

Suomen LULUCF-sektorin 2021–2025 velvoitteen toteutuminen

Tämän lausunnon kirjoittamiseen ja taustalaskentoihin ovat osallistuneet Luonnonvarakeskuksen tutkijat: Markus Haakana, Soili Haikarainen, Helena M. Henttonen, Hannu Hirvelä, Jari Hynynen, Samuli Launiainen, Lauri Mehtätalo, Antti Miettinen, Antti Mutanen, Harri Mäkinen, Kari T. Korhonen, Paula Ollila, Juho Pitkänen, Minna Rätty, Hannu Salminen, Olli-Pekka Tikkasalo, Tarja Tuomainen, Jari Viitanen ja Sofia Vikfors

Sisällys

Yhteenveto.....	3
Alkusanat	5
1. LULUCF-sektorin muutos nielusta päästölähteeksi.....	6
2. Hiilinielun alenemiseen vaikuttaneet tekijät	8
2.1. Metsien puuston kasvun pienenemiseen vaikuttaneet tekijät.....	9
2.1.1. Kasvun vuotuinen vaihtelu.....	9
2.1.2. Metsien ikärakenne	11
2.1.3. Metsien hakkuutapojen ja käytön muutokset.....	14
2.1.4. Metsätuhot.....	17
2.1.5. Kasvun aleneman pysyvyys	17
2.2. Hakkuiden kehitys.....	18
2.3. Muiden maankäyttöluokkien kasvihuonekaasutaseen kehitys	19
2.4. LULUCF-sektorin kasvihuonekaasuinventaarioon ja skenaarioihin liittyvät epävarmuustekijät	21
2.4.1. Kasvihuonekaasuinventaarion epävarmuudet.....	21
2.4.2. Skenaarioihin liittyvät epävarmuudet.....	22
3. Arvioita LULUCF-sektorin hiilinieluihin 2021–2025 vaikuttavista tekijöistä ...	25
3.1. LULUCF-sektorille laadituista skenaarioista.....	25
3.2. Metsäteollisuus ja puun käyttö	26
3.3. Maatalous	29
3.4. Muita maankäyttöön vaikuttavia tekijöitä.....	29
4. Arviot LULUCF-asetuksen veloitteen toteutumisesta	32
4.1. EU:n LULUCF-asetus osana EU:n ilmastolainsäädäntöä	32
4.2. Suomen vertailutasolaskelmaan nähtävissä olevat tekniset korjaukset.....	35
4.3. Arviot metsien vertailutason saavuttamisesta 2021–2025	38
4.4. Arviot maatalousmaiden osalta	38
4.5. Laskentaan liittyvät epävarmuudet.....	39
4.6. Joustomahdollisuuksien käyttö	39
4.7. Arvio veloitteen toteutumisesta	41
4.8. Muita näkökohtia.....	42
Lähteet	44

Yhteenveto

Tämä työ on tehty Luonnonvarakeskuksessa Maa- ja metsätalousministeriön toimeksiannosta. Toimeksianto oli: *Laaditaan selvitys syistä, miksi vuotta 2021 koskevissa kasvihuonekaasuinventaarion pikaennakkotiedoissa, jotka julkistettiin 06/2022, maankäyttösektori oli muuttunut päästölähteeksi, ja mitä se tarkoittaa 2021–2025 EU LULUCF-velvoitteen toteutumisen osalta. Ilmasto- ja energiaministeriryhmä tarkastelee selvityksen pohjalta tarvittavia lisätoimia.*

Toimeksiantoa tarkennettiin siten, että vuoden 2021 tilannetta tarkasteltiin käyttäen kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietoja LULUCF-sektorin päästöistä ja poistumista (14.12.2022) pikaennakkotietojen sijaan.

1. Vuoden 2021 kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotiedon mukaan LULUCF-sektorin nielujen muuttuminen päästökäsi johtuu puuston kasvun ja poistuman erotuksen pienenemisestä lisääntyneiden hakkuiden ja alentuneen kasvun vuoksi. Metsät ovat edelleen nettonielu, mutta se oli laskenut niin alhaiseksi, ettei se kata muiden maankäyttöluokkien päästöjä.
2. Mäntymetsien ikärakenne on kehittynyt siten, että kasvu alenee. Metsien ikärakenne, kaikki puulajit huomioiden, selittää noin viidenneksen VMI12:n ja VMI13:n välillä havaitusta 4,5 miljoonan kuutiometrin kasvun alenemasta. Ikärakenteen puolesta puuston kasvu todennäköisesti pysyy nykyisellä tasolla tai voi edelleen hieman alentua lähivuosina.
3. Männyllä on ollut kolme heikkoa kasvukautta (2018–2020). Etelä-Suomessa nämä kasvukaudet ovat olleet poikkeuksellisen kuivia. Pohjois-Suomessa vain kasvukausi 2018 oli poikkeuksellisen kuiva, mutta vuosien 2019 ja 2020 kasvutasona on Pohjois-Suomessa heikentänyt männyn voimakas käpytuotanto. Useamman vuoden heikot kasvukaudet eivät ole todennäköisiä, mutta vaikka lähivuosina kasvukaudet olisivat keskimääräistä parempia, vuosien 2018–2020 heikompi männyn kasvu säilyy VMI13:n kasvutuloksissa. Nykyisellä hakkuiden tasolla kasvu voi lähivuosina nousta vain, jos ympäristötekijät (kasvukauden pituus, lämpösusma, sademäärä) ovat suotuisat.
4. Kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietojen mukaan tililuokan hoidettu metsämaa, sisältäen puutuotteet, hiilinielu oli -11,4 milj. t CO₂-ekv., kun metsien vertailutaso kaudelle 2021–2025 on -29,4 milj. t CO₂-ekv. vuodessa. Vertailutasoon tullaan tekemään inventaarion ja vertailutasolaskennan menetelmäeroista johtuvia teknisiä korjauksia.
5. Muussa maankäytössä ei arvioida tapahtuvan merkittäviä kauden 2021–2025 laskentatulokseen vaikuttavia muutoksia. Tämä koskee erityisesti EU-LULUCF-tilinpitoa. Vaikka maatalousmaihin kohdistuvat kosteikkotoimenpiteet muuttaisivat alueen maankäytön pois maataloudesta, tilinpidossa se tulee pysymään tililuokissa hoidettu viljelysmaa tai hoidettu ruohikkoalue. Metsityksen lisäämiseksi tehtävät toimet tulevat aikanaan vaikuttamaan hoidetun metsämaan nieluun enemmän kuin tililuokkaan metsitetyt alueet. Metsäkatoa ehkäisevien toimien vaikutus sen sijaan olisi välitön, mutta suunnitellut toimet eivät ennätä vaikuttaa vuosiin 2021–2025.
6. Vuoden 2022 teollisuuspuun hakkuut olivat lokakuun loppuun mennessä 3 prosenttia alemmat kuin vuonna 2021, mutta loppuvuoden 2022 aikana hakkuiden kokonaismäärä voi saavuttaa vuoden 2021 tason. Kotimaisen puun käyttö on lisääntynyt ja lisääntynee lähivuosina edelleen teollisuuden uusien investointipäätösten sekä Venäjältä tapahtuneen puuntuonnin loppumisen myötä. Tämän selvityksen pohjalta arvioidaan, että metsien hiilinielu kaudella 2021–2025 jää 50–100 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia pienemmäksi kuin vertailutaso. Arvio ei sisällä vertailutasoon tehtävien ns. teknisten korjausten vaikutusta.
7. Metsien hiilinielun aleneminen vaikeuttaa LULUCF-sektorin velvoitteen saavuttamista kaudella 2021–2025. Toteutuneen metsänielun ollessa 50–100 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia ja muusta maankäytöstä aiheutuvien päästöjen ollessa nykytasolla, joudutaan metsäjouaston ja Suomen erillisjouaston lisäksi hankkimaan puuttuvat yksiköt muilta jäsenmailta tai kompensoimaan

taakanjakosektorin yksiköillä. Tässä selvityksessä tarve arvioidaan noin 50–80 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonin suuruiseksi.

Alkusanat

Tämä työ on tehty Luonnonvarakeskuksessa Maa- ja metsätalousministeriön toimeksiannosta. Toimeksiannon taustalla oli havainnot puuston kasvun alenemasta ja kasvihuonekaasuinventaarion pikaennakko 2021, jonka mukaan maankäyttösektori oli muuttunut päästölähteeksi.

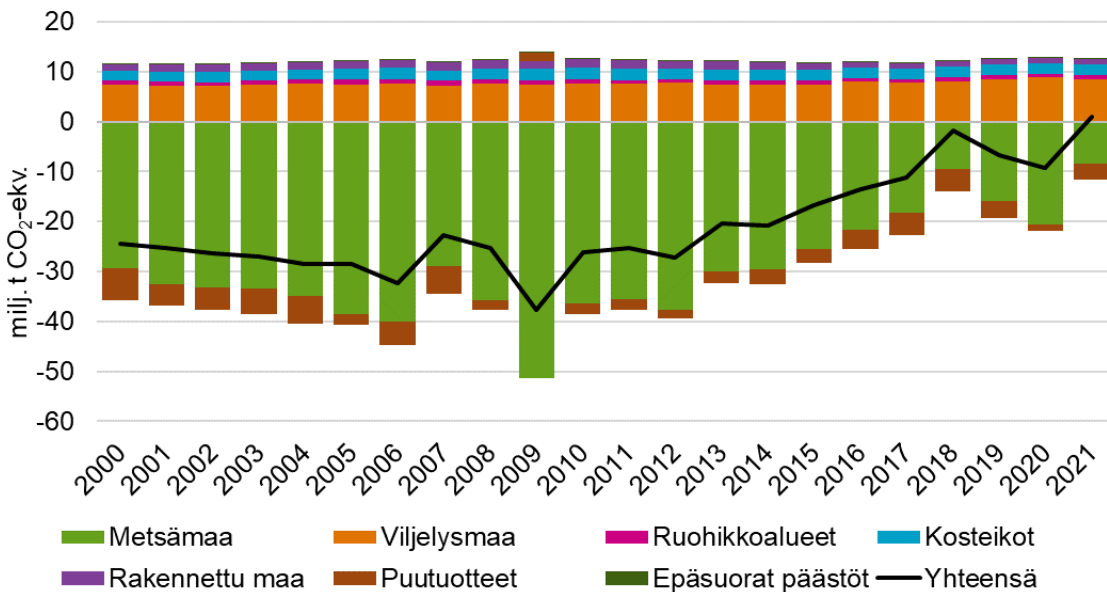
Toimeksianto oli: Laaditaan selvitys syistä, miksi vuotta 2021 koskevissa kasvihuonekaasuinventaarion pikaennakkotiedoissa, jotka julkistettiin 06/2022, maankäyttösektori oli muuttunut päästölähteeksi, ja mitä se tarkoittaa 2021–2025 EU LULUCF-velvoitteen toteutumisen osalta. Ilmasto- ja energiaministeriryhmä tarkastelee selvityksen pohjalta tarvittavia lisätoimia.

Toimeksiantoa tarkennettiin siten, että vuoden 2021 tilannetta tarkasteltiin käyttäen kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietoja LULUCF-sektorin päästöistä ja poistumista (14.12.2022) pikaennakkotietojen sijaan.

1. LULUCF-sektorin muutos nielusta päästölähteeksi

Toukokuussa 2022 Tilastokeskus julkaisi kasvihuonekaasuinventaarion vuotta 2021 koskevan pikaennakkotiedon, jonka mukaan maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF) -sektorilta aiheutui kasvihuonekaasujen nettopäästö (SVT 2022a: Kasvihuonekaasut). Muutos nettonielusta nettopäästökseksi selittyi metsien alhaisella nettonielulla, joka ei kattanut muiden maankäyttöluokkien päästöjä. Metsien nettonielun pudotus taas oli seurausta alentuneesta puuston kasvusta ja korkeista hakkuumääristä (Luke 2022a). Joulukuussa 2022 julkistettiin vuoden 2023 kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotiedot (SVT 2022b: Kasvihuonekaasut), jotka vahvistivat, että LULUCF-sektori on muuttunut nielusta päästölähteeksi (kuva 1). Uudet laskelmat osoittavat myös, että sektorin nettonielu on viime vuosina alentunut nopeammin kuin aiemmin on arvioitu.

Vuonna 2021 sektorin nettopäästö oli 0,89 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia (milj. t CO₂-ekv.), kun vuonna 2020 se oli -9,22 milj. t CO₂-ekv. suuruinen nettonielu. Viljelysmaan, ruohikkoalueiden, kosteikkojen ja rakennetun maan yhteenlasketut päästöt alenivat vajaan 2 prosenttia. Puutuotteisiin sitoutui hiiltä vuonna 2021 1,8 milj. t CO₂-ekv. enemmän kuin edellisenä vuonna, nettonielun ollessa -3,14 milj. t CO₂-ekv. Sen sijaan metsämaan nielussa tapahtui suuri muutos, kun se aleni -20,6 milj. CO₂-ekvivalenttitonniasta -8,41 milj. CO₂-ekvivalenttitonniin. Edellisen kerran vastaava alenema tapahtui 2018, kun hakkuut olivat korkeimmillaan vuodesta 1990 alkavalla inventaarion jaksolla. Vuosien väliset muutokset metsämaan nielussa aiheutuvat hakkuista, kun muiden tekijöiden vaikutus, kuten muutokset maaperän hiilivarastossa, on enemmän trendinomaista.



Kuva 1. LULUCF-sektorin päästöjen ja poistumien kehitys maankäyttöluokittain 2000-luvulla kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietojen mukaan (Luke 2022b).

Tässä raportissa esitetyt päästöt on yhteismitallistettu IPCC:n AR5-kertoimilla¹ ellei toisin mainita. AR5-kertoimen käyttö perustuu EU:n hallintomalliasetusta täydentävään komission delegoituun asetukseen (Komission delegoitu asetus (EU) 2020/1044).

¹ Metaani (CH₄) on muunnettu hiilidioksidiekvivalenteiksi kertoimella 28 ja dityppioksidi (N₂O) kertoimella 265.

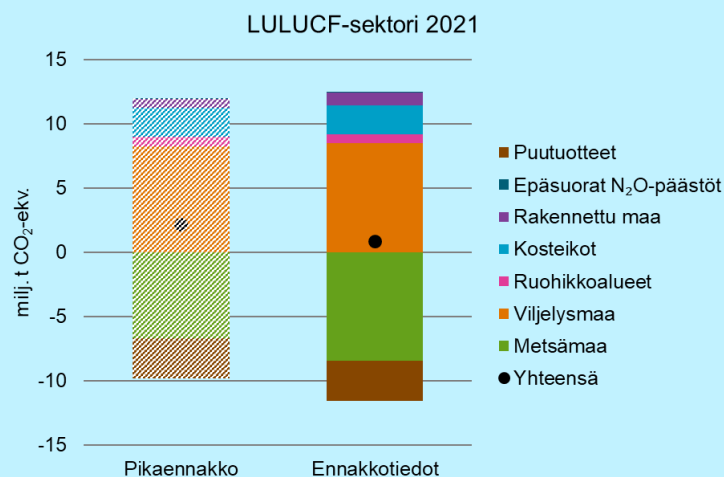
Pikaennakko ja kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotiedot

Kasvihuonekaasuinventaarion edellistä vuotta koskeva pikaennakko laaditaan EU:n hallintomalliasetuksen (Asetus (EU) N:o 2018/1999) velvoittamana ja maat toimittavat tiedot EU:n komissiolle heinäkuun loppuun mennessä. Pikaennakon tarkoituksena on antaa ennakkotietoa siitä, mihin suuntaan maiden kasvihuonekaasupäästöjen tilanne on kehittymässä. Pikaennakon jälkeen EU-maat laativat kattavat inventaariorit, joissa aikasarja alkaa vuodesta 1990 päättyen viimeiseen raportoitavaan vuoteen. Nämä tiedot ovat edelleen alustavia ja käyvät läpi EU:n oman tarkastusprosessin ennen lopullisten tietojen toimittamista niin EU:lle kuin YK:n ilmastosopimuksen sihteeristölle.

Kasvihuonekaasuinventaarion vuotta 2021 koskevan pikaennakkotiedon mukaan LULUCF-sektorilta aiheutui kasvihuonekaasujen 2,1 miljoonan hiilidioksidiekvivalentitonni nettopäästö (SVT 2022a: Kasvihuonekaasut). Joulukuussa 2022 julkaistujen kattavampien tietojen mukaan nettopäästöt olivat noin 1,2 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia pikaennakkoa pienemmät, eli 0,9 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia (kuva 2).

LULUCF-sektorin pikaennakkoon käytettiin niitä tietoja ja tietolähteitä, jotka olivat käytettävissä keväällä 2022. Sektorin päästöluokista metsämaalle, viljelysmaalle ja puutuotteille laskettiin arviot. Metsämaan ennakkoon käytettiin vuoden 2021 tilastoituja hakkuukertymiä ja puuston biomassavaraston ja biomassan kasvun arviointiin valtakunnan metsien 13. inventoinnin tietoja. Viljelysmaiden kivennäismaiden maaperän hiilivarastonmuutoksen laskentaan päivitettiin satotasot, säätiedot sekä kotieläinten määrät. Metsäteollisuuden vuoden 2021 tuotantolukuja käytettiin puutuotteiden hiilivaraston muutoksen laskennassa. Sen sijaan ruohikkoalueille, kosteikoille ja rakennetulle maalle käytettiin vuoden 2020 päästötietoja. Myös maankäytön muutosten ja niistä aiheutuvien päästöjen ja poistumien oletettiin olevan samansuuruisia kuin vuonna 2020. Kaikille pinta-aloille käytettiin vuoden 2020 tietoja. Vuoden 2023 inventaarioon suunniteltuja menetelmämuutoksia ei voitu keväällä sisällyttää laskelmaan, koska muutokset käsiteltiin ja hyväksyttiin vasta syksyllä 2022.

Joulukuussa 2022 julkistetut ennakkotiedot perustuvat vuoden aikana tarkentuneisiin tietolähteisiin. Kaikille päästöluokille laskettiin arviot.



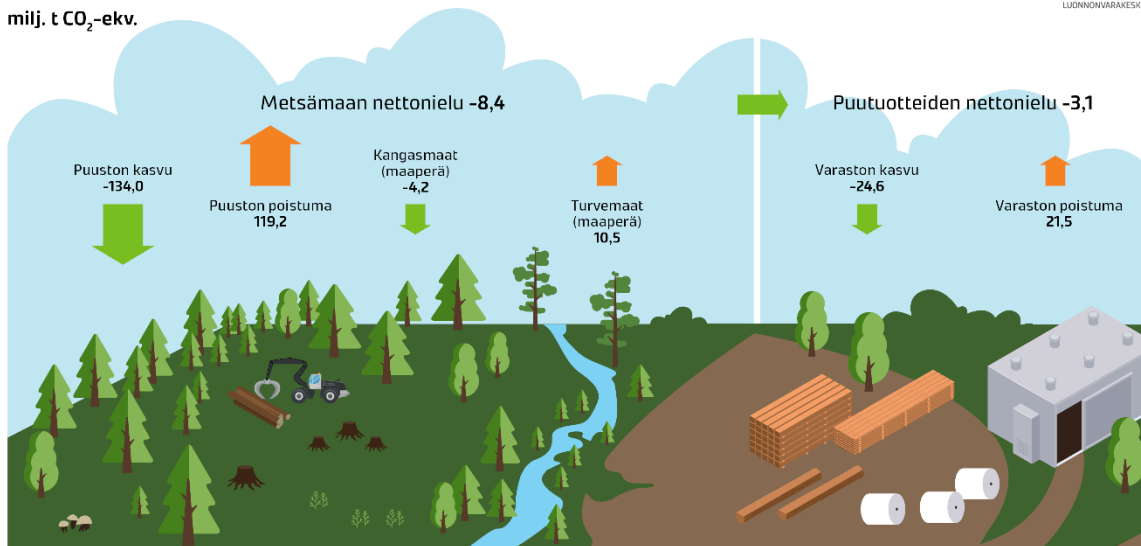
Kuva 2. LULUCF-sektorin päästöt ja poistumat maankäyttöluokittain pikaennakon (SVT 2022a: Kasvihuonekaasut) ja kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietojen (SVT 2022b: Kasvihuonekaasut) mukaan.

2. Hiilinielun alenemiseen vaikuttaneet tekijät

Kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotulosten mukaan vuonna 2021 metsien puusto ja maaperä sitoivat hiiltä yhteensä 8,3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia (kuva 3). Metsämaan hiilinielu pieneni edellisvuodesta 12,2 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnilla alentuneen kasvun ja runsastuneiden hakkuiden sekä alentuneen kivennäismaiden maaperän nielun ja ojitettujen turvemaiden kasvavien maaperäpäästöjen seurauksina. Vuonna 2021 runkopuun hakkuukertymä oli 11 prosenttia edellisvuotta suurempi (SVT 2022c: Hakkuukertymä ja puuston poistuma). Kivennäismailla maaperän hiilinielu pieneni hieman ja ojitettujen turvemaiden CO₂-päästöt kasvoivat. Kaikki tekijät yhdessä tuottivat metsämaalle koko ajanjakson 1990–2021 alimman nettonielun (kuva 4). Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan puuston kasvuun ja hakkuiden lisäykseen vaikuttaneita tekijöitä sekä muiden maankäyttöluokkien kuin metsät päästökehitystä.

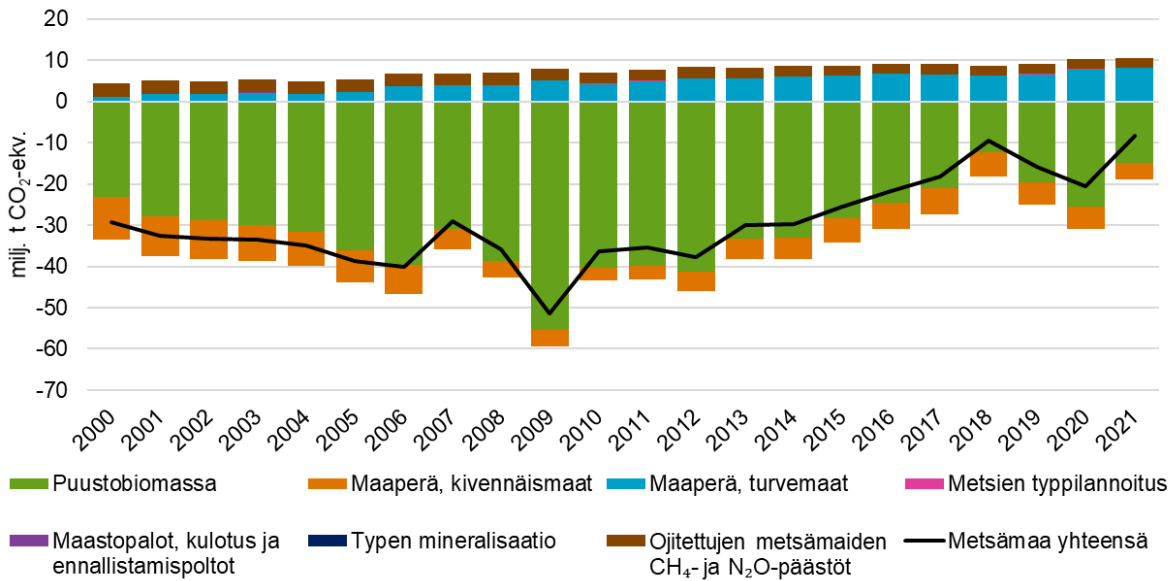
Metsämaan ja puutuotteiden kasvihuonekaasutase 2021

milj. t CO₂-ekv.



Lähde: Luonnonvarakeskus

Kuva 3. Eri hiilivarastojen muutokset ja kasvihuonekaasupäästöt metsämaalla ja puutuotteissa vuonna 2021.



Kuva 4. Eri hiilivarastojen muutokset ja kasvihuonekaasupäästöt metsämaalla 2000-luvulla kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietojen mukaan (Luke 2022b).

2.1. Metsien puuston kasvun pienenemiseen vaikuttaneet tekijät

Puuston kasvuun vaikuttavat muun muassa metsien pinta-ala, puuston ikärakenne, metsien puustoisuus ja hakkuut sekä metsätuhot. Puuston kasvussa on myös vuosittaista vaihtelua esimerkiksi säätekijöiden vuoksi. Metsä- ja kitumaan ala ei ole VMI12:n ja VMI13:n välissä muuttunut. Seuraavassa on tarkasteltu eri tekijöiden vaikutusta puuston kasvuun 2000-luvulla ja erityisesti VMI12:n ja VMI13:n välillä.

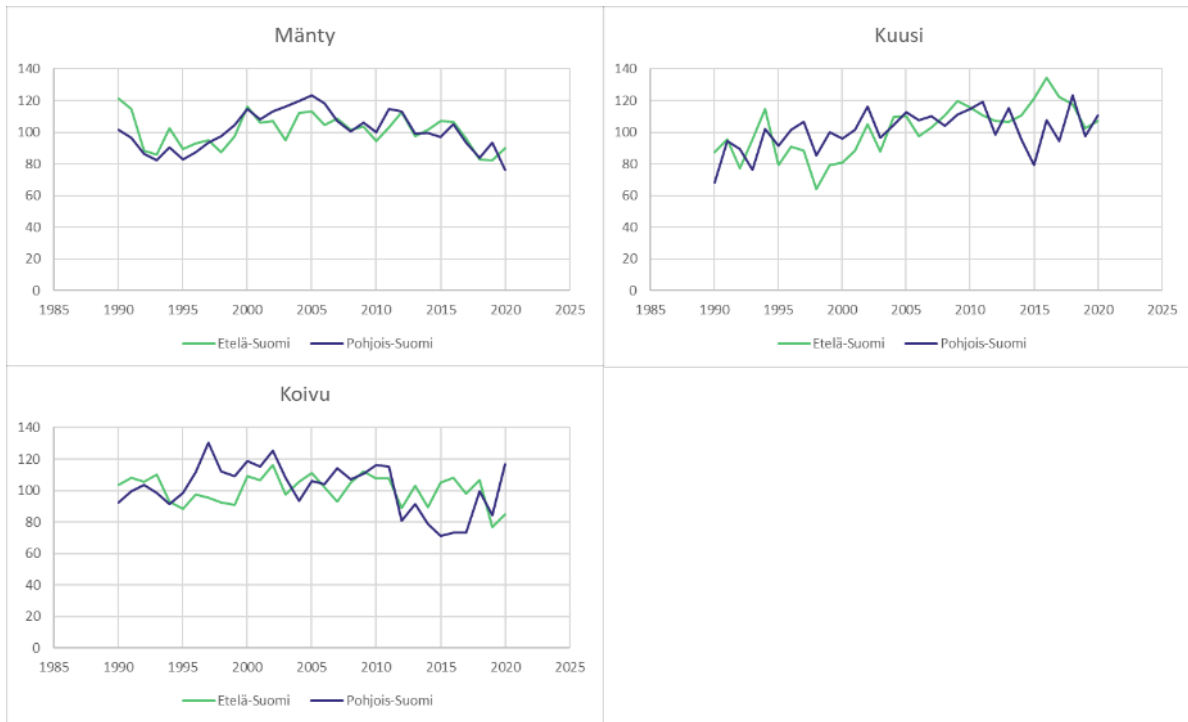
2.1.1. Kasvun vuotuinen vaihtelu

Puiden kasvun vuotuista vaihtelua tutkitaan ja havainnollistetaan lustonleveysindeksillä. VMI:n raportoima indeksi tarkoittaa puun läpimitan kasvun tasoa suhteessa 30 vuoden keskimääräiseen tasoon, kun kasvusta on poistettu puun iän, puun koon ja metsien tiheyden vaikutus. Keskimääräistä kasvua merkitään indeksillä 100, jolloin kasvuolosuhteiltaan keskimääräistä suotuisampien vuosien indeksi saa yli sadan ja vastaavasti epäsuotuisampien vuosien indeksi alle sadan suuruisia arvoja.

Lustoindeksiin vaikuttavat sääolosuhteet (kasvukauden pituus, lämpötila, maaperän kosteus kasvukaudella), puiden kukinta ja siementuotanto sekä mahdolliset tuhot. Hakkuiden vaikutusta on pyritty poistamaan lustonleveysindekseistä ottamalla tarkasteluun mukaan vain metsiköt, joissa ei ole tehty hakkuita inventointia edeltäneen kymmenen kasvukauden aikana.

Etelä-Suomessa lustonleveysindeksi oli VMI12:n kasvunmittausjaksolla (vuodet 2009–2018) kuusella 15 prosenttia korkeammalla kuin 30 vuoden keskimääräinen taso ja männylläkin 3 prosenttia keskitasoa korkeammalla. Pohjois-Suomessa indeksi oli VMI12:n kasvunmittausjaksolla kuusella ja männyllä lähellä 30 vuoden keskimääräistä tasoa.

Männyn ja kuusen kasvuindeksit ovat kehittyneet eri suuntiin viime vuosina (kuva 5). Viimeksi raportoidulla VMI13:n kasvunmittausjaksolla (2014–2021) männyn lustonleveysindeksi on laskenut ja ollut Etelä-Suomessa seitsemän prosenttia ja Pohjois-Suomessa yhdeksän prosenttia alle pitkän ajan keskiarvon. Kuusen kasvuindeksit olivat VMI13:ssa sekä Etelä-Suomessa että Pohjois-Suomessa hieman korkeammalla kuin VMI12:n kasvunmittausjaksolla.



Kuva 5. Männyn, kuusen ja koivun lustonleveysindeksit 1990–2020.

Suomessa kasvukauden lämpötilat ovat merkittävin puiden vuotuista kasvua säätelevä tekijä etenkin pohjoisessa, missä metsien kasvu on hitaampaa viileän ilmaston ja lyhyen kasvukauden takia. Tutkimusten mukaan muuttuvat ympäristöolot ovat lisänneet Suomen metsien kasvua kivennäismailla viimeisten vuosikymmenten aikana. Ympäristöoloista aiheutuva kasvunlisäys on ollut suhteellisesti suurempaa Pohjois-Suomessa. Kasvu on noussut yhtä aikaa kasvukauden pidentymisen ja lämpösunnan lisääntymisen kanssa, varsinkin 1990-luvun puolivälin jälkeen. Lämpenemisen vaikutukset kasvuun näkyvät selvästi 2000-luvulla, joka oli tavallista lämpimämpi.

Kasvun hidastumiseen lyhyehköllä jaksolla ei välttämättä liity mitään yllättävää. Kyse voi olla säätekijöiden aiheuttamasta vuosittaisesta vaihtelusta ja toistuvammista epäsuotuisista kasvukausista, joiden kumulatiivinen vaikutus näkyy kasvun hidastumisena. Kuitenkin viime vuosina, jolloin mänty on kasvanut heikosti, kasvukauden lämpötilat ovat olleet tarkastelujakson keskitasoa tai jopa sen yli. Jos viileät kesät selittäisivät kasvun aleneman, todennäköisesti myös kuuset olisivat kasvaneet heikosti.

Sademäärien ja lustonleveysindeksien vertailut Suomessa ovat paljastaneet vain heikkoja tilastollisia riippuvuuksia. Heinäkuun sademäärät tosin olivat Pohjois-Suomessa hyvin alhaisia vuosina 2018 ja 2019. Männyn kasvu heikkeni juuri tuolloin, joten kuivuudella on saattanut olla vaikutusta ilmiöön. Puuston kasvuun vaikuttavan kuivuuden ennustaminen pelkän sademäärän avulla on epätarkkaa, sillä maankosteuden ajalliseen vaihteluun vaikuttaa voimakkaasti niin lumen sulannan ajoittuminen, sadannan määrä ja sen ajallinen jakauma kuin myös puuston haihdunta. Haihduntaan puolestaan vaikuttavat niin lämpötila, ilman kosteus kuin puuston määrä. Koska niin latvuspidäntä kuin puuston haihdunta kasvavat puuston koon lisääntyessä, kuivuuteen liittyvä kasvunalenema on suurinta varttuneissa, karuilla huonosti vettä pidättävillä kasvupaikoilla kasvavissa metsissä.

Tarkastelimme kasvukauden aikaista maankosteusvaihtelua ja mahdollisia trendejä sekä sääaikasarjoista laskettavien kosteusindeksien, kuten Standardized Precipitation-Evaporation Index (SPEI) että metsähydrologiseen malliin (SpaFHy) perustuvan maankosteusennusteen avulla. Tulosten perusteella kasvukaudet 2018, 2019 ja 2021 ovat olleet Etelä-Suomessa erittäin kuivia, ja tämä on oletettavasti

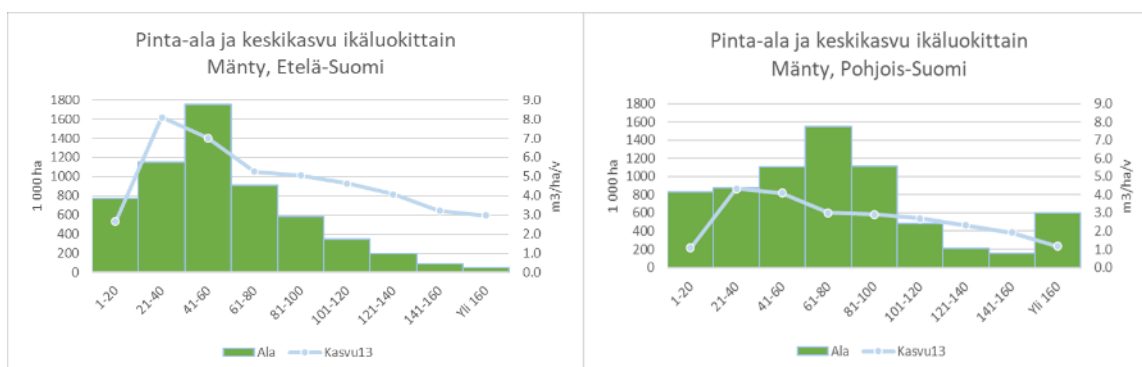
heijastunut rajoitteina puuston haihdunnalle ja hiilen sidonnalle erityisesti karummilla ja huonommin vettä pidättävillä kasvupaikoilla. Näissä mänty on tyypillinen pääpuulaji. Tulosten perusteella yhtä voimakkaita kasvukauden aikaisia kuivuusrajoitteita on vuosien 1980–2000 välisenä aikana esiintynyt noin neljänviiden vuoden välein. Tulee myös huomioida, että VMI11 ja 12 kasvunmittausjaksoille puolestaan osuu vesitalouden näkökulmasta poikkeuksellisen suotuisia vuosia, sillä tulosten perusteella vuosien 2003–2017 välisenä aikana ei kuivuutta todennäköisesti esiintynyt kuin 2006. Myös Hyytiälässä Juupajoella mikrometeorologisin menetelmin tehdyt pitkäaikasmittaukset kivennäismaalla kasvavan männikön hiilensidonnasta ja maankosteusvaihtelusta antavat samansuuntaisia tuloksia. Pohjois-Suomessa maankosteuden aiheuttamat rajoitteet ovat olleet vähemmän todennäköisiä, vaikka erityisesti kasvukausi 2018 oli erittäin kuiva kautta Suomen.

Siementuotanto kuluttaa puiden resursseja. Männyn käpysato oli Pohjois-Suomessa kesällä 2020 viidenneksi runsain seurantajaksolla 1979–2021. Tutkimuksissa on havaittu eri mäntylajien tilavuuskasvun heikentyneen tyypillisesti 10–20 prosenttia vuosina, jolloin käpytuotanto oli runsasta, joten se tarjoaa mahdollisen osaselityksen kesän 2020 heikolle kasvulle. Koska mäntyjen käpyjen kehitys kestää kaksi vuotta, vuoden 2020 runsas käpysato on alentanut kasvua jo kesällä 2019. Kuusen käpysato Pohjois-Suomessa on ollut viime vuosina alhainen paitsi vuonna 2021, jolloin se oli keskimääräistä runsaampi.

Muuttuvassa ympäristössä sään vaihtelut näkyvät vuosikasvuissa, mutta kasvua säätelevät ympäristötekijät voivat olla muita kuin kasvukauden lämpimyyttä. Todennäköisesti männyn lustonleveysindeksien alenema ei johdu yhdestä yksittäisestä syystä, vaan on seurausta useammasta tekijästä. Ilmeisesti eri kasvua rajoittavien suhteellinen merkitys lisäksi vaihtelee vuodesta toiseen. Kasvun alenema ei ole vain suomalainen ilmiö, sillä myös Ruotsissa ja Norjassa on havaittu puuston kasvun alentuneen viime vuosina.

2.1.2. Metsien ikärakenne

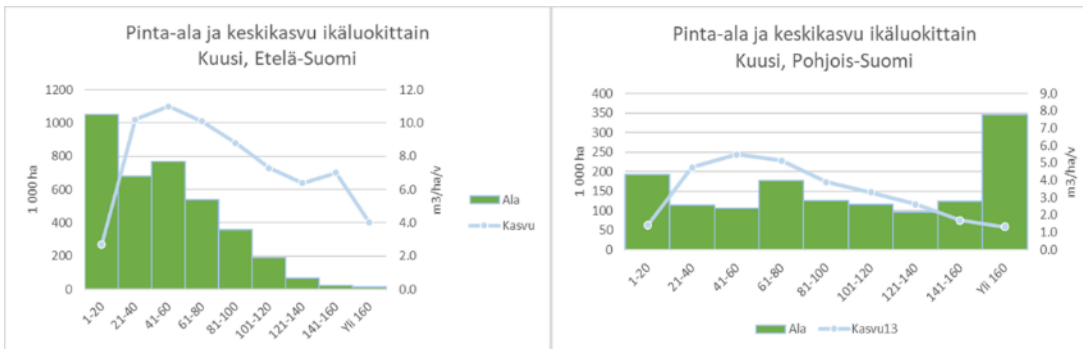
Mäntymetsien ikärakenne on Pohjois-Suomessa muuttunut siten, että suurin pinta-ala on nyt ikäluokassa 60–80 vuotta, kun kasvu on nopeimmillaan 21–60 -vuotiaissa metsissä (kuva 6). Etelä-Suomessa mäntymetsien suurin ikäluokka (41–60 vuotta) on jo ohittanut nopeimman kasvun vaiheen, koska Etelä-Suomessa 21–40-vuotiaat metsät kasvavat nopeammin kuin 41–60 vuotta. Kasvun aleneminen männyllä on siten ollut luonnollinen seuraus nopeimmin kasvavien metsien määrän pienenemisestä.



Kuva 6. Mäntyvaltaisten metsien pinta-alat ja keskikasvu 20 vuoden ikäluokissa VMI13 mukaan.

Kuusivaltaisten metsien ikäluokkaosuudet ovat Etelä-Suomessa hyvin erilaiset kuin mäntyvaltaisten metsien (kuva 7). Kuusta on käytetty runsaasti uudistamisessa ja siksi nuorimmat ikäluokat ovat yleisimpiä. Tämän vuoksi kuusen kasvu on korkea ja tulee nykyisestään lisääntymään. Pohjois-

Suomessa kuusivaltaisista metsistä lähes 30 prosenttia on yli 160-vuotiaita, joissa kasvu on jo vaatimaton. Korkeintaan 20-vuotiaita kuusimetsiä on suhteellisen runsaasti, mutta ikäluokkien 21–40 ja 41–60-vuotta, joissa kasvu on suurimmillaan, osuudet ovat pienet. Pohjois-Suomessa pitkään jatkunut metsien siirtäminen puuntuotannon ulkopuolelle on vähentänyt metsänuudistamista ja on vaikuttanut siihen, että hyvän kasvun vaiheessa olevien metsien ala on nyt pienehkö.

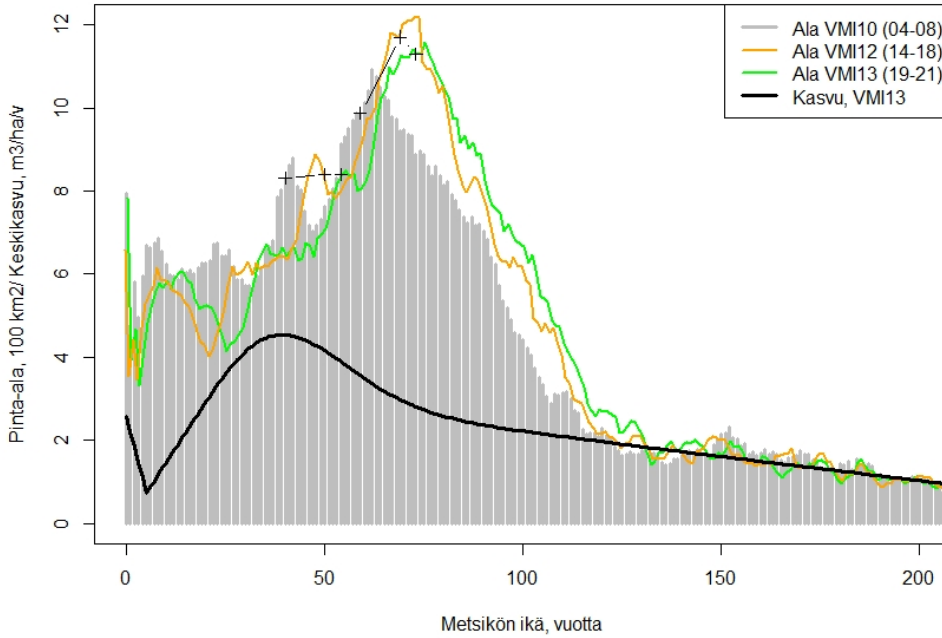


Kuva 7. Kuusivaltaisten metsien pinta-alat ja keskimääräinen kasvuväri 20 vuoden ikäluokissa VMI13 mukaan.

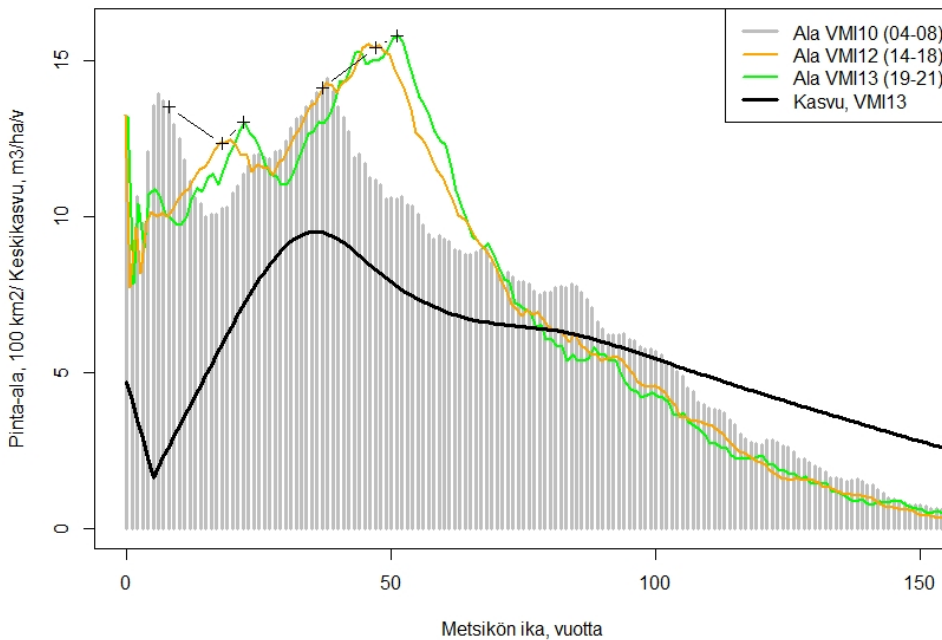
VMI13-aineistosta lasketuista puuston kasvukäyrästä iän funktiona (kuva 8) arvioitiin ikäjakauman vaikutusta kasvuun kertomalla kasvukäyrän mukaisen kasvun arvot kunkin ikäluokan pinta-alalla ja summaamalla saatu luku ikäluokkien yli. Etelä-Suomen (pl. Ahvenanmaa) metsien ennustetuksi vuotuiseksi kasvuksi metsä- ja kitumaalla saatiin VMI10:n ikäluokkajakaumalla 73,5, VMI12:n jakaumalla 75,5 ja VMI13:n jakaumalla 74,9 milj. m³. Vastaavat luvut Pohjois-Suomessa (pl. Ylä-Lappi) olivat 26,7, 27,1 ja 26,8 milj. m³ ja koko maassa 100,2 102,6 ja 101,7 milj. m³.

Ikäluokkasimulaation perustella arvioidut kasvut eivät ole suoraan verrannollisia VMI13:n raportoituhiin kasvuihin, sillä simulaatiotarkastelun kasvuarvioista puuttuvat Ahvenanmaan ja Ylä-Lapin alueet. Tarkastelun avulla voidaan kuitenkin arvioida ikäluokkarakenteen muutoksen merkitystä. Tarkastelun perusteella ikärakenteen muutos selittää noin viidenneksen havaitusta 4,5 miljoonan kuutiometrin kasvun alenemasta VMI12 ja VMI13:n välillä.

Ikäjakauma ja kasvu, Pohjois-Suomi



Ikäjakauma ja kasvu, Etelä-Suomi



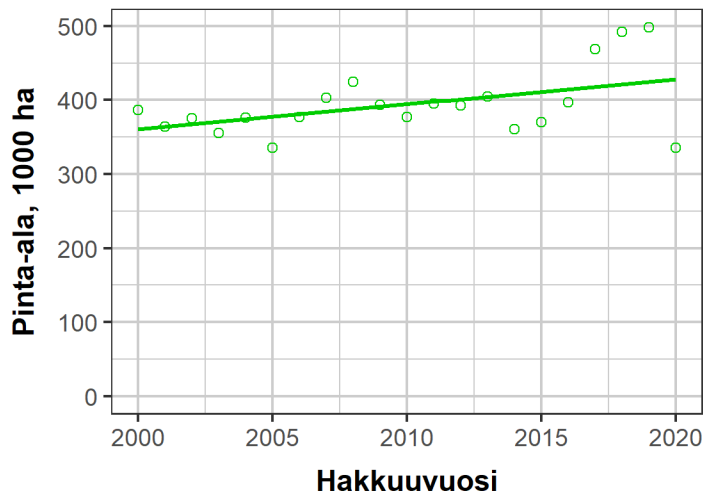
Kuva 8. Puuston ikäluokkajakauma metsä- ja kitumaalla Pohjois-Suomessa (pl. Ylä-Lappi) ja Etelä-Suomessa (pl. Ahvenanmaa) VMI10, VMI12 ja VMI13:n mukaan, sekä puuston menneen viisivuotissakson keskipuu ikäluokittain VMI13:n mukaan.

2.1.3. Metsien hakkuutapojen ja käytön muutokset

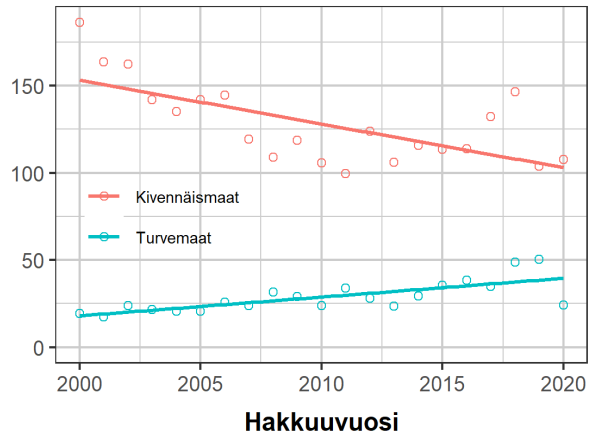
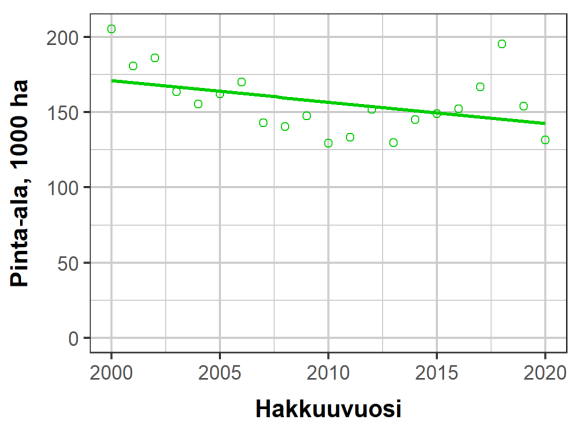
Puuston harvennukset alentavat yleensä metsikön kokonaiskasvua (Mäkinen & Isomäki 2004a, 2004b), Kasvun vähennys ei kuitenkaan ole merkittävä, elleivät harvennukset ole liian voimakkaita. Toisaalta harvennukset lisäävät kasvavan puuston elinvoimaisuutta ja siten parantavat puiden kasvukykyä sekä vähentävät luonnonpoistumaa pidemmällä aikavälillä. Voimakkaiden harvennusten seurauksena kasvutappiot voivat kuitenkin olla merkittäviä erityisesti männikoissä (Mäkinen & Isomäki 2004a). Liian voimakkaat harvennukset lisäävät myös puuston alttiutta metsätuhoille.

Harvennushakkuiden määrän arvioissa on 2000-luvulla ollut vuosien välillä suurta vaihtelua (kuva 9). Vaihtelu on osittain todellista puun kysynnän ja korjuuolosuhteiden vaihtelun vuoksi, osittain vaihtelua selittää se, että arviot perustuvat otantaan. Harvennusten määrä on keskimäärin kasvanut 2000-luvulla selvästi ja erityisesti viime vuosina, hakkuukaudella 2020–2021 harvennukset kuitenkin vähenivät. Myös uudistushakkuiden määrän arviot vaihtelevat voimakkaasti (kuva 10). Uudistushakkuiden määrä on pinta-alalla mitaten selkeästi vähentynyt 2000-luvulla, hakkuukausi 2018–2019 tästä kuitenkin poikkeuksena. Merkillepantava kehitys on ollut turvemaiden uudistushakkuiden selkeä lisäys. Eniten tarkastelujaksolla on lisääntynyt taimikonhoidon pinta-ala (kuva 11). Harvennushakkuiden voimakkuus (harvennuksessa poistettujen puiden osuus puuston pohjapinta-alasta) on selvästi kasvanut 2000-luvulla, erityisesti Pohjois-Suomessa (kuva 12). VMI:ssä tehtävän hakkuiden laadun arvioinnin mukaan lähes 25 prosenttia viime vuosina harvennetuista metsiköistä on harvennettu liian voimakkaasti, 2000-luvun alussa osuus oli alle 10 prosenttia.

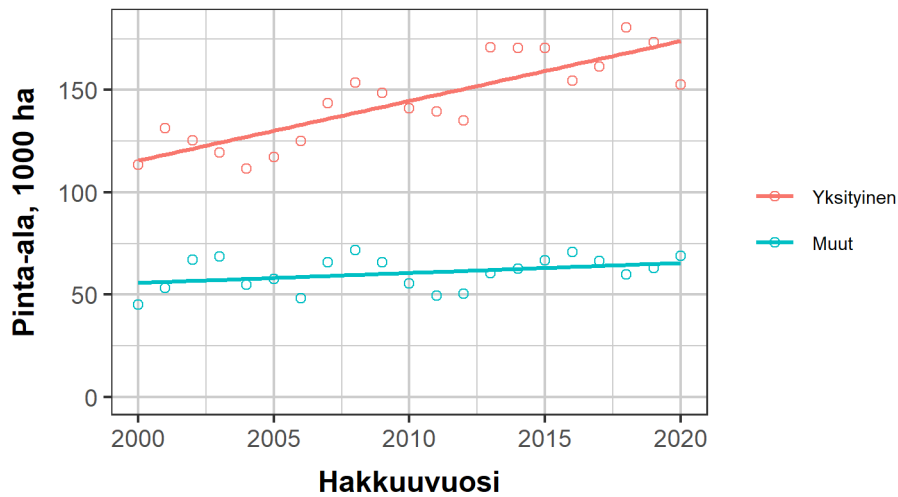
Harvennuksessa poistettujen puiden (suhteellinen) koko ei ole muuttunut eli harvennuksissa ei ole poistettu aiempaa enempää metsikön suurimpia puita. Harvennusvoimakkuuden kasvu on voinut aiheuttaa puuston kasvun alenemaa, koska voimakkaan harvennuksen jälkeen puuston kasvu elpyy hitaammin kuin lievän harvennuksen jälkeen.



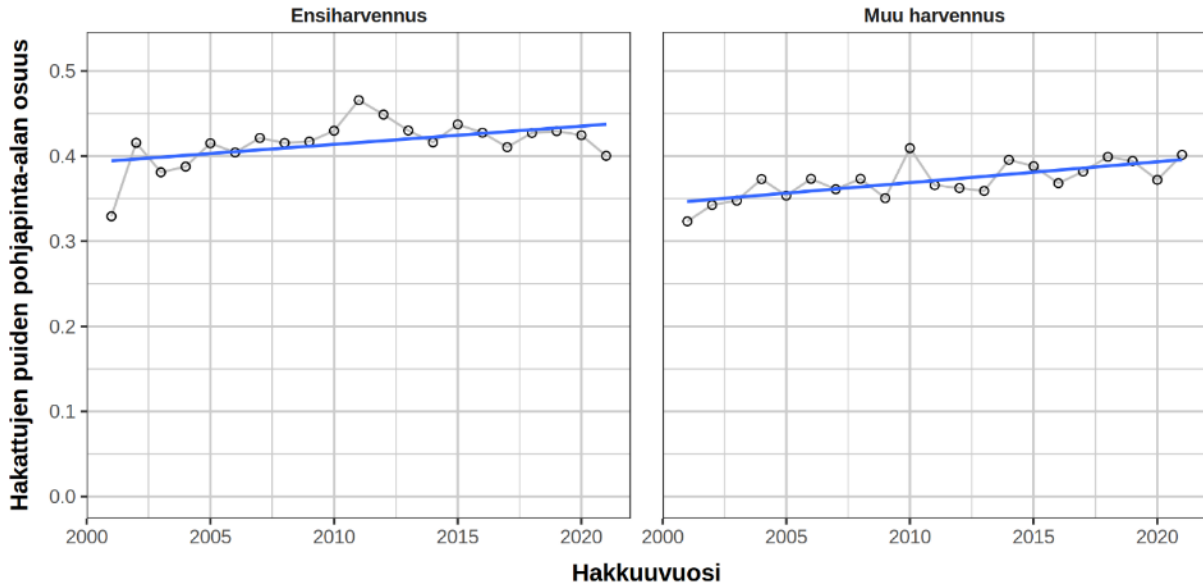
Kuva 9. Harvennushakkuiden pinta-ala vuosittain koko maassa.



Kuva 10. Uudistushakkuiden pinta-ala vuosittain koko maassa (vasen) sekä kankailla ja turvemilla eroteltuna (oikea).

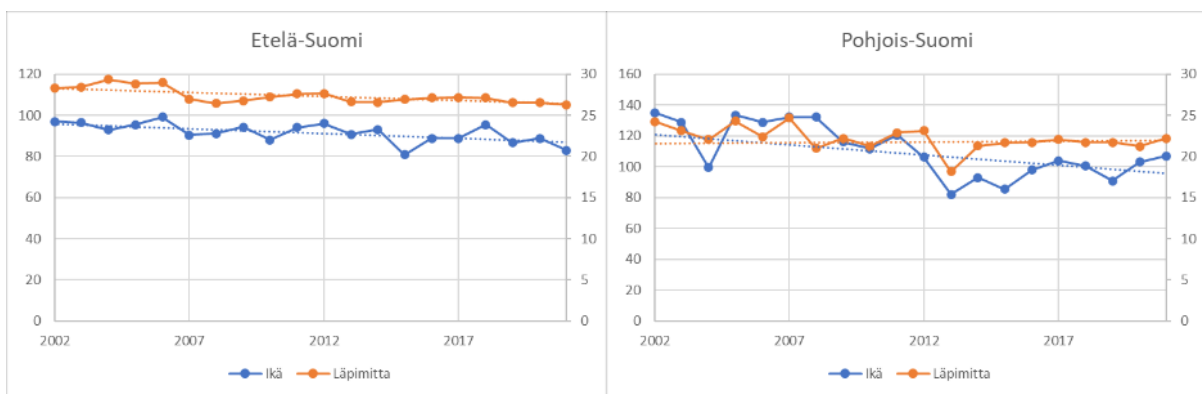


Kuva 11. Taimikonhoidon pinta-alat vuosittain koko maassa.



Kuva 12. Harvennusvoimakkuuden kehitys 2000-luvulla.

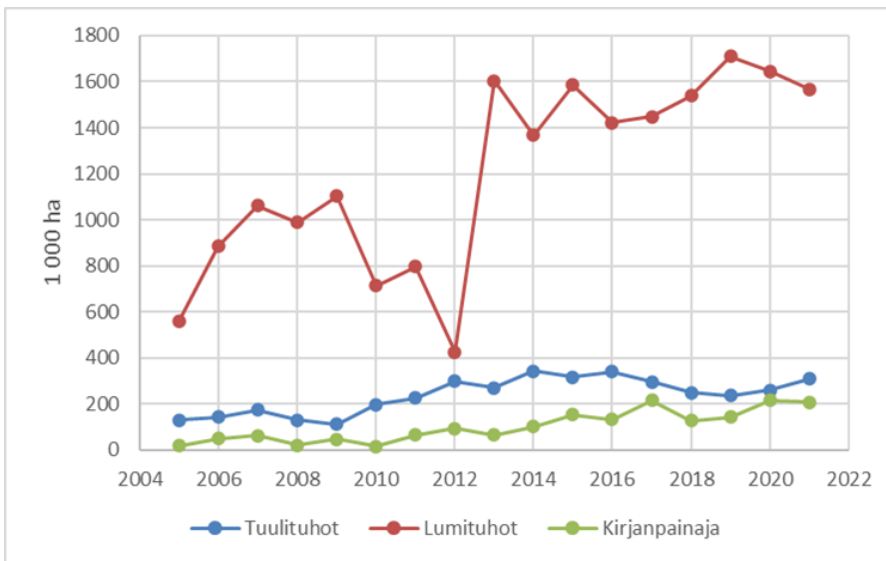
Metsien keskimääräinen uudistamisikä on laskenut koko 2000-luvun ajan (kuva 13). Etelä-Suomessa keskimääräinen metsikön ikä uudistamishetkellä oli vuosituhannen alussa hieman alle 100 vuotta, nyt noin 85 vuotta. Pohjois-Suomessa uudistamisikä on laskenut noin 130 vuodesta noin 100 vuoteen. Puuston keskiläpimitta uudistamishetkellä on hieman laskenut Etelä-Suomessa, mutta ei Pohjois-Suomessa. Puuston uudistamiään selvä laskeminen on ainakin osittain seurausta siitä, että puustot kasvavat nopeammin ja saavuttavat uudistamiskypsyyden nuorempina kuin aiemmin. Etelä-Suomessa lievästi alentunut keskiläpimitta uudistamishetkellä osoittaa, että uudistushakkuuta on myös puuston hakkuukypsyyksiemessä hieman varhennettu.



Kuva 13. Puuston ikä ja keskiläpimitta uudistushakkuun ajankohdalla 2002–2020 Etelä-Suomessa ja Pohjois-Suomessa.

2.1.4. Metsätuhot

Metsätuhoista kirjanpainaja-, tuuli- ja lumituhot ovat yleistyneet 2010-luvulla. Kuvassa 14 olevat tuhoalat ovat kumulatiivisia, ko. vuonna havaittuja tuhoja, eivät ko. vuonna tapahtuneita tuhoja. Erityisesti lumituhojen lisääntyminen on jossain määrin lisännyt harvennusvoimakkuuden kasvua, kun lumituhojen jälkeen on jouduttu poistamaan kaikki tuhoutuneet puut. Kirjanpainajatuhoista osa jää inventoinnissa havaitsematta, koska kasvukauden alussa tuhot eivät vielä näy ja koska tuhopuita on inventointihetkeen mennessä voitu korjata. Esitetyt tuhoalat ovat erityisesti kirjanpainajatuhojen osalta aliarvioita.

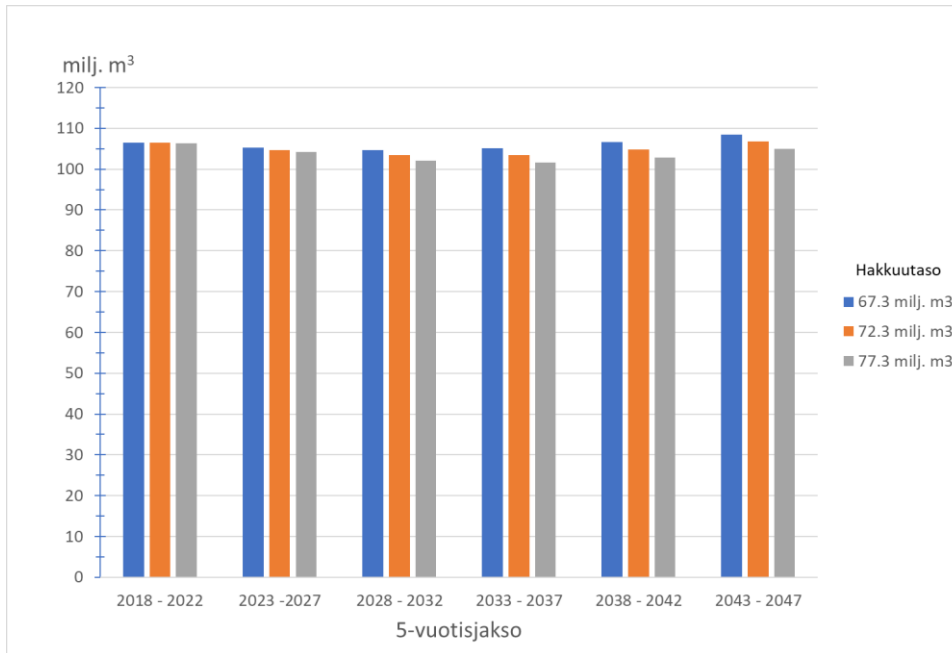


Kuva 14. Kirjanpainaja, lumi- ja tuulituhojen ala 2000-luvulla. Pinta-alat ovat niiden metsiköiden pinta-aloja, joissa ko. vuonna on havaittu tuho, eivät vuosittaisten tuhojen pinta-aloja.

2.1.5. Kasvun aleneman pysyvyys

Simuloimme MOTTI-ohjelmistolla metsien kasvun kehitystä vuoteen 2052 saakka kolmella oletetulla hakkuutasolla. Vertailutasona oletimme vuotuisen hakkuiden määrän säilyvän vuosien 2018–2020 tilastoidun keskimääräisen hakkukertymän tasolla, joka oli 72,3 miljoonaa kuutiometriä. Simuloimme lisäksi kehityksen viisi miljoonaa kuutiometriä alemmalla (67,3 milj. m³) ja korkeammalla (77,3 milj. m³) hakkuutasolla. Oletimme metsänhoitopinta-alojen (taimikonhoito, kasvatuslannoitus, kunnostusojitus) säilyvän nykyisellä tasolla. Simuloinnissa käytetyt kasvumallit kalibroitiin VMI:ssä mitatun 30 vuoden kasvutason mukaisiksi.

Skenaariolaskelmissa puuston vuotuinen kasvu säilyi 102–108 miljoonan kuutiometrin tasolla kaikilla kolmella hakkuutasolla, pienimmät kasvut ajoittuivat ajanjaksolle 2028–2037 (kuva 15). Hakkuutason lisäys tai vähennys vertailutasosta viidellä miljoonalla kuutiometrillä vähensi tai lisäsi metsien vuotuista kasvua keskimäärin 0,7 miljoonalla kuutiometrillä. Simulaatiotarkastelu ei ota huomioon kasvun vuotuista vaihtelua eikä metsätuhojen vaikutusta kasvuun. Säätekijöiden ja esimerkiksi puiden käpytuotannon vuoksi yksittäisellä 5-vuoden jaksolla puuston kasvu voi poiketa yli 10 prosenttia tavanomaisesta tasosta.

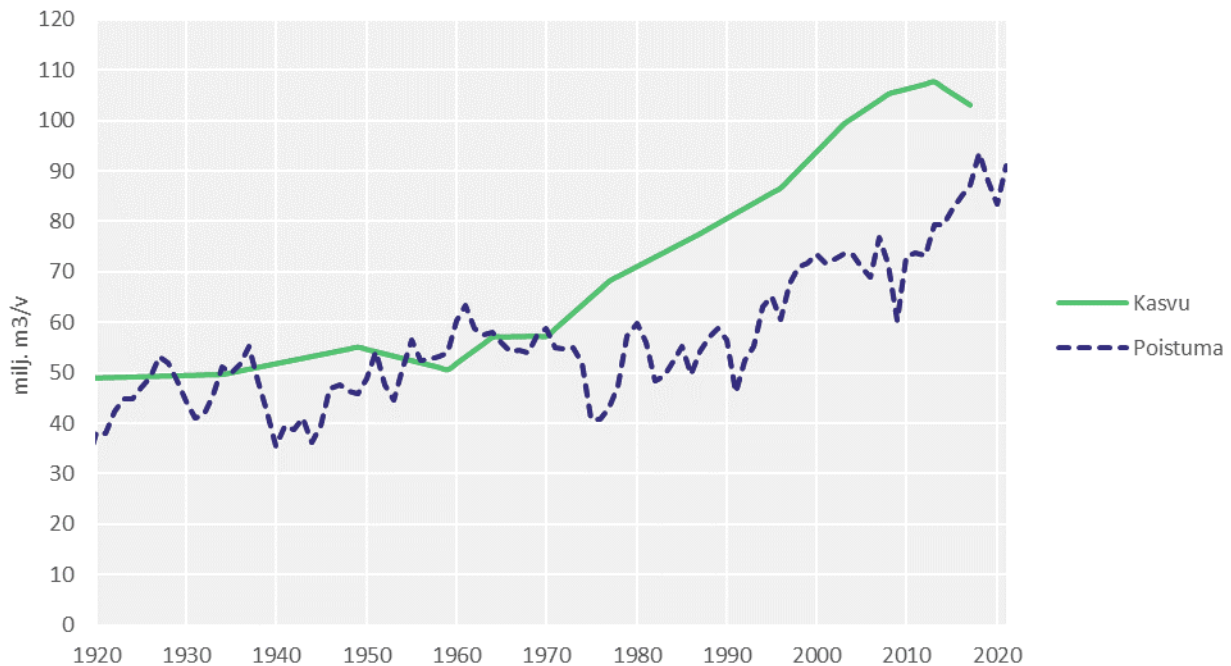


Kuva 15. Puuston vuotuinen kasvu 5-vuotiskausittain MOTTI-ohjelmistolla ennustettuna kolmella oletetulla hakkuiden tasolla.

2.2. Hakkuiden kehitys

Runkopuun kokonaispoistuma (hakkuukertymä, metsiin jäävä hakkuutähde ja korjaamatta jäänyt puiden luontainen kuoleminen) on lisääntynyt vuoden 2000 noin 72 miljoonasta kuutiometrissä vuoden 2021 noin 91 miljoonaan kuutiometriin (kuva 16). Vuonna 2000 runkopuun kokonaispoistuman ja kasvun välinen erotus oli noin 21 miljoonaa kuutiometriä, kun vuotuinen kasvu on arvioitu lineaarisella interpoloinnilla VMI9:n ja VMI10:n kasvuarvioista. Vuonna 2021 kokonaispoistuman ja kasvun erotus oli noin 12 miljoonaa kuutiometriä, kun kasvuarviona käytetään VMI13:ssa mitattua kasvua. Kokonaispoistuma oli suurin vuonna 2018, noin 94 miljoonaa kuutiometriä.

On huomionarvoista, että uudistushakkuiden pinta-ala ei ole kasvanut 2000-luvulla. Hakkuiden lisäys kuutiometreissä on siten ollut harvennusten lisäystä ja uudistushakkuiden hehtaarikohtaisen kertymän lisäystä.



Kuva 16. Puuston kokonaispoistuman ja kasvun kehitys 1920-luvulta lähtien. Lähde: stat.luke.fi.

2.3. Muiden maankäyttöluokkien kasvihuonekaasutaseen kehitys

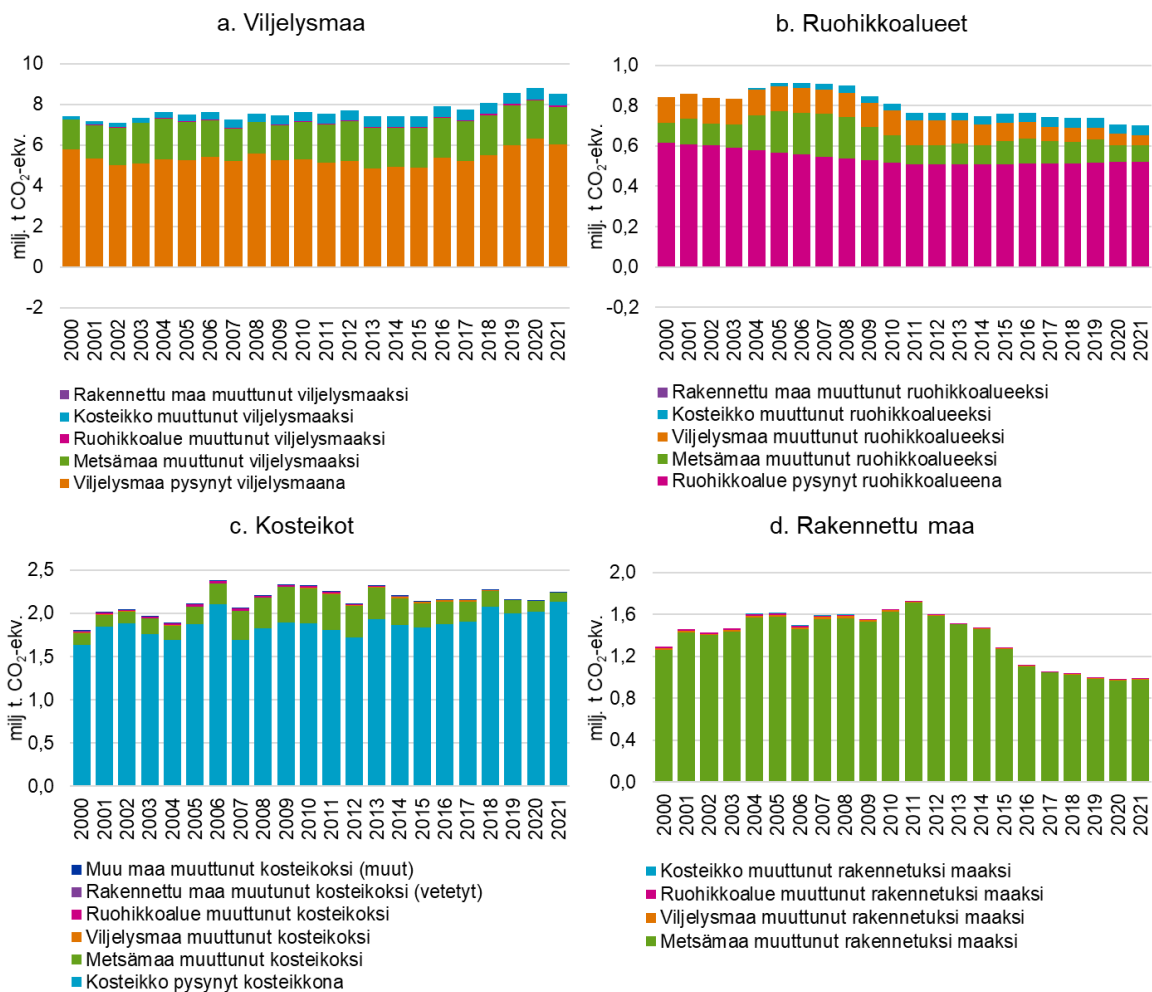
Viljelysmaan nettopäästöt ovat lisääntyneet 1,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia vuodesta 2000 vuoteen 2021 (kuva 17a). Pääsyyinä kehitykseen on se, että turvepeltojen maaperästä peräisin olevat päästöt, jotka ovat viljelysmaan suurin päästölähde, ovat lisääntyneet 2000-luvulla turvepeltojen pinta-alan kasvun seurauksena (Tilastokeskus 2022). Pohjoisemman Suomen (C-tukialueen) korkeammat maataloustuet ja maatalouden rakennemuutos ovat johtaneet siihen, että uutta peltoa on raivattu enemmän pohjoisilla alueilla, joilla turvemaan osuus on suuri. Toisaalta viljelysmaan kasvubiomassan päästöt, jotka vaihtelevat pellonraivauksen toimintojen mukaan, ovat viime vuosina olleet pienemmät kuin 2000-luvun alussa. Pellonraivausta on pyritty hillitsemään siten, että raivatuille lohkoille ei ole myönnetty uusia tukioikeuksia vuoden 2004 jälkeen. Olemassa olevia suorien tukien perusteena olevia CAP-tukioikeuksia on kuitenkin ollut mahdollista siirtää, ostaa tai vuokrata myös vuoden 2004 jälkeen raivatuille pelloille. Sen sijaan vuoden 2004 jälkeen raivatut peltolohkot eivät pääsääntöisesti ole korvauskelpoisia. Peltolohkon korvauskelpoisuus on tuen maksun perusteena ympäristö- ja luonnonhaittakorvauksissa sekä luonnonmukaisen tuotannon korvauksessa ja kansallisissa hehtaarituisissa. Vuoden 1999 jälkeen ei ole tehty uusia peltojen metsityssopimuksia, joten peltojen metsitys on ollut vähäistä 2000-luvulla. Pellonmetsityksen vähentymiseen on vaikuttanut maatalouden pinta-alatukijärjestelmän kautta saatava metsitystä parempi tuotto. Lisäksi pellon hoitovelvoitteet ovat keventyneet (mm. sadonkorjuuvelvoitteen ja kesantojen niittovelvoitteen poistuminen vuonna 2015).

Ruohikkoalueiden nettopäästöt ovat vähentyneet noin 0,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia saman jakson aikana (kuva 17b). Vähennys johtuu pääosin ruohikkoalueiden muuttamisesta viljelysmaaksi. Ruohikkoalueiden päästöt olivat 2000-luvun korkeimmillaan vuosina 2004–2008, jolloin uusien ruohikkoalueiden raivaus metsästä lisääntyi, mutta ruohikkoalueiden raivaus ja siten päästöt ovat sen jälkeen hitaasti vähentyneet.

Kosteikoiden osalta kokonaispäästöt ovat lisääntyneet 0,4 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia kaudella 2000–2021 (kuva 17c). Merkittävin päästölähde on turvetuotantoalueet, jonka osuus

kosteikkojen kokonaispäästöistä on noin 90 prosenttia. Rakennetun maan nettopäästöt ovat vähentyneet 0,3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia vuodesta 2000 (kuva 17d). Luokan päästöt kasvoivat vuoteen 2011 asti, mutta tämän jälkeen vuosittaiset päästöt ovat vähentyneet merkittävästi. Laskeva trendi johtuu rakennetuksi maaksi muutetun pinta-alan vuotuisesta pienenemisestä. Rakennetun maan osalta onkin syytä todeta, ettei luokka toistaiseksi kata kaikkea rakennettua maata, vaan ainoastaan muusta maankäytöstä rakennetuksi viimeisen 20 vuoden aikana muuttuneiden alueiden päästöt.

Yhteenlaskettuna viljelysmaan, ruohikkoalueiden, kosteikoiden ja rakennetun maan päästöt ovat kasvaneet noin 1,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia 2000-luvulla. Vuonna 2021 näiden maankäyttöluokkien päästöt vähenivät 0,2 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia verrattuna vuoteen 2020, mikä kompensoi alle 10 prosenttia saman vuoden metsämaan hiilinielun alenemasta.



Kuva 17. Viljelysmaan, ruohikkoalueiden, kosteikoiden ja rakennetun maan päästökehitys 2000-luvulla kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietojen mukaan.

2.4. LULUCF-sektorin kasvihuonekaasuinventaarioon ja skenaarioihin liittyvät epävarmuustekijät

2.4.1. Kasvihuonekaasuinventaarion epävarmuudet

Kasvihuonekaasujen inventaarion päästöluokille arvioidaan päästö- ja poistumatietojen lisäksi epävarmuudet. Epävarmuuden lähteet riippuvat päästöluokasta ja luokan päästöjen ja poistumien arvioinnissa käytettyjen lähtötietojen ja menetelmien epävarmuuksista. Myös epävarmuuden kvantifiointi on epävarmaa, koska kaikista epävarmuuksista ei ole käytettävissä tietoa, jolloin turvaututaan asiantuntija-arvioon tai IPCC:n esittämään oletusepävarmuuteen. Inventaariossa pyritään kuvaamaan todellisia päästöjä ja poistumia. Koska käytännössä niitä ei voida mitata, malleilla ja keskimääräisillä päästökertoimilla tavoitellaan tunnettua parasta mahdollista kuvaa tilanteesta. Tämä koskee etenkin LULUCF-sektoria, jossa joudutaan sektorin laajuuden ja moninaisuuden takia käyttämään mallinnusta, otantoja ja useita tietolähteitä. Siten inventaariossa esitetyt arviot poikkeavat eri syistä todellisista arvoista, joita ei myöskään tunneta.

Aineistojen ja tietojen puuttuminen tai vajavaisuus on yksi epävarmuuksien lähde myös Suomen inventaariossa. Esimerkkinä voidaan esittää uudet ilmastomuutosta hillitsevät toimenpiteet maatalousmailla. Uudet toimenpiteet eivät välttämättä sisälly olemassa oleviin tiedonkeruu- ja tilastointijärjestelmiin tai kerättävä tieto on päästölaskentojen kannalta puutteellista. Vastaavia haasteita on myös ennallistamistoimien kanssa. Uusien päästöluokkien tai uusien toimien sisällyttäminen inventaarioon edellyttää aina menetelmäkehitystä. Kaikille toimille ei ole kansallisia päästökertoimia, jolloin IPCC:n oletuskertoimien käyttö lisää epävarmuutta. Niissäkin tapauksissa, joihin kansallista tutkittua päästökertoimietoa on saatavilla, joudutaan arvioimaan ovatko tulokset maantieteellisesti ja ajallisesti kattavat. Samaa arviointia tehdään myös jo raportoitaville päästöluokille.

LULUCF-sektorilla ns. aktiviteettitiedot, jotka myös raportoidaan, ovat pääasiassa pinta-aloja. Näiden tietojen perusta on VMI:n koealoille tallennetut maankäyttöä ja maankäytön muutoksia koskevat tiedot täydennettyinä muilla paikkatietoon sidotuilla tietolähteillä. VMI:n systemaattinen otantaverkko mahdollistaa epävarmuuksien laskennan pinta-aloille, jotka eivät kuitenkaan sisällä mahdollisia luokitusvirheitä eikä muiden tietolähteiden epävarmuuksia. Vuodesta 1990 alkavan aikasarjan muodostamisessa viimeisten vuosien muutosluokkien pinta-ala-arviot ovat vanhempia arvoja epävarmempia, koska näiltä vuosilta ei ole käytettävissä koko maan kattavaa ajantasaista tietoa tapahtuneista muutoksista. Pinta-alojen ekstrapolointi aiheuttaa virhettä, jota takautuvasti korjataan uudelleenlaskennalla, kun ko. vuosia koskevaa tietoa on enemmän käytettävissä.

Vastaavaa tapahtuu puustobiomassavarastojen ja puustobiomassan kasvun laskennassa. Aiemmin khk-inventaariossa pyrittiin trendin avulla arvioimaan biomassan kasvua niille vuosille, joille ei ollut käytettävissä mitattua kasvutietoa. Nykytiedon valossa menetelmä tuotti viime vuosien biomassankasvulle yliarvion, kun kasvun suunta muuttui. Inventaariossa on nyt luovuttu tämän kaltaisesta ekstrapoloinnista; viimeisille vuosille 2018–2021 on käytetty samaa kasvuarviota. Tämäkään menetelmä ei poista tarvetta uudelleen laskennoille, mutta muutokset tuleva olemaan loivempia myös silloin, kun kasvu joko vielä alenee tai kääntyy alenemisestä kasvuun. Ekstrapolointi on sinällään inventaariossa sallittua ja siitä aiheutuvan virheen katsotaan korjautuvan uudelleenlaskennassa.

Käytetyt mallit aiheuttavat oman virhelähteensä. Inventaariossa metsämaan biomassan kasvun ja biomassavarastojen estimointi tehdään kansallisilla biomassamalleilla. Tunnettua kuitenkin on, että niitä joudutaan käyttämään myös niiden soveltamisalueen ulkopuolella (pienet ja suuret puut, turvemaiden puut). Tällaisiin ratkaisuihin joudutaan turvautumaan, jos parempia malleja tai menetelmiä ei ole käytettävissä. Sekä biomassamalleja että mallien käyttötapaa ollaankin uudistamassa.

Muuttunut ympäristö ja olosuhteet voivat heikentää mallien soveltumista nykyolosuhteisiin. Laadinta-aineistot voivat olla useita kymmeniä vuosia vanhoja. Puuston tilavuusmallien osalta on todettu, että puiden muoto on muuttunut laatumisaineiston jälkeen, minkä voidaan olettaa koskevan myös biomassamalleja. Metsämaan ja viljelysmaan kivennäismaiden hiilivaraston muutoksen mallinnuksessa

käytettyjen parametrien valinnalla (globaalit/skandinaaviset) ja mallin kalibroinnilla on pyritty vaikuttamaan tuloksen epävarmuuteen. Mallin tulosten vertaaminen mittaustuloksiin antaisi viitteitä tulosten luotettavuudesta.

Inventaariossa on metsämaana hiilivarastojen muutosten epävarmuuden arvioitu olevan alle ± 40 sisältäen puustobiomassan, kivennäismaiden ja turvemaiden hiilivarastojen muutosten epävarmuudet. Sen sijaan muiden maankäyttöluokkien vastaavat epävarmuuden ovat olleet huomattavasti suurempia vaihdellen ± 52 prosentista ± 184 prosenttiin. Tosin etenkin maatalousmaiden epävarmuudet lienevät yliarvioita ja vaativat uudelleen tarkastelua.

2.4.2. Skenaarioihin liittyvät epävarmuudet

Skenaario on kuvaus yhdestä vaihtoehdoisesta tulevaisuudesta, joka toteutuu vain, mikäli kaikki sen oletukset toteutuvat täysimääräisesti. Skenaario ei siis ole ennuste tulevaisuudesta. Oletukset sisältävät merkittäviä epävarmuuksia ja ne voivat perustua esimerkiksi historiatietoon tai päätettyihin kuvauksiin tulevaisuudesta. Skenaariotulokset ovat sitä epävarmempia mitä kauemmas tulevaisuuteen ne ulottuvat.

Laskentamenetelmien suhteen skenaarioiden epävarmuuksien lähteet ovat pitkälti samat kuin kasvihuonekaasuinventaarion. Uusista toimenpiteistä ei välttämättä ole juurikaan tutkimusta saatavilla, joten esimerkiksi käytetyt päästökertoimet voivat perustua asiantuntija-arvioon eivätkä tutkimustuloksiin. Esimerkiksi maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmaan sisältyvien kivennäismaapeltojen hiilensidontaan ja hiilivarastojen pysyvyyteen tähtäävien toimien vaikutukset on jätetty pois skenaariolaskelmasta vaikutusten arviointiin liittyvien suurten epävarmuuksien takia (Ollila ym. 2022). LULUCF-skenaariolaskelmissa käytetään lisäksi erilaisia tulevaisuuden kehitystä kuvaavia malleja, joihin liittyy omat epävarmuutensa.

Metsien nettonielun kehitystä kuvaavat skenaariot koostuvat metsävaraskenaarioista, joiden taustalla on oletukset muun muassa metsäteollisuuden tuotantorakenteen ja raaka-aineen kysynnän kehittymisestä. Metsävaraskenaarioiden laadintaan vaikuttavista tekijöistä on tarkempi kuvaus alempana. Metsävaraskenaario tuottaa puustobiomassan varastot, joista lasketaan puuston hiilivaraston muutos ja puuston karikesyötteet maaperälaskentoihin. Siten metsävaraskenaarion epävarmuudet siirtyvät laskennan seuraavan vaiheeseen. Khk-inventaariossa muutos puustobiomassassa lasketaan kasvun ja poistuman erotuksena käyttäen menetelmää, jossa runkotilavuudet muunnetaan biomassoiksi muuntokertoimilla. Sen sijaan skenaarioissa muutos on yleensä laskettu kahden ajankohdan biomassavarastojen erotuksena. Ongelma, joka menetelmien erosta aiheutuu, on epäjatkuvuus yhdistetyssä khk-inventaarion ja skenaarion aikasarjassa. Tämän odotetaan korjautuvan, kun myös inventaariossa biomassan kasvuarvio on suunniteltu laskettavan biomassavarastojen erotuksena.

Sekä puuston että maaperän hiilivaraston muutoksen laskenta edellyttävät oletusta skenaariojakson ilmastosta. Yleensä oletetaan säätekijöiden pysyvän toteutuneen 30 vuoden jakson keskiarvosäänä. Ilmatieteen laitoksen mittauksiin perustuva lämpötilan aikasarja osoittaa 2000-luvulla vuoden keskilämpötilan olleen useimpina vuosina korkeampi kuin vuosien 1991–2020 keskilämpötilan². Jos tämän suuntainen kehitys on pysyvä, on käytetty 30 vuoden keskisää aliarvio. Lämpötila vaikuttaa puuston kasvun lisäksi karikesadantaan sekä orgaanisen aineen hajotukseen maaperässä.

Toinen keskeinen osatekijä LULUCF-skenaarioissa on maatalousskenaarioista tuleva syöte viljelys- ja ruohikkomaiden laskentaan. Maataloussektorilla Dremfia-mallissa käytetyt oletukset ja epävarmuudet siirtyvät yhteisten tietojen välittämällä maankäyttösektorille. Vastaavaa siirtymää tapahtuu tiedoissa energiasektorilta koskien arvioita mm. turpeen käytöstä, aurinko- ja tuulienergiasta sekä kasvipohjaisesta bioenergiasta.

LULUCF-sektorin skenaarioissa oletukset maankäytön ja maankäytön muutosten kehittymisestä ovat keskeiset. Näitä kootaan sekä muiden sektoreiden skenaarioista että historiatiedoista. Historiatietoon

² <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>

perustuva trendi voi tuottaa joissakin luokissa tunnistettavan yli- tai aliarvion, joita korjataan asiantuntija-arviolla.

Metsävaraskenaariot

Skenaariolaskelmien lähtökohdat

Luonnonvarakeskuksen MELA-ohjelmiston avulla on viime vuosina laadittu useita koko Suomen kattavia metsävaraskenaarioita, joita on hyödynnetty mm. LULUCF-sektorin päästö- ja nielukehityksen arvioinnissa vuoteen 2050 (Aakkula ym. 2019), Suomen metsien hiilinielun vertailutason arvioinnissa vuosille 2021–2025 EU:n LULUCF-asetuksen mukaisesti (National Forestry ... 2019), Hiilineutraali Suomi 2035 skenaarioiden ja vaikutusarvioiden laadinnassa (Koljonen ym. 2020, Maanavilja ym. 2021), Kansallisen metsästrategian 2035 valmistelun taustaselvityksen laadinnassa (Kärkkäinen ym. 2022), maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman valmistelussa (Ollila ym. 2022), metsien tiukan lisäsuojelun vaikutusten arvioinnissa (Kniivilä ym. 2022) ja alueellisten hakkuumahdollisuuksien laadinnassa (Luke 2022c). Näissä metsävaraskenaarioissa on eroja muun muassa lähtökohdissa, laskelmaoletuksissa, laskelmakausissa, nettotulojen nykyarvon laskennassa sovelletussa korkokannassa, kasvihuonekaasutaseiden laskennassa, oletetuissa metsänkäsittelytavoissa ja metsien lisäsuojelussa (ks. tarkemmin Maanavilja ym. 2021 (Liite L3), Kärkkäinen ym. 2022 (Taulukko 3), Kniivilä ym. 2022 (Taulukko 1), Luke 2022c (Taulukko)).

Myös hakkuutaso ja -rakenteen määrittämisessä on ollut skenaarioiden välillä eroja. Osassa laskelmista näkökulma on ollut aluetason hakkuumahdollisuuksien arviointi ilman etukäteen määritettyä hakkuutavoitetta, esimerkiksi suurin ylläpidettävissä oleva hakkuumahdollisuusarvio (Luke 2022c) ja siihen pohjautuvat skenaariot (Kniivilä ym. 2022, Kärkkäinen ym. 2022), ja näissä esimerkkinä olevissa laskelmissa runkopuun hakkuukertymän keskimääräinen arvio tarkasteluajalla 2016–2045 on vaihdellut välillä 78,0–86,3 milj. m³/v (87–88 % runkopuun kokonaispoistumasta). Osa skenaarioista on perustunut etukäteen määriteltyihin hakkuukertymätavoitteisiin, esimerkiksi tilastoituihin hakkuumääriin (Luke 2022c) tai metsäteollisuuden puuntarvearvioihin (mm. Maanavilja ym. 2021, Kärkkäinen ym. 2022), joissa runkopuun hakkuukertymän keskimääräinen arvio tarkasteluajalla 2016–2045 on ollut laskelmien tuloksena välillä 73,0–77,5 milj. m³/v (86–87 % kokonaispoistumasta).

Suomen metsien hiilinielun vertailutason arviointi projektiokaudelle 2021–2025 (National Forestry ... 2019) erosi monin tavoin muiden viime vuosina laadittujen skenaarioiden laskennasta. VMI11-aineistoon perustuva laskenta ulottui 50 vuoden tarkasteluajalle, ja siinä hyödynnettiin 5 ja 10 vuoden pituisia laskelmakausia. Laskennassa tuli jäljitellä toteutuneen metsänhoidon menetelmiä viitekaudelta 2000–2009, ja laskenta perustuikin vuoden 2006 hyvän metsänhoidon suosituksiin. Metsänhoidon kuvauksessa otettiin huomioon viitekauden hakkuupinta-alat. Laskennassa hyödynnettiin myös toteutuneita hakkuumääriä. Nettotulojen nykyarvon laskennassa sovellettu korkokanta poikkesi muissa skenaarioissa pääosin käytetystä 4 prosentin korkokannasta. Runkopuun hakkuukertymäärä oli kaudelle 2021–2025 keskimäärin 76,7 milj. m³/v (87 % runkopuun kokonaispoistumasta) ja kaudelle 2026–2030 81,8 milj. m³/v (88 % kokonaispoistumasta) (National Forestry ... 2019).

Kasvuntaso

Yllä mainituissa metsävaraskenaarioissa MELA-ohjelmiston sisältämät puutason pohjapinta-alan kasvumallit on kalibroitu VMI-aineiston avulla vastaamaan pitkän ajan (1984–2013) kasvun tasoa hyödyntäen VMI:n tuottamia lustonleveysindeksejä. Lisäksi kaikissa yllä mainituissa skenaarioissa on kasvuntason määrittämisessä otettu huomioon kalibrointijakson keskivuodesta 1999 vuoteen 2017 tapahtunut lämpötilan ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden muutoksen vaikutus MELA-ohjelmiston sisältämien Matala ym. (2005) funktioiden avulla (tarkemmin, ks. Aakkula ym. 2019). Vuodesta 2017 eteenpäin laskelmissa on käytetty vuodelle 2017 laskettuja arvoja, ts. on oletettu vuoden 2017 jälkeen vakioilmasto (Aakkula ym. 2019). Siten vuoden 2017 jälkeen mahdollisesti tapahtunutta ja tulevaisuudessa tapahtuvaa ilmastomuutosta ja siitä mahdollisesti aiheutuvaa kasvun muutosta ei ole skenaarioissa otettu huomioon lukuun ottamatta Aakkulan ym. (2019) raportoimaa LULUCF-LT2i-skenaariota, joka perustui RCP2.6-ilmastoskenaarioon.

Pitkän ajan keskimääräisen kasvuntason soveltamisen perusteluna skenaariolaskennassa on ollut se, että metsävaraskenaariot laaditaan yleensä usean vuosikymmenen ajalle. Pitkän ajan keskimääräisellä kasvuntasolla pyritään välttämään sääoloista ja muista satunnaisista, mahdollisesti lyhytaikaisista tekijöistä johtuvat vaikutukset kasvuntasoon pitkän aikavälin skenaariolaskelmissa. Lisäksi näin kalibroitu kasvuntaso on pyritty skenaariolaskelmissa vakiinnuttamaan ja siten hyödyntämään sitä useassa laskelmassa.

Pitkän aikavälin skenaariolaskelmissa kasvuntason kalibroinnin tavoitteena ei siis suoraan ole ollut aluetason VMI-kasvuarvioiden taso, eikä sovellettu kalibrointi niihin automaattisesti johda. Raportoitu VMI12:n puuston tilavuuskasvu (kasvunmittausjakso 2009–2018) oli keskimäärin 107,8 milj. m³/v koko Suomessa ja vastaavasti VMI13:n tilavuuskasvu (kasvunmittausjakso 2014–2021) oli 103,2 milj. m³/v. Skenaariolaskelmassa, jossa hakkuutasoksi on oletettu vuosien 2016–2018 keskimääräinen hakkuutaso (TH-laskelma), kasvuarvio vuosille 2016–2025 on keskimäärin 105,5 milj. m³/v (Luke 2022c), joka on suunnilleen VMI12- ja VMI13-kasvuarvioiden puolivälissä. VMI12:n kasvunmittausjaksolla lustonleveysindeksi oli keskimäärin korkeammalla tasolla kuin 30 vuoden keskimääräinen taso, joten VMI12-kasvuarvio on odotetusti suurempi kuin MELA-ohjelmiston avulla laskettu TH-laskelman kasvuarvio. Vastaavasti VMI13:n lustonleveysindeksi oli erityisesti männyllä alemmalla tasolla kuin 30 vuoden keskimääräinen taso, joten VMI13-kasvuarvio on odotetusti pienempi kuin TH-laskelmassa.

Ottaen huomioon kasvun vuotuisen vaihtelun (jota malleille ei pyritä ennustamaan) skenaariolaskelmissa saatu kasvuarvio on niin lähellä VMI13:n kasvuarviota, että mallien voidaan arvioida ennustavan kasvua riittävän hyvin pitkän aikavälin skenaariolaskelmia varten. On huomioitavaa, että MELA-ohjelmistolla laadituissa skenaariolaskelmissa ei ole havaittu VMI13:a vastaavaa kasvuntason alenemista, sillä esim. TH-laskelmassa kasvuarvio nousee 106,1 milj. m³/v tasolle kaudella 2026–2035 ja 109,7 milj. m³/v tasolle kaudella 2036–2045. Tämä voi johtua mm. siitä, että skenaariolaskelmien optimoinnissa kasvatus- ja uudistushakkuut voivat kohdistua metsiin eri tavalla kuin todellisuudessa.

Luonnonpoistuma

Skenaariolaskelmissa sovellettu luonnonpoistumamalli ennustaa metsän normaaliin kehitykseen kuuluvan puiden luontaisen kuolemisen mukaan lukien satunnaisluontoiset pienialaiset tuhot sekä metsikön yliiheydestä johtuvan puiden kuolemisen. Siten skenaariolaskelmien luonnonpoistuma- ja kasvunarviot eivät sisällä laaja-alaisista myrsky-, hyönteis- ym. tuhoista aiheutuvia vaikutuksia. Nämä luonnonpoistumamallien ulkopuolelle jäävät tuhot ja häiriötekijät tuovat epävarmuutta skenaariolaskelmien tuloksiin, jos näiden esiintymisriski kohoaa tulevaisuudessa.

Taimikonhoito

MELA-ohjelmistolla laadittujen metsävaraskenaarioiden lähtöoletuksena on ollut pääsääntöisesti se, että taimikonhoidot tehdään aina, kun se on puustotietojen ja metsänhoidon suositusten perusteella mahdollista. Tämän menettelyn tarkoituksena on ollut varmistaa laskentaohjelmiston sisältämien kasvu- ja kehitysmallien tekninen toimivuus ja luotettavuus. Laskelmien taimikonhoitomenettely ei kuitenkaan vastaa tilannetta käytännössä, sillä valtakunnan metsien inventoinnin perusteella taimikonhoitotarvetta on selvästi enemmän kuin viime vuosina on tehty. Tällä on vaikutusta puuston rakenteen kehitykseen (puiden järeytymiseen), mutta ei välttämättä juurikaan kokonaiskasvun kehitykseen.

Puutavaralajien määrittäminen

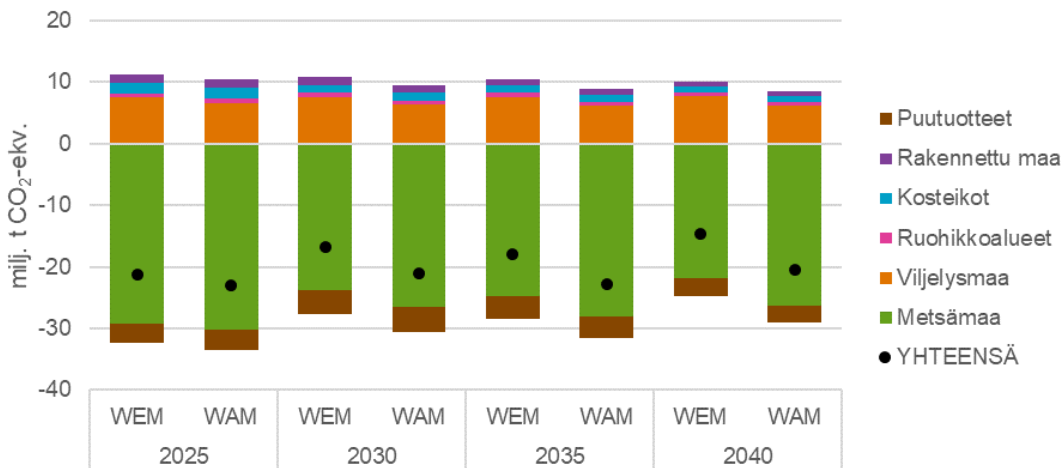
Skenaariolaskelmissa runkopuu jaetaan (apteerataan) tukki- ja kuitupuuhun puulajikohtaisten minimilatvaläpimittojen ja -pituuksien avulla. Tukkipuun määrää vähennetään lisäksi erillisellä tukkivähennyksellä, koska vain rungon mittoihin perustuva apteeraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä. Vähennys siirtyy kuitupuuksi. Siten oletuksena kaikki vähintään kuitupuun mitat täyttävä runkopuu lasketaan metsästä korjattuun hakkuukertymään. Tätä menetelmää on käytetty sellaisenaan Aakkulan ym. (2019) skenaariolaskelmissa.

Vertailutason arvioinnissa hukkapuun määrä kalibroitiin edellä kuvattua suuremmaksi VMI11-aineistolla, koska laskelmien tuli noudattaa viitekauden hakkuukäytäntöjä niin hyvin kuin mahdollista. Myöhemmissä skenaariolaskelmissa kalibrointi on pääosin tehty VMI12-aineiston perusteella. Hukkapuun kalibrointi vaikuttaa skenaarioiden tuloksiin vähentämällä hakkuissa ainespuun hakkuukertymää ja lisäämällä metsään jäävän runkohukkapuun määrää. Esimerkiksi VMI12-aineistoon perustuvassa suurimman ylläpidettävissä olevan hakkuukertymän arvioissa hukkapuun kalibrointi pienensi runkopuun (tukki-, kuitu- ja energiarunkopuun) hakkuukertymää yhteensä 1,7 milj. m³/v (ilman kalibrointia 82,1 milj. m³/v -> VMI12-kalibroitu 80,5 milj. m³/v) kaudella 2016–2025 (Luke 2022c). Kalibroinnin seurauksena runkohukkapuun määrä kuitenkin lisääntyi, ja siten ero runkopuun kokonaispoistumassa laskelmien välillä oli vain 0,5 milj. m³/v. Laskelmissa sovelletulla hukkapuun kalibroinnilla saattaa olla vaikutusta myös mm. metsien kasvihuonekaasutaseeseen erityisesti tilanteessa, jossa skenaario perustuu etukäteen määritettyihin hakkuukertymätavoitteisiin.

3. Arvioita LULUCF-sektorin hiilinieluihin 2021–2025 vaikuttavista tekijöistä

3.1. LULUCF-sektorille laadituista skenaarioista

Viimeisimmät koko LULUCF-sektorille laaditut skenaariot ovat HIISI-WEM- ja HIISI-WAM-skenaariot (Maanvilja ym. 2021). HIISI-skenaariot on laadittu samanaikaisesti muiden sektoreiden kanssa, jolloin sektoreiden välillä on pyritty yhdenmukaisuuteen. HIISI-skenaarioita on hyödynnetty maankäytön ilmastosuunnitelman toimien mukaisessa skenaariossa ns. MISU-WAM-skenaariossa (Ollila ym. 2022). Siihen on sisällytetty hiilivarastojen kasvua ja hiilinielujen lisäämistä tavoitteleva metsävaraskenaario, metsitystä lisääviä ja metsäkatoa vähentäviä toimenpiteitä sekä maatalousmaita koskevia päästöjä vähentäviä toimia. Kaudelle 2021–2025 MISU-WAM-toimet eivät tuottaneet merkittävää lisäämistä sektorin nettonieluun verrattuna HIISI-WEM-skenaarioon, vaan ne alkaisivat vaikuttaa vuoden 2030 paikkeilla (Ollila ym. 2022, kuva 18).



Kuva 18. LULUCF-sektorin perusskenaario (WEM) ja maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman mukainen politiikkaskenaario (WAM) vuosina 2025, 2030, 2035 ja 2040. Lähde: Ollila ym. 2022.

HIISI- ja MISU-WAM-skenaarioissa metsäteollisuuden tuotantomäärät ja siten runkopuun kysyntä ovat samoja. Skenaarioissa käytettyjen oletusten määrittelyn jälkeen on toimintaympäristössä tapahtunut muutoksia niin kansallisesti kuin maailmanlaajuisesti. Seuraavassa luvussa arvioidaan tapahtuneita ja odotettavissa olevia muutoksia Suomen metsäteollisuudessa vuoteen 2025 mennessä. Sen jälkeen käsitellään maatalouden tilannetta ja lopuksi muita maankäyttöön vaikuttavia tekijöitä.

3.2. Metsäteollisuus ja puun käyttö

Suomen metsäteollisuuden tuotantomäärien ja niistä johdettujen ainespuun hakkuumäärien sekä metsähakkeen ja pientalojen polttopuun käyttömäärien kehitystä tarkasteltiin HIISI-hankkeessa (Maanaviija ym. 2021). HIISI-hankkeessa laadittiin eri sektoreiden kasvihuonekaasujen päästöjä ja poistumia koskevat perus- (WEM) ja politiikkaskenaariot (WAM), joista WEM-skenaario kuvasi kehitystä nykytoimilla (ennen 1.1.2020 päätetyillä toimilla) ja WAM-skenaario toteutti Suomen vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteen. Metsäteollisuuden tuotantomäärien ja niistä johdetun teollisuuden ainespuun tarpeen osalta WEM- ja WAM-skenaariot olivat identtiset, eli hiilineutraalisuustavoitteen toteutumiseksi tarvittavien toimien oletettiin tapahtuvan muilla toimialoilla kuin metsäteollisuudessa. Sen sijaan metsähakkeen ja pientalojen polttopuun käytön osalta WEM- ja WAM-skenaariot erosivat toisistaan siten, että WAM-skenaariossa niin kotimaisen metsähakkeen käyttö kuin myös polttohakkeen tuonti ulkomailta oli selvästi WEM-skenaariota suurempaa. Puun energiakäytön kasvu WAM-skenaariossa johtuu tarpeesta vähentää energiasektorin päästöjä vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi. HIISI-hankkeen skenaarioita on hyödynnetty laajasti eri politiikkatoimien, kuten ilmasto- ja energiastrategian, biotalousstrategian ja maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman laadinnassa.

HIISI-skenaarioiden mukaiset metsäteollisuuden eri tuotteiden tuotantomäärät vuosina 2020–2035 on esitetty taulukossa 1. Skenaariot pohjautuvat Metsäteollisuus ry:n ilmastotiekartan ja Sahateollisuus ry:n hiilitiekartan perusuriin, joiden taustalla ovat puolestaan olleet Afryn/Pöyryn ennusteet metsäteollisuus-tuotteiden kysynnän kehityksestä. HIISI-skenaarioita laadittaessa edellä mainittujen perusurien tuotantomääriä kuitenkin korjattiin ja tarkennettiin erityisesti massa- ja paperiteollisuuden osalta ottaen huomioon ilmoitetut tuotantokapasiteetin sulkemiset (mm. Stora Enson Oulun tehtaan paperikoneet, UPM:n Kaipolan tehdas) sekä tiedossa olleet investoinnit uuteen kapasiteettiin (mm. Stora Enson Oulun tehtaan paperikoneen muutos kartonkikoneeksi, Metsä Fibren Kemin biotuotetehdas).

HIISI-skenaarioiden laatimisten jälkeen metsäteollisuusyritykset ovat ilmoittaneet uusista investoinneista. Erityisesti sahauskapasiteetti on Suomessa kasvussa. Syksyllä 2022 käynnistyi Metsä Fibren vuosituotannoltaan 750 000 kuutiometrin mäntysaha Raumalla. Samaan aikaan Metsä Fibre sulki kapasiteetiltaan 230 000 kuutiometrin Kyrön sahan. Lisäksi vuosina 2023 ja 2024 on valmistumassa arviolta 1,1 miljoonaa kuutiometriä lisää sahatavaran tuotantokapasiteettia (pullonkaulainvestointeja, sahalinjojen uusimisia ja kokonaan uusia sahalaitoksia). Vuosina 2022–2024 kapasiteetti olisi kasvamassa noin 1,6 miljoonaa kuutiometriä verrattuna HIISI-skenaarioon. Lisäksi Metsä Group suunnittelee Äänekoskelle vaneriin lukeutuvan viilupuun tuotannon 150 000 kuutiometrin kapasiteettilisäystä.

HIISI-skenaariion mukainen arvio sahatavaran tuotannon kehityksestä on toteutuneisiin tuotantomääriin sekä toteutuksessa oleviin investointeihin verrattuna konservatiivinen. Jo vuonna 2023 Suomessa ennustetaan tuotettavan sahatavaraa saman verran kuin HIISI-skenaariossa vuonna 2030 (taulukko 1). Laskennallisesti uusi sahauskapasiteetti lisääisi tukkipuun käyttöä yli 3,5 miljoonaa kuutiometriä HIISI-skenaarioon verrattuna. Uuden sahauskapasiteetin myötä kilpailu raaka-aineesta kiristyy, ja todennäköisesti vanhaa kapasiteettia tullaan myös sulkemaan. Sahatavaran tuotanto on kuitenkin erittäin suhdanneherkkä toimiala, ja kapasiteetin käyttöaste vaihtelee suhdannetilanteen mukaan.

Taulukko 1. HIISI-skenaarioiden (WEM ja WAM) mukaiset metsäteollisuuden tuotantomäärät 2020–2035, toteutunut tuotanto vuonna 2021 sekä Luken ennuste tuotannosta vuonna 2023. Lähteet: Maanaviija ym. 2021, Viitanen ym. 2022.

1000 t/v, m ³ /v	HIISI				Luke	
	2020	2025	2030	2035	2021	2023e
Paperi	4 520	3 590	3 428	3 296	4 440	3 760
Kartonki	3 690	4 123	4 491	4 921	4 220	4 390
Paperi + kartonki	8 210	7 713	7 919	8 217	8 660	8 150
Mekaaninen massa + puolikemiallinen massa	1 910	1 953	2 096	2 212	2 630	2 500
Kemiallinen massa	7 680	8 475	9 055	9 613	8 320	8 020
Massat yhteensä	9 590	10 428	11 151	11 825	10 950	10 520
Sahatavara	10 916	11 580	12 260	12 350	11 950	12 250
Vaneri	990	1 150	1 140	1 140	1 130	1 120
Lastu- ja kuitulevy	135	141	146	148	164	161
Sahatavara + puulevyt	12 041	12 871	13 546	13 638	13 244	13 531

HIISI-skenaariossa paperin tuotannon odotetaan Suomessa edelleen laskevan ja kartongin tuotannon kasvavan. Vuosina 2021 ja 2022 ilmoitettujen investointipäätösten mukaan kartongin tuotantokapasiteetti on kasvamassa 885 000 tonnilla, josta suurin osa, 750 000 tonnia, muodostuu Stora Enson Oulun tehtaan toisen paperikoneen muuttamisesta kuluttajapakkauskartonkikoneeksi. Tuotannon arvioidaan käynnistyvän Oulun kartonkikoneella vuoden 2025 alkupuolella. HIISI-skenaariossa näin suurta kapasiteetin kasvua ei ole otettu huomioon. Lisäksi Metsä Board on ilmoittanut suunnittelevansa kapasiteetiltaan 800 000 tonnin taivekartonkikoneita Kaskisiin.

Kartongin tuotannon HIISI-skenaariota nopeampi kasvu ei välttämättä vaikuta kovin paljon kuitupuun käyttömääriin. Esimerkiksi Stora Enson Oulun tehtaan kahden paperikoneen muuntaminen kartongille ei lisää merkittävästi puun käyttöä, sillä käytön lisäys vastaa Stora Enson Kemin Veitsiluodon tehtaan sulkemisesta koitunutta vähennystä. Käyttö kuitenkin kohdentuu enemmän kuusikuitupuuhun kemihierrelaitoksen valmistumisen myötä.

HIISI-skenaariossa sellun tuotannon odotetaan kasvavan. Kasvu kohdistuisi erityisesti vientiin suuntautuvan massan (markkinamassan) tuotantoon. Skenaariossa on mukana Kemin biotuotetehdas sekä yksi uusi kapasiteetiltaan noin 500 000 tonnin sellutehdas, jonka käynnistyminen ajoittuisi vuoden 2030 jälkeiseen aikaan. Kartonkikapasiteetin lisäyksen myötä mahdollisesti HIISI-skenaariota suurempi osuus massasta kuitenkin jalostetaan kotimaassa. Lisäksi puolikemiallisen massan osuus tuotannosta voi olla HIISI-skenaariota suurempi.

Metsähakkeen käytön lämpö- ja voimalaitoksissa odotetaan kasvavan HIISI-skenaarioissa selvästi nykytasoon verrattuna. Vuonna 2030 kotimaista metsähaketta ja tuontihaketta käytettäisiin WEM-skenaariota mukaan yhteensä 11,6 miljoonaa kuutiometriä ja WAM-skenaariota mukaan 13,6 miljoonaa kuutiometriä (taulukko 2). Vuoden 2021 käyttömäärään suhteutettuna kasvua tapahtuisi WEM-skenaariossa 23 prosenttia ja WAM-skenaariossa 45 prosenttia. Suuret kasvuodotukset vaativat mittavia investointeja laitoskapasiteettiin. Tällä hetkellä EU:n politiikkaprosesseissa metsähakkeen käyttöön suhtaudutaan kriittisesti ja sen käyttöön kohdistuu laskupaineita. Tulevaan säätelyyn liittyvä epävarmuus ei kannusta yrityksiä tekemään investointeja, ja HIISI-skenaarioiden, erityisesti WAM-skenaariota, mukainen metsähakkeen käytön kehitysura voi olla epärealistinen.

Taulukko 2. Kotimaisen metsähakkeen ja tuontihakkeen käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa HIISI-hankkeen WEM- ja WAM-skenaarioissa, vuoden 2021 toteutunut käyttö ja vuoden 2023 Luken ennuste kotimaisen metsähakkeen ja tuontihakkeen kokonaiskäytöstä lämpö- ja voimalaitoksissa. Lähteet: Maanavilja ym. 2021, Viitanen ym. 2022.

1000 m ³ /v	HIISI				Luke	
	2020*	2025	2030	2035	2021	2023e
WEM						
Kotimainen metsähake	6 920	9 845	10 099	9 975	7 640	
Tuontihake	970	1 110	1 530	1 940	1 904	
Yhteensä	7 890	10 955	11 629	11 915	9 544	9 600
WAM						
Kotimainen metsähake	6 931	9 929	11 489	11 902	7 640	
Tuontihake	970	2 080	2 080	2 360	1 904	
Yhteensä	7 901	12 009	13 569	14 262	9 544	9 600

* Vuoden 2020 luvut perustuvat VTT:n TIMES-mallinnuksen tuloksiin. Tilastojen mukaan vuonna 2020 lämpö- ja voimalaitokset käyttivät metsähaketta yhteensä 7,6 miljoonaa kuutiometriä, josta tuontihaketta oli laskennallisesti 1,8 miljoonaa kuutiometriä.

HIISI-hankkeen skenaarioissa metsäteollisuuden käyttöön tulevan puun tuonnin määrän oletetaan säilyvän koko tarkasteluajanjakson samalla tasolla kuin vuosina 2015–2019 keskimäärin (8,67 miljoonaa kuutiometriä). Myös tuonnin tavaralajijakauman oletetaan säilyvän ennallaan. Sellun tuonniksi on oletettu 400 000 tonnia vuodessa koko tarkasteluajanjakson. Energiantuotantoon päätyvän hakkeen tuonnin kehitys WAM- ja WEM-skenaarioissa on esitetty taulukossa 2.

Venäjän hyökkäys Ukrainaan ja siitä seuranneet pakotteet lopettivat pyöreän puun ja hakkeen tuonnin Venäjältä Suomeen kesällä 2022. Vuosina 2017–2021 Venäjältä Suomeen tuotiin pyöreää puuta ja haketta keskimäärin noin 8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Määrää ei pystytä korvaamaan lisäämällä tuontia muualta Itämeren alueelta, vaan suurin osa korvataan kotimaisella puulla. Lehtisellun tuonti Etelä-Amerikasta voi myös hieman lisääntyä nykytasosta.

HIISI-skenaarioissa oletettu pyöreän puun ja hakkeen tuontimäärä on nykytilanteessa selkeä yliarvio. Luonnonvarakeskuksen syksyllä 2022 laaditun ennusteen mukaan Suomeen tuodaan vuonna 2023 raakapuuta yhteensä 2,5 miljoonaa kuutiometriä, eikä puun tuonnin odoteta merkittävästi elpävän lähivuosina (Viitanen ym. 2022). Vertailun vuoksi HIISI-skenaariossa metsäteollisuuden ja energiantuotannon yhteenlaskettu puun tuontimäärä olisi vuonna 2025 yhteensä 9,8 miljoonaa kuutiometriä.

Vuonna 2021 teollisuuspuun hakkuut olivat Suomessa 65,7 miljoonaa kuutiometriä, mikä oli tilastointihistorian toiseksi korkein hakkuumäärä (68,9 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2018). Vuonna 2022 teollisuuspuun hakkuiden ennakoidaan supistuvan 61,9 miljoonaan kuutiometriin, mihin tärkeimpänä syynä on UPM:n sellu- ja paperitehtaita koskenut alkuvuoden lähes neljä kuukautta kestänyt lakko ja puun käytön pieneneminen (Viitanen ym. 2022). Vaikka metsäteollisuustuotteiden suhdannehuippu on jo takana, vuonna 2023 teollisuuspuun hakkuiden odotetaan kasvavan 66,4 miljoonaan kuutiometriin (Viitanen ym. 2023). Hakkuumääriin vaikuttaa se, että merkittäviä puun käyttöä lisääviä metsäteollisuusinvestointeja, kuten Kemin biotuotetehdas sekä monia sahainvestointeja, on valmistumassa vuoden 2023 loppupuolella. Lisäksi puun tuonnin pienentymistä korvataan kotimaisella puulla. Vuonna 2024 Kemin biotuotetehdas siirtynee täyskäyttöön ja sahainvestointeja valmistuu lisää. Mikäli merkittäviä tuotannon leikkauksia tai sulkemisia ei tapahdu olemassa olevilla laitoksilla eikä puun tuonti elvy, teollisuuspuun hakkuumäärien voidaan olettaa edelleen hieman kasvavan vuodesta 2023.

Luonnonvarakeskuksen syksyllä 2022 laaditun ennusteen mukaan metsähakkeen kokonaiskäyttö (sisältää lämpö- ja voimalaitosten lisäksi pientalojen metsähakkeen käytön) säilyy vuonna 2022 vuoden

2021 tasolla eli hieman yli 10 miljoonassa kuutiometrissä (Viitanen ym. 2022). Määrä on tilastointihistorian korkein. Vuonna 2023 metsähakkeen kokonaiskäytön odotetaan kasvavan 10,2 miljoonaan kuutiometriin. Aiempaa suurempi osa metsähakkeen raaka-aineesta tulee olemaan venäläisen polttohakkeen tuonnin päättymisen vuoksi kotimaista alkuperää, mutta arviota raaka-aineen jakautumisesta kotimaiseen ja ulkomaiseen metsähakkeeseen ei Luonnonvarakeskuksen ennusteessa esitetä.

3.3. Maatalous

Suomen CAP-suunnitelma (MMM 2022b) vuosiksi 2023–2027 sisältää maataloussektorilla tehtävien toimenpiteiden lisäksi pääasiassa maankäyttösektorilla tehtäviä toimenpiteitä, jotka hidastavat turpeen hajoamista viljellyillä turvemaidella ja lisäävät kivennäismaapeltojen hiilensidontaa. Nopeita, vuosina 2023–2025 saavutettavia päästövähennyksiä ei ole odotettavissa, sillä samoja ja vastaavatyypisiä toimenpiteitä (kuten talviaikainen kasvipeite, viherlannoitusnurmet, turvepeltojen nurmet, kerääjäkasvit ja kiertotalouden edistäminen) on ollut käytössä jo aiemmin vuodesta 1995 laadituissa Maaseutuohjelmissa, eivätkä viljelysmaiden ja ruohikkoalueiden päästöt ole vähentyneet. Suurimpana syynä tähän voinee pitää maatalouden pinta-alaperusteista tukijärjestelmää, joka kannustaa pitämään peltoja viljelykäytössä ja tukien piirissä enemmän kuin nykyisen suuruiseen tuotantoon tarvitaan. Pinta-alatuella on kasvihuonekaasupäästöjä lisäävä vaikutus, koska pelot eivät keskimäärin ole hiilinieluja vaan pieniä päästölähteitä kivennäismaiden osalta ja suuria päästölähteitä turvemaiden osalta (Viitala ym. 2022).

Valtioneuvoston 16.12.2021 asettaman tavoitteen – maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 29 prosentilla vuoden 2019 tasosta vuoteen 2035 mennessä – vaatisi selvitysten mukaan peltojen metsitystä ja peltojen poistamista tuotannosta, kosteikkoviljelyn yleistymistä turvepeltoilla sekä kivennäismaapeltojen kääntämistä hiilen lähteestä hiilen nieluksi (Lehtonen 2022, Miettinen ym. 2022).

Maatalouden tilakoon kasvattamiseen perustuva tuotannon yksikkökustannuksia pienentävä rakennemuutos jatkuu myös vuosina 2023–2025 ja näin ollen myös maatilojen peltopinta-alojen kasvattaminen ostamalla, vuokraamalla tai raivaamalla. Peltoalaperusteiset tuet kannustavat säilyttämään pellon omassa käytössä aktiivisen viljelyn lopettamisen jälkeenkin. Tämä on omiaan nostamaan osto- ja vuokrapellon hintoja sekä hidastamaan pellon siirtymistä jäähdytteleviltä viljelijöiltä laajentaville aktiiviviljelijöille. Tällöin uuden pellon raivaaminen on usein taloudellisesti kannattavin vaihtoehto etenkin laajentaville lypsykarjatiloilta. Lisäksi vuodesta 2023 lähtien oikeus suoriin tukiin kuuluu CAP-sääntöjen mukaan automaattisesti myös raivoille, jolloin kannustimet pellonraivaukseen kasvavat.

CAP-suunnitelmassa (MMM 2022b) pellonraivausta hillitsee omalta osaltaan kaikkia viljelijöitä velvoittava ehdollisuuteen kuuluva vaatimus (GAEC-vaatimus 2), jonka mukaan vuoden 2022 jälkeen maatalousmaaksi muusta käytöstä raivaamalla tai muutoin otettu turvemaa-ala on oltava pysyvästi nurmella. Toisaalta tämä vaatimus on todennäköisesti lisännyt niin sanottua aavistusraivausta vuonna 2022.

3.4. Muita maankäyttöön vaikuttavia tekijöitä

Metsitystuet

Joutoalueiden määräaikaisen metsitystuen haku avautui Metsäkeskuksessa maaliskuussa 2021 (Laki metsityksen määräaikaisesta tukemisesta 1114/2020, Valtioneuvoston asetus metsityksen määräaikaisesta tukemisesta 103/2021). Tukijärjestelmän tavoitteena on edistää joutoalueiden, kuten maatalouskäytön ulkopuolelle jääneiden peltolohkojen ja käytöstä poistuneiden turvetuotantoalueiden metsittämistä. Metsitystukea ei saa alalle, joka luokitellaan metsämaaksi. Maatalouskäytön ulkopuolelle jääneiden alueiden osalta tuen ehtona on, että ala ei ole saanut maatalouden tukia vuoden 2019 jälkeen.

Joutoalueiden metsitystuen saajan on sitouduttava säilyttämään alue metsämaana metsälain säännöksiä noudattaen kymmenen vuotta. Metsitystuki sisältää kiinteän kustannuskorvauksen eli metsitys-

korvauksen. Lisäksi maksetaan hoitopalkkio. Hoitopalkkio maksetaan kahdessa erässä toisena ja kahdeksantena vuotena metsittämisen jälkeen. Joutoalueiden metsitystukea myönnetään vain yksityisille maanomistajille. Tuki on niin sanottua vähämerkityksistä tukea eli *de minimis* -tukea.

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman (MMM 2022a) mukaisesti heikkotuottoisille ja ohutturpeisille pelloille valmistellaan kansallista metsittämistukea. Tuki on tarkoitus toimeenpanna vuosina 2024–2028.

Metsitystuilla aikaansaattavan puuston hiilivaraston kasvu on vähäistä vuoteen 2025 mennessä, mutta maaperän päästöt vähenevät jonkin verran.

Kosteikkoviljelyyn varatun kansallisen rahoituksen vaikutukset

Marinin hallitus on osoittanut 30 miljoonan euron määrärahan turvepelloilla toteutettaviin kosteikkojen sekä kosteikkoviljelyn kehittämis-, kokeilu- ja investointihankkeisiin, viestintään ja näihin liittyviin avustuksiin. Valtion talousarviossa oleva siirtomääräraha on käytössä vuosina 2023–2025.

Vaikka rahoitus on myönnetty ensisijaisesti kosteikkoviljelyn edistämiseen, varojen käyttäminen turvepeltojen vettämisessä³ siten, että pelto ei voi palata viljelysmaaksi, tuo pysyviä ja todennäköisesti edullisimpia päästövähennyksiä kuin kosteikkoviljely. Tästä syystä Luonnonvarakeskuksen työryhmä (Lång ym. 2022) on ehdottanut, että määräraha käytettäisiin turvepeltojen vettämiseen ja että vetettävät kohteet valittaisiin maanomistajille suunnatun vapaaehtoisen tarjouskilpailun perusteella. Maanomistaja voisi kuitenkin halutessaan harjoittaa kosteikkoviljelyä vetetyllä alueella.

Päätetyllä 30 miljoonan euron rahoituksella pystyttäisiin nostamaan pohjaveden pintaa arviolta 5 400–6 500 turvepeltohehtaarilla vuosina 2023–2025. Vetetyt hehtaarit eivät enää olisi viljelysmaata. Jos turvepeltojen kosteikko-ohjelma onnistuu jalkauttamaan vettämistä suunnitellusti, on sen vaikutus maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin suurempi kuin minkään aiemmin maatalousmaalla toteutetun toimen. Toimen vaikutukset näkyisivät sekä taakanjako- että LULUCF-sektoreilla. Tosin EU-LULUCF-tilinpidossa viljelysmaasta kosteikoksi muuttuneet alueet olisivat edelleen hoidettu viljelysmaa -tililuokassa (ks. kuva 19).

Turvetuotantoalueet

Tilastokeskuksen energiaturvetilastojen mukaan energiaturpeen kulutuksen lasku on ollut nopeampaa kuin HIISI WEM-skenaariossa mukainen kehityksen kulku-ura. Myös Koljosen et al. (2022) mukaan turvetuotannon alasajo on toteutunut vieläkin nopeammin kuin Hiisi WEM- skenaariossa. Nykyinen energiakriisi vaikeuttaa tulevan kehityksen ennustamista. Biopolttoaineiden saatavuus vaikuttaa esimerkiksi siihen, että joudutaanko puuta korvaamaan turpeella, mutta tuotannon määrää ohjaa kuitenkin sen kannattavuus. Hiisi WAM-skenaariossa mukainen turve-energian kulutuksen lasku on voimakas vuoteen 2025 mennessä. Hallitusohjelman tavoitteena on puolittaa energiaturpeen käyttö 2030 vuoteen mennessä, mutta vuosien 2018–2021 välillä energiaturpeen käyttö on jo lähes puolittunut (Bioenergia ry 2022a).

Huoltovarmuuskeskuksen (HVK) huoltovarmuustoimenpiteitä on lisätty osana valtioneuvoston varautumisen ministerityöryhmän linjausta 7.4.2022, jolla vahvistetaan omavaraisuutta ja huoltovarmuutta tilapäisesti (Huoltovarmuuskeskus 2022). HVK:n huoltovarmuusrahaston varoin ja lisäksi työ- ja elinkeinoministeriön antamana erityistehtävänä toteutettavien hankintojen yhteismäärä vastaa noin 20–30 % seuraavan lämmityskauden energiaturpeen määrästä.

Päästöoikeuksien hintataso ja verojen määrä ohjaavat energialaitosten mahdollisuuksia sitoutua pitkäaikaisempaan turpeen käyttöön ja turpeen nopea alasajo on ollut seurausta poliittisista päätöksistä. Tuotannon heikon kannattavuuden ja kysynnän epävarmuuden vuoksi yrittäjiä on luopunut

³ Vettämisellä tarkoitetaan tässä yhteydessä ojitettujen turvepeltojen vedenpinnan tarkoituksellista nostoa pyrkimyksenä palauttaa suon luonnollinen vesitalous ojia tukkimalla, patoamalla, pintavallien avulla ja/tai vesiä uudelleen ohjaamalla.

turvetuotannosta tilausten vähenemisen myötä. Turvetuotannon työkoneneiden romuttamiseen on myös osoitettu määräraha 2021 ja 2022 talousarvioista yhteensä 29.1 miljoonaa euroa. Määräraha oli käytetty jo 22.3.2022 (ELY 2022). Energiakriisistä huolimatta tuotannon ja käyttöön vaikuttaa lyhyt tulevaisuuden näkymä verotuksen keventymisen suhteen (Bioenergia ry 2022b). Energiaturpeen käytön verovapaa raja (5,7 €/MWh saakka) koskettaa päästökaupan ulkopuolisia, palaturvetta käyttäviä laitoksia. Vuoden 2022 osalta tuotantoa rajoittavina tekijöinä olivat kysynnän väheneminen päästökaupan kustannusten nousun ja verotuksen myötä ja alan näkymät (Bioenergia ry 2022c).

Rakentamisen vaikutukset

Voimansiirtolinjat. HIISI-hankkeen arvioidut pinta-alamuutokset WEM- ja WAM-skenaarioissa on esitetty loppuraportin (Maanvilja ym. 2021) liitetaulukoissa. Viime aikoina mahdollisesti maankäytön muutoksia lisääviä tekijöitä ovat mm. voimansiirtolinjojen rakentaminen. Pohjois-eteläsuuntaista sähkön siirtokapasiteettia on pyritty lisäämään mm. tuulivoimahankkeiden ja Ruotsiin menevien siirtoyhteyksien vuoksi. HIISI WEM-skenaariota mukaan uusia sähkö-, vesi-, ja kaasulinjoja rakennetaan vuoteen 2025 noin 550 hehtaaria vuodessa metsämaalle ja alaa poistuu noin 440 hehtaaria. Skenaariopinta-alojen historiapäasiallisena tietolähteenä on VMI ja VMI:n määritelmät voimansiirtolinjoille ja ne kattavat sähkö-, vesi- ja kaasulinjat.

Voimajohtohankkeista suurimpia on vuonna 2022 valmistunut Petäjävedeltä Ouluun kulkeva 400 kilovoltin Metsälinja. Pohjois-Ruotsin ja Pohjois-Suomen välinen 400+110 kilovoltin Aurora-line on rakenteilla ja valmistuu 2025. Se yhdistyy Metsälinjaan. Aurora-linjan Pyhäselkä-Keminmaa-osuus on noin 153 kilometriä ja uutta johtokäytävää tästä on noin 86 kilometriä. Keminmaa-Tornionjoki väli on 48 kilometriä, josta uutta johtokäytävää on 4 kilometriä. Järvielinja puolestaan on merkittävämpiä lähivuosisien voimajohtohankkeita. Hankkeeseen kuuluu 400 ja 110 kilovoltin voimajohtot osana Fingridin kantaverkkoa. Järvielinjan pituus on noin 290 kilometriä Vaalasta Joroisille ja rakentamisen arvioidaan ajoittuvan vuosille 2023–2026. YVA-selostuksen mukaan ennen rakentamista johtoalueelta poistuvan puuston ilmastovaikutukset ovat 181 000 t CO₂-ekv. Johtoalueelle jäävä metsäala on noin 850 hehtaaria.

Sähköverkosta pienjännitejohtoja on noin 220 000 kilometriä, keskijännitejohtoja noin 140 000 kilometriä ja kantaverkon suurjännitejohtoja noin 14 000 kilometriä. Lisäksi on alueellisia 110 kilovoltin suurjännitejohtoja noin 7 500 kilometriä. Suurjännitejohtojen osuus sähköverkkojen viemästä pinta-alasta voi arvioida olevan noin 20–25 prosenttia.

Suurjännitejohtohankkeita on suunnitteilla myös pidemmällä aikavälillä, esimerkiksi Alajärvi-Hikiä 400+110 kilovoltin noin 270 kilometrin voimajohtoon rakentaminen 2026–2028. Fingridin mukaan uusia suurjännitejohtolinjoja koskevia hankkeita on vireillä noin 20 kappaletta. Uusissa hankkeissa maankäyttövaikutuksia saadaan vähennettyä purkamalla vanhoja voimajohtoja erillisistä maastokäytävistä ja siirtämällä niitä yhteispylväsrakenteisiin, jossa 400 kilovoltin ja 100 kilovoltin johdot ovat samassa pylväessä. Esimerkiksi vuosina 2025–2027 rakennettavaksi suunnitellun Jylkkä (Kalajoki)–Alajärvi 160–180 kilometrin mittaisen 400+110 kilovoltin voimajohtohankkeen uusien johtoväylien vaatima pinta-ala reunavyöhykkeineen on noin 1 500 hehtaaria eli hieman alle 10 hehtaaria per kilometri sisältäen kaikki maaluokat ja puustoisien reunavyöhykkeiden.

Tuulivoimahankkeet. Skenaarioiden mukaan tuulivoiman tuotanto olisi vuonna 2025 reilu kaksinkertainen ja vuonna 2030 noin kaksi ja puolikertainen verrattuna vuoteen 2020. Vuosittain metsämaalle rakennettavaa tuulivoimaa olisi noin 300 hehtaaria vuoteen 2025 saakka. Suomen Tuulivoimayhdistyksen mukaan tuulivoimakapasiteetti oli 3 257 megawattia vuonna 2021 ja maatuulivoimahankkeita on noin 44 466 megawattia. Kapasiteetti voisi enimmillään yli 13-kertaistua lähivuosina. Siten vuotuiset metsäkatoalat voisivat huomattavasti kasvaa tulevaisuudessa.

Tuulivoimahankkeet sijoittuvat pääosin länsirannikolle Satakunnasta Etelä-Lappiin Keski-Suomea ja Kainuuta myöden. Tuulivoimayhdistyksen mukaan keskikokoisen tuulivoimahankkeen kesto alkuselvelyksestä valmiiseen tuulivoimapuistoon on 4–6 vuotta ja pienemmissä hankkeissa voimala voi olla sähköntuotannossa jo alle kahdessa vuodessa alkuselvelyksistä (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2022).

Aurinkovoimalat. HIISI-skenaarioissa oletettiin maalle rakennettavan aurinkovoimaloita vuosittain noin 40–50 hehtaarille vuoteen 2025 mennessä, suurimman osan rakentamisesta kohdistuessa rakennusten katoille. Maa-aurinkovoimala kapasiteetin oletettiin noin kuusinkertaistuvan vuoteen 2025 verrattuna vuoden 2020 tilanteeseen, ja katolla oleva kapasiteetti huomioiden tuotanto noin kaksinkertaistui viidessä vuodessa. Energiaviraston mukaan aurinkoenergian tuotanto kaksinkertaistui vuodesta 2019 vuoteen 2021 (Energiavirasto 2022). Siten kehitys olisi ennakoitua nopeampaa, mikäli tahti jatkuu samanlaisena. Metsämaalle, pelloille ja valmiiksi rakennetuille alueille tehtävien aurinkovoimalaitosten osuudet oli arvioitu yhtä suuriksi. Mm. Neova Oy:llä on kuitenkin suuria aurinkovoimahankkeita entisillä turvetuotantoalueilla. Aurinkovoimaloiden rakentaminen todennäköisesti kasvaa ennakoitua nopeammin ja näin ollen metsäkatoala olisi myös suurempi vuoteen 2025 mennessä kuin aiemmin on arvioitu. Pidemmällä aikavälillä aurinkovoimaloiden rakentamiseen käytetään laajempia maa-alueita. Esimerkiksi Neova Oy:n aurinkovoimala kehityksessä kokoluokka on useista kymmenistä jopa satoihin megawatteihin, mikä tarkoittaa rakennettavien aurinkopaneelialueiden kokona muutamasta kymmenestä hehtaarista aina satoihin hehtaareihin (Neova Oy 2022).

Rata- ja tiehankkeet. Yksittäinen isohko tiehanke voi peittää alleen reilu 500 hehtaaria 100 tiekilometriä kohden. HIISI-skenaarioissa arvioitiin uusia liikenneväyliä rakennettavan noin 900 hehtaarille vuodessa perustuen toteutuneisiin väylähankkeisiin. Sittemmin isoista tiehankkeista mm. Mikkeli-Juva nelikaistatie on juuri valmistunut. Lähivuosien tiehankkeet ovat pääosin perusparannukseen liittyvää rakentamista. Ratahankkeista Espoo–Salon oikorata on isoimpia hankkeita, osuuden pituus on 94 kilometriä. Sen suunniteltu rakentamisajankohta olisi 2025–2031.

Kaivoshankkeet. Malminlouhinnaltaan suurimpia kaivoksia ovat Terrafame Sotkamossa, Siilinjärven kaivos ja Kevitsa Sodankylässä. Näissä maa-aineisten louhinnan ja läjityksen ja malmialtaiden pinta-alat ovat noin 1000–2000 hehtaaria kussakin kaivoksessa. Kaivospiirien alueet ovat huomattavasti isompia. Uusista kaivoshankkeista Suhangon kaivoksen rakennustyöt ovat alkamassa vuonna 2023, alue sijaitsee Ranuan, Tervolan ja Rovaniemen rajalla. Suhangon kaivospiirin koko on 4 100 hehtaaria. Sodankylän Sakatin maanalainen kaivoshanke ajoittuisi 2025 jälkeiseen aikaan. Maankäytölliset vaikutukset ovat rajallisia verrattuna rakennetun maan kokonaisalaan. Kaivoshankkeisiin liittyvää muuta rakennustarvetta aiheutuu voimajohtojen vetämisestä alueelle ja liikenneverkon rakentamisesta.

Energian tuotantoon ja siirtoon liittyvän rakentamisen suhteen isoja hankkeita on menossa useita ja siirtyminen uusiutuvaan energiantuotantoon jatkuu. Suuria pääväylätason uusia liikenneväylälinjoja on rakenteilla vähemmän ja päähuomio on teiden kunnossapidossa. Uutta tieverkkoa rakennetaan mm. tuulivoimapuistoihin liittyen. Kaivostoiminnan osuus rakennetun maan alan kasvusta on pieni, eivätkä uudet kaivoshankkeet muuta kokonaiskuvaa tältä osin. Rakennusteollisuuden 12.10.2022 suhdannekatsauksen mukaan vuosi 2021 oli vahvan kasvun aikaa ja kysyntä kiihtyi, mutta vuonna 2022 on näkynyt kustannusten nousu, joka vähentää rakentamista ja tulevaisuuden osalta rakentamiseen vaikuttaa myös uhkaava energiakriisi. Suhdannekatsauksen mukaan kriisit tarkoittavat vähintään 10 prosentin laskua rakentamiseen, mutta katsauksen valossa 1990-luvun kaltaista pudotusta ei ole odotettavissa.

4. Arviot LULUCF-asetuksen velvoitteen toteutumisesta

4.1. EU:n LULUCF-asetus osana EU:n ilmastolainsäädäntöä

Osana EU:n ilmasto- ja energiakehystä ja sen alkuperäistä tavoitetta vähentää kokonaispäästöjään 40 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 päästötasoon verrattuna. Toukokuussa 2018 astui voimaan asetus (EU) N:o 2018/841 (ns. LULUCF-asetus), joka sitoo EU:n jäsenmaita vähentämään päästöjä ja vahvistamaan hiilinieluja myös LULUCF-sektorilla. Vuoden 2030 tavoite kiristettiin 40 prosentista 55 prosenttiin kesäkuussa 2021 annetussa eurooppalaisessa ilmastolaissa (Asetus (EU) N:o 2021/1119) matkalla kohti ilmastoneutraalisuutta vuonna 2050.

Ilmastolain tavoitteiden saavuttamiseksi EU:n komissio julkaisi 14 heinäkuuta 2021 laajan ”Fit for 55” ilmasto- ja energialainsäädäntöpaketin (Komission tiedonanto COM(2021) 550 final). Osana pakettia LULUCF-sektorin alkuperäiset kautta 2021–2030 koskevat velvoitteet ehdotetaan muutettavaksi koskemaan vain kautta 2021–2025, jonka jälkeen uusia sääntöjä sovellettaisiin (Komission ehdotus COM(2021) 554 final). EU-tasolla LULUCF-sektorin tavoitteeksi ehdotetaan –310 miljoonan hiilidioksidiekvivalenttitonin nettopoistumaa vuonna 2030.

LULUCF-sektorin päästöt ja poistumat kaudella 2021–2025 seurataan kuuden tilinpituoluokkien summana. Tilinpituoluokat ja niiden laskentasäännöt määritellään LULUCF-asetuksen 2 ja 6–10 artikloissa (taulukko 3). Kaudella 2021–2025 LULUCF-sektorin tavoitteena on, että tilinpitosääntöjen ja joustojen jälkeen kokonaispäästöt eivät saa ylittää kokonaispoistumia, ns. ”no-debit”-sääntö. Tilinpituoluokat ovat hoidettu metsämaa, metsitetty maa, metsäkatoalue, hoidettu viljelysmaa, hoidettu ruohikkoalue ja hoidettu kosteikko. Puutuotteita voi sisältyä sekä hoidettu metsämaa että metsitetty maa tileihin. Hoidetun kosteikon tilinpitosääntöjä sovelletaan vain, jos jäsenvaltio on ilmoittanut EU:lle sisällyttävänsä tämän luokan tilinpitoonsa. Suomi on päättänyt olla sisällyttämättä hoidettuja kosteikkoja velvoitteeseen.

Tilinpituoluokitus ei ole yhdenmukainen UNFCCC:lle raportoitavan kasvihuonekaasuinventaarion maankäyttöluokkien kanssa (kuva 19). Esimerkiksi hoidettuun viljelysmaahan sisältyy myös kosteikoksi ja rakennetuksi maaksi muutetut viljelysmaat, jotka inventaarioluokituksessa kuuluvat kosteikkoihin ja rakennettuun maahan. Viljelysmaaksi muuttunut metsämaa sisältyy inventaarioluokituksessa viljelysmaahan, mutta tilinpituoluokituksessa metsäkatoalueisiin.

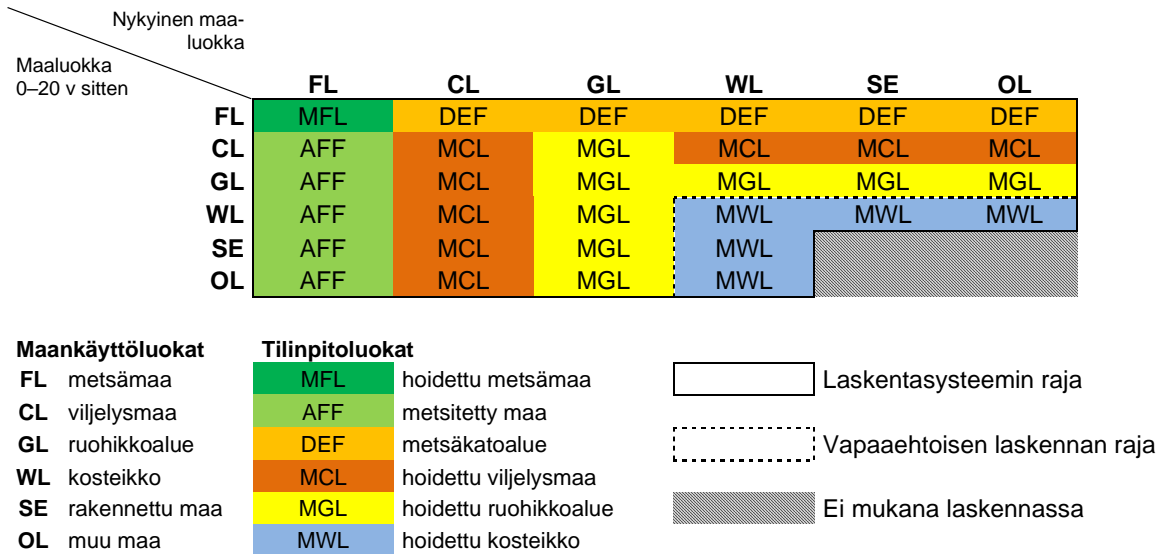
Taulukko 3. LULUCF-asetuksen (EU) 2018/841 mukaiset päästöt ja poistumia koskevat tilinpituoluokat ja -säännöt kaudelle 2021–2025 sekä niiden soveltaminen Suomessa

Tilinpituoluokka	Laskentapa ja tilinpitosäännöt	Suomi-kohtaiset luvut
Hoidettu metsämaa	<ul style="list-style-type: none"> Verrataan metsien vertailutasoon x 5 Laskennallista poistumaa rajoitetaan kattoluvulla, joka on 3,5 % perusvuoden kokonaispäästöistä ilman LULUCF-sektoria Sisältää puutuotteet Luonnontuhoista aiheutuvat päästöt voidaan jättää pois tileistä 	<ul style="list-style-type: none"> Metsien vertailutaso: –29,387 milj. t CO₂-ekv. *) Kattoluku: 2,5 milj. t CO₂-ekv. **)
Metsitetty maa	<ul style="list-style-type: none"> Sisällytetään tileihin täysimääräisenä Sisältää puutuotteet Luonnontuhoista aiheutuvat päästöt voidaan jättää pois tileistä 	
Metsäkatoalue	<ul style="list-style-type: none"> Sisällytetään tileihin täysimääräisenä Ei sisällä puutuotteita 	
Hoidettu viljelysmaa	<ul style="list-style-type: none"> Verrataan peruskauten 2005–2009 keskiarvoon x 5 	<ul style="list-style-type: none"> Keskiarvo: 5,768 milj. t CO₂-ekv. ***)
Hoidettu ruohikkoalue	<ul style="list-style-type: none"> Verrataan peruskauten 2005–2009 keskiarvoon x 5 	<ul style="list-style-type: none"> Keskiarvo: 0,732 milj. t CO₂-ekv. ***)
Hoidettu kosteikko	<ul style="list-style-type: none"> Verrataan peruskauten 2005–2009 keskiarvoon x 5 Vapaaehtoinen tilinpituoluokka 	<ul style="list-style-type: none"> Ei sisälly velvoitteisiin

*) Ennen teknistä korjausta (Komission delegoitu asetus (EU) 2021/268)

**) Kokonaispäästöt ilman LULUCF-sektoria perusvuonna 1990 olivat 71,3 milj. t CO₂-ekv. (SVT 2022b: Kasvihuonekaasut)

***) Perustuu vuoden 2023 kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietoihin.

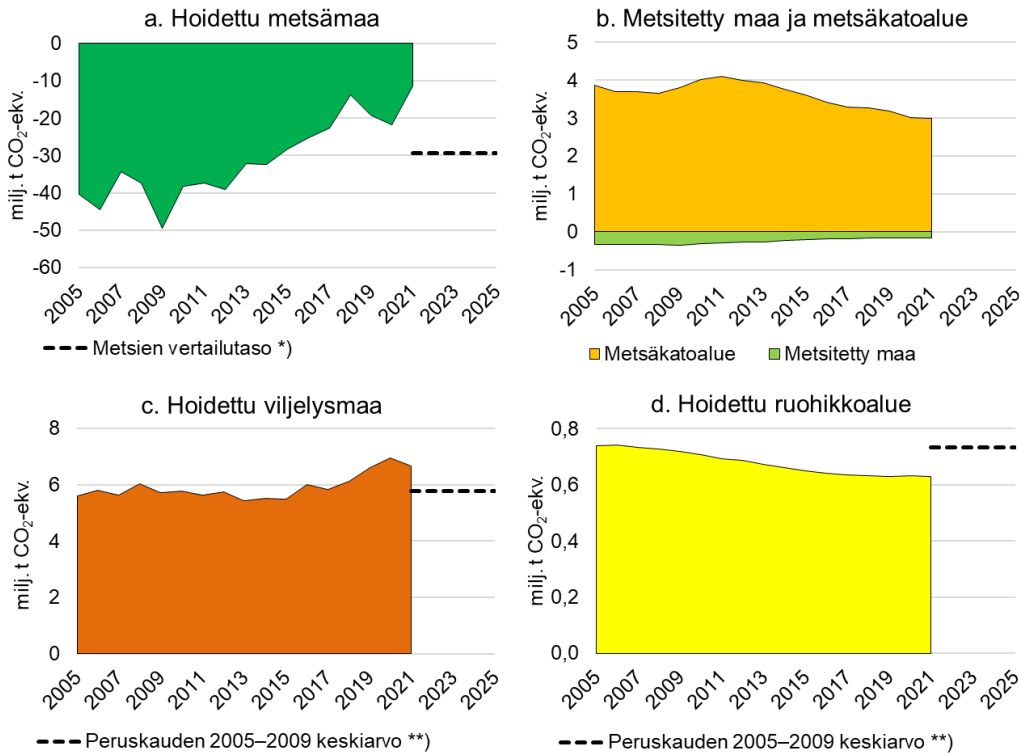


Kuva 19. Tilinpituoluokat suhteessa Suomen UNFCCC:n raportoinnin maankäyttöluokkiin.

Hoidetun metsämaan tiliin sisällytetään nettopoistuma tai nettopäästö, joka on kauden 2021–2025 raportoitujen nettopäästöjen tai nettopoistumien ja viidellä kerrotun metsien vertailutaso erotus. Suomen metsien vertailutaso on –29,4 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia ennen teknistä korjausta (Komission delegoitu asetus (EU) 2021/268). Lopullinen tekninen korjaus toimitetaan komissiolle maaliskuussa 2027, jonka mukaan vertailutasoa korjataan vastaamaan khk-inventaariota (ks. luku 4.2). Hyödyksi laskettavaa hoidetun metsämaan laskennallista poistumaa rajoitetaan kattoluvulla, joka on 3,5 prosenttia jäsenvaltion perusvuoden kokonaispäästöistä ilman LULUCF-sektoria. Suomen osalta vertailuvuosi on 1990 ja kattoluku noin 2,5 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia vuodessa. Rajoite ei koske puutuotteiden (pois lukien paperi) ja kuolleen puun nettopoistumia (nielua).

Luokissa metsitetty maa ja metsäkatoalue tilikauden nettopäästö tai nettopoistuma on mukana tileissä täysimääräisenä. Puutuotteista aiheutuvat päästöt ja poistumat sisältyvät hoidetun metsämaan ja metsityksen tileihin puuraaka-aineen alkuperän mukaisesti. Metsäkatoalueista peräisin olevien puutuotteiden päästöjä tai poistumia ei sisällytetä tiliin. Jäsenvaltiolla on myös mahdollisuus jättää pois tileistänsä metsitetyn maan ja hoidetun metsämaan luonnonhäiriöistä johtuvat kasvihuonekaasupäästöt, jotka ylittävät luonnonhäiriöistä aiheutuvat keskimääräiset päästöt kaudella 2001–2020, pois lukien tilastollisesti poikkeavat arvot.

Hoidetun viljelysmaan, hoidetun ruohikkoalueen ja hoidetun kosteikon tilikauden nettopäästöä tai nettopoistumaa verrataan vuosien 2005–2009 nettopäästöjen tai nettopoistumien keskiarvoon kerrottuna viidellä. Vuotta 2021 koskevan kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietojen mukaan peruskauden keskiarvot ovat hoidetun viljelysmaiden osalta 5,8 ja hoidetun ruohikkoalueiden osalta 0,7 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Lopulliset vertailuvuodet lasketaan vasta vuoden 2025 inventaariolähtöksestä, joten ne voivat muuttua, jos inventaariossa otetaan käyttöön uusia laskentamenetelmiä siihen mennessä. Kuvassa 20 esitetään Suomen kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat tilinpituoluokittain tällä hetkellä saatavilla olevien tietojen perusteella.



*) Ennen teknistä korjausta (Komission delegoitu asetus (EU) 2021/268).

**) Perustuu vuoden 2023 kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietoihin.

Kuva 20. Suomen viimeaikaiset kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat tilinpitoluokittain sekä vertailuluvut luokissa hoidettu metsämaa, hoidettu viljelysmaa ja hoidettu ruohikkoalue.

4.2. Suomen vertailutasolaskelmaan nähtävissä olevat tekniset korjaukset

EU:n LULUCF-asetuksen mukaisesti Suomi on määrittänyt metsien vertailutason, johon kauden 2021–2025 toteutuneita hoidettua metsämaa -tilin päästöjä ja poistumia verrataan. Vertailutason tulee olla johdonmukainen hoidettua metsämaata koskevassa raportoinnissa käytettävien menetelmien ja tietojen kanssa. Asetus velvoittaa jäsenmaat tarvittaessa toimittamaan komissiolle ”teknisiä korjauksia”, jotta johdonmukaisuus voidaan varmistaa. Tämä viittaa esimerkiksi kasvihuonekaasuinventaariossa jatkuvasti tehtävään menetelmäkehitykseen tai saatavilla oleviin uusiin tutkimus- tai muihin tietoihin. Mikäli kasvihuonekaasuinventaarion menetelmiä tai tietoja muutetaan, tulee tämä ottaa huomioon vertailutasossa tekemällä siihen niin sanottuja teknisiä korjauksia. Komission ohjeistuksen mukaan vertailutaso perustuu vuonna 2019 julkaistuun kasvihuonekaasuinventaarioon (Tilastokeskus 2019), jonka jälkeen on tehty neljä (2020–2023) uutta kasvihuonekaasuinventaarion julkistusta.

Tekninen korjaus on tarkoitettu nimensä mukaisesti teknisen johdonmukaisuuden varmistamiseen ja sillä ei voida huomioida esimerkiksi muutoksia puun kysyntä- tai tuotantorakenteissa, puuston kasvuoletuksissa tai poliittisessa ohjauksessa.

Vertailutason laskeminen on monivaiheinen prosessi. Vertailutason tarkkuuden arvioimiseksi samalla menetelmällä on tuotettu myös päästöt ja poistumat historialliselta aikakaudelta. Tätä arviota on verrattu kasvihuonekaasuinventaarion tuottamiin tietoihin, ja mikäli ne ovat poikenneet toisistaan, on tehty niin sanottu *ex post* -kalibrointi. Kalibrointi on tuottanut kertoimen, millä vertailutasoa on skaalattu samassa suhteessa kuin mallinnus on poikennut khk-inventaariotuloksista historiassa. Vertailutason teknisessä korjauksessa tulee huomata sekä varsinaiseen vertailutason mallinnukseen että kalibrointiin (sekä mallin

tuottamaan arvioon että khk-inventaarion tulokseen) vaikuttavat tekijät - osa muutoksista vaikuttaa molempiin, osa vain toiseen. Asetuksen mukaan tekninen korjaus toimitetaan komissiolle maaliskuussa 2027.

Vertailutason teknistä korjausta tähän mennessä tehdyillä muutoksilla ei ole laskettu tähän raporttiin. Inventaariossa käyttöön otettujen uusien menetelmien mukaan ottaminen vertailutasolaskentaan vaatii kehitystyötä mallien rajapinnoissa, jotta sääntöjen mukainen yhdenmukaisuus kasvihuonekaasuinventaarion kanssa säilytetään.

Taulukossa 4 ovat metsämaan laskentaan khk-inventaariossa tehdyt tai nähtävissä olevat muutokset ja sanallinen arvio muutoksen vaikutuksesta metsien vertailutasoon. Tekijöille, joista ei ole vielä varmuutta tai päätöstä, ei ole annettu vaikutusarviota.

Taulukko 4. Metsien vertailutason tekniseen korjaukseen vaikuttavia tekijöitä.

Muutos	Vaikuttaako vertailutasoon kyllä/ei	Miten /miksi ei	Vaikutusarvio
Mitattu puuston kasvun pienentyminen 2010–2020-luvuilla	ei	Laskentasääntöjen mukaan ei huomioida vertailutasossa, koska vertailutason kasvun laskenta perustuu 2000-luvun tilanteeseen ja siitä ennustettuun teoreettiseen kehitykseen.	Ei vaikutusta.
Puustobiomassan kasvun aikasarjan korjaus vv. 1990–2014	kyllä	Kasvun aikasarja laskettu uudelleen takautuvasti khk-inventaarioon, jotta aikasarja on yhdenmukaisesti laskettu (vuoden 2023 lähetys).	Vaikuttaa kalibrointikertoimeen, ei tarkempaa arviota.
Biomassan muutokertoimet	kyllä / ei	Mikäli muutokertoimia edelleen käytetään khk-inventaariossa, todennäköisesti päivitetään vastaamaan toteutuneita muutokertoimia.	Muutoksen vaikutussuuntaa ei voida vielä arvioida, mutta voi vaikuttaa merkittävästikin.
Metsämaan pinta-ala	kyllä	Metsän määritelmä korjataan vastaamaan asetuksen määritelmää ja pinta-ala viimeisimmän khk-inventaarion mukaiseksi (huomioidaan toteutunut metsitys ja metsäkato).	Pieni merkitys.
AR5 GWP kertoimet, CH ₄ ja N ₂ O	kyllä	Vertailutaso on tehty IPCC:n 4. arviointiraportin (AR4) säteilypakotekertoimilla (GWP), khk-inventaariossa siirrytään AR5-kertoimiin (vuoden 2023 lähetys). Kertoimet huomioidaan sekä khk-inventaariossa että vertailutasossa.	Metaanipäästöt kasvavat ja dityppioksidipäästöt pienenevät, nettovaikutus todennäköisesti vähäisesti päästöjä pienentävä sekä vertailutasossa että khk-inventaariossa.
Tilastokorjaus hukkapuuhun ja luonnonpoistumaan	kyllä	Luke korjasi poistumatilaston aikasarjaa vuonna 2020, tämä vaikuttaa ex post -kalibrointiin sekä biomassan että maaperän osalta. Puuston poistuma kasvoi, mikä pienentää kalibrointikerrointa, mutta maaperäsyöte kasvoi, mikä kasvattaa kalibrointikerrointa.	Kalibrointikerroin pienenee, mikä pienentää myös vertailutason nielua.

Kuollut puu	ei	Kuolleen puun hiilivarastonmuutos raportoidaan erikseen tilinpitoa varten, tällä hetkellä sisällytetty yhdistettyyn maaperän, karikkeen ja kuolleen puun varastonmuutoksen raportointiin.	Ei vaikutusta vertailutasoon, mutta erillisen tilinpitosäännön kautta voi vaikuttaa tilinpitolaskelman lopputulokseen.
Ojitetut turvemaat, CO ₂	kyllä / ei	Uudistettu menetelmä vuoden 2023 khk-inventaarioon, otetaan sama menetelmä käyttöön myös vertailutasossa.	Ei vaikutusarviota.
MELA:n tuottama luonnonpoistuma v. 2011–2012	kyllä	MELA yliarvioi luonnonpoistuman määrää ensimmäisillä mallinnusjaksoilla. <i>Ex post</i> -kalibroinnissa v. 2011–2012 MELA:n tuottama luonnonpoistuma on korvattu tilastoidulla poistumalla, jotta mallin alustukseen liittyvä seikka ei vaikuta kalibrointiin. Tämä vaikuttaa myös maaperään tulevaan syötteeseen, mitä ei ole huomioitu vertailutasossa, mutta tulee huomioida teknisenä korjauksena.	Pieni merkitys. Maaperäsyöte pienenee ja kalibroitikerroin pienenee, mikä pienentää vertailutason nielua.
Säädata maaperän hiilivaraston muutoksen mallinnuksessa	kyllä	Vertailutasolaskennassa säädataa oli käytettävissä vuoteen 2017 asti, päivitetään vähintään vuoteen 2020 asti, mutta todennäköisesti vuoteen 2025 sitä mukaa kun tietoja saadaan.	Todennäköisesti lämpevä ilmasto pienentää kivennäismaaperän nielua vertailutasossa ja kasvattaa turvemaiden päästöjä.
Metsityksen 30 vuoden muutos-aika	kyllä / ei	Mikäli Suomi siirtyisi khk-inventaariossa 20 vuoden sijasta 30 vuoden siirtymäaikaan, vaikuttaisi tämä vertailutasoon, koska metsitysalat eivät kuulu mukaan vertailutasoon.	Ei vaikutusarviota. Pidemmällä siirtymäajalla puuston kasvu olisi suurempaa, mutta myös harvennushakkuita tehtäisiin merkittävästi enemmän, joten nieluvaikutus jäisi todennäköisesti pieneksi.
Ennallistamispolto, CO ₂ , CH ₄ ja N ₂ O	kyllä	Lisätty khk-inventaarioon, lisätään myös vertailutasoon.	Merkitys hyvin pieni, päästöt kasvaneet khk-inventaariossa ja kasvavat myös vertailutasossa.
Maastopalojen biomassat	kyllä	Maastopalojen biomassoja on päivitetty uusimman tiedon mukaisesti, tulee huomioida teknisenä korjauksena.	Hyvin pieni merkitys, ei arviota vaikutuksen suunnasta.
Metsäpalot	kyllä	Eivät ole tällä hetkellä sisällytetty vertailutasoon, lisätään teknisenä korjauksena.	Merkitys hyvin pieni, kasvattaa päästöjä vertailutasossa.
Puutuotteet	ei	Puutuotteista sahatavara ja puulevyt raportoidaan erillään paperi- ja kartonkituotteista.	Ei vaikutusta vertailutasoon, mutta erillisen tilinpitosäännön kautta voi vaikuttaa tilinpitolaskelman lopputulokseen.
Luonnonhäiriöiden tilinpito	kyllä / ei	Mikäli Suomi päättäisi käyttää luonnonhäiriöiden tilinpitosääntöä, tulisi häiriöalueet jättää pois vertailutasosta.	Ei vaikutusarviota.

4.3. Arviot metsien vertailutason saavuttamisesta 2021–2025

Metsien nettohiilinielusta kaudella 2021–2025 on toistaiseksi käytettävissä niukasti tietoa, vain vuotta 2021 koskeva kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotulos.

Metsien vertailutaso kaudelle 2021–2025 on -29,4 milj. t CO₂-ekv. vuodessa ilman teknisiä korjauksia. Kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotulosten mukaan toteutunut hoidetun metsämaan nettohiilinielu oli -11,4 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia (AR5-kertoimilla laskettu arvo) vuonna 2021. Mikäli käytetään AR4-kertoimia kuten vertailutasossa, hoidetun metsämaan nettohiilinielu oli -11,3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Koska vertailutasoa ei ole teknisesti korjattu, ei ole tarkoituksenmukaista laskea erotusta toteutuneen ja tavoitteen välillä, mutta voidaan kuitenkin arvioida, että vuoden 2021 osalta vertailutasoa ei tulla saavuttamaan myöskään teknisen korjauksen jälkeen.

Puuston kokonaispoistuma vuonna 2021, 91,6 miljoonaa kuutiometriä, oli toiseksi korkein tilastohistoriassa vuoden 2018 ennätysvuoden jälkeen. Vuodelle 2022 on tilastotietoa teollisuuden käyttöön hakatun puun määrästä tammi-lokakuulta. Vuoteen 2021 verrattuna vuoden 2022 hakkuumäärät ovat olleet 3 prosenttia pienemmät, mutta marras-joulukuun hakkuut voivat vaikuttaa tilanteeseen merkittävästikin. Erityisesti energiapuun korjuumäärät ovat kasvaneet elo-syyskuussa verrattuna vuoteen 2021, syyskuussa energiapuuta korjattiin 26 prosenttia enemmän kuin edeltävän vuoden syyskuussa (SVT 2022d: Puun markkinahakkuut, lokakuu 2022).

Vuosien 2022–2025 inventaariotiedot tulevat puuston kasvun osalta perustumaan VMI13:n mittausvuosiin 2019–2023 eli suurelta osin samaan aineistoon, johon perustuu VMI:n tuorein kasvuarvio 103,2 miljoonaa kuutiometriä eli kasvun arvioon vaikuttavat kasvukaudet 2014–2023.

Puuston kasvuarvio tulee kuitenkin todennäköisesti vielä muuttumaan ennen kuin kasvihuonekaasuinventaarion vuotta 2025 koskeva inventaariolähetys ja vertailutason tekninen korjaus toimitetaan komissiolle vuonna 2027 johtuen vuosittain käyttöön saatavasta uudesta VMI-mittaustiedosta.

4.4. Arviot maatalousmaiden osalta

Kuten metsistä, ei myöskään maatalousmaista ole saatavilla muuta tietoa kauden 2021–2025 päästökehityksestä kuin ennakkotiedot vuodelle 2021. Maatalousmaiden päästöistä ei kuitenkaan ole havaittu yhtä merkittäviä muutoksia kuin metsämaan nielusta, eikä tällaisia ole odotettavissa lähivuosina.

Ennakkotietojen mukaan vuoden 2021 hoidetun viljelysmaan päästöt ylittävät peruskauden keskimääräiset päästöt 0,9 miljoonalla hiilidioksidiekvivalenttitonnilta (kuva 20c). Päästöt ovat olleet peruskauden keskimääräisiä päästöjä suuremmat vuodesta 2016 lähtien. MISU-WAM-skenaariossa (Ollila ym. 2022) hoidetun viljelysmaan päästöt vähenevät vuoteen 2025 saakka, mutta tililuokan päästöt jäävät silti hieman peruskauden päästöjen yläpuolelle. Jos oletettu trendi toteutuu tulevina vuosina, hoidettu viljelysmaa tulee olemaan laskennallinen päästö.

Hoidetun ruohikkoalueiden päästöt ovat olleet peruskauden keskiarvoa pienemmät jo vuodesta 2008 lähtien. Ne olivat ennakkotietojen mukaan 0,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia peruskauden keskimääräisiä päästöjä pienemmät vuonna 2021 (kuva 20d). MISU-WAM-skenaariossa hoidetun ruohikkoalueen päästöt ovat vuonna 2025 hieman nykytasoa suuremmat, mutta lisäys ei johda perusjaksoa ylittäviin päästöihin. On siksi todennäköistä, että hoidettu ruohikkoalue kaudella 2021–2025 lasketaan (pieneksi) poistumaksi. Tämänhetkisten tietojen perusteella ruohikkoalueiden laskennallinen poistuma on kuitenkin vain yhdeksäsosa viljelysmaiden laskennallisesta päästöstä.

4.5. Laskentaan liittyvät epävarmuudet

Arvioihin sisältyy useita epävarmuuslähteitä. Kasvihuonekaasuinventaarioon liittyviä epävarmuuksia on käsitelty luvussa 2.4.1 ja erityisesti metsävaraskenaarioiden mallinnukseen liittyviä epävarmuuksia luvussa 2.4.2.

Tässä työssä ei ole laskettu uutta skenaariota LULUCF-sektorille vaan arvioitu tilannetta aiempien töiden ja toisaalta historiallisen kehityksen pohjalta. Sekä kansallisesti että kansainvälisesti toimintaympäristö on muuttunut nopeasti viimeisimpien skenaariolaskentojen jälkeen. Toimintaympäristö voi edelleen muuttua merkittävästi lyhyessä ajassa, joten tulevaisuuden kehityksen arviointi on hyvin haastavaa.

Kasvihuonekaasuinventaarioon tehdään jatkuvasti menetelmäkehitystä ja uudet menetelmät tai uusien tutkimustulosten käyttöönotto voivat merkittävästi vaikuttaa raportoitaviin tuloksiin ja sitä kautta tilinpidon lopputuloksiin tulevina vuosina. Menetelmäkehitys voi muuttaa tulosten aikasarjoja myös takautuvasti, jolloin myös tilinpidon vertailuluvut voivat muuttua. Syynä menetelmämuutoksiin ovat sekä UNFCCC:n että EU-tarkastuksissa annetut suositukset (on pakollinen muutos), inventaarion kattavuuden lisääminen esimerkiksi pakollisten päästöluokkien laskentaa uudistamalla uudella kansallisella datalla tai uusilla päästökertoimilla.

Hoidettujen viljelysmaiden ja ruohikkoalueiden osalta epävarmuutta liittyy mahdollisiin uusiin ilmastotoimenpiteisiin ja niiden vaikutusten laskentaan. Esimerkiksi, jos viljelysmaa vetetään kosteikoksi, se säilyy edelleen hoidettujen viljelysmaiden tilinpitoluokassa. Lisäksi vertailuluvut näille luokille lasketaan vasta vuoden 2025 khk-inventaariolähteyksestä, eli ne voivat muuttua menetelmäkehityksen myötä.

Metsien osalta epävarmuuteen liittyy tulevaisuuden kehityksen arvioinnin lisäksi myös metsien vertailutason teknisen korjauksen suuruus. Tekniseen korjaukseen vaikuttavia tekijöitä on arvioitu luvussa 4.2, mutta kaikkia tekijöitä huomioivaa laskelmaa ei ole tehty. Teknisen korjauksen suuruutta ei ole mahdollista arvioida ilman kokonaisuuden huomioivaa laskelmaa. On myös huomioitava, että komissio saattaa antaa tulevaisuudessa uusia ohjeita teknisen korjauksen suhteen, joten tämän raportin arvio on vain yksi tulkinta teknisestä korjauksesta.

4.6. Joustomahdollisuuksien käyttö

LULUCF-asetuksessa ((EU) 2018/841) sektorin laskentasäännöt ja joustomahdollisuudet koskevat kautta 2021–2030. Tätä lausuntoa laadittaessa ei ole vielä tiedossa, miten asetus tulee muuttumaan. Tässä joustoja käsittelevässä osuudessa on kuitenkin tuotu esiin heinäkuussa 2021 Fit for 55 -pakettiin sisältyvissä ehdotuksissa esitettyjä vuosia 2021–2025 koskevia muutoksia (Komission ehdotus COM(2021) 554 final).

Tilinpitoluokkien väliset joustot

LULUCF-asetuksen 4 artiklan velvoitteen (nettonollapäästö I. ”no debit” -sääntö) täyttymistä arvioitaessa muodostetaan ensin nettopäästöt ja -poistumat tilinpitoluokittain kasvihuonekaasuinventaarion tuloksista, jonka jälkeen lasketaan tilinpitoluokkien tilinpitosääntöjen mukaiset tulokset (ks. luku 4.1). Tämän jälkeen luokkien tulokset summataan yhteen, jolloin yhden luokan negatiivinen tulos (nettopoistuma) kompensoi toisen luokan positiivista tulosta (nettopäästöä). On kuitenkin huomattava, että nettopoistuman eli laskennallisen nielun hyödyntämistä rajoitetaan hoidetun metsämaan tilinpitoluokassa enimmäismäärällä, joka on Suomen osalta noin 2,5 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia vuodessa. Rajoite ei kuitenkaan koske hoidetun metsämaan tilinpidon hiilivarastojen puutuotteet (pois lukien paperi) ja kuollut puuaines nettopoistumia. Jos hoidetun metsämaan tilinpitoluokan tulos on nettopäästö, se luetaan koko LULUCF-sektorin tuloksen laskennassa täysimääräisenä.

Yleiset joustomahdollisuudet

LULUCF-asetuksen 12 artiklassa on kuvattu yleiset joustomahdollisuudet. Jos LULUCF-sektorin tulos on positiivinen eli tilinpitosääntöjen mukaisesti lasketut päästöt ovat poistumia suurempia eli LULUCF-sektori on laskennallinen päästölähde, jäsenvaltio voi kompensoida päästöt taakanjakosektorilta poistetuilla päästökiintiöillä. Taakanjakoasetuksen mukaisesti ((EU) 2018/842) poistettavat päästökiintiöt voivat olla peräisin jäsenvaltion päästökiintiösäästöistä ja jäsenvaltioiden välisistä päästökiintiöiden siirroista. LULUCF-sektorin päästöjä voidaan myös kompensoida LULUCF-sektorin nettopoistumien siirroilla sellaisilta jäsenvaltioilta, joilla LULUCF-sektori on laskennallinen nielu ja LULUCF-sektorilta on jäljellä ”ylimääräisiä” nettopoistumia taakanjakosektorille mahdollisesti tehtyjen siirtojen jälkeen. Edellä mainitut joustomahdollisuudet ovat toisiaan täydentäviä, eikä niiden käytön järjestyksestä säädetä asetuksessa

Jos LULUCF-sektorin poistumat ylittävät päästöt ja LULUCF-sektori on laskennallinen nielu, jäsenvaltio voi hyödyntää ylimääräisiä nettopoistumia taakanjakosektorilla taakanjakoasetuksen 7 artiklan mukaisesti. Hoidettu metsämaan ja hoidettu kosteikko tilinpitoluokkia ja niiltä peräisin olevia nettopoistumia ei kuitenkaan huomioida. Komissiolle on kuitenkin annettu oikeus antaa delegoituja säädöksiä, ja hoidetun metsämaan tilinpitoluokka voidaan ottaa mukaan tarkasteluun sen jälkeen, kun metsien jäsenvaltiokohtaiset vertailutasot on vahvistettu. Hoidetun kosteikon tilinpitoluokka voidaan puolestaan ottaa mukaan tarkasteluun vasta sen jälkeen, kun kaikki jäsenvaltiot pitävät tiliä tästä luokasta. Taakanjakoasetuksen tarkistusehdotuksessa (Komission ehdotus COM(2021) 555 final) taakanjakoasetuksen liitteen III otsikkoa esitetään muutettavaksi siten, että LULUCF-sektorilta siirrettävät nettopoistumat voivat olla peräisin kaikista LULUCF-sektorin tilinpitoluokista.

Taakanjakoasetuksen liitteessä III on määritelty jäsenvaltiokohtainen LULUCF-sektorin nettopoistumien enimmäismäärä, jonka jäsenvaltio voi hyödyntää täyttääkseen taakanjakoasetuksen velvoitteet. Suomen osalta enimmäismäärä on -4,5 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia kaudella 2021–2030. LULUCF-asetuksen tarkistusehdotuksessa (Komission ehdotus COM(2021) 554 final) esitetään, että jäsenvaltioiden siirtomahdollisuudet jaettaisiin puoliksi kausien 2021–2025 ja 2026–2030 välillä. Jäsenvaltio voi myös siirtää LULUCF-sektorin ylimääräiset nettopoistumat toiselle jäsenvaltiolle, joka puolestaan voi käyttää niitä 4 artiklan veloitteen täyttämiseksi (artikla 12, kohta 2). Lisäksi voimassa olevan LULUCF-asetuksen mukaan jäsenvaltio voi tallettaa kauden 2021–2025 ylimääräiset nettopoistumat käytettäväksi kaudella 2026–2030. LULUCF-asetuksen tarkistusehdotuksessa talletusmahdollisuus esitetään poistettavaksi osana laajempaa LULUCF-sektorin tilinpitosääntöjen muutosta.

Hoidettua metsämaata koskeva joustomahdollisuus

LULUCF-asetuksen 13 artiklassa on kuvattu hoidettua metsämaata koskeva joustomahdollisuus eli metsäjousto. Metsäjoustoa voidaan käyttää kompensoimaan hoidetun metsämaan tilinpitoluokan metsien vertailutason käytöstä aiheutuvaa laskennallista päästöä. Jäsenvaltiolle on myönnetty metsäjouston enimmäismäärä kaudella 2021–2030 (liite VII). LULUCF-asetuksen johdannon 24 kohdassa todetaan, että runsasmetsäiset maat, joilla on rajalliset mahdollisuudet kasvattaa metsäpinta-alaansa ovat saaneet suhteellisesti suuremman kompensatiomahdollisuuden. Suomen metsäjouston suuruus on -44,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia kaudella 2021–2030. LULUCF-asetuksen tarkistusehdotuksessa metsäjouston käyttö esitetään rajattavaksi kauteen 2021–2025 ja sen suuruudeksi 50 prosenttia liitteen VII mukaisesta määrästä.

Metsäjouston käyttöön liittyy tiettyjä ehtoja (artikla 13, kohta 2). Jos jäsenvaltio aikoo hyödyntää metsäjoustoa, tulee sillä olla strategia, jolla varmistetaan metsänielujen ja -varastojen ylläpito tai lisääminen. Lisäksi LULUCF-sektorin kokonaispäästöt EU:ssa eivät saa ylittää kokonaispoistumia. Jos edellä mainitut ehdot täyttyvät, jäsenvaltio voi käyttää metsäjoustoa metsien laskennallisen päästön kompensointiin (artikla 13, kohta 2). Artiklan 13 kohdassa 4 Suomelle myönnetään 10 miljoonan hiilidioksiditonnan kompensatio kaudelle 2021–2030, jota voidaan käyttää edellä mainitun kohdan 2 ehtojen täytyessä. Tarkemmin ei kuitenkaan määritellä, mihin tätä lisäkompensatiota voidaan käyttää. Suomen tulkinta on ollut, että lisäkompensatiota voitaisiin käyttää esimerkiksi muiden tilinpitoluokkien, kuten metsäkadon, päästöjen kompensointiin. Komission näkemys on ollut, että näin ei voitaisi tehdä, vaan

lisäkompensaation käyttömahdollisuudet vastaisivat metsäjoustop käytömahdollisuuksia ja rajoittuisivat metsien laskennallisen päästön kompensointiin. Lisäkompensaatiosta säädetään toisaalta nimenomaan metsäjoustop koskevan artiklan 13 alla, mutta toisaalta lisäkompensaation käytön osalta ei viitata artiklan 13 alakohtaan 3, jossa määritetään metsäjoustop käytömahdollisuudet.

LULUCF-asetuksen tarkistusehdotuksessa Suomen lisäkompensaatiosta ehdotetaan kokonaan uutta artiklaa 13a. Lisäkompensaation määrä puolitettaisiin viiteen miljoonaan hiilidioksidiekvivalenttonniin, ja sen käyttö rajattaisiin kauteen 2021–2025. Lisäkompensaatiota voitaisiin käyttää tilinpitoluokissa hoidettu metsämaa, metsäkatoalue, hoidettu viljelymaa ja hoidettu ruohikkoalue. Metsäkadon osalta lisäkompensaatiota voitaisiin kuitenkin käyttää vain ennen vuotta 2018 tapahtuneesta metsäkadosta aiheutuvien päästöjen kompensointiin. Lisäkompensaatiota ei voitaisi siirtää muille jäsenvaltioille, vaan se olisi käytettävä Suomen oman artiklan 4 mukaisen veloitteen täyttämiseen.

4.7. Arvio veloitteen toteutumisesta

LULUCF-sektorin veloitteen toteutumista arvioitiin olettaen neljä erilaista hoidetun metsämaan nettopäästön/-poistuman tasoa kaudella 2021–2025. Hoidetun viljelysmaan, hoidetun ruohikkoalueen, metsitetyn maan ja metsäkatoalueen päästöjen ja poistumien oletettiin pysyvän viime vuosien keskimääräisellä tasolla (taulukko 5). Metsäkatoalueen laskennassa ei ole huomioitu LULUCF-asetusehdotuksen 13 a artiklan Suomen lisäkompensaation käytön rajaamista koskemaan ennen vuotta 2018 tapahtuneesta metsäkadosta aiheutuvia päästöjä (Komission ehdotus COM(2021) 554 final). Metsäjoustop ja Suomen erillisjoustop arvoina on käytetty LULUCF-asetuksen muutosehdotuksessa esitettyjä enimmäismääriä.

Kussakin tapauksessa hoidetun metsämaan tilanne kuvaa kauden 2021–2025 yhteenlaskettuja päästöjä ja poistumia.

Tapaus 1: Tilinpitoluokan hoidettu metsämaa raportoidut päästöt ja poistumat kaudella 2021–2025 ovat yhtä suuret eli nettonielu on 0 Mt CO₂-ekv. Tämä toteutuisi esimerkiksi, jos hakkuut nousisivat vuoden 2021 tasosta useilla miljoonilla kuutiometreillä koko loppukaudeksi ja puuston kasvu olisi nykyisellä tasolla.

Tapaus 2: Tilinpitoluokan hoidettu metsämaa nettonielu kaudella 2021–2025 on -57 Mt CO₂-ekv. Tämä vastaa vuoden 2021 ennakkotuloksen (14.12.2022) tasoa.

Tapaus 3: Tilinpitoluokan hoidettu metsämaa nettonielu kaudella 2021–2025 on -89 Mt CO₂-ekv. Tämä vastaa vuosien 2017–2021 keskiarvon tasoa.

Tapaus 4: Tilinpitoluokan hoidettu metsämaa nettonielu kaudella 2021–2025 on -160 Mt CO₂-ekv. Teoreettinen tarkastelu, jossa hoidettu metsämaa -luokasta saadaan täysimääräinen kattoluvun suuruisen laskennallinen nielu -12,5 Mt CO₂-ekv.

Taulukossa 5 esitetty laskenta etenee niin, että ensin esitetään kunkin tilinpitoluokan kauden 2021–2025 oletetut raportoidut nettopäästöt ja -poistumat (kohta 1). Niistä on vähennetty kunkin luokan vertailuarvo, jolloin saadaan laskennallinen päästö tai poistuma (kohta 2). Ainoastaan tapaus 4 tuottaa hoidetulle metsämaalle laskennallisen nielun, ja sitä voidaan käyttää kattoluvun verran (-12,5 Mt CO₂-ekv.). Kohdassa 3 hoidetun metsämaan laskennallista päästöä kompensoidaan ns. metsäjoustopilla, joka on mahdollista silloin, kun laskenta tuottaa hoidettu metsämaa -tililuokalle päästön, vaikka luokasta on raportoitu nettonielu. Suurin mahdollinen metsäjoustop on 22,05 Mt CO₂-ekv. Tapauksessa 1 metsäjoustopia ei voi käyttää, koska raportoitavaa nielua ei ole. Tapauksissa 2 ja 3 metsäjoustop käytetään täysimääräisesti. Tapauksessa 4 sitä ei tarvita, koska hoidettu metsämaa on laskennallinen nielu. Lopuksi käytetään Suomen erilliskompensaatio 5 Mt CO₂-ekv. (kohta 4). Sitä voidaan käyttää kaikissa tapauksissa. Laskelmissa oletetaan, että EU-tason tavoitteet saavutetaan, ja joustop voidaan käyttää soveltamalla sääntöjä Suomen tilanteeseen.

LULUCF-sektorin päästöt voidaan kompensoida poistamalla taakanjakosektorin vuosittaisia päästökiintiöitä tai ostamalla yksiköitä toisilta jäsenvaltioilta. Ainoastaan tapaus 4 tuottaa tuloksen, jossa ei tarvita joustopia taakanjakosektorilta tai muilta jäsenvaltioilta.

Ennakkotulos ei anna tässä vaiheessa täyttä kuvaa sektorin tulevasta tilanteesta. Kuitenkin on hyvin todennäköistä, että alentunut metsämaan nettonielu tulee vaikeuttamaan kauden 2021–2025 veloitteen saavuttamista. Myös muiden tilinpituoluokkien laskennassa on epävarmuuksia, mutta niiden päästöihin ei ole odotettavissa suuria muutoksia. Tämän hetken tilanteen perusteella tavoitetta ei saavuteta ilman yksiköiden ostoa.

Taulukko 5. Arviot LULUCF-sektorin veloitteen saavuttamisesta. Esitetyt lukuarvot koskevat viiden vuoden kautta, milj. t CO₂-ekv. Tilinpituoluokkien vertailuarvojen perusteet esitetään luvussa 4.1.

	Tapaus 1	Tapaus 2	Tapaus 3	Tapaus 4	Vertailuarvo
1. Päästöt ja poistumat kaudella 2021–2025					
Hoidettu metsämaa	0	-57	-89	-160	-147 ^{*)}
Hoidettu viljelysmaa	32	32	32	32	29 ^{**)}
Hoidettu ruohikkoalue	3	3	3	3	4 ^{**)}
Metsitetty maa	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	0
Metsäkatoalue	16	16	16	16	0
YHTEENSÄ	50	-7	-39	-110	
2. Laskennalliset päästöt/poistumat					
Hoidettu metsämaa	147	90	58	-12,5	
Hoidettu viljelysmaa	3	3	3	3	
Hoidettu ruohikkoalue	-1	-1	-1	-1	
Metsitetty maa	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	
Metsäkatoalue	16	16	16	16	
YHTEENSÄ	165	108	76	5	
3. Tilanne metsäjouaston jälkeen (22,05 Mt CO₂-ekv.)					
YHTEENSÄ	165	86	54	5	
4. Tilanne FI kompensaaion jälkeen (5 Mt CO₂-ekv.)					
YHTEENSÄ	160	81	49	0	

^{*)} Suomen metsänhoidon vertailutaso ennen teknistä korjausta (Komission delegoitu asetus (EU) 2021/268).

^{**)} Perustuvat vuoden 2023 kasvihuonekaasuinventaariossa raportoituihin päästöihin kokonaisluvuiksi pyöristettynä.

4.8. Muita näkökohtia

EU:n vihreän kehityksen ohjelmaa osaltaan toteuttavan EU:n ilmastolain (Asetus (EU) N:o 2021/1119) kasvihuonekaasujen nettovähennystavoite liittii LULUCF-sektorin entistä tiukemmin osaksi EU:n oikeudellisesti sitovaa säätelyä. EU:n biodiversiteettistrategia (Komission tiedonanto COM(2020) 380 final) ja siihen liittyvät esitykset, kuten ennallistamisastus, puolestaan asettavat LULUCF-sektorin hiilinielujen ja -varastojen vahvistamistavoitteiden rinnalle luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen ja lisäämiseen liittyviä päämääriä. Komission vuosina 2020–2022 tekemissä lukuisissa LULUCF-sektoria

koskevilla ehdotuksissa ilmastohyötyjen nähdään syntyvän yhdessä monimuotisuushyötyjen kanssa säätelemällä biomassojen käyttöä etenkin energian tuotannossa, edistämällä biomassojen käyttöä pitkäikäisiin hiiltä sitoviin tuotteisiin esimerkiksi rakentamisessa ja säilyttämällä sekä kasvattamalla LULUCF-sektorin hiilivarastoja maaperässä ja maanpäällisessä biomassassa.

Komission Kestävä hiilen kierto -tiedonannossa (Komission tiedonanto COM(2021) 800 final) hiiliviljely nostetaan erääksi ratkaisuksi EU:n ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Hiiliviljelyllä tarkoitetaan muun muassa sellaisia maankäyttötapoja, joilla tehostetaan hiilen sitoutumista biomassaan, kuolleeseen orgaaniseen ainekseen sekä maaperään. Tällaisia maankäyttötapoja ovat esimerkiksi metsittämien ja uudelleen metsittäminen. Potentiaalia nähdään myös hiilen teollisessa talteenotossa, käytössä ja varastoinnissa. Rakentamisen puutuotteiden käyttö on esimerkki hiilen varastoinnista rakennusteollisuudessa. Kestävä hiilenkierto -tiedonannon merkittävin hallinnollinen tavoite on hiilen poistamisen sertifiointia koskeva säätelykehys, josta komission tulisi antaa esitys vielä vuoden 2022 aikana. Hiiliviljelyyn ja hiilikompensaatiomekanismeihin liittyy lisäisyys- ja kaksoislaskentaongelmia, joita komission säätelykehysten odotetaan selkiyttävän. Hiiliviljelyn rahoittaminen voisi perustua niin julkiseen kuin yksityiseen rahoitukseen. Julkisen rahoituksen lähteiksi kaavaillaan EU:n yhteistä maatalouspolitiikkaa, LIFE-ohjelmaa, koheesiopolitiikka sekä valtiontukia. Hiiliviljely onkin huomioitu komission luonnoksessa maa- ja metsätalouden valtiontukien suuntaviivoiksi, jotka mahdollistavat hiiliviljelyyn liittyvien kansallisten tukijärjestelmien luomisen.

Biomassojen energiakäyttöön liittyen päästökauppadirektiivin tarkistuksessa (Komission ehdotus COM(2021) 551 final) esitetään, että biomassojen päästökerroin on nolla, vain jos ne täyttävät uusiutuvan energian direktiivin (Direktiivi (EU) 2018/2001) kestävyyskriteerit, joita myös tarkistetaan parhaillaan. Etenkin metsäbiomassojen kestävyyskriteerit ovat tiukentumassa. Euroopan parlamentti on lisäksi esittänyt niin sanotun primääriseen metsäbiomassan käytölle vuosien 2017–2022 keskimääräiseen käyttöön perustuvaa kattotasoa, jonka ylittävää määrää ei laskettaisi jatkossa kestäväksi uusiutuvaksi energiaksi. Vaikka Euroopan parlamentin primääristä puubiomassa koskeva kattotasoehdotus ei etenisi kolmikantaneuvotteluissa, päästökauppadirektiivin ja uusiutuvan energian direktiivin tarkistukset voivat kuitenkin johtaa siihen, että biomassa, erityisesti metsäbiomassa, lasketaan tietyissä tilanteissa päästölähteeksi sekä LULUCF- että päästökauppareioilla.

Lähteet

Aakkula, Jyrki; Asikainen, Antti; Kohl, Johanna; Lehtonen, Aleks; Lehtonen, Heikki; Ollila, Paula; Regina, Kristiina; Salminen, Olli; Sievänen, Risto; Tuomainen, Tarja. 2019. Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050. Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 20/2019: 70 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-650-8>

Asetus (EU) N:o 2018/1999. Ns. hallintomalliasetus. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2018/1999, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, energiaunionin ja ilmastotoimien hallinnosta, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusten (EY) N:o 663/2009 ja (EY) N:o 715/2009, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivien 94/22/EY, 98/70/EY, 2009/31/EY, 2009/73/EY, 2010/31/EU, 2012/27/EU ja 2013/30/EU, neuvoston direktiivien 2009/119/EY ja (EU) 2015/652 muuttamisesta sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) N:o 525/2013 kumoamisesta . [Viitattu 2.11.2022] Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1999&from=EN>

Asetus (EU) N:o 2018/841. Ns. LULUCF-asetus. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2018/841, annettu 30 päivänä toukokuuta 2018, maankäytöstä, maankäytön muutoksesta ja metsätaloudesta aiheutuvien kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien sisällyttämisestä vuoteen 2030 ulottuviin ilmasto- ja energiapolitiikan puitteisiin sekä asetuksen (EU) N:o 525/2013 ja päätöksen N:o 529/2013/EU muuttamisesta. Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841>

Asetus (EU) N:o 2018/842. Ns. taakanjakoasetus. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2018/842, annettu 30 päivänä toukokuuta 2018, sitovista vuotuisista kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksistä jäsenvaltioissa vuosina 2021–2030, joilla edistetään ilmastotoimia Pariisin sopimuksen sitoumusten täyttämiseksi, sekä asetuksen (EU) N:o 525/2013 muuttamisesta. Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R084>

Asetus (EU) N:o 2021/1119. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2021/1119, annettu 30 päivänä kesäkuuta 2021, puitteiden vahvistamisesta ilmastoneutraaliuden saavuttamiseksi sekä asetusten (EY) N:o 401/2009 ja (EU) 2018/1999 muuttamisesta (eurooppalainen ilmastolaki). Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>

Bioenergia ry. 2022a. Energiaturvetuotannon elvyttäminen vaatii pidempää näkymää. 1.4.2022. [Viitattu 25.11.2022]. Saantitapa: <https://www.bioenergia.fi/2022/04/01/energiaturvetuotannon-elvyttaminen-vaatii-pidempaa-nakymaa/>

Bioenergia ry. 2022b. Polttoainemarkkinoiden lyhyen aikavälin näkymät. 3.11.2022. [Viitattu 25.11.2022]. Saantitapa: <https://www.bioenergia.fi/2022/11/03/polttoainemarkkinoiden-lyhyen-aikavalin-nakymat/>

Bioenergia ry. 2022c. Turpeella voidaan helpottaa energiakriisiä – edellyttää vähintään kahden hallituskauden kestävä ohjelmaa. 7.9.2022. [Viitattu 25.11.2022]. Saantitapa: <https://www.bioenergia.fi/2022/09/07/turpeella-voidaan-helpottaa-energiakriisia-edellyttaa-vahintaan-kahden-hallituskauden-kestavaa-ohjelmaa/>

Direktiivi (EU) 2018/2001. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu) Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=fi>

ELY. 2022. Turvetuotantokoneiden romutustuki. <https://www.ely-keskus.fi/turvetuotantokoneiden-romutustuki>

Energiavirasto. 2022. Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi Suomessa yli 100 megawattia vuonna 2021. [Viitattu 25.11.2022]. Saantitapa: <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>

Huoltovarmuuskeskus 2022. Huoltovarmuuskeskus aloittaa polttoturpeen varmuusvarastoinnin. 15.6.2022. [Viitattu 25.11.2022]. Saantitapa: <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/a/huoltovarmuuskeskus-aloittaa-polttoturpeen-varmuusvarastoinnin>

Hynynen J. & Saramäki J. 1995. Ensiharvennuksen viivästymisen ja harvennusvoimakkuuden vaikutus nuoren männikön kehitykseen. Metsätieteen aikakauskirja 2/1995: 99–113. Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 1995 numero 2 artikkeli id 5949. <https://doi.org/10.14214/ma.5949>

Kniivilä, M., Hirvelä, H., Lintunen, J., Mutanen, A., Vatanen, E., Viitanen, J. & Kurttila, M. 2022. Metsien tiukan lisäsuojelun hakkuumahdollisuus-, arvonlisäys- ja työllisyysvaikutusten arviointi: Skenaariotarkastelu EU:n biodiversiteettistrategiasta Suomessa. Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 64/2022. 37 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-480-7>

Koljonen, Tiina; Aakkula, Jyrki; Honkatukia, Juha; Soimakallio, Sampo; Haakana, Markus; Hirvelä, Hannu; Kilpeläinen, Harri; Kärkkäinen, Leena; Laitila, Juha; Lehtilä, Antti; Lehtonen, Heikki; Maanavilja, Liisa; Ollila, Paula; Siikavirta, Hanne; Tuomainen, Tarja. 2020. Hiilineutraali Suomi 2035 - Skenaariot ja vaikutusarviot. VTT Technology 366: 150 p. <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2020.T366>

Koljonen, T., Lehtilä, A., Honkatukia, J., & Markkanen, J. 2022. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ilmasto- ja energiapolitiittisten toimien vaikutusarviot: Hiilineutraali Suomi 2035 (HIISI) -jatkoselvitys. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Technology No. 402 <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2022.T402>

Komission delegoitu asetus (EU) 2020/1044, annettu 8 päivänä toukokuuta 2020, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2018/1999 täydentämisestä lämmitysvaikutusten, inventaario-ohjeiden ja unionin inventaariojärjestelmän osalta sekä komission delegoidun asetuksen (EU) N:o 666/2014 kumoamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/GA/TXT/?uri=CELEX:32020R1044>

Komission delegoitu asetus (EU) 2021/268, annettu 28 päivänä lokakuuta 2020, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2018/841 liitteen IV muuttamisesta niiden metsien vertailutasojen vahvistamiseksi, joita jäsenvaltioiden on sovellettava kaudella 2021–2025. http://data.europa.eu/eli/reg_del/2021/268/oj

Komission ehdotus COM(2021) 551 final. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmän toteuttamisesta unionissa annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2003/87/EY, markkinavakausvarannon perustamisesta unionin kasvihuonekaasupäästöjen kauppajärjestelmään ja sen toiminnasta annetun päätöksen (EU) 2015/1814 sekä asetuksen (EU) 2015/757 muuttamisesta. Annettu 14.7.2021. Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0551&qid=1670422578574&from=EN>

Komission ehdotus COM(2021) 554 final. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus asetuksen (EU) 2018/841 muuttamisesta siltä osin kuin on kyse soveltamisalasta, vaatimusten noudattamista koskevien sääntöjen yksinkertaistamisesta, jäsenvaltioiden tavoitteiden asettamisesta vuodelle 2030 ja sitoutumisesta ilmastoneutraaliuden saavuttamiseen yhteisesti vuoteen 2035 mennessä maankäytön, metsätalouden ja maatalouden sektorilla sekä asetuksen (EU) 2018/1999 muuttamisesta seurannan, raportoinnin, edistymisen seurannan ja uudelleentarkastelun osalta. Annettu 14.7.2021. Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0554>

Komission ehdotus COM(2021) 555 final. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus sitovista vuotuisista kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksistä jäsenvaltioissa vuosina 2021–2030, joilla edistetään ilmastotoimia Pariisin sopimuksen sitoumusten täyttämiseksi, annetun asetuksen (EU)

2018/842 muuttamisesta. Annettu 14.7.2021. Saantitapaa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0555>

Komission tiedonanto COM(2020) 380 final. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia Luonto takaisin osaksi elämäämme. Annettu 20.5.2020. Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380&from=EN>

Komission tiedonanto COM(2021) 550 final. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Valmiina 55:een: Vuoden 2030 ilmastotavoitteesta totta matkalla kohti ilmastoneutraaliutta. Annettu 14.7.2021. Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550>

Komission tiedonanto COM(2021) 800 final. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille ja neuvostolle. Kestävä hiilen kierto. Annettu 15.12.2021. Saantitapa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0800&from=EN>

Kärkkäinen, L., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Kniivilä, M., Kohl, J., Korhonen, K.T., Kurttila, M., Lempinen, R., Miina, J., Mutanen, A., Neuvonen, M., Nieminen, M., Ollila, P., Piirainen, S., Sarkkola, S., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Tyrväinen, L., Vatanen, E. & Viitanen, J. 2022. Taustaselvitys Kansallinen metsästrategia 2035:n valmistelua varten: Skenaarioihin perustuva tarkastelu. Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 61/2022. 131 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-474-6>

Laki metsityksen määräaikaisesta tukemisesta (1114/2020). Maa- ja metsätalousministeriö. Voimaantulo 1.1.2021–31.12.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20201114>

Lehtonen, H. 2022. Ruoantuotannon hiili-euro-ohjelma (HERO). Luonnonvarakeskuksen tekemä työ maa- ja metsätalousministeriölle. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. Saantitapa: https://mmm.fi/documents/1410837/1516663/HERO_selvitys_A4_2022.pdf/9fbf32ea-2a0b-3a4f-a0e8-b59c1e1b0995/HERO_selvitys_A4_2022.pdf?t=1650617552625

Luke 2022a. Seurantajulkistus 24.5.2022. Kasvihuonekaasuinventaarion pikaennakkotiedot vuodelle 2022: uusien puuston kasvutietojen huomioon ottaminen kääntää LULUCF-sektorin päästölähteeksi. [Viitattu: 2.11.2022]. Saantitapa: <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaarion/kasvihuonekaasuinventaarion-pikaennakkotiedot-vuodelle-2021-uusien-puuston-kasvutietojen-huomioon-ottaminen-kaantaa-lulucfsektorin-paastolahteeksi>

Luke 2022b. Seurantajulkistus 14.12.2022. Kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotiedot vahvistavat: maankäyttösektori päästölähde vuonna 2021, metsät pysyivät edelleen nettonieluna. [Viitattu 14.12.2022]. Saantitapa: <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaarion/kasvihuonekaasuinventaarion-ennakkotiedot-vahvistavat-maankayttosektori-paastolahde-vuonna-2021-metsat-pysyivat-edelleen-nettonieluna>

Luke 2022c. MELA Tulospalvelu, VMI12 (mittausvuodet 2014–2018) [verkkójulkaisu]. Luonnonvarakeskus [viitattu 25.10.2022]. Saantitapa: <http://www.luke.fi/mela-metsalaskelmat>

Lång, K., Hakola, S., Iho, A., Kekkonen, H., Miettinen, A., Niskanen, O., Ojanen, H. & Wejberg, H. 2022. Turvepeltojen kosteikko-ohjelma. Ehdotus kosteikkoviljelyyn varatun rahoituksen käytöstä vuosina 2023–2025. Luottamuksellinen käsikirjoitus 4.11.2022. Luonnonvarakeskus.

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. & Wall, A. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035. Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021: 63. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-263-3>

Matala, J., Ojansuu, R., Peltola H., Sievänen, R. & Kellomäki, S. 2005. Introducing effects of temperature and CO₂ elevation on tree growth into a statistical growth and yield model. *Ecological Modelling* 181: 173–190. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.06.030>

Miettinen, A., Aakkula, J., Koikkalainen, K., Lehtonen, H., Luostarinen, S., Myllykangas, J.-P., Sairanen, A. & Silfver, T. 2022. Hiilineutraali Suomi 2035: Maatalouden lisätoimenpiteiden ja ruokavaliomuutoksen päästövähennysvaikutukset. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 73/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 69 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-500-2>

MMM 2022a. Valtioneuvoston selonteko maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmasta. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2022:15. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 117 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-388-6>

MMM 2022b. YMP:n strategiasuunnitelmaraportti 2021. Suomen CAP-suunnitelma 2023–2027. Versio 1.1. 21.7.2022. Saantitapa: <https://mmm.fi/documents/1410837/12210688/Suomen+vii-meistely+CAP-suunnitelma+2023-2027.pdf/667bf7ab-8af6-0afa-8c8e-ef5022178292/Suomen+viimeistely+CAP-suunnitelma+2023-2027.pdf?t=1658396108940>

Mäkinen, H., Isomäki, A. 2004a. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *Forest Ecology and Management* 201 (2-3): 311 – 325. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.016>

Mäkinen, H., Isomäki, A., 2004b. Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry* 77 (4), 349–364. <https://doi.org/10.1093/forestry/77.4.349>

National Forestry Accounting Plan for Finland. 2019. Submission of updated National Forestry Accounting Plan including forest reference level (2021–2025) for Finland (20 December 2019). Ministry of Agriculture and Forestry, Natural Resources Institute Finland. 76 s. <https://mmm.fi/documents/1410837/17627111/NFAP+for+Finland+20+December+2019.pdf/4e71389f-25ab-10fa-887e-e1d353b33b8e/NFAP+for+Finland+20+December+2019.pdf>

Neova Oy 2022. Aurinkovoiman hankekehitys. [Viitattu 23.11.2022] Saantitapa: <https://www.neova-group.com/fi/tuotteet/tuuli-ja-aurinkovoima/aurinkovoiman-hankekehitys/>

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. *Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 54/2022. 24 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-460-9>

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. 2022. Tuulivoimahankkeen suunnittelu ja toteutus. [Viitattu 23.11.2022] Saantitapa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/tuulivoimahankkeen-suunnittelu-ja-toteutus>

SVT 2022a. Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkkójulkaisu]. Viiteajankohta: 2021. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 2.11.2022]. Saantitapa: <https://stat.fi/julkaisu/cktlcpwag38sg0c5561iqop0y>

SVT 2022b. Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkkójulkaisu]. Viiteajankohta: 2021. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 14.12.2022]. Saantitapa: <https://stat.fi/julkaisu/cktlf0i203azm0a519to5exzc>

SVT 2022c. Suomen virallinen tilasto (SVT): Hakkuukertymä ja puuston poistuma. Luonnonvarakeskus [Viitattu: 12.12.2022] Saantitapa: <https://www.luke.fi/fi/tilastot/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma-alueittain-2021>

SVT 2022d. Suomen virallinen tilasto (SVT): Puun markkinahakkuut, lokakuu 2022. Luonnonvarakeskus [Viitattu: 1.12.2022] Saantitapa: <https://www.luke.fi/fi/tilastot/puun-markkinahakkuut/puun-markkinahakkuut-lokakuu-2022>

Tilastokeskus. 2019. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2017. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. Saantitapa: https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_eu_nir_2017_2019-03-15.pdf

Tilastokeskus. 2022. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2020. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. Saantitapa: https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/fi_nir_un_2020_2022-04-15.pdf

Valtioneuvoston asetus metsityksen määräaikaisesta tukemisesta (103/2021). Työ- ja elinkeinoministeriö. Voimaantulo 1.2.2021–31.12.2023. Saantitapa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210103>

Viitala, E.-J., Assmuth, A., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Mutanen, A., Wall, A., Wejberg, H. & Lehtonen, H. 2022. Maa- ja metsätalouden kannustinjärjestelmien ilmastovaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 21/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 97 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-388-6>

Viitanen, J., Mutanen, A. & Karvinen, S. (toim.). 2022. Metsäsektorin suhdannekatsaus 2022–2023. Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 86/2022. 79 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-528-6>