	4,3
Kokonaiskasvu			
1. 10-vuotiskausi	103,6	108,0	4,3
2. 10-vuotiskausi	102,7	105,8	3,0
3. 10-vuotiskausi	105,8	106,1	0,3
Kokonaispoistuma			
1. 10-vuotiskausi	89,5	91,2	1,9
2. 10-vuotiskausi	93,7	96,8	3,2
3. 10-vuotiskausi	94,5	99,0	4,8
Kasvu - poistuma			
1. 10-vuotiskausi	14,1	16,8	19,4
2. 10-vuotiskausi	9,0	9,0	0,2
3. 10-vuotiskausi	11,3	7,1	-37,5

Tilavuuskasvuissa erot olivat samaa suuruusluokkaa kuin kokonaistilavuuden tuloksissakin (Kuva 5b, Taulukko 10). Ero oli 30-vuoden jakson aikana keskimäärin 2,5 %. Kasvuennusteiden välinen ero pieneni hieman skenaariojakson loppua kohti, ja kolmannella 10-vuotiskaudella ero oli vain 0,3 %. Osaltaan ero selittyy puuston lähtötilavuuksien erolla kasvuerojen ollessa saman suuntaisia ja samaa suuruusluokkaa. MOTTI- ja MELA-ohjelmistoissa tällä hetkellä käytössä olevat kasvumallit ovat hieman erilaiset. MOTTI-ohjelmistossa puuston dynamiikan ennustemalleja on uudistettu, mutta MELA-ohjelmistossa on käytössä hieman vanhemmat, näitä edeltävät kasvumallit. Kummassakin järjestelmässä kasvuntasoa on kalibroitu VMI-kasvumittausten perusteella. Kalibroitimenetelmät olivat pääpiirteiltään samanlaisia. Mallien eroista huolimatta suuraluetasolla tulosten väliset erot ovat hyvin pienet.

Runkopuun kokonaispoistuma koostuu hakkuukertymästä, puunkorjuun yhteydessä metsään jäävästä runkojen latvaosista ja pienpuusta sekä luonnonpoistumasta, joka ennustetaan puiden kuolemistodennäköisyyksimallien avulla. MELA-ohjelmistossa kokonaispoistumaan sisältyy lisäksi raivauksessa ja taimikonhoidossa kaadettu runkopuu. Myös kokonaispoistuman erot olivat pienet, keskimäärin 3,3 prosentin luokkaa (Kuva 6a, Taulukko 10). Koska hakkuukertymätasot olivat samat MELA- ja MOTTI-laskelmissa, erot kokonaispoistumassa johtuvat hakkuutähteen lisäksi luonnonpoistuman ennusteista, jotka tuotetaan kasvujen tapaan eri malleilla MOTTI- ja MELA-ohjelmistoilla. MOTTI-ohjelmistossa käytettävät luonnonpoistumamallit ennustavat hieman suurempia luonnonpoistumia, mikä näkyy poistumaennusteiden erojen kasvuna 30-vuotiskauden loppua kohti.

Kasvun ja poistuman erotuksessa korostuvat pienet erot puuston dynamiikkaa ennustavissa malleissa (Kuva 6b, Taulukko 10). Kovin merkittäviä ja tulosten tulkinnan kannalta ratkaisevia eroja ei skenaariojaksolla kuitenkaan ollut.



**Kuva 6.** a) Puuston kokonaistilavuuden kehitys ja b) kokonaiskasvu MELA-ohjelmistolla laaditussa MISU-WEM1-skenaariossa ja sitä vastaavassa MOTTI-laskelmassa.

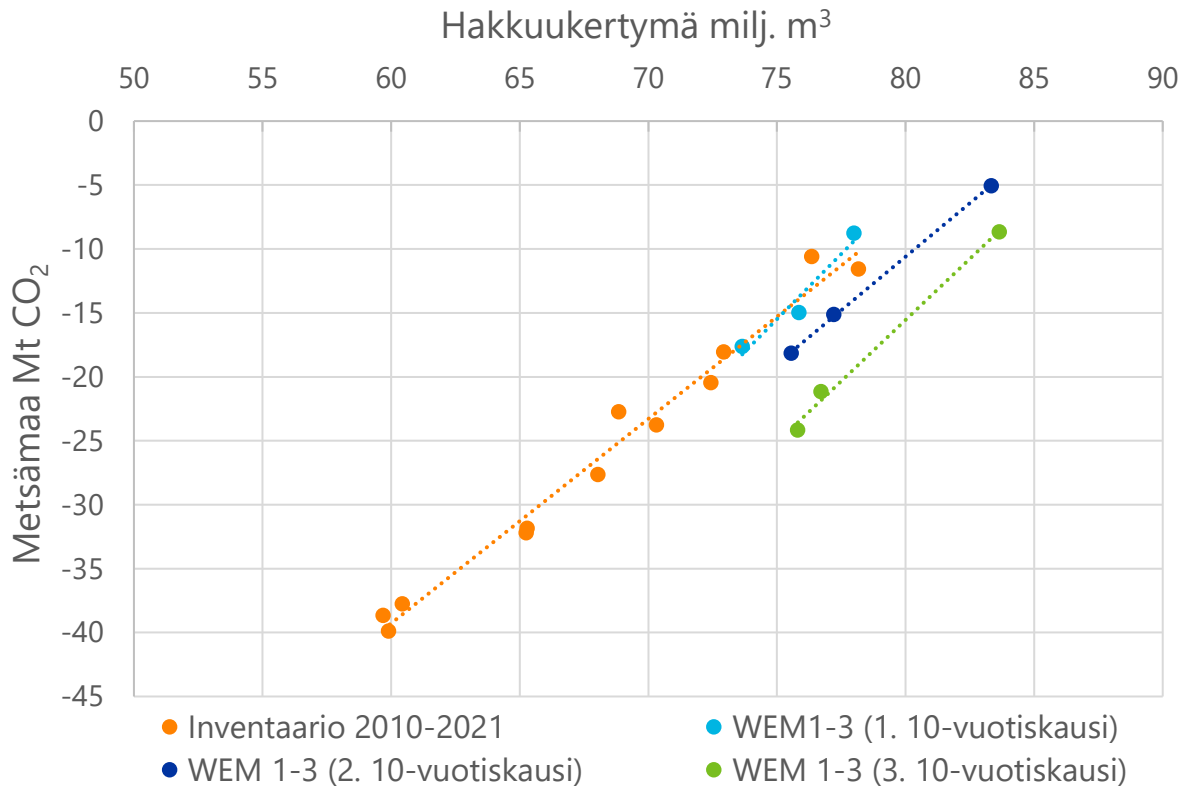
### 3.2.3. Mallinnuksen tuottaman ja inventaariossa raportoidun metsämaan hiilinielun vertailu

Skenaarioissa käytettävien, MELA-mallinnuksella tuotettujen ja kasvihuonekaasuinventaarion raportoimien metsämaan nielutulosten tiedetään eroavan toisistaan (Tilastokeskus 2021). Koska metsien hiilinielun kehitys on hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisessa keskeinen, tässä skenaariotyössä haluttiin arvioida kuinka paljon mallinnuksen tuottamat metsämaan nettohiilinielut, suhteessa tiettyyn runkopuun hakkuukertymään, eroavat inventaariossa raportoiduista.

Skenaarioiden WEM1–3 kolmen ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuukertymän ja metsämaan nettohiilinielun suhdetta verrattiin kasvihuonekaasuinventaarion 2023 lähetyksessä vuosille 2010–2021 raportoidun hakkuukertymän ja nettohiilinielun suhteeseen. WEM-skenaarioiden runkopuun hakkuukertymät vaihtelivat välillä 74 miljoonaa kuutiometriä ( $\text{Mm}^3$ , WEM3, ensimmäinen kymmenvuotiskausi) ja  $84 \text{ Mm}^3$  (WEM1, kolmas kymmenvuotiskausi), inventaariotuloksissa puolestaan välillä  $60 \text{ Mm}^3$  (vuosina 2010–2012) ja  $78 \text{ Mm}^3$  (vuosi 2018). Vertailuun käytettiin molemmista löytyvää  $74\text{--}78 \text{ Mm}^3$  hakkuukertymän vaihteluväliä. MISU-toimien metsämaan nettohiilinielua lisäävä vaikutus on poistettu skenaariolaskelmien tuloksista.

Mallinnuksen tuottamien ja inventaariossa raportoitujen tulosten vertailu osoittaa, että hakkuukertymän ollessa  $74\text{--}78 \text{ Mm}^3$  skenaariomallinnuksen ensimmäisen kymmenvuotiskauden metsämaan nettohiilinielu vastaa hyvin inventaariossa samoilla hakkuukertymillä raportoitua nielua (Kuva 7, WEM1–3, ensimmäinen 10-vuotiskausi). Toisella kymmenvuotiskaudella

mallinnus kuitenkin tuottaa keskimäärin 6 ja kolmannella kymmenvuotiskaudella keskimäärin 12 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekv. suuremman metsämaan nielun kuin inventaariossa on samoilla hakkuumäärillä 2010–2021 raportoitu (Kuva 7). Tästä syystä ajallisesti kauemmas ulottuvien skenaariovuosien tuloksia on syytä tarkastella varauksella ja kuvaan 9 onkin merkitty vuosille 2023 ja 2035 myös ne maankäyttösektorin nettonielut, jotka inventaarion vuosien 2010–2021 tulosten perusteella eri hakkuukertymillä saavutettaisiin.



**Kuva 7.** Runkopuun hakkuukertymän (Mm<sup>3</sup>) ja metsämaan CO<sub>2</sub>-nielun (Mt CO<sub>2</sub>) suhde kasvihuonekaasuinventaarion tuloksissa (vuodet 2010–2021, oranssi) ja skenaariomallinnusten kolmella ensimmäisellä 10-vuotiskaudella (WEM1-3 ensimmäinen 10-vuotiskausi, vaaleansininen; WEM1-3 toinen 10-vuotiskausi, tummansininen; WEM1-3 kolmas 10-vuotiskausi, vihreä).

### 3.3. Maankäyttöskenaario

Maankäyttöluokkien ja maankäytön muutosluokkien pinta-alat laskettiin HIISI-hankkeessa kuvatulla tavalla (Maanavilja ym. 2021). Maaluokkamuutosten keskimääräiset pinta-alat ja trendit laskettiin VMI koealoista vuosina 2013–2017 tapahtuneiden maaluokkamuutosten perusteella. Näihin historiatietoihin yhdistettiin skenaarioiden lähtöoletukset. Päivityksiä tehtiin tuulivoiman osalta, jonka pinta-alaletuksissa huomioitiin 2020–2022 toteutuneet rakennushankkeet. Heikkotuottoisia, paksaturpeisia entisiä turvetuotantoalueita muuttui kosteikoksi 20 000 ha vuosina 2023–2030 metsityksen sijaan. Paksaturpeisia viljelysmaita muuttui kosteikoksi 10 000 ha vuoteen 2030 mennessä, kuten oli MISU-WAM-skenaariossa. Heikkotuottoisten metsitykseen soveltuvien peltojen metsitys toteutettiin 2024–2029. Muutoin alkupe-  
räisille toimille ei tehty muutoksia päivitetyssä skenaariossa eikä vaihtoehtoskenaarioissa, vaan ne sisällytettiin siinä määrin kuin ne olivat MISU-WAM-skenaariossa.

Maankäytön lähtötilanne määritettiin vuodelle 2019 Suomen kasvihuonekaasuinventaarion (KHKI) 2023 tiedoilla (Tilastokeskus 2023). Skenaariopinta-alat ovat vuodesta 2020 eteenpäin.

Metsämaan biomassan, metsämaan kivennäis- ja turvemaaperien sekä puutuotteiden hiilivaraston muutokset laskettiin erikseen kullekin skenaariolle käyttäen vaihtoehtoskenaarioiden puunkäyttöä ja metsävaroja koskevia tietoja. Pinta-alat ja muiden maankäyttöluokkien, maankäytön muutosten ja muiden päästöjen tulokset ovat samat kaikissa MISU-WEM-skenaarioissa.

Metsämaan (ollut metsämaata yli 20 vuotta) puuston sekä maaperän hiilivaraston muutokset laskettiin MELA-mallinnuksen tuottamien biomassavarastojen ja karikesyötteiden perusteella erikseen kullekin skenaariolle. Lähestymistapa vastaa HIISI ja MISU-WAM-hankkeissa kuvattua menetelmää (Maanvilja ym. 2021, Ollila ym. 2022). MISU-WEM-skenaarioiden puutuotteiden hiilivaraston muutokset laskettiin käyttäen HIISI-raportissa kuvattua lähestymistapaa (Maanvilja ym. 2021), joka vastaa inventaariossa käytettyä menetelmää.

Alkuperäisessä skenaariossa pellonraivauksen ehkäisy ja joutoalueiden metsitys -toimenpiteiden osalta käytettiin HIISI-WAM-skenaariotuloksia soveltuvin osin, kun taas heikkotuottoisten peltojen metsityksellä aikaansaatu puuston hiilivaraston muutos laskettiin MOTTI-metsänkasvatusohjelmistolla (Luke 2015). Alkuperäisen skenaarion laskentamenetelmät on kuvattu Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman mukainen skenaariotarkastelu vuoteen 2040 -raportissa (Ollila ym. 2022). MISU-WEM-skenaarioissa näiden toimenpiteiden vaikutus sisällytettiin maankäyttöskenaarioon päivittämällä maankäytön muutosalueet MISU:n mukaisesti ja laskemalla muutosalueiden päästöt ja poistumat käyttäen kasvihuonekaasuinventaariomenetelmiä ja -aineistoja (Tilastokeskus 2023). Metsitettyjen alueiden (ollut metsämaata korkeintaan 20 vuotta) päästöjen ja poistumien laskentamenetelmät on kuvattu HIISI-raportissa (Maanvilja ym. 2021).

Viljelysmaan maaperän hiilivaraston muutokset kivennäismailla estimoitiin Yasso07-maamallilla (Tuomi ym. 2011). Viljelykasvien satotasot ja tuotantoeläinten määrät vastaavat HIISI-WEM skenaariota (Maanvilja ym. 2021). Laskennassa on soveltuvin osin huomioitu nautojen erityislaskentaan vuonna 2024 toteutettava uudistus. Maaperälaskennassa biomassan hiilisältönä käytettiin 50 prosenttia ja hiili muunnettiin hiilidioksidiksi (CO<sub>2</sub>) kertoimella (-44/12).

Alkuperäisessä skenaariossa kaikkien turvemaapeltojen toimien, mukaan lukien ilmastokosteikon päästöt raportoitiin viljelysmaaluokan alla. Päivitetyissä skenaarioissa ilmastokosteikon ja vetetyn turvemaapellon päästöt raportoidaan kosteikkoluokan alla, kuten inventaarion määrittelyyn kuuluu. Muiden kosteikoiden, ruohikkoalueiden ja rakennettujen alueiden hiilivaraston muutokset laskettiin inventaariomenetelmien mukaisesti.

Turvemaapeltojen vettämisen eli ilmastokosteikoiden perustamisen ja kosteikkoviljelyn päästöjen laskentaan käytettiin IPCC-kosteikkoliitteen kertoimia (IPCC 2014). Muiden suonpohjien vettämisten oletettiin olevan turvetuotantoalueiden ennallistamista, jonka päästöt laskettiin kotimaisista tutkimuksista saaduilla kertoimilla (Lehtonen ym. 2021, taulukko 27). Kertoimet eivät ole vielä inventaarion käytössä, mutta näiltä osin inventaariossa tehdään parhaillaan kehitystyötä.

Typpilannoituksen N<sub>2</sub>O-päästövaikutus laskettiin erikseen kullekin kymmenen vuoden ajankaksolle kertomalla MELA-skenaariolaskelmien kasvatuslannoituspinta-ala vuosien 2017–2021 keskimääräisellä hehtaarikohtaisilla päästöillä. Hehtaarikohtainen N<sub>2</sub>O-päästö saatiin

jakamalla inventaarion mukainen typpilannoituksen päästö (Tilastokeskus 2023) saman ajanjakson toteutuneella kasvatuslannoituspinta-alalla (Luke 2022). Skenaariolaskelmissa kasvatuslannoituksen pinta-alaan sisältyivät MELA-simulaation kalibroituun kasvuntasoon sisältyvät lannoituspinta-alat sekä MISU-toimenpiteistä johtuvat lisälannoituspinta-alat.

Ojitettujen metsämaiden ja hoidettujen kosteikoiden CH<sub>4</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöt laskettiin IPCC 2006 -ohjeiden mukaisesti (IPCC 2006) kertomalla maankäyttöskenaarion pinta-alat kasvihuonekaasuinventaariossa käytetyillä päästökertoimilla. Myös typen mineralisaatiosta aiheutuvat N<sub>2</sub>O-päästöt kivennäismailla maankäytön muutoksen seurauksena laskettiin IPCC 2006 -ohjeiden menetelmällä ja päästökertoimilla. Epäsuorien N<sub>2</sub>O-päästöjen osalta sekä maastopalojen, kulotuksen ja ennallistamispolttujen CH<sub>4</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöjen osalta käytettiin vuosien 2017–2021 keskimääräisiä päästöjä kaudelle 2022–2050.

Skenaariossa ei oletettu tapahtuvan ilmastonmuutosta. Ilmasto on huomioitu 30 vuoden liukuvana keskiarvona vuoteen 2021 asti, minkä jälkeen sen on oletettu pysyvän vakiona. Kasvihuonekaasut on yhteismitallistettu hiilidioksidiekvivalenteiksi IPCC:n viidennen arviointiraportin (IPCC AR5 WG1 Ch8 2013) 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. Alkuperäinen MISU-WAM-skenaario ulottui vuoteen 2040, kun taas uusia skenaarioita tarkasteltiin vuoteen 2050 asti.

## 4. Skenaarioiden kasvihuonekaasuvaikutukset

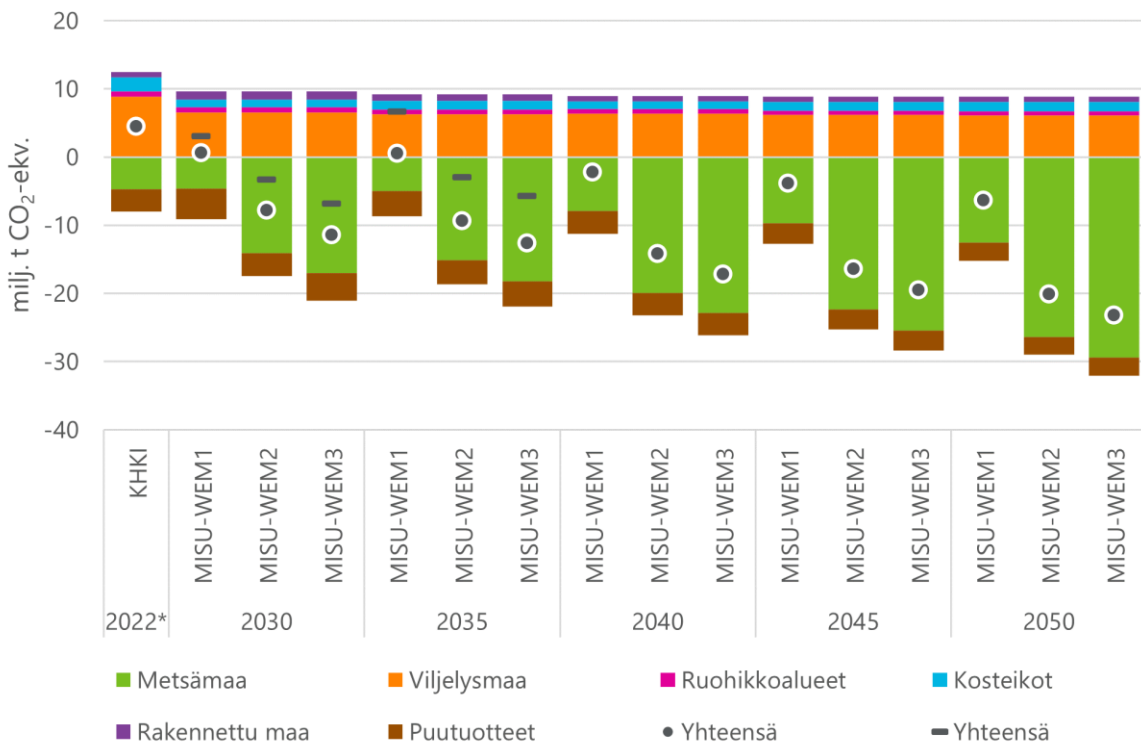
### 4.1. Päästö- ja poistumakehitykset

LULUCF-sektorin kasvihuonekaasujen päästö- ja poistumakehitykset eri skenaarioissa esitetään viiden vuoden välein vuodesta 2030 alkaen. Vertailun vuoksi esitetään myös kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotulos vuodelle 2022.

Päivitetyssä skenaariossa eli MISU-WEM1-skenaariossa LULUCF-sektori on pieni nettopäästölähde vuosina 2030 ja 2035 (Kuva 8). Näinä vuosina metsämaan ja puutuotteiden nettohiilinielu ei riitä kompensoimaan muiden maankäyttöluokkien nettopäästöjä. Vuonna 2040 sektori kääntyy heikoksi nettohiilineluksi ja kasvaa tasoon -6,4 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. vuoteen 2050 mennessä.

Vaihtoehtoisten kehityskulkujen skenaarioissa WEM2 ja WEM3 LULUCF-sektori on nettohiilinielu koko tarkastelujakson ajan. Vuonna 2030 nettohiilinielu on WEM2-skenaariossa -7,8 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. ja WEM3-skenaariossa -11,4 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. Vuoteen 2050 mennessä LULUCF-sektorin nettohiilinielu on WEM2-skenaariossa kasvanut tasoon -20,1 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. ja WEM3-skenaariossa tasoon -23,2 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. Nettohiilinielu on WEM3-skenaariossa 3–4 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. isompi kuin WEM2-skenaariossa koko tarkastelujakson ajan.

Jos kasvihuonekaasuinventaarion tuloksissa 2010–2021 raportoitu hakkuukertymän ja metsämaan nettohiilinielun riippuvuussuhde pysyy tulevaisuudessa samana, LULUCF-sektorin nettopäästö vuosille 2030 ja 2035 on MISU-WEM1-skenaariossa 3 ja 7 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. (Kuva 8). MISU-WEM2-skenaariossa nettohiilinielu on vastaaville vuosille -3 ja -3 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. ja MISU-WEM3-skenaariossa -7 ja -6 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. (Kuva 8).



\*Ennakkotieto

**Kuva 8.** MISU-skenaarioiden päästö- ja poistumakehitykset 2030–2050 maankäyttöluokittain sekä kasvihuoneinventaarion ennakkotulos vuodelle 2022. Yhteensä (pallukka) on mallinnuksen tuloksista laskettu maankäyttösektorin nettohiilivuosi, yhteensä (viiva) kertoo tason, jolle maankäyttösektorin nettohiilivuosi asetetaan, jos kasvihuonekaasuiinventaarion tuloksissa 2010–2021 raportoitu hakkuukertymän ja metsämaan nettohiilivuonon riippuvuus suhde pysyy tulevaisuudessa samana (kts. kappale 3.2.3).

Vuonna 2030 puutuotteiden nettohiilivuosi on -4,5 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. MISU-WEM1-skenaariossa, -3,3 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. WEM2-skenaariossa ja -4,1 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. WEM3-skenaariossa. Puutuotteiden nettohiilivuosi pienenee vuoteen 2050 mennessä kaikissa skenaariossa ja on -2,7 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2050. WEM2-skenaariossa puutuotteiden nettohiilivuosi on suurin vuonna 2035. Vuodesta 2040 lähtien erot puutuotteiden nettohiilivuosissa eri skenaarioiden välillä ovat hyvin pieniä.

Viljelysmaiden, ruohikkoalueiden, kosteikoiden ja rakennettujen alueiden päästökaasut ovat samat kaikissa kolmessa skenaariossa. Yhteenselaskettuna näiden maankäyttöluokkien päästöt pienenevät noin 0,8 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. ajanjaksolla 2030–2050. Viljelysmaan päästöt pienenevät 0,5 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv., ruohikkoalueiden 0,1 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. ja rakennettun maan 0,4 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. Kosteikoiden päästöt lisääntyvät 0,2 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. saman jakson aikana, mikä selittyy pääosin sillä, että turvepellot siirtyvät skenaariossa kosteikoksi.

Skenaarioiden väliset erot selittyvät pääosin metsämaan nettohiilivuonon kehityksellä ja vähäisemmässä määrin puutuotteiden hiilivaraston muutoksella. WEM2- ja WEM3-skenaariossa metsämaan nettohiilivuosi on suurempi kuin WEM1-skenaariossa. Tämä selittyy vähäisemmällä kotimaisen puun käyttötarpeella (ks. Taulukot 7 ja 9), joka johtaa pienempään hakkuukertymään (ks. Kuva 1) ja suurempaan puuston runkotilavuuden kasvuun (ks. Kuva 4)

## 4.2. Vertailu alkuperäiseen MISU-skenaarioon

Päivitetty skenaario (MISU-WEM1) poikkeaa alkuperäisestä skenaariosta (MISU-WAM) varsinkin metsämaan nettonielun osalta (Taulukko 11, Kuva 9). Ojitettujen turvemaametsien aiemmin raportoitua suuremmat maaperäpäästöt selittävät noin kolmanneksen metsämaan nettonielun pienenemisestä, loppu on seurausta metsävarojen kehityksen ja erityisesti hakkuumäärien eroista.

MISU-WEM1-skenaarion ojitettujen turvemaametsien maaperäpäästöt ovat 7,6 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. suuremmat kuin MISU-WAM-skenaariossa vuonna 2035. Laskentamenetelmän uudistamisen lisäksi päästöjen eroon vaikuttaa vähäisemmässä määrin MISU-WEM1- ja MISU-WAM-skenaarioiden erilaisesta puunkäytöstä syntyvät erot maaperän karikesyötteessä. Viljelysmaan, kosteikoiden ja rakennettujen alueiden päästöt eroavat MISU-WEM1-skenaariossa hieman alkuperäisestä MISU-WAM-skenaariosta, koska maatalouden toimien vaikutukset muuhun maankäyttöön otettiin tarkemmin huomioon ja laskennat tehtiin kasvihuonekaasuinventariomenetelmien mukaisesti. Lisäksi MISU-WEM1-skenaarioon sisällytettiin 20 000 hehtaaria entisiltä turvetuotantoalueilta vapautuvien suonpohjien vettämistoimia, jotka eivät olleet mukana alkuperäisissä MISU-WAM skenaariolaskelmissa (ks. Taulukko 3).

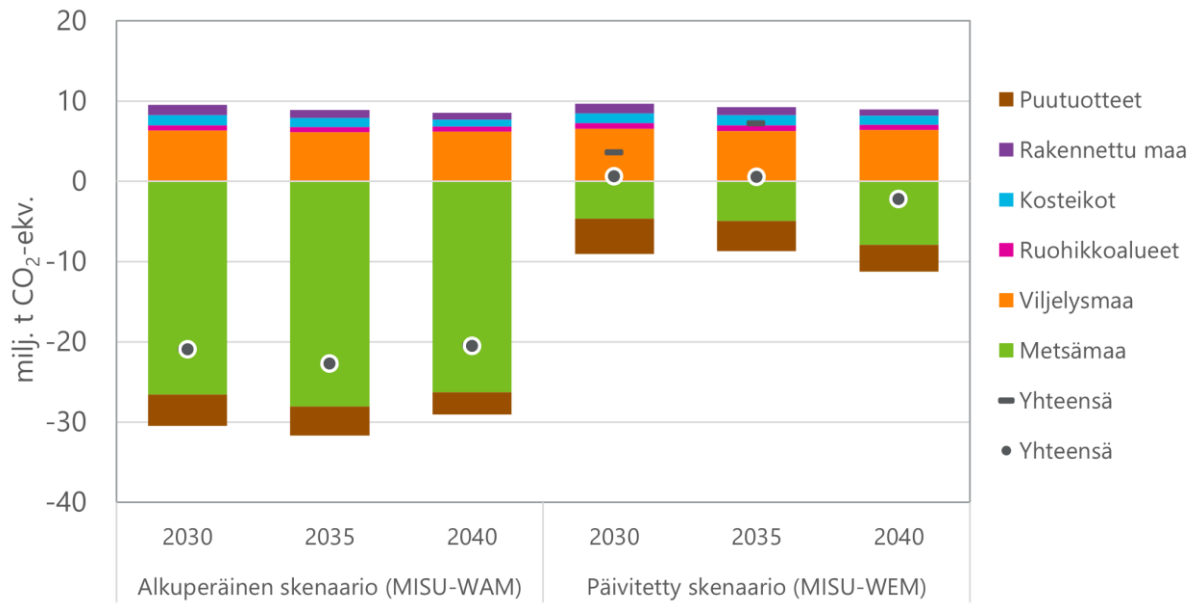
Puutuotteiden nettonielu on päivitettyssä skenaariossa alkuperäistä skenaariota suurempi kotimaisen puunkäytön lisääntymisen vuoksi. Lisäksi nettonielua vahvistaa se, että aiempaa suurempi osa puun käytöstä suuntautuu sahatavaran tuotantoon.

MISU:n toimilla on päivitettyssäkin skenaariossa mahdollista saavuttaa alkuperäinen tavoite eli vähintään 3 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. suurempi maankäyttösektorin nettonielu vuonna 2035. Päivitettyssä MISU-WEM1-skenaariossa maankäyttösektori on yli 5 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. suuruinen päästölähde vuonna 2035 mikäli Taulukon 3 mukaiset MISU-toimet jätetään toteuttamatta.

**Taulukko 11.** Alkuperäisen MISU-WAM- ja päivitetyn MISU-WEM1-skenaarion päästö- ja poistumakehitykset maankäyttöluokittain vuosina 2030, 2035 ja 2040 sekä kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotulos vuodelle 2022.

	2022*	2030		2035		2040	
	KHKI	MISU-WAM	MISU-WEM1	MISU-WAM	MISU-WEM1	MISU-WAM	MISU-WEM1
	milj. t CO <sub>2</sub> -ekv.						
Metsämaa	-4,8	-26,6	-4,6	-28,1	-5,0	-26,3	-7,9
Viljelysmaa	8,8	6,3	6,6	6,1	6,3	6,2	6,4
Ruohikkoalueet	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kosteikot	2,1	1,3	1,2	1,1	1,3	0,9	1,1
Rakennettu maa	0,8	1,2	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8
Puutuotteet	-3,3	-3,9	-4,5	-3,6	-3,7	-2,8	-3,3
<b>Yhteensä</b>	<b>4,5</b>	<b>-21,0</b>	<b>0,6</b>	<b>-22,7</b>	<b>0,5</b>	<b>-20,5</b>	<b>-2,3</b>

\*Ennakkotieto



**Kuva 9.** Alkuperäisen MISU-WAM- ja päivitetyin MISU-WEM1-skenaariin päästö- ja poistumakehitykset maankäyttöluokittain vuosina 2030, 2035 ja 2040. Yhteensä (pallukka) on mallinnuksen tuloksista laskettu maankäyttösektorin nettonielu tarkasteluvuosina, yhteensä (viiva) kertoo tason, jolle maankäyttösektorin nettonielu asettuu, jos kasvihuonekaasuinventaarion tuloksissa 2010–2021 raportoitu hakkuukertymän ja metsämaan nettohiilinielun riippuvuusuhde pysyy tulevaisuudessa samana (kts. kappale 3.2.3).

## 5. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Päivitetystä MISU-WEM1-skenaariossa maankäyttösektorin nettonielu on vuonna 2035 noin 23 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia pienempi kuin alkuperäisessä Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman tueksi tehdyssä MISU-WAM-skenaariossa (Ollila ym. 2022). Päivitetyllä puunkäyttöskenaariolla ja uudistetuilla inventaarion laskentamenetelmillä laskien maankäyttösektori ei ole nettonielu vaan 0,5 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnin suuruinen päästölähde vuonna 2035. Tämä tulos on samanlainen riippumatta siitä, käytetäänkö metsävarojen kehityksen laskentaan MELA- vai MOTTI-ohjelmistoa (kts. kappale 3.2.2). Lisäksi on hyvä huomata, että jos kasvihuonekaasuinventaarion tuloksissa 2010–2021 raportoitu hakkuukertymän ja metsämaan nettonielun riippuvuussuhde pysyy tulevaisuudessa samana, LULUCF-sektorin nettopäästö vuodelle 2035 voi olla vielä tätäkin suurempi, noin 6,5 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia.

Nettonielun heikkeneminen aiempaan MISU-WAM-laskelmaan verrattuna johtuu etenkin kotimaisen puun käytön lisääntymisen myötä kasvaneista hakkuista, jotka yhdessä muiden MELA-laskennan lähtötietoihin tehtyjen päivitysten kanssa (kts. kappale 3.2.1) selittävät nettonielun pienemisestä noin kaksi kolmasosaa. Loppuosa eli noin kolmannes selittyy ojitettujen turvemaametsien laskennan uudistamisen myötä kasvaneilla maaperäpäästöillä (Alm ym. 2022). Muiden laskentaan tehtyjen pienten päivitysten merkitys on vähäinen.

Päivitetystä MISU-WEM1-skenaariossa kotimaisen aines- ja energiarunkopuun tarpeen arvioitiin nousevan jo lähivuosina 83–84 milj. kuutiometrin tasolle ja siten olevan aikajaksolla 2025–2035 keskimäärin 5 milj. kuutiometriä suurempi kuin alkuperäisessä MISU-WAM-skenaariossa. Merkittävä lisäys etenkin lähivuosien puunkysynnässä heijastuu väistämättä metsämaan nettonieluun, mikä MISU-WEM1-skenaariossa metsien pienempään kasvuun ja turvemaiden kasvaneisiin päästöihin yhdistettynä pitää maankäyttösektorin pienenä, 0,5 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnin suuruisena päästölähteenä Suomen hiilineutraaliuden tavoitevuonna 2035. Vuonna 2040 maankäyttösektori kääntyy jälleen nettonieluksi ja voimistuu aina vuoteen 2050 asti, vaikka hakkuukertymät pysyvät koko aikajakson ajan 84 milj. kuutiometrin tasolla.

Skenaario ei ole ennuste vaan kuvaus yhdestä vaihtoehtoisesta tulevaisuudesta, joka toteutuu vain, jos kaikki skenaarion oletukset toteutuvat täysimääräisenä. Tämän vuoksi tässä skenaariotyössä tehtiin myös vaihtoehtoiset MISU-WEM2- ja MISU-WEM3-skenaariot, joissa kotimaisen puun kysyntä oletettiin eri asteisesti pienemmäksi kuin MISU-WEM1-skenaariossa. Kotimaisen puun käyttömääräarvioita ja näistä johdettuja hakkuukertymätavoitteita lukuun ottamatta kaikki MISU-WEM-skenaariot olivat lähtöoletuksiltaan identtisiä.

MISU-WEM1-skenaariossa kotimaisen runkopuun käyttömääräarvio nousi laskentajakson alun noin 69 milj. kuutiometrin tasosta 84 milj. kuutiometriin vuoteen 2030 mennessä. MISU-WEM2-skenaariossa kotimaisen puun käyttömääräarvio puolestaan kääntyi vuoden 2025 jälkeen laskuun ja pysytteli 2030 jälkeen noin 76–77 milj. kuutiometrin tasolla tarkasteluajanjakson loppuun. MISU-WEM3-skenaariossa kotimaisen puun käyttömääräarvio ei kasvanut yhtä nopeasti vuoteen 2025 mennessä kuin MISU-WEM1- ja MISU-WEM2-skenaariossa ja lisäksi käyttömääräarvio vuoden 2025 jälkeen pysyi 75–76 milj. kuutiometrissä eli muita skenaarioita alemmalla tasolla. Näillä selvästi MISU-WEM1-skenaariota alhaisemmilla hakkuukertymätavoitteilla laskien maankäyttösektorin nettonielu vuonna 2035 on noin 9 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia MISU-WEM2-skenaariossa ja 13 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia MISU-

WEM3-skenaariossa. On kuitenkin huomattava, että skenaariolaskelmissa käytetyillä hakkuutasoilla inventaariossa vuonna 2035 havaittava maankäyttösektorin nettonielu voi olla 6–7 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia pienempi kuin mallinnettu, jos hakkuukertymän ja metsämaan nettohiilinielun riippuvuussuhde säilyy tulevaisuudessa samana kuin kasvihuonekaasuintentaarion tuloksissa 2010–2021 (kts. kappale 3.2.3., kuva 7). Vaikka maankäyttösektorin nettonielun absoluuttisen koon arviointi on vaikeaa, on selvää, että hakkuutasoilla on nettonielun kokoon ratkaiseva merkitys.

Hakkuukertymätilastojen mukaan hakkuut pysyivät Suomessa 1990-luvun lopulta vuoteen 2012 noin 60 milj. kuutiometrin tuntumassa muutamien poikkeusvuosien hyvin alhaisia hakkuutasoja (kuten talouskriisin jälkeisen vuoden 2009 48 milj. kuutiometriä) lukuun ottamatta (Luke 2023e). Vuosina 2013–2017 hakkuukertymät olivat jo keskimäärin 68 milj. kuutiometriä ja viimeisen viiden vuoden aikana (2018–2022) ne ovat vaihdelleet 69–78 milj. kuutiometrin välillä, ollen keskimäärin 74 milj. kuutiometriä. Nykyinen hakkuutaso on lähellä WEM3-skenaariota, jossa puunkäyttötarve arvioitiin odotuksia heikommasta sellun maailmanmarkkinoiden kysyntäkehityksestä ja kiristyneestä puumarkkinatilanteesta johtuen kaikista alhaisimmaksi.

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman mukaiset ilmastotoimet ovat päivitetystä MISU-WEM1- ja alkuperäisessä MISU-WAM-skenaariotarkastelussa sisällöltään valtaosin samanlaiset ja vaikuttavuudeltaan samaa suuruusluokkaa. MISU-WAM-skenaariossa entisiä turvetuotantoalueita siirtyi muuhun maankäyttöön lähinnä metsittämällä (Ollila ym. 2022), kun taas MISU-WEM1-skenaariossa vetettiin yhteensä 20 000 ha ilmastokosteikoiksi metsittämisen sijaan vuosina 2023–2030. Vettämällä saatavat päästövähennykset toteutuvat metsittämistä nopeammin, sillä Suomen oloissa puuston kasvu on verrattain hidasta ja kestää vuosia ennen kuin puuston sitoman hiilen määrä ylittää maaperäpäästöt ja metsitysala muuttuu nettonieluksi etenkin orgaanisilla mailla. Päivitetyn MISU-WEM1-skenaariotarkastelun mukaan maankäyttösektori olisi noin 5 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnin suuruinen päästölähde vuonna 2035 mikäli suunnitelman toimenpiteet jäävät kokonaan toteuttamatta.

Kansallisen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan toimia kaikilta sektoreilta, ja yhden sektorin toimenpiteillä voi olla vaikutuksia muiden sektorien päästöihin. Esimerkiksi tämän raportin maankäyttösektorilla toteutettavat turvepeltojen vettämis- ja kosteikkoviljelytoimenpiteet vähentävät maataloussektorin päästöjä 0,25 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia vuonna 2035. Energiasektorilla tapahtuvat muutokset voivat puolestaan vaikuttaa energiapuun tarpeeseen ja siten maankäyttösektorin nettonieluun.

Viimeisin sektorit yhdistänyt skenaariotarkastelu (HIISI) valmistui vuonna 2021 ennen kuin yhteiskuntaa kohtasivat suuret haasteet, kuten energian saatavuuteen liittyvät ongelmat ja voimakkaasti nousevat energiahäydykkeiden hinnat. Maankäyttösektorin osalta toimintaympäristö on ehtinyt muuttua jo tämän skenaariolaskelman työstämisen aikana, koska päivitetyn MISU-WEM1-skenaariion puunkäyttötarve kuvastaa tilannetta juuri ennen Sunilan tehtaan sulkemista. Tällä hetkellä valmistellaan uusia kaikki sektorit kattavia WEM-skenaarioita PEIKKO-hankkeessa (Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä), jossa viimeisimmät muutokset voidaan ottaa huomioon. PEIKKO-hankkeessa tuotettavat skenaariot antavat tärkeää taustatietoa poliittisen päätöksenteon tueksi, kun ryhdytään arvioimaan eri sektoreilta tarvittavia lisätoimia kohti hiilineutraalisuutta sekä kestäväää energiataloutta.

Tämän työn tavoitteena oli sisällyttää toimintaympäristössä ja inventaarion laskentamenetelmissä tapahtuneet merkittävimmät muutokset skenaariolaskelmiin sekä selvittää uuden tiedon valossa, miten maankäyttösektorin nettonielu kehittyy vuoteen 2050. Maankäyttösektorin nykytilanteessa ja erityisesti jos hakkuutasot nousevat MISU-WEM1-skenaarion mukaisesti, on selvää, että merkittävän nettonielun saavuttaminen maankäyttösektorilla vuoteen 2035 mennessä vaatii päästöjen vähentämistä ja nielujen vahvistamista huomattavasti alkuperäisen suunnitelman toimenpiteiden kolmea miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia enemmän.

## Viitteet

- Alm, J., Wall, A., Myllykangas, J.-P., Ojanen, P., Heikkinen, J., Henttonen, H. M., Laiho, R., Minkkinen, K., Tuomainen, T. & Mikola, J. 2023. A new method for estimating carbon dioxide emissions from drained peatland forest soils for the greenhouse gas inventory of Finland. *Biogeosciences*, 20, 3827–3855. <https://doi.org/10.5194/bg-20-3827-2023>
- Haakana, M., Haikarainen, S., Henttonen, H., Hirvelä, H., Hynynen, J., Korhonen, K., Launiainen, S., Mehtätalo, L., Miettinen, A., Mutanen, A., Mäkinen, H., Ollila, P., Pitkänen, J., Rätty, M., Salminen, H., Tikkasalo, O-P., Tuomainen, T., Viitanen, J. & Vikfors, S. 2023. Suomen LULUCF-sektorin 2021–2025 veloitteen toteutuminen. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022123074123>
- Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R. & Salminen O. 2017. MELA2016 Reference Manual. Natural resources and bioeconomy studies 7/2017. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 547 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-358-1>
- IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. & Tanabe K. (eds.). IGES, Japan. <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- 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.
- Koljonen, T., Honkatukia, J., Maanavilja, L., Ruuskanen, O.-P., Similä, L. & Soimakallio, S. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI). Synteesiraportti – johtopäätökset ja suositukset. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:62. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. 83 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-257-2>
- 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. + liitteet. <https://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). 49 s. + liitteet. <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.

- Luke 2015. MetINFO - MOTTI-ohjelmisto. <http://www.metla.fi/metinfo/motti>
- Luke 2022. SVT: Metsänhoito- ja metsänparannustyöt. Luonnonvarakeskus. [https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_04%20Metsa\\_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto\\_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/?tablelist=true&rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0](https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/?tablelist=true&rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0)
- Luke 2023a. SVT: Puun energiakäyttö, Tuontihakkeen laskennallinen käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa. Luonnonvarakeskus. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_04%20Metsa\\_04%20Talous\\_07%20Puun%20kaytto\\_10%20Puun%20energiakaytto/22\\_tuontihake\\_arvio.px/](https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_07%20Puun%20kaytto_10%20Puun%20energiakaytto/22_tuontihake_arvio.px/)
- Luke 2023b. SVT: Metsäteollisuuden ulkomaankauppa, Ulkomaankauppa maittain vuosittain. Luonnonvarakeskus. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_04%20Metsa\\_04%20Talous\\_06%20Metsateollisuuden%20ulkomaankauppa/03\\_Ulkomaankauppa\\_maittain\\_vuosittain.px/](https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_06%20Metsateollisuuden%20ulkomaankauppa/03_Ulkomaankauppa_maittain_vuosittain.px/)
- Luke 2023c. MELA Tulospalvelu, VMI12 (mittausvuodet 2014–2018) [verkkajulkaisu]. Luonnonvarakeskus [viitattu 1.9.2023]. <http://www.luke.fi/mela-metsalaskelmat>
- Luke 2023d. MELA Tulospalvelu, VMI12–13 (mittausvuodet 2017–2021) [verkkajulkaisu]. Luonnonvarakeskus [viitattu 1.9.2023]. <http://www.luke.fi/mela-metsalaskelmat>
- Luke 2023e. SVT: Hakkuukertymä ja puuston poistuma, Puuston vuotuinen kasvu, poistuma ja hakkuukertymä 1918-. Luonnonvarakeskus. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_04%20Metsa\\_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto\\_10%20Hakkuukertyma%20ja%20puuston%20poistuma/03b\\_Hakkuukertyma\\_poistuma.px/?rxid=ad79f3db-8ae9-463b-8537-117bae62bcb6](https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto_10%20Hakkuukertyma%20ja%20puuston%20poistuma/03b_Hakkuukertyma_poistuma.px/?rxid=ad79f3db-8ae9-463b-8537-117bae62bcb6)
- Maa- ja metsätalousministeriö 2022. Valtioneuvoston selonteko maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmasta. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2022:15. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 199 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-388-6>
- 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. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-263-3>
- 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. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-460-9>
- Tilastokeskus 2021. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2019. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. 15.4.2021.

- Tilastokeskus 2023. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2021. National Inventory Report under the UNFCCC. 15.4.2023.
- Tuomi, M., Rasinmäki, J., Repo, A., Vanhala, P. & Liski, J. 2011. Soil carbon model Yasso07 graphical user interface. *Environmental Modelling & Software* 26: 1358–1362.
- Valtakunnan metsien 11. inventointi (VMI11). 2013. Maastotyön ohjeet 2013. Koko Suomi ml. Ahvenanmaa. Metsäntutkimuslaitos. 191 s.
- Valtakunnan metsien 12. inventointi (VMI12). 2018. Maastotyön ohjeet 2018. Koko Suomi ml. Ahvenanmaa. Luonnonvarakeskus. 166 s.
- Valtakunnan metsien 13. inventointi (VMI13). 2021. Maastotyön ohjeet 2021. Luonnonvarakeskus. 163 s.
- Viitanen, J., Mutanen, A. & Karvinen, S. (toim.) 2022. Metsäsektorin suhdannekatsaus 2022–2023. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 86/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 79 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-528-6>

# Liitteet

## Liite 1. MISU-WEM1 –metsävaraskenaarion tulokset koko Suomessa.

Laskelma: MISU-WEM1

Alue: Koko Suomi

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

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

<b>METSÄ- JA KITUMAA</b>				
<b>VUOSI</b>	2019	2029	2039	2049
<b>Pinta-ala, milj. ha</b>	22,80	22,80	22,80	22,80
Metsämaa	20,17	20,17	20,17	20,17
Ensisijaisesti puuntuotannossa	17,06	17,06	17,06	17,06
Rajoitetussa puuntuotannossa	1,22	1,22	1,22	1,22
Puuntuotannon ulkopuolella	1,88	1,88	1,88	1,88
Kitumaa	2,64	2,64	2,64	2,64
Kivennäismaa	15,90	15,90	15,90	15,90
Turvemaa	6,90	6,90	6,90	6,90
<b>Puuston runkotilavuus, milj. m<sup>3</sup></b>	2 511,3	2 652,2	2 741,8	2 855,2
Mänty	1 258,4	1 338,4	1 371,6	1 403,1
Kuusi	763,8	808,4	842,6	884,2
Lehtipuu	489,1	505,4	527,6	567,9
Kivennäismaa	1 880,2	1 987,0	2 078,6	2 191,3
Mänty	924,9	986,0	1 026,6	1 064,3
Kuusi	605,5	634,1	662,1	695,0
Lehtipuu	349,7	366,9	389,9	432,1
Turvemaa	631,1	665,2	663,2	663,9
Mänty	333,5	352,4	345,0	338,8
Kuusi	158,3	174,3	180,5	189,3
Lehtipuu	139,4	138,5	137,7	135,8
Säästöpuut	34,9	73,9	118,3	167,7
<b>KAUSI</b>	2019–2028	2029–2038	2039–2048	
<b>Runkopuun kasvu, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	103,6	102,7	105,8	
<b>Runkopuun kokonaispoistuma, milj. m<sup>3</sup>/v <sup>1)</sup></b>	89,5	93,7	94,5	

<sup>1)</sup> Sisältää hakkuissa, taimikonhoidossa ja raivauksessa kaadetun sekä luonnonpoistumana kuolleen puuston runkotilavuuden.

<b>PUUNTUOTANNOSSA OLEVA METSÄMAA</b>			
<b>KAUSI</b>	2019–2028	2029–2038	2039–2048
<b>Runkopuun hakkuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	78,0	83,3	83,6
Kasvatushakkuu	16,4	25,9	27,6
Uudistushakkuu	61,6	57,5	56,0
<b>Ainespuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	69,3	73,2	73,3
Mänty	32,7	35,9	35,6
Kuusi	25,4	26,4	26,4
Lehtipuu	11,1	10,9	11,3
Tukkikertymä <sup>2)</sup>	31,8	33,9	33,4
Mänty	15,6	17,0	17,1
Kuusi	14,6	15,2	14,6
Lehtipuu	1,7	1,7	1,8
Kuitukertymä <sup>2)</sup>	37,5	39,3	39,9
Mänty	17,1	18,8	18,5
Kuusi	10,9	11,2	11,8
Lehtipuu	9,5	9,3	9,5
<b>Energiapuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	15,8	17,0	17,8
Runkopuu	8,7	10,1	10,3

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2024

Oksat, lehdet ja neulaset, kannot ja juuret	7,1	6,9	7,4
<b>Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v</b>	547,6	636,1	623,3
Kasvatushakkuu	272,1	397,3	400,8
josta yläharvennuksia rehevissä korvissa <sup>3)</sup>	3,2	7,1	6,4
Uudistushakkuu	275,5	238,8	222,5
Kivennäismaa	401,1	457,6	461,1
Turvemaa	146,5	178,4	162,2
<b>Lannoitusala, 1 000 ha/v <sup>4)</sup></b>	55,4	93,4	93,3
Kivennäismaa	36,6	57,1	59,6
Turvemaa	18,8	36,3	33,7
<b>Kunnostusojitusala, 1 000 ha/v <sup>5)</sup></b>	19,8	21,6	21,1

<sup>2)</sup> Laskentateknisistä seikoista johtuen tukki- ja kuitukertymän arviot ovat vain suuntaa antavia.

<sup>3)</sup> Yläharvennus oli mahdollinen vain viimeisenä pohjapinta-alaohjeisiin perustuvana harvennuksena (ppa-harvennuksena) kiertoajan kuluessa.

<sup>4)</sup> Lannoitusala laskennallisen lannoituskäsittelyn mukaan. Tämän lisäksi kaikissa skenaarioissa kasvumallien kalibroituun kasvuntasoon sisältyy kalibroitajakson aikana tehtyjen kasvatustalouksien vaikutus (koko Suomessa runsas 23 000 hehtaaria vuodessa).

<sup>5)</sup> Kunnostusojitusalat on ilmoitettu harvennushakkuiden yhteydessä toteuttavien ojitusten osalta.

## Liite 2. MISU-WEM2 –metsävaraskenaarion tulokset koko Suomessa.

Laskelma: MISU-WEM2

Alue: Koko Suomi

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

Kausittaiset tiedot (mm. kasvut ja poistumat) ovat kymmenvuotiskausien vuosittaisia keskiarvotietoja.

<b>METSÄ- JA KITUMAA</b>				
<b>VUOSI</b>	2019	2029	2039	2049
<b>Pinta-ala, milj. ha</b>	22,80	22,80	22,80	22,80
Metsämaa	20,17	20,17	20,17	20,17
Ensisijaisesti puuntuotannossa	17,06	17,06	17,06	17,06
Rajoitetussa puuntuotannossa	1,22	1,22	1,22	1,22
Puuntuotannon ulkopuolella	1,88	1,88	1,88	1,88
Kitumaa	2,64	2,64	2,64	2,64
Kivennäismaa	15,90	15,90	15,90	15,90
Turvemaa	6,90	6,90	6,90	6,90
<b>Puuston runkotilavuus, milj. m<sup>3</sup></b>	2 511,3	2 676,7	2 845,6	3 046,2
Mänty	1 258,4	1 337,4	1 413,6	1 482,3
Kuusi	763,8	824,2	874,9	949,5
Lehtipuu	489,1	515,1	557,1	614,3
Kivennäismaa	1 880,2	2 021,9	2 153,9	2 319,7
Mänty	924,9	991,3	1 056,7	1 117,5
Kuusi	605,5	655,7	687,6	739,3
Lehtipuu	349,7	374,9	409,5	462,8
Turvemaa	631,1	654,8	691,7	726,5
Mänty	333,5	346,1	356,9	364,7
Kuusi	158,3	168,5	187,3	210,2
Lehtipuu	139,4	140,2	147,6	151,5
Säästöpuut	34,9	72,9	113,9	158,8
<b>KAUSI</b>	2019–2028	2029–2038	2039–2048	
<b>Runkopuun kasvu, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	104,2	104,6	108,3	
<b>Runkopuun kokonaispoistuma, milj. m<sup>3</sup>/v <sup>1)</sup></b>	87,6	87,7	88,2	

<sup>1)</sup> Sisältää hakkuissa, taimikonhoidossa ja raivauksessa kaadetun sekä luonnonpoistumana kuolleen puuston runkotilavuuden.

<b>PUUNTUOTANNOSSA OLEVA METSÄMAA</b>			
<b>KAUSI</b>	2019–2028	2029–2038	2039–2048
<b>Runkopuun hakkuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	75,9	77,2	76,7
Kasvatushakkuu	16,5	25,1	26,5
Uudistushakkuu	59,4	52,1	50,2
<b>Ainespuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	68,2	66,9	66,7
Mänty	33,1	31,9	32,4
Kuusi	24,4	25,7	24,9
Lehtipuu	10,7	9,2	9,4
Tukkikertymä <sup>2)</sup>	31,3	33,1	32,9
Mänty	15,9	16,1	16,8
Kuusi	14,0	15,8	14,9
Lehtipuu	1,5	1,2	1,3
Kuitukertymä <sup>2)</sup>	36,9	33,7	33,8
Mänty	17,2	15,8	15,6
Kuusi	10,4	9,9	10,0
Lehtipuu	9,3	8,0	8,1
<b>Energiapuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	13,3	16,8	16,7
Runkopuu	7,6	10,3	10,0
Oksat, lehdet ja neulaset, kannot ja juuret	5,7	6,5	6,7
<b>Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v</b>	544,0	598,7	568,8
Kasvatushakkuu	275,7	393,3	382,1
josta yläharvennuksia rehevissä korvissa <sup>3)</sup>	3,2	6,4	6,4
Uudistushakkuu	268,3	205,4	186,6
Kivennäismaa	393,8	443,9	427,6
Turvema	150,2	154,8	141,1
<b>Lannoitusala, 1 000 ha/v <sup>4)</sup></b>	55,3	93,4	93,3
Kivennäismaa	35,0	58,0	57,6
Turvema	20,4	35,3	35,7
<b>Kunnostusojitusala, 1 000 ha/v <sup>5)</sup></b>	18,1	20,5	21,3

<sup>2)</sup> Laskentateknisistä seikoista johtuen tukki- ja kuitukertymän arviot ovat vain suuntaa antavia.

<sup>3)</sup> Yläharvennus oli mahdollinen vain viimeisenä pohjapinta-alaohjeisiin perustuvana harvennuksena (ppa-harvennuksena) kiertoajan kuluessa.

<sup>4)</sup> Lannoitusala laskennallisen lannoituskäsittelyn mukaan. Tämän lisäksi kaikissa skenaarioissa kasvumallien kalibroituun kasvuntasoon sisältyy kalibroitajakson aikana tehtyjen kasvatuslannoitusten vaikutus (koko Suomessa runsas 23 000 hehtaaria vuodessa).

<sup>5)</sup> Kunnostusojitusalat on ilmoitettu harvennushakkuiden yhteydessä toteuttavien ojitusten osalta.

### Liite 3. MISU-WEM3 –metsävaraskenaarion tulokset koko Suomessa.

**Laskelma: MISU-WEM3**

**Alue: Koko Suomi**

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

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

<b>METSÄ- JA KITUMAA</b>				
<b>VUOSI</b>	2019	2029	2039	2049
<b>Pinta-ala, milj. ha</b>	22,80	22,80	22,80	22,80
Metsämaa	20,17	20,17	20,17	20,17
Ensisijaisesti puuntuotannossa	17,06	17,06	17,06	17,06
Rajoitetussa puuntuotannossa	1,22	1,22	1,22	1,22
Puuntuotannon ulkopuolella	1,88	1,88	1,88	1,88
Kitumaa	2,64	2,64	2,64	2,64
Kivennäismaa	15,90	15,90	15,90	15,90
Turvema	6,90	6,90	6,90	6,90

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2024

<b>Puuston runkotilavuus, milj. m<sup>3</sup></b>	2 511,3	2 705,7	2 900,1	3 122,5
Mänty	1 258,4	1 361,1	1 464,3	1 540,1
Kuusi	763,8	827,2	882,5	977,4
Lehtipuu	489,1	517,5	553,3	605,0
Kivennäismaa	1 880,2	2 021,6	2 163,7	2 330,1
Mänty	924,9	998,6	1 082,9	1 134,9
Kuusi	605,5	648,8	676,4	745,1
Lehtipuu	349,7	374,3	404,5	450,2
Turvemaa	631,1	684,1	736,3	792,3
Mänty	333,5	362,5	381,4	405,2
Kuusi	158,3	178,4	206,1	232,3
Lehtipuu	139,4	143,2	148,8	154,8
Säästöpuut	34,9	71,3	111,2	155,1
<b>KAUSI</b>	<b>2019–2028</b>	<b>2029–2038</b>	<b>2039–2048</b>	
<b>Runkopuun kasvu, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	104,5	105,3	109,5	
<b>Runkopuun kokonaispoistuma, milj. m<sup>3</sup>/v <sup>1)</sup></b>	85,0	85,9	87,2	

<sup>1)</sup> Sisältää hakkuissa, taimikonhoidossa ja raivauksessa kaadetun sekä luonnonpoistumana kuolleen puuston runkotilavuuden.

<b>PUUNTUOTANNOSSA OLEVA METSÄMAA</b>				
<b>KAUSI</b>	<b>2019–2028</b>	<b>2029–2038</b>	<b>2039–2048</b>	
<b>Runkopuun hakkuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	73,7	75,6	75,8	
Kasvatushakkuu	16,1	23,2	23,7	
Uudistushakkuu	57,6	52,4	52,1	
<b>Ainespuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	64,6	65,4	65,4	
Mänty	30,6	30,1	32,3	
Kuusi	23,9	25,5	23,5	
Lehtipuu	10,1	9,9	9,6	
Tukkikertymä <sup>2)</sup>	30,9	33,1	33,0	
Mänty	15,4	15,5	17,4	
Kuusi	14,1	16,2	14,2	
Lehtipuu	1,4	1,5	1,4	
Kuitukertymä <sup>2)</sup>	33,7	32,3	32,4	
Mänty	15,2	14,6	15,0	
Kuusi	9,8	9,3	9,2	
Lehtipuu	8,7	8,4	8,2	
<b>Energiapuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v</b>	15,9	17,1	17,8	
Runkopuu	9,0	10,1	10,4	
Oksat, lehdet ja neulaset, kannot ja juuret	6,9	7,0	7,4	
<b>Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v</b>	521,9	566,3	529,7	
Kasvatushakkuu	274,6	368,8	344,0	
josta yläharvennuksia rehevissä korvissa <sup>3)</sup>	2,9	7,0	6,4	
Uudistushakkuu	247,3	197,5	185,7	
Kivennäismaa	389,2	419,1	402,7	
Turvemaa	132,7	147,2	127,0	
<b>Lannoitusala, 1 000 ha/v <sup>4)</sup></b>	55,3	93,6	93,3	
Kivennäismaa	35,6	54,6	54,9	
Turvemaa	19,8	39,0	38,3	
<b>Kunnostusojitusala, 1 000 ha/v <sup>5)</sup></b>	18,9	21,9	24,1	

<sup>2)</sup> Laskentateknisistä seikoista johtuen tukki- ja kuitukertymän arviot ovat vain suuntaa antavia.

<sup>3)</sup> Yläharvennus oli mahdollinen vain viimeisenä pohjapinta-alaohjeisiin perustuvana harvennuksena (ppa-harvennuksena) kiertoajan kuluessa.

<sup>4)</sup> Lannoitusala laskennallisen lannoituskäsittelyn mukaan. Tämän lisäksi kaikissa skenaarioissa kasvumallien kalibroituun kasvuntasoon sisältyy kalibroitajakson aikana tehtyjen kasvatustalteen vaikutus (koko Suomessa runsas 23 000 hehtaaria vuodessa).

<sup>5)</sup> Kunnostusojitusalat on ilmoitettu harvennushakkuiden yhteydessä toteuttavien ojitusten osalta.



**Löydät meidät  
verkosta**

**luke.fi**

