



Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4 | 2026

Ilmastolain tavoitteet ja täydentävät keinot niiden saavuttamiseksi

Johannes Lounasheimo, Fredric Mosley, Sampo Pihlainen, Sampo Soimakallio, Laura Saikku ja Tommi Ekholm



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Ilmastolain tavoitteet ja täydentävät keinot niiden saavuttamiseksi

Johannes Lounasheimo, Fredric Mosley, Sampo Pihlainen,
Sampo Soimakallio, Laura Saikku ja Tommi Ekholm



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4 | 2026

Suomen ympäristökeskus
Ilmastoratkaisut

Kirjoittajat: Johannes Lounasheimo¹⁾, Fredric Mosley¹⁾, Sampo Pihlainen¹⁾, Sampo Soimakallio¹⁾,
Laura Saikku¹⁾, Tommi Ekholm²⁾

¹⁾ Suomen ympäristökeskus

²⁾ Ilmatieteen laitos

Vastaava erikoistoimittaja: Nina Pirttioja

Toimeksiantaja: Ympäristöministeriö
Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (Syke)
Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Johannes Lounasheimo ja Pirkko Väänänen

Kannen kuva: © ansaharju - stock.adobe.com

Julkaisu on saatavana veloitusetta internetistä: syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke

ISBN 978-952-11-5827-8 (PDF)
ISSN 1796-1726 (verkoj.)

Julkaisuvuosi: 2026

Tiivistelmä

Ilmastolain tavoitteet ja täydentävät keinot niiden saavuttamiseksi

Hallituksen esityksen (27/2022) mukaisesti vuonna 2022 asetetun ilmastolain 2 §:n hiilineutraaliustavoite ja muut kansalliset päästövähennystavoitteet arvioidaan vuonna 2025. Tässä selvityksessä näitä tavoitteita ja täydentäviä keinoja niihin pääsemiseksi arvioidaan viimeisimmän tieteellisen tiedon perusteella, ilmastonmuutoksen eteneminen ja teknologinen kehitys huomioiden. Keinoja tarkastellaan erityisesti niiden vaikuttavuuden ja kustannustehokkuuden näkökulmista.

Ilmastolain tavoitteet perustuvat Suomen oikeudenmukaiseen osuuteen 1,5 asteen tavoitetta vastaavaa globaalista hiilibudjetista maksukykyperiaatteen mukaisesti määriteltynä, ja tätä vastaavaan päästöpoltuun. Tässä työssä päivitettyjen laskelmien mukaan ilmastolain tavoitteet ovat edelleen ajantasaisia, ja vastaavat ilmastonmuutoksen hillinnän riittävään tasoon, Pariisin sopimukseen ja EU-velvoitteisiin. EU-velvoitteiden täyttäminen vuoteen 2030 mennessä helpottaisi hiilineutraaliuden saavuttamista vuoteen 2035 mennessä. Hiilineutraalius 2035 puolestaan helpottaisi Suomen päästöbudjetissa pysymistä Pariisin sopimuksen tavoitteiden mukaisesti.

Ilmastolain tavoitteet eivät kuitenkaan ole eri skenaarioiden mukaan toteutumassa. Tavoitteisiin pääseminen edellyttää merkittävää määrää lisätoimia kaikilla sektoreilla. Erityisesti maankäyttösektorilla löytyy toimia, joiden ilmastopotentiaali ja kustannusvaikuttavuus ovat hyviä: metsien kiertoaikojen pidentäminen ja harvennusten lieventäminen. Toimien toteutumisen varmistamiseksi on kirjallisuudessa tunnistettu useita erilaisia ohjauskeinoja.

Hiilen talteenottoa ja teknisiä poistoja ei ole toistaiseksi toteutettu laajassa mittakaavassa, mutta niiden ilmastopotentiaali on merkittävä. Hankkeiden toteutumiseen liittyy epävarmuutta, ja kustannusvaikuttavuus on huono tai keskiverto. Taloudellisia kannustimia kuitenkin valmistellaan EU-tasolla. Suomessa CCUS-hankkeisiin kohdistetut tuet ovat huomattavasti muita pohjoismaita pienempiä.

Selvityksessä luodaan myös katsaus verrokkimaiden ilmastotavoitteisiin ja mahdollisuuteen käyttää kansainvälisiä joustoja ilmastolain tavoitteisiin pääsemiseksi. Suomen hiilineutraaliuden tavoitevuosi 2035 on tässä työssä tarkasteltuja maita jonkin verran tiukempi tavoiteaikataulultaan, mutta esimerkiksi Ison-Britannian päästövähennystavoitteet tai Ruotsin taakanjakosektorin velvoitteet ovat tiukempia kuin Suomessa. Tavoitteiden kunnianhimon tasoa on vaikea vertailla maiden erilaisten lähtö- ja nykytilanteiden, päästöjen ja päästövähennysmahdollisuuksien, tavoitteiden perusteiden, määrittelyjen ja kattavuuksien sekä oikeudenmukaisuusnäkökulmien takia.

Pariisin sopimuksen artikla 6.4 mukaisen markkinamekanismin (PACM) kautta markkinoille on tulossa todennäköisesti runsaasti päästövähennysyksiköitä, joilla Suomi voisi mahdollisesti kattaa rajallisen osuuden hiilineutraaliustavoitteestaan. Yksiköiden laatu on kuitenkin epävarma. LULUCF- tai taakanjakosektorin päästöyksiköiden hankkiminen Suomen vuoden 2030 EU-velvoitteisiin pääsemiseksi ei sen sijaan näytä mahdolliselta, sillä useat jäsenmaat ovat jäämässä omista tavoitteistaan eikä myytävää vaikuttaisi jäävän.

Asiasanat: ilmastonmuutos, ilmastolaki, hiilineutraalius, päästöt, hiilinielut, toimenpiteet

Sammandrag

Klimatlagens mål och kompletterande åtgärder för att uppnå dem

I enlighet med regeringens proposition (27/2022) ska målet om klimatneutralitet samt övriga utsläppsminskingsmål enligt 2 § i klimatlagen från 2022 utvärderas år 2025. I denna utredning granskas målen och kompletterande åtgärder för att uppnå dem utifrån den senaste vetenskapliga kunskapen, med beaktande av klimatförändringarna och den teknologiska utvecklingen. Åtgärderna bedöms särskilt ur effektivitets- och kostnadseffektivitetsperspektiv.

Klimatlagens mål baserar sig på Finlands rättvisa andel av den globala koldioxidbudgeten som motsvarar 1,5-gradersmålet enligt principen om betalningsförmåga, samt den tillhörande utsläppsbanan. Enligt de uppdaterade beräkningarna i detta arbete är klimatlagens mål fortfarande aktuella och motsvarar en tillräcklig nivå av utsläppsminskningar, i linje med Parisavtalet och EU-åtaganden. Att uppfylla EU-åtaganden för år 2030 skulle göra det lättare att nå klimatneutralitet 2035. Att nå klimatneutralitet inom utsatt tid skulle i sin tur göra det lättare för Finland att hålla sig inom sin utsläppsbudget, i enlighet med målen i Parisavtalet.

Enligt olika scenariostudier kommer klimatlagens mål antagligen inte att uppnås. Målen skulle kräva ett betydande antal ytterligare åtgärder inom alla sektorer. Särskilt inom markanvändningssektorn finns åtgärder med god klimatpotential för utsläppsminskning och god kostnadseffektivitet: förlängning av skogens omloppstid och lättare gallring. Forskningen har tagit fram ett brett urval av styrmedel som kunde användas för att genomföra åtgärderna.

Industriell avskiljning av koldioxid och teknologiska koldioxidupptag har hittills inte genomförts i större skala, men de har en betydlig potential. Projektens kostnadseffektivitet är dock dålig eller måttlig, och för tillfället är det osäkert ifall de stora investeringarna som krävs kommer att realiseras. Ekonomiska incitament bereds dock på EU-nivå. I Finland är stödet till CCUS-projekt avsevärt lägre än i andra nordiska länder.

Utredningen ger också en översikt över klimatmålen i jämförbara länder och möjligheten att använda internationella flexibilitetsmekanismer för att uppnå målen i klimatlagen. Finlands mål för klimatneutralitet 2035 kommer snabbast emot om man jämför med de länder som granskats i detta arbete, men till exempel Storbritanniens utsläppsminskingsmål eller Sveriges skyldigheter inom ansvarsfördelningssektorn är hårdare än Finlands. Ambitionsnivån i målen är dock svår att jämföra på grund av ländernas olika utgångslägen och aktuella situationer, utsläppsnivåer och möjligheter till utsläppsminskning, målens grunder, definitioner och omfattning samt aspekter av rättvisa.

Genom marknadsmekanismen i Artikel 6.4 av Parisavtalet (PACM) kommer sannolikt ett stort antal utsläppsenheter att nå marknaden, med vilka Finland eventuellt skulle kunna täcka en begränsad andel av sitt klimatneutralitetsmål. Kvaliteten på enheterna är dock osäker. Att införskaffa utsläppsenheter inom LULUCF- eller ansvarsfördelningssektorn för att uppfylla Finlands EU-skyldigheter för år 2030 verkar däremot inte vara möjligt, eftersom flera medlemsländer inte kommer att nå sina egna mål och det kommer troligen inte att finnas något till salu.

Nyckelord: klimatförändringar, klimatlag, kolneutralitet, utsläpp, kolsänkor, åtgärder

Abstract

The objectives of the Climate Act and complementary measures to achieve them

In accordance with the Government Proposal (27/2022), the carbon neutrality target and the emission reduction targets of the Climate Act from 2022 will be assessed in 2025. This report evaluates the targets and supplementary measures for achieving them based on the most recent scientific knowledge, taking into account the progression of climate change and technological development. The measures are examined particularly in terms of their effectiveness and cost-efficiency.

The Climate Act's objectives are based on Finland's fair share of the global 1.5-degree carbon budget according to ability-to-pay principle, and the corresponding emissions pathway. Based on the calculations updated in this study, the goals of the Climate Act remain up to date and correspond to a sufficient level of climate change mitigation, the Paris Agreement, and EU obligations. Fulfilling the EU obligations by 2030 would facilitate achieving carbon neutrality. In turn, reaching carbon neutrality by 2035 would support staying within Finland's emissions budget, in line with the Paris Agreement targets.

In light of different scenarios, the targets are currently not on track to be met. Achieving the targets will require additional measures in all sectors. In particular, the land use sector includes actions with high climate potential and cost-effectiveness: extending forest rotation periods and reducing the intensity of thinning. To ensure the implementation of these measures, multiple different policy instruments have been identified in the literature.

Carbon capture and technological carbon removals have not yet been implemented on a large scale, but their potential is considerable. However, there is uncertainty surrounding the large investments needed to realize such projects, and their cost-effectiveness is poor or moderate. Financial incentives are currently being prepared at the EU level. In Finland, state aid that has been allocated to carbon capture, utilisation and storage projects is much lower than in other Nordic countries.

The report also provides an overview of climate targets in peer countries and the possibility of using international flexibilities to achieve the targets set by the Climate Act. The time horizon for Finland's carbon neutrality 2035 target is slightly shorter compared to the countries reviewed in this report, but for example, the United Kingdom's emission reduction targets or Sweden's obligations under the effort sharing sector are stricter than those of Finland. However, the level of ambition of the targets is difficult to compare due to differences in countries' starting points and current situations, emissions and emission reduction potentials, the foundations, definitions, and scopes of the targets, as well as considerations of fairness.

Through the market mechanism under Article 6.4 of the Paris Agreement (PACM), a large number of emission units are likely to enter the market, which Finland could potentially use to cover a limited portion of its carbon neutrality target. However, the quality of these units remains uncertain. In contrast, acquiring emission credits from the LULUCF or effort sharing sectors to meet Finland's 2030 EU obligations does not appear feasible, as several Member States are falling short of their own targets, and it seems that there will be no surplus units available for sale.

Keywords: climate change, climate act, carbon neutrality, emissions, carbon sinks, measures

Ilmastolain tavoitteet ja täydentävät keinot niiden saavuttamiseksi

Johannes Lounasheimo, Fredric Mosley, Sampo Pihlainen, Sampo Soimakallio, Laura Saikku ja Tommi Ekholm

Tämän raportin ydinviestit:

- Ilmastolain tavoitteet perustuvat Suomen oikeudenmukaiseen osuuteen 1,5 asteen tavoitetta vastaavasta globaalista hiilibudjetista. Tavoitteet ovat edelleen ajantasaisia, ja vastaavat ilmastomuutoksen hillinnän riittävään tasoon, Pariisin sopimukseen ja EU-velvoitteisiin.
- Tavoitteet eivät ole eri skenaarioiden valossa toteutumassa hiilineutraaliuden, eikä myöskään LULUCF-velvoitteisiin vastaamisen osalta.
- EU-velvoitteiden täyttäminen 2030 helpottaisi hiilineutraaliuden saavuttamista vuoteen 2035 mennessä.
- Täydentäviä keinoja tulee toteuttaa erittäin runsaasti kaikilla sektoreilla. Maankäyttösektorilla on toimia, joiden ilmastopotentiali ja kustannusvaikuttavuus ovat hyviä.
- Suunnanmuutos maankäyttösektorin nettopäästöjen kehityksessä on tarpeen riippumatta hiilineutraaliustavoitteen täsmällisestä vuosiluvusta. Muiden sektorien toimilla ei voida kokonaan kattaa maankäyttösektorin vajetta.
- Hiilen talteenottoa ja teknologisia poistoja ei ole toistaiseksi toteutettu laajassa mittakaavassa, mutta niiden ilmastopotentiali on merkittävä.
- Kansainvälisillä päästöyksiköillä voitaisiin mahdollisesti kattaa rajallinen osuus Suomen hiilineutraaliustavoitteesta, mutta yksiköiden käyttö EU-velvoitteisiin pääsemiseksi ei näytä todennäköiseltä. Yksiköiden laatuun ja sen varmistamiseen liittyy myös monia avoimia kysymyksiä.

Esipuhe

Globaali 1,5 asteen tavoitetta vastaava hiilibudjetti on käytetty nykyisellä päästötasolla alle 10 vuodessa. 1,5 asteen tavoitteen saavuttaminen edellyttäisi ilmastotavoitteiden kiristämistä nykyisestä maailmanlaajuisesti. Suomen vuonna 2022 voimaan tulleen ilmastolain kansalliset ilmastotavoitteet on asetettu vastaamaan tähän päästövähennystarpeeseen. Tavoitteet perustuvat Suomen oikeudenmukaiseen, maksukyvyyn mukaiseen osuuteen globaalista 1,5 asteen hiilibudjetista. Ilmastolain tavoitteisiin kuuluu lain 2§:n mukaan päästöjen vähentäminen ja nielujen aikaansaamien poistumien kasvattaminen siten, että hiilineutraalius toteutuu viimeistään vuonna 2035 ja hiilinegatiivisuus tämän jälkeen. Lain 2 §:ssä on myös annettu päästökauppa- ja taakanjakosektorin yhteenlasketuille päästöille vähennystavoitteet vuosille 2030, 2040 ja 2050. Lisäksi tavoitteena on varmistaa kansainvälisten sopimusten ja EU:n asettamien velvoitteiden täyttyminen.

Vuoden 2022 ilmastolakia koskevassa hallituksen esityksessä (27/2022) todetaan ilmastolain seurannasta, että kansalliset ilmastotavoitteet tulee arvioida vuonna 2025. Ympäristöministeriö teetti vuoden 2025 ilmastolain tavoitteiden arvioinnin taustaksi kolme selvitystä. Tässä selvityksessä on arvioitu ilmastolain tavoitteita ja täydentäviä keinoja niiden saavuttamiseksi vaikuttavuuden ja kustannustehokkuuden näkökulmista, viimeisimmän tieteellisen tiedon perusteella sekä ilmastomuutoksen eteneminen että teknologinen kehitys huomioiden.

Hankkeen projektipäällikkönä toimi ryhmäpäällikkö Laura Saikku Suomen ympäristökeskuksesta. Työhön osallistuivat erityisasiantuntija Johannes Lounasheimo, erikoistutkija Sampo Pihlainen, tutkija Fredric Mosley ja johtava tutkija Sampo Soimakallio Suomen ympäristökeskuksesta sekä alihankinnan kautta Ilmatieteenlaitoksen tutkimusprofessori Tommi Ekholm.

Välituloksia esiteltiin lokakuussa 2025 ilmastolain arvioinnin osallistamishankkeen tilaisuudessa, johon kutsutuilla ja osallistuneilla sidosryhmillä oli mahdollisuus kommentoida työtä. Kirjallisia kommentteja saatiin ympäristöministeriön ohella liikenne- ja viestintäministeriöstä sekä maa- ja metsätalousministeriöstä. Kiitämme kaikista saamistamme kommentteista, jotka on huomioitu raporttia viimeistellessä. Selvityksessä esitetyt näkemykset ovat kirjoittajien, eivätkä ne välttämättä edusta tilaajan virallista kantaa.

Helsingissä 20.2.2026

Kirjoittajat

Sisällys

Tiivistelmä.....	3
Sammandrag.....	4
Abstract	5
Esipuhe	7
1 Johdanto.....	11
2 Ilmastotavoitteiden tarkastelu	12
2.1 Pariisin ilmastosopimus ja 1,5 asteen tavoite	12
2.2 EU:n ilmastotavoitteet	14
2.3 Kansallinen ilmastolaki ja Suomen nykyiset tavoitteet	16
2.3.1 Ilmastolain tavoitteet ja päästökehitys.....	16
Päästöjen kehitys.....	17
2.3.2 Ilmastolain tavoitteiden perusteet	19
2.3.3 Ilmastolain tavoitteet nykytiedon valossa	20
Ilmastolain tavoitteiden toteutuminen KEITO-skenaarioissa.....	25
2.3.4 EU-velvoitteiden täytyminen	26
2.4 Muiden maiden päästösitoumukset	30
2.4.1 Ruotsi	30
2.4.2 Norja.....	31
2.4.3 Itävalta	32
2.4.4 Iso-Britannia	32
2.4.5 Sveitsi	33
2.5 Maankäyttösektorin rooli tavoitteissa	37
2.6 Teknologisten nielujen rooli tavoitteissa	40
3 Täydentävät keinot tavoitteiden saavuttamiseksi	44
3.1 Tarvittavien lisätoimien määrä	44
3.2 Päästökauppasektorin toimet	47
3.3 Taakanjakosektorin toimet	50
3.4 Maankäyttösektorin toimet	52
3.4.1 Käytännön ilmastotoimenpiteet maankäyttösektorilla	52
3.4.2 Ohjauskeinot maankäyttösektorilla	53
3.5 Hiilidioksidin talteenotto ja teknologiset nielut	58
3.5.1 Toimet	58
3.5.2 Ohjauskeinot	59

3.6 Kansainväliset joustot	64
3.6.1 Jäsenmailta hankittavien päästöyksiköiden käyttö EU-tavoitteiden saavuttamiseksi	66
3.7 Keinojen kustannusvaikuttavuus	67
4 Yhteenveto	69
4.1 Jatkoselvitystarpeet	71
Sanasto	72
Lähteet.....	75

1 Johdanto

Vuoden 2022 ilmastolakia koskevassa hallituksen esityksessä (27/2022) todetaan ilmastolain seurannasta:

Lain 2 §:ssä tarkoitettu hiilineutraaliustavoite ja muut päästövähennystavoitteet arvioidaan vuonna 2025. Arvioinnissa otetaan huomioon muun muassa uusin tieteellinen tieto, teknologian kehitys, muiden maiden päästösitoumukset ja mahdollisuudet kansainvälisten joustojen käyttöön sekä päästövähennystoimenpiteiden kustannustehokkuus. Arvioinnin perusteella tavoitteita voidaan tarkistaa ja mahdollisia joustoja hyödyntää siten, että varmistetaan kustannustehokkaan ja alueellisesti ja sosiaalisesti oikeudenmukaisen siirtymän toteutuminen.

Ilmastolain tavoitteisiin kuuluu pykälän 2§ mukaan päästöjen vähentäminen ja nielujen aikaansaamien poistumien kasvattaminen siten, että hiilineutraalius toteutuu viimeistään vuonna 2035 ja hiilinegatiivisuus tämän jälkeen. Lain 2 §:ssä on myös annettu päästökauppa- ja taakanjakosektorin yhteenlaskeuille päästöille vähennystavoitteet vuosille 2030, 2040 ja 2050. Lisäksi todetaan, että lain tavoitteena on varmistaa EU:n asettamien velvoitteiden täyttyminen.

Ympäristöministeriö teettää ilmastolain tavoitteiden arvioinnin taustaksi kolme selvitystä. Tässä selvityksessä arvioidaan ilmastolain tavoitteita ja täydentäviä keinoja niiden saavuttamiseksi. Ilmastolain tavoitteenasettelun oikeudellisia reunaehdoja ja suunnittelujärjestelmän tarkoituksenmukaisuutta tavoitteiden saavuttamisen kannalta arvioidaan kahdessa oikeudellisessa selvityksessä. Lisäksi ilmastolain tavoitteiden arvioinnin tueksi on toteutettu osallistamishanke, jossa on arvioitu ilmastolain tavoitteiden sekä tunnistettujen täydentävien keinojen alueellista ja sosiaalista hyväksyttävyyttä.

Ilmastolain tavoitteita ja täydentäviä keinoja niiden saavuttamiseksi tarkastellaan tässä niiden vaikuttavuuden ja kustannustehokkuuden näkökulmista, viimeisimmän tieteellisen tiedon perusteella sekä ilmastomuutoksen eteneminen että teknologinen kehitys huomioiden. Muiden maiden ilmastotavoitteiden tarkasteluun valittiin yhdessä tilaajan kanssa EU-maista Ruotsi, Norja ja Itävalta sekä EU:n ulkopuolelta Iso-Britannia ja Sveitsi.

Selvityksen tuloksia hyödynnetään erityisesti ilmastolain arvioinnin toteuttamiseen ja ilmastolakia koskevien mahdollisten toimenpidesuosituksen laatimiseen.

Tämän selvityksen tavoitteena on:

- Tarkastella ilmastolain hiilineutraaliustavoitteen ja päästövähennystavoitteiden ajantasaisuutta ja saavutettavuutta viimeaikaisen tieteellisen tiedon ja teknologisen kehityksen valossa.
- Tuottaa tietoa täydentävistä keinoista ja joustoista, joiden avulla ilmastolain tavoitteet olisivat paremmin saavutettavissa.
- Tarkastella täydentäviä keinoja tavoitteiden saavuttamiseksi niiden vaikuttavuuden, kustannusvaikuttavuuden sekä hyväksyttävyyden näkökulmista.
- Tunnistaa selvityksen aihepiiriin kuuluvia mahdollisia jatkoselvitystarpeita.

2 Ilmastotavoitteiden tarkastelu

2.1 Pariisin ilmastopimus ja 1,5 asteen tavoite

Pariisin ilmastopimus on kansainvälinen, oikeudellisesti sitova sopimus ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Joulukuussa 2015 solmitun Pariisin sopimuksen oli syksyyn 2025 mennessä ratifioinut 195 maata. Sopimuksen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu alle 2 asteessa suhteessa esiteolliseen aikaan, ja pyrkiä toimiin, joilla lämpeneminen saataisiin rajattua 1,5 asteeseen. Vuosina 2011–2020 maapallon keskilämpötila oli 1,1 astetta korkeampi kuin 1850–1900 (IPCC 2023). Vuonna 2023 lämpötila oli noussut jo 1,45 astetta (WMO 2024) ja vuonna 2024 1,55 astetta (WMO 2025). Globaalit kasvihuonekaasupäästöt ovat vuosia 2009 ja 2020 lukuun ottamatta kasvaneet jatkuvasti (Friedlingstein ym. 2025) ja ihmisen toiminta lämmittää maapalloa tällä hetkellä noin 0,27 astetta vuosikymmenessä (Forster ym. 2025).

Pariisin sopimuksen mukaan maailmanlaajuiset päästöt tulisi kääntää laskuun mahdollisimman pian, ja tämän vuosisadan jälkipuoliskolla päästöjen ja nielujen tulisi olla tasapainossa. 107 maata on vahvistanut kasvihuonekaasupäästöjen nettonollatavoitteen joko antamissaan ilmastositoumuksissa (kansallisesti määritelty panos, NDC), pitkän aikavälin strategiassa tai hallituksen julkilausumassa (UNEP 2024). Sopimuksen edistymisen ensimmäinen kokonaistarkastelu (Global Stocktake) tehtiin vuonna 2023. Sen mukaan maapallon keskilämpötila nousee vuosisadan loppuun mennessä 2,1–2,8 astetta esiteolliseen aikaan verrattuna, mikäli kaikki maat pystyvät toteuttamaan antamansa ilmastositoumukset) täysin (UNFCCC 2024). Nykyiset sitoumukset eivät siis toteutuessaankaan riitä hillitsemään ilmaston lämpenemistä tavoitetasolle.

Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneeli IPCC:n kuudennen arviointiraportin (Sixth Assessment Report, AR6) mukaan hiilibudjetti 1,5 asteen tavoitteen saavuttamiselle 50 % todennäköisyydellä oli vuoden 2020 alussa 500 Gt CO₂ (IPCC 2022). Korkeintaan tämän verran hiilidioksidia saisi siis päästää ilmaan vuoden 2020 jälkeen tavoitteeseen pääsemiseksi. Hiilidioksidipäästöjen tulisi kääntyä laskuun viimeistään vuonna 2025 ja saavuttaa nettonollataso vuosien 2050–2055 aikana. Tämän jälkeen nielujen tulisi kasvaa niin, että nettonolla saavutettaisiin kaikkien kasvihuonekaasujen osalta 2070-luvulla. Vastaavasti hiilibudjetti 2 asteen tavoitteelle vähän suuremmalla, 67 % todennäköisyydellä, oli vuoden 2020 alussa 1 150 Gt CO₂. Tämän budjetin mukaisella polulla CO₂-nettonolla tulisi saavuttaa 2070–2075. IPCC:n hiilibudjetteja on hyödynnetty komission ehdotuksessa EU:n vuoden 2040 tavoitteiksi, ja myös Suomen ilmastolain päästövähennystavoitteiden määrittelyssä.

Pariisin sopimuksen väliarvioinnin mukaan 1,5 asteen tavoitteessa pysyminen edellyttäisi globaalien päästöjen pudottamista 43 % vuoteen 2030 mennessä ja 60 % vuoteen 2035 mennessä (UNFCCC 2024) vuoden 2019 tasosta. Vuoden 2025 alussa käytettävissä olevasta 1,5-asteen hiilibudjetista (500 Gt CO₂) oli jäljellä noin 300 Gt CO₂, kun arvio vuoden 2024 globaaleista CO₂-päästöistä on 42 Gt (WMO 2025). Näin ollen budjetti olisi käytetty loppuun noin seitsemässä vuodessa.

IPCC:n arvioiden jälkeen hiilibudjetteja on tutkinut mm. Forster ym. (2025), jonka mukaan 1,5 asteen budjetista olisi jäljellä vuoden 2025 alussa enää 90 Gt, kun otetaan huomioon tuorein tieto päästöistä, CO₂-herkkyydestä, lämpenemisestä, säteilypakotteista, maapallon energiataseesta ja muiden kasvihuonekaasujen vaikutuksista. Lamboll ym. (2023) puolestaan laskee 1,5 asteen budjetiksi 250 Gt CO₂vuoden 2023 alussa, eli noin 170 Gt vuoden 2025 alussa, mikä sekin on selvästi vähemmän kuin IPCC:n AR6:ssa esitetty budjetti.

Lähes kaikissa IPCC:n matalienkin päästöjen skenaarioissa 1,5 asteen raja ylitetään tämän vuosisadan aikana joksikin aikaa (ns. overshoot), kunnes sen alle taas palattaisiin hiilidioksidin talteenoton ansiosta. Lämpötilan alentaminen asteen kymmenyksellä edellyttää talteenottoa arviolta 220 Gt CO₂:n edestä (IPCC 2023). Kaikkiaan 1,5 asteen skenaarioissa ilmakehästä poistetaan poltosta ja teollisista prosesseista peräisin olevaa hiilidioksidia Bio-CCS-tekniologian avulla jaksolla 2020–2100 yhteensä noin 340 Gt CO₂ ja suoraan ilmakehästä otettavaa hiilidioksidia DACCS-tekniologian avulla 30 Gt CO₂. Maankäyttö, maankäytönmuutos ja metsätalous -sektorilla (LULUCF) metsityksen ym. toimien avulla poistetaan 260 Gt CO₂ (Riahi ym. 2022).

Overshoot-lähestymistapaan sisältyy merkittäviä teknologisia ja luonnontieteellisiä epävarmuuksia, ja sen on kritisoitu tarjoavan ilmastopolitiikalle 'helpon pakotien' kasvavien päästöjen ja kiihtyvän ilmastomuutoksen business-as-usual maailmassa (ks. esim. Lähde 2024). Myös IPCC itse varoittaa skenaarioiden sisältämän 1,5 asteen hetkellisenkin ylittämisen lisäävän merkittävästi ilmaston lämpenemisen vaikutuksia ja riskejä (IPCC 2023).

Tavoitteisiin pääseminen edellyttää joka tapauksessa rajua käännettä maailman kasvihuonekaasujen (khk) päästöihin, ja myös merkittävää hiilinielujen lisäämistä. Riippumattoman tieteellisen The Climate Action Tracker -projektin (Climate Action Tracker 2025) seurannan perusteella päästövähennyskuilu 1,5 asteen tavoiteuraan nähden on nykytoimien perusteella vuonna 2030 arviolta 24–27 Gt CO₂-ekv. ja annettujen sitoumusten perusteella arviolta 19–23 Gt CO₂-ekv. Yhdenkään Pariisin sopimuksen osapuolen asettamien sitoumusten ei arvioida olevan riittävällä tasolla 1,5 asteen tavoitteen saavuttamiseksi. EU:n sitoumus arvioidaan Climate Action Trackerin analyysissä kokonaisuudessaan riittämättömäksi, mutta nettonollatavoite hyväksyttäväksi.

Tiivistelmä:

- Maailman keskilämpötila oli vuonna 2024 ensimmäisen kerran yli 1,5 astetta korkeampi kuin esiteollisena aikana (1850–1900).
- Maapallon keskilämpötila nousee vuosisadan loppuun mennessä 2,1–2,8 astetta esiteolliseen aikaan verrattuna, vaikka maiden kaikki annetut ilmastositoumukset (NDC:t) toteutuisivat.
- 1,5 asteen tavoitteessa pysyminen pidemmällä aikavälillä edellyttää, että kumulatiiviset CO₂-päästöt eivät ylitä käytettävissä olevaa hiilibudjettia, ja muiden kasvihuonekaasujen kuin CO₂:n päästöt puolitetaan vuoteen 2050 mennessä.
- Vuoden 2025 alussa 1,5 asteen hiilibudjetista on jäljellä 300 Gt CO₂ (tuorempien arvioiden mukaan 90–170 Gt CO₂), joka on nykyisellä päästötasolla käytetty 7 vuodessa (2–4 vuodessa).
- 1,5 asteen päästöskenaarioihin sisältyy runsaasti hiilidioksidin poistoa ilmakehästä. 1,5 asteen raja ylitetään niissä hetkellisesti, mutta hiilidioksidin talteenoton avulla maapallon keskilämpötilaa saataisiin laskettua tämän vuosisadan loppupuolella.
- Jokainen asteen kymmenyksenkin lämpötilan nousu lisää ilmastomuutoksen haitallisia vaikutuksia, joista osa voi olla peruuttamattomia. Lisäksi laajamittaisten CO₂-poistojen toteuttamiseen sisältyy teknologisia epävarmuuksia.
- Yhdenkään Pariisin sopimuksen osapuolen sitoumus ei ole riittävällä tasolla puolentoista asteen tavoitteen saavuttamiseksi.

2.2 EU:n ilmastotavoitteet

Eurooppalainen ilmastolaki (EU 2021/1119) asettaa Euroopan unionille laillisesti sitovan tavoitteen ilmastoneutraaliudesta. Kasvihuonekaasujen nettopäästöjen eli EU:n lainsäädännössä säänneltyjen päästöjen ja poistumien tulisi olla tasapainossa vuoteen 2050 mennessä. Vuonna 2023 EU-27:n nettopäästöt olivat 37 %:a pienemmät kuin vuonna 1990. Vuoden 2030 välitavoite on nettopäästöjen vähentäminen 55 %:lla vuoden 1990 tasosta. Lisäksi lain mukaan komission tulee Pariisin sopimuksen ensimmäisen väliarvioinnin jälkeen esittää päästövähennystavoite vuodelle 2040 sekä sopimuksen kanssa linjassa oleva päästöbudjetti vuosille 2030–2050.

Komission heinäkuussa 2025 antamassa, laajaan vaikutusten arviointiin (EU 2024) perustuvassa ehdotuksessa (EU 2025a) suositellaan vuoden 2040 tavoitteeksi 90 %:n nettopäästövähennystä vuoteen 1990 verrattuna. Tarkoituksena on varmistaa polku ilmastoneutraaliuteen 2050, luoda ennustettava investointiympäristö, parantaa Euroopan kilpailukykyä sekä vahvistaa strategista autonomiaa (EU 2025b). Lisäksi ehdotuksessa annetaan 'indikatiivinen' päästöbudjetti 16 Gt CO₂-ekv. vuosille 2030–2050. Tavoitteisiin pohjautuen EU:n tulee toimittaa UNFCCC:lle päivitetty ilmastositoumus (NDC, Nationally Determined Contributions) ennen COP30-kokousta marraskuussa 2025.

EU:n vuoden 2030 tavoitteen -55 % ja vuodelle 2040 ehdotetun -90 %:n tavoitteen saavuttamiseksi päästöjen pitäisi kuitenkin vähentyä selvästi nopeammin kuin tähän asti, ja 10 vuodessa yli 100 miljonnalla tonnilla heikentynyttä LULUCF-sektorin nettohiilinielua tulisi vahvistaa. 2040 tavoitteen vaikutustenarvioinnin ns. baselinen mukaan nykyistä ilmastopolitiikkaa jatkamalla nettopäästöt kuitenkin laskevat vuonna 2040 tasolle -88 % (EU 2024), eli nykyistä ohjausta tarvitsisi vain hiukan tehostaa.

Tavoitteiden toteuttamisen joustavuutta komissio lisäisi kolmella tavalla: vuosina 2036–2049 olisi mahdollista käyttää rajoitetusti Pariisin sopimuksen Artikla 6:n mukaisia korkealaatuisia kansainvälisiä päästöyksiköitä niin, että osuus olisi vuonna 2040 korkeintaan 3 prosenttia EU:n vuoden 1990 nettopäästöistä. Lisäksi teknologiset hiilinielut Bio-CCS ja DACCS sisällytettäisiin EU:n päästökauppaan ja joustavuutta lisättäisiin päästösektoreiden välillä. Euroopan unionin neuvoston marraskuun alussa muodostaman kannan mukaan 3 prosentin sijaan korkeintaan 5 prosenttia vuoden 2040 päästövähennystavoitteesta olisi mahdollista kattaa rahoittamalla päästövähennyksiä EU:n ulkopuolella (EU 2025c). Teollisten poistojen määrä on vaikutusarvioinnin S3-tavoiteskenaariossa 75 Mt CO₂/v vuonna 2040 ja 114 Mt CO₂/v vuonna 2050. Tästä noin puolet on Bio-CCS:ä ja puolet DACCS:a. Myös fossiilisen hiilidioksidin talteenotto kasvaa voimakkaasti, vuoteen 2040 mennessä 168 Mt CO₂:iin. Kaikesta talteenotetusta hiilidioksidista noin kolmannes käytettäisiin synteettisten polttoaineiden valmistukseen (EU 2024).

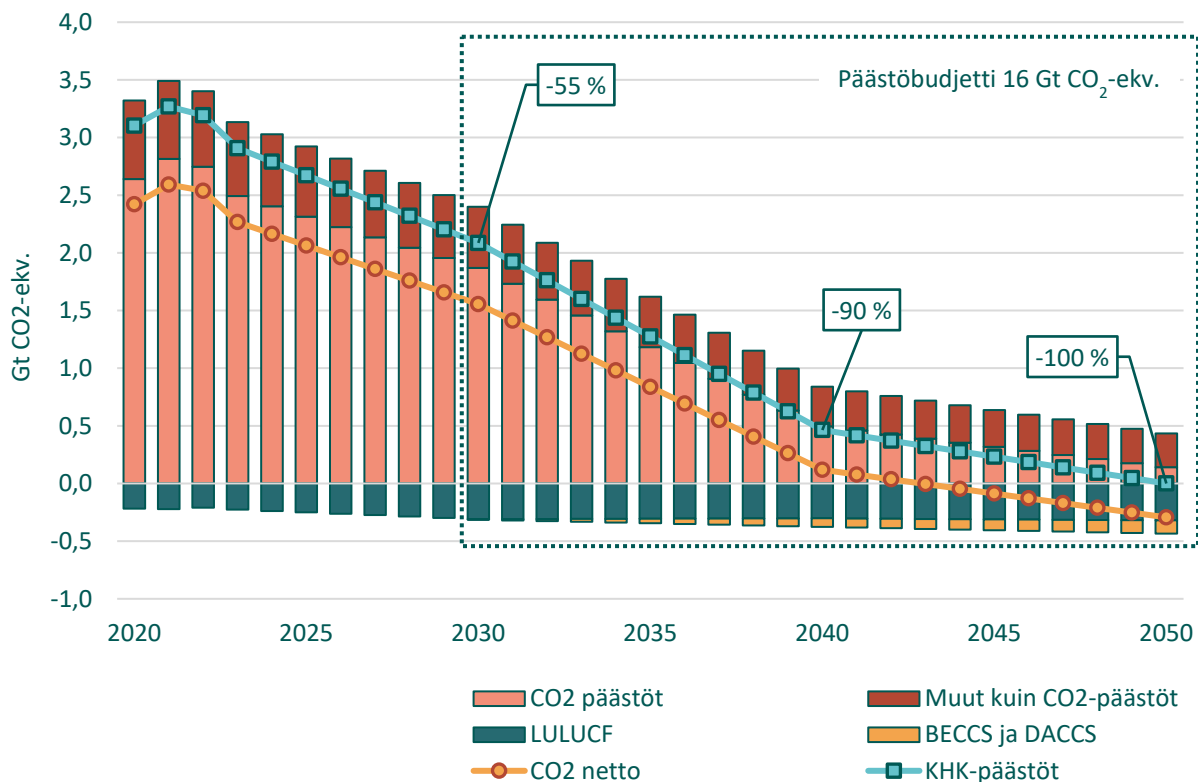
Komission suosittelema 90 %:n päästövähennystavoite 2040 ja enintään 16 Gt CO₂-ekv.:n kumulatiiviset päästöt jaksolla 2030–2050 pohjautuvat komission vaikutustenarviointiin (EU 2024) sekä Euroopan ilmastopaneelin (ESABCC) vuonna 2023 julkaisemaan raporttiin (ESABCC 2023). ESABCC:n suositus oli 90–95 %:n päästövähennys ja 11–14 Gt CO₂-ekv. päästöbudjetti, perustuen EU:n 2050 ilmastoneutraaliustavoitteeseen, Pariisin sopimuksen 1,5 asteen tavoitteeseen, ilmatoriskien hillintään, ilmastotoimien toteuttamiskelpoisuuteen sekä osittain myös EU:n oikeudenmukaiseen osuuteen globaaleista päästövähennyksistä. Tuoreemmassa raportissa (2025) ESABCC pitää suositukset ennallaan, ja esittää, että kansainvälisiä päästöyksiköitä ei pitäisi laskea mukaan tavoitteiden saavuttamiseen, vaikka hillintätoimia EU:n ulkopuolella tuleekin edistää. Lisäksi ehdotetaan erillisiä tavoitteita bruttopäästöille, pysyville CO₂-poistoille ja tilapäisille poistoille.

ESABCC arvioi oikeudenmukaista osuutta (fair share) IPCC:n määrittelemästä globaalista 500 Gt CO₂:n (2020–2050) päästöbudjetista eri periaatteilla, esimerkiksi asukaslukuun, historiallisiin

päästöihin ja maksukykyyn (BKT) perustuen (ESABCC 2023). Lisäksi ESABCC seului yli tuhannesta päästökkenaariosta 36 toteuttamiskelpoista (feasible) päästöpolkua, jotka täyttäsivät EU:n nykyiset ilmastotavoitteet. Vähäpäästöisimpiinkin toteuttamiskelpoisiin päästöpolkuihin verrattuna kaikissa oikeudenmukaisissa vaihtoehdoissa päädyttiin pienempiin päästöbudjetteihin. Monessa fair share -arviossa EU:n päästöbudjetti oli jo kokonaan käytetty vuonna 2024. 90–95 %:n päästövähennyssuositus ja vastaava 11–14 Gt CO₂-ekv.:n päästöbudjetti vuosille 2030–2050 on johdettu asukasluvuun perustuvasta globaalista 2020–2050 CO₂-budjetin allokatiosta, joka on ESABCC:n mukaan matalin hyväksyttävissä oleva kunnianhimon taso EU:n päästöille.

Komission esitys 16 Gt CO₂-ekv.:n päästöbudjetista on hieman korkeampi kuin ESABCC:n suositus, ja asettuu feasible-vaihtoehtojen ylärajalle. Budjetti on myös hieman suurempi kuin komission vaikutustenarvioinnissa (EU2024) mainittu Hooijschuur ym. (2023) esittämä kustannustehokas, IPCC:n 1,5 asteen skenaariota vastaava vaihtoehto (15 Gt CO₂-ekv.). 16 Gt:n budjettiin on päädytty yksinkertaisesti laskemalla yhteen vuoden 2030 (-55 %), 2040 (-90 %) ja 2050 (-100 %) lineaarisesti vähenevät nettopäästöt. Budjetista noin puolet käytettäisiin CH₄-, N₂O- ja F-kaasujen päästöihin ja puolet CO₂-päästöihin ja poistumiin. Vaikutustenarvioinnin (EU 2024) mukaan CO₂-päästöjä syntyy vuosina 2030–2050 hieman yli 16 Gt, LULUCF-nettonielu olisi kumulatiivisesti noin 6,5 Gt CO₂ ja teolliset poistot noin 1,7 Gt CO₂ (kuva 1).

Euroopan parlamentin edustajat ja neuvosto saavuttivat joulukuussa 2025 poliittisen sovun EU-27:n nettopäästöjen 90 prosentin vähennystavoitteesta vuodelle 2040, sisältäen enintään 5 prosenttia kansainvälisiä joustoja. Komission on määrä arvioida edistymistä suhteessa tavoitteisiin, nettopoistumien tilannetta, EU:n teollisuuden kilpailukykyä ja energian hintoja joka toinen vuosi ja ehdottaa tarvittaessa lisätoimenpiteitä tai muutoksia tavoitteisiin. Parlamentin ja neuvoston on vielä virallisesti hyväksyttävä tavoitteet (European Parliament 2025).



Kuva 1. EU-27:n toteutuneet päästöt 2020–2023 ja nykyisten tavoitteiden ja ehdotetun 2040 tavoitteen mukainen päästöpolku vuoteen 2050. Päästöbudjetti vuosille 2030–2050 on 16 Gt CO₂-ekv (soveltaen EU 2024).

Tiivistelmä:

- EU:n ilmastolain nykyiset tavoitteet: nettopäästöt -55 % vuonna 2030 vrt. 1990 ja -100 % vuonna 2050.
- Komissio on esittänyt 2040 välitavoitteeksi -90 % ja 2030–2050 päästöbudjetiksi 16 Gt CO₂-ekv. Uusina joustomekanismeina ehdotetaan Artikla 6:n mukaisten päästöyksiköiden hyödyntämistä vuosina 2036–2040 enintään 3 %-yksikköä tavoitteesta, teollisten poistojen integroimista päästökauppaan sekä sektorien välisten joustojen lisäämistä.
- Euroopan parlamentin edustajat ja neuvosto sopivat joulukuussa 2025 nettopäästöjen 90 prosentin vähennystavoitteesta, sisältäen enintään 5 % kansainvälisiä joustoja. Komissio arvioi edistymistä tavoitteisiin nähden joka toinen vuosi, ja ehdottaa tarvittaessa muutoksia EU:n ilmastolakiin.
- Ehdotetut tavoitteet eivät ole erityisen kunnianhimoisia: baseline-arvion mukaan nettopäästövähennys olisi -88 % vuonna 2040, ja eri arvioissa EU:n globaalisti oikeudenmukainen päästöbudjetti olisi selvästi pienempi kuin nyt ehdotettu.
- Euroopan ilmastopaneeli suosittelee kv. päästöyksiköiden hyödyntämistä, mutta ei niiden sisällyttämistä osaksi EU:n tavoitteita.
- Tavoitteisiin pääsemiseksi päästövähennysvauhdin pitäisi kuitenkin kiihtyä nykyisestä ja LULUCF-nettonielu tulisi palauttaa noin tasolle 310 Mt CO₂/v.
- Teollisten poistojen määrä on komission vaikutusarvioinnin S3-tavoiteskenaariossa 75 Mt CO₂/v vuonna 2040 ja 114 Mt CO₂/v vuonna 2050. Tästä noin puolet on Bio-CCS:ä ja puolet DACCS:a.
- Fossiilisen hiilidioksidin talteenotto teollisuusprosesseista ja energiantuotannosta kasvaa voimakkaasti S3-tavoiteskenaariossa tasolle 168 Mt CO₂/v vuonna 2040 ja pysyy tasaisena. Kaikesta talteen otetusta hiilidioksidista noin kolmannes käytettäisiin synteettisten polttoaineiden valmistukseen.
- CO₂-päästöt ja poistumat saavuttavat tasapainon noin 2040-luvun puolivälissä ja muut kuin CO₂-päästöt vähenevät tavoiteskenaariossa puoleen nykytasolta.

2.3 Kansallinen ilmastolaki ja Suomen nykyiset tavoitteet

2.3.1 Ilmastolain tavoitteet ja päästökehitys

Suomen ensimmäisessä ilmastolaissa vuodelta 2015 asetettiin -80 %:n päästövähennystavoite vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 tasosta ja säädettiin ilmastopolitiikan suunnittelusta ja seurannasta. Jo seuraavana vuonna Suomi hyväksyi Pariisin ilmastopimuksen yhdessä muiden EU-maiden kanssa ja sitoutui ilmastolakia voimakkaampiin toimiin ilmaston lämpenemisen hillitsemiseksi. Vuonna 2018 IPCC:n 1,5-asteen erikoisraportin (IPCC 2018) julkaisun jälkeen kahdeksan eduskuntapuoluetta teki pääministeri Juha Sipilän aloitteesta yhteisen ilmastolinjauksen, jossa todettiin että ”Euroopan unionin ja Suomen ilmastopolitiikkaa uudistetaan siten, että teemme oman osamme maailman keskilämpötilan

nousun rajoittamiseksi 1,5 asteeseen.” Ilmastolaki uudistettiin vastaamaan Pariisin sopimusta ja Rinteen/Marinin hallitusohjelman (VNK 2019) tavoitteita vuonna 2022.

Voimassa olevassa ilmastolaissa (423/2022) asetetaan hiilineutraaliustavoite vuodelle 2035. Ihmisen toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen tulisi vähentyä ja nielujen aikaansaamien poistumien kasvaa siten, että päästöt ovat enintään yhtä suuret kuin poistumat viimeistään vuonna 2035, ja että poistumat kasvavat ja päästöt vähenevät edelleen myös sen jälkeen. Taakanjako- ja päästökaupasektorin yhteenlaskettujen päästöjen vähennystavoite on vuoteen 2030 mennessä vähintään 60 %, vuoteen 2040 mennessä vähintään 80 % ja vuoteen 2050 mennessä vähintään 90 %, mutta pyrkien tasoon 95 % verrattuna vuoteen 1990. Lain tavoitteena on myös varmistaa EU-lainsäädäntöön sisältyvien velvoitteiden täyttyminen.

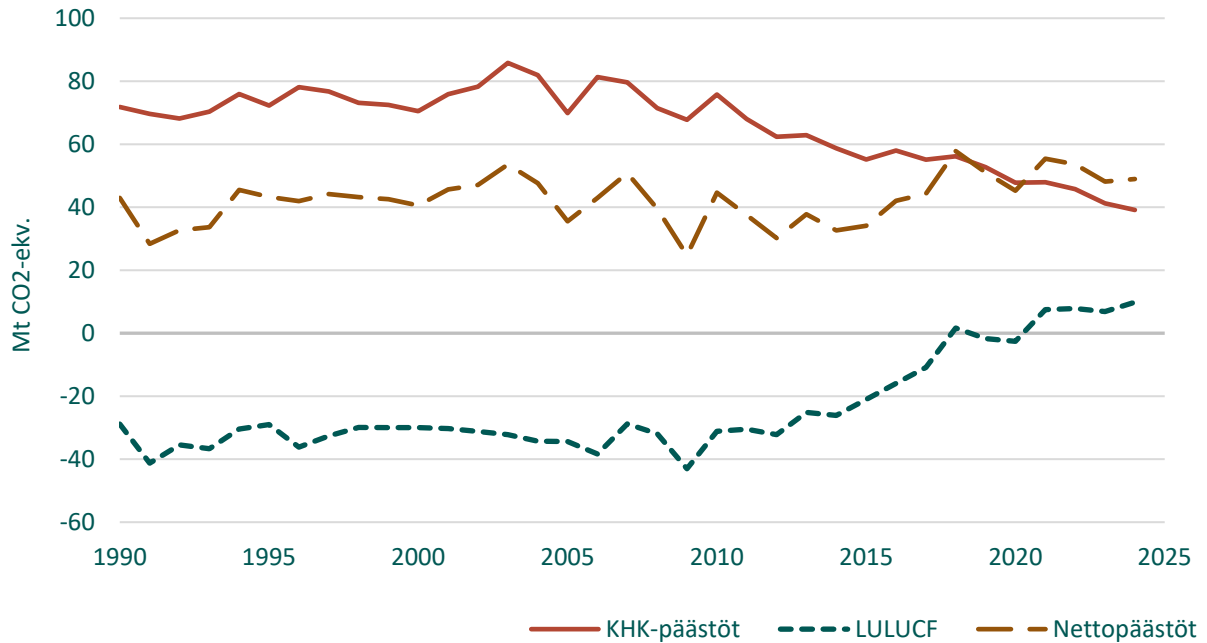
Hiilineutraalius- ja hiilinegatiivisuustavoitteeseen sisältyy yleinen tavoite poistumien kasvattamisesta, mutta ei määrällistä tavoitetta. Lain mukaan vähintään joka toinen vaalikausi laadittavassa maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmassa (MISU) tulee asettaa tavoite, joka voi olla myös määrällinen. Vuonna 2022 julkaistun ensimmäisen MISU:n toimenpiteillä tavoitellaan sektorin päästöjen vähentämistä ja nielujen vahvistamista 3 Mt CO₂-ekv.:lla vuoteen 2035 mennessä (MMM 2022). Petteri Orpon hallitus on hallitusohjelmassaan sitoutunut ilmastolain päästövähennys- ja hiilineutraaliustavoitteisiin sekä metsä- ja maaperänielujen vahvistamiseen (VNK 2023).

Ilmastolakiin on kirjattu nielun määritelmä seuraavasti: ”nielulla [tarkoitetaan] prosessia, toimintaa tai mekanismia, joka sitoo kasvihuonekaasun, aerosolin tai kasvihuonekaasun esiasteen ilmakehästä”. Tämä tarkoittaa, että poistumien laskennassa ja siten myös hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisessa voidaan ottaa huomioon luonnollisten nielujen lisäksi myös mahdolliset teknologiset nielut, toisin sanoen hiilidioksidin poistaminen ilmakehästä Bio-CCS- tai DACCS-teknologian avulla.

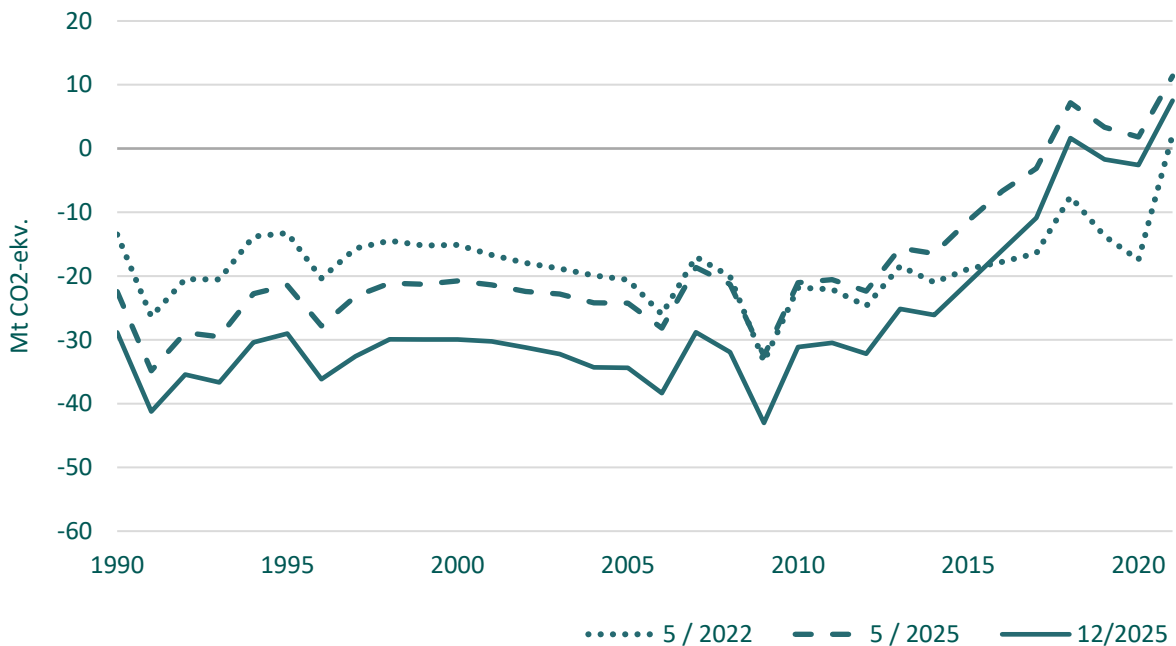
Päästöjen kehitys

Suomen kasvihuonekaasupäästöt ilman maankäyttösektoria ovat olleet pääsääntöisesti laskusuunnassa vuodesta 2003. Vuosina 1990–2024 päästöt vähentyivät 46 % (Tilastokeskus 2025a). Päästövähennekset ovat tapahtuneet erityisesti energiasektorilla, kun fossiilisten polttoaineiden käyttöä on vähennetty, ja vihreän siirtymän investointeja, kuten tuulivoimaa on tehty kasvavissa määrin.

Maankäyttösektorin nettopäästöt ovat sen sijaan pääsääntöisesti kasvaneet vuodesta 2009, eikä koko Suomen nettopäästöissä ole tapahtunut merkittävää muutosta 35 vuoteen (kuva 2). LULUCF-laskentaan on tehty viime vuosina menetelmämuutoksia ja teknisiä korjauksia, jotka ovat kasvattaneet raportoituja päästöjä. Viimeisen runsaan vuosikymmenen jatkunut trendi on kuitenkin ollut havaittavissa jo ennen ilmastolain voimaantuloa, kuten vuonna 2022 julkistetussa tilastoissa (kuva 3). KHK-inventaarion joulukuun 2025 ennakkotilastojulkistuksessa maankäyttösektorin laskentaan tehtiin merkittäviä päivityksiä, jotka vähensivät maankäyttösektorin nettopäästöjä koko vuodesta 1990 alkaen lasketun aikasarjan osalta (Luke 2025). Sektori on tuoreiden lukujenkin valossa merkittävä päästölähde, mutta historiallisesti Suomen netto nielu on ollut huomattavasti suurempi kuin aiemmin on arvioitu.



Kuva 2. Suomen kasviuonekaasupäästöt 1990–2024 (Tilastokeskus 2025a). Vuosi 2024 on ennakkotieto. KHK-päästöt tarkoittavat kasviuonekaasuinventaarion mukaisia päästöjä ilman maankäyttösektoria. LULUCF tarkoittaa maankäyttösektorin päästöjen ja poistumien summaa.



Kuva 3. Maankäyttösektorin (LULUCF) nettopäästöt 1990–2021 vuosien 2022 ja 2025 tilastojulkaisuissa (Tilastokeskus 2022; 2025a; 2025b).

Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamista seurataan kansallisella, IPCC:n laskentasääntöjen mukaisella kasviuonekaasuinventariolla. Laskennassa huomioidaan Suomen maantieteellisten rajojen sisäpuolella syntyvät polttoaineiden käytön, teollisuusprosessien ja tuotteiden käytön, maatalouden ja jätteen käsittelyn sekä maankäytön, maankäytön muutosten ja metsätalouden päästöt ja poistumat. Myös tässä raportissa tavoitteita ja toimia tarkastellaan khk-inventaarion mukaisten, alueperusteisten päästöjen näkökulmasta.

2.3.2 Ilmastolain tavoitteiden perusteet

Ilmastolain tavoitteet pohjautuvat Suomen ilmastopaneelin (2021) globaaliin oikeudenmukaisuuteen perustuvaan analyysiin ja suosituksiin. Maksukykyperiaatteen mukaan globaali hiilibudjetti (Pariisin sopimuksen tavoitteisiin vastaava suurin sallittu jäljellä oleva päästömäärä) jaetaan ihmisille riippuen kyseisen maan per capita -bruttokansantuotteen suhteesta globaaliin keskiarvoon, jolloin vauraamman maan kansalaiset saavat pienemmän osuuden globaalista hiilibudjetista. Maksukykyperiaate alleviivaa myös Pariisin sopimuksessa korostettua kehittyneiden maiden vastuuta ja teknistaloudellisia valmiuksia hillintätoimien toteuttamiseen.

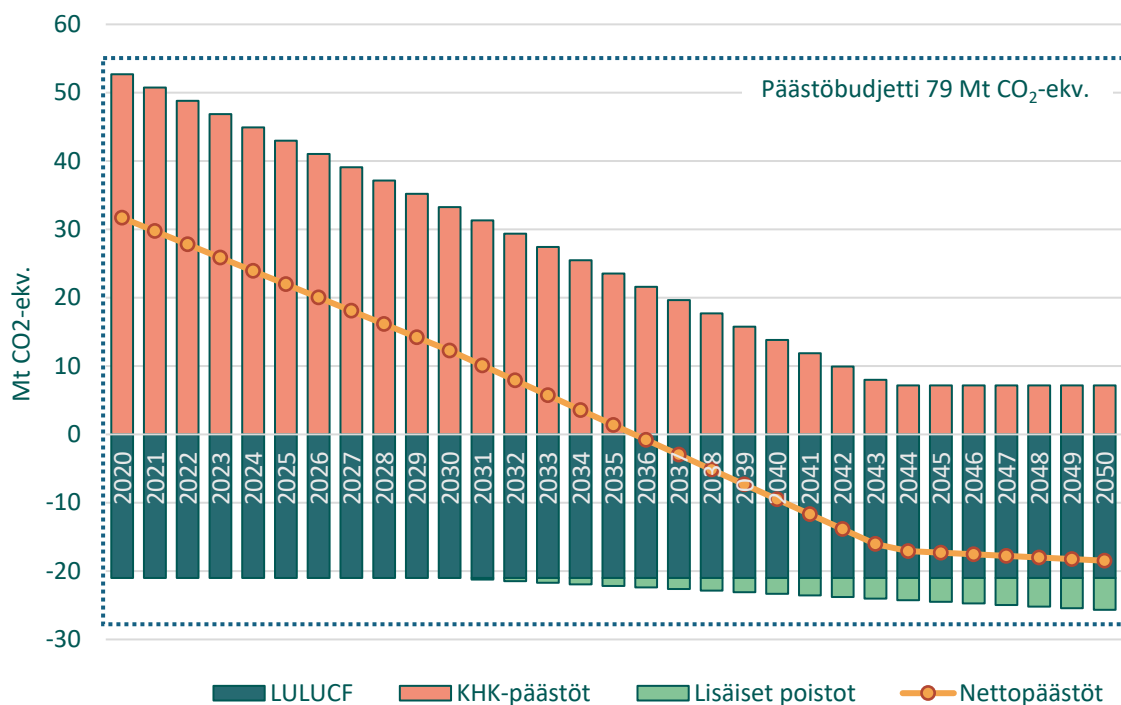
IPCC:n hiilibudjetit on laskettu globaaleilla ilmastomalleilla, joissa luonnollisten ja ihmisperäisten hiilinielujen määrittely poikkeaa kansallisista kasvihuonekaasuinventaariorista (Grassi ym. 2023). Lisäksi budjetit koskevat vain CO₂-päästöjä, sisältäen kuitenkin oletuksia muiden kasvihuonekaasujen päästökehityksistä. Ilmastopaneelin suosituksissa Suomelle laskettua CO₂-budjettia sovelletaan kuitenkin kaikille khk-päästöille, ja eri kasvihuonekaasut muutettiin hiilidioksidiekvivalenteiksi 100 vuoden aikajännteellä ns. GWP100-kertoimilla. Tätä perustellaan sillä, että globaalin budjetin laskeminen kansallisten inventaarioiden mukaisilla LULUCF-nettopäästöillä vähentäisi suurinta sallittua päästömäärää, kun taas muiden kuin CO₂-päästöjen lisääminen budjettiin suurentaisi budjettia. Ilmastopaneelin myöhemässä tutkimuksessa (Partanen ym. 2024) osoitetaan säteilypakotteisiin perustuen, että muut kuin CO₂-päästöt eivät riitä kompensoimaan globaalien ilmastomallien ja khk-inventaarioiden laskentakerojen vaikutusta, jolloin khk-inventariopäästöjä käytettäessä päästöbudjetteja tulisi pienentää. Kaikki tässä selvityksessä tehdyt laskelmat on kuitenkin tehty samalla periaatteella kuin Ilmastopaneelin suosituksissa.

Vaikka globaalin hiilibudjetin vieminen kansalliselle tasolle ei ole yksiselitteistä, niin ilmaston lämpenemisen näkökulmasta budjettitarkastelu on perusteltu lähtökohta. Suomen Ilmastopaneeli on ottanut lähtökohdaksi IPCC:n 1,5 asteen erikoisraportissa (IPCC 2018) esitetyn globaalin hiilibudjetin, jolla 1,5 asteen tavoite toteutuu 66 % todennäköisyydellä. Tämä globaali hiilibudjetti olisi 420 Gt CO₂ (vuoden 2018 alusta), josta maksukykyperiaatteen mukainen Suomen osuus vuosille 2020–2050 on yhteensä 79 Mt CO₂-ekv. Fossiilisten ja prosessiperäisten päästöjen vähennystavoite on määritetty lineaarisella aikauralla (-90 % vuoteen 1990 verrattuna saavutetaan viimeistään vuonna 2050) perustuen historialliseen, vuosien 1990–2018 LULUCF-nettonieluun tuolloin käytettävissä olleiden khk-inventariotietojen mukaisesti. Joulukuun 2025 ennakkotilastojulkistuksen mukaan keskimääräinen nettonielu on ollut tuolla ajanjaksolla -29,5 Mt CO₂-ekv. (Tilastokeskus 2025a), kun se Ilmastopaneelin (2021) ilmastotavoitteiden pohjalla olevassa laskelmassa oli -21 Mt CO₂-ekv.

Kuvassa 4 esitetään Ilmastopaneelin vuoden 2021 suositus päästövähennyspolusta, jossa Suomi saavuttaa hiilineutraaliuden vuonna 2035 ja päätevuonna 2050 Suomen nettopäästöt ovat noin -18,5 Mt CO₂-ekv. Nielua on kasvatettu vuodesta 2030 tasaisesti vuosittain noin -0,2 Mt CO₂-ekv, jolloin LULUCF-nettonielu on -4,7 Mt CO₂-ekv. lähtötasoa korkeampi vuonna 2050, eli noin -26 Mt CO₂-ekv. On kuitenkin huomattava, että maankäyttösektorin nettopäästöjen ajantasaisen tilanteen tuominen laskentaan olisi merkittävästi kasvattanut tarvetta lisäisille poistoille (ks. kuva 5).

Vuoden 2021 lopussa julkaistun nykyiset politiikkatoimet huomioivat WEM-skenaarion (Maanavilja ym. 2021) mukaan LULUCF-nettonielu oli vuonna 2035 noin -18 Mt CO₂-ekv., eli Ilmastopaneelin määrittelemä tavoitetaso -21 Mt CO₂-ekv. olisi vaatinut nielujen vahvistamista 3 Mt-CO₂-ekv.:lla. Uusissa KEITO-skenaarioissa maankäyttösektori on sen sijaan sekä nykytoimet (KEITO WEM) että lisäiset toimet (KEITO WAM) huomioivissa skenaarioissa nettopäästö: +15,8 Mt CO₂-ekv. WEM:ssa ja +15,2 Mt CO₂-ekv WAM:ssa (Koljonen ym. 2025a). Hakkuumäärissä ei ole suurta eroa skenaarioiden välillä, mutta tietopohja ja metsä- ja maaperämallit ovat tarkentuneet.

Maankäyttösektorin khk-inventaarion tuore laskentamenetelmän päivitys huomioiden LULUCF-sektorin kasvihuonekaasutase olisi vuonna 2035 arviolta +11,6 WEM-skenaariossa ja +11,0 WAM-skenaariossa. Arvio perustuu Tilastokeskuksen toukokuun 2025 pikaennakon (Tilastokeskus 2025b) ja joulukuun ennakkotietojen (Tilastokeskus 2025a) väliseen LULUCF-sektorin kasvihuonekaasutaseen keskimääräiseen tilastoeroon vuosina 2020–2024, jolloin khk-tase on ollut pääsääntöisesti nettopäästö kuten KEITO-skenaarioissa. Ennakkotilastojulkistuksessa käytetyillä menetelmillä maankäyttösektorin nettopäästöt olivat vuosina 2020–2024 n. 4,3 Mt CO₂-ekv. pienemmät kuin pikaennakossa ja vuoden 2025 kasvihuonekaasuinventariossa käytetyillä menetelmillä laskettuna.



Kuva 4. Päästövähennysura, kun fossiilisten ja prosessiperäisten päästöjen vähennys jaksolla 1990–2050 on 90 %, ja hiilineutraalius saavutetaan vuonna 2035. Päästöbudjetti vuosille 2020–2050 on 79 Mt CO₂-ekv. (Ilmastopaneeli 2021).

2.3.3 Ilmastolain tavoitteet nykytiedon valossa

Ilmastopaneelin suositukset ilmastolain tavoitteiksi julkaistiin vuoden 2021 alussa, jonka jälkeen sekä arvioissa globaalista 1,5 asteen hiilibudjetista että Suomen päästökehityksessä on tapahtunut merkittäviä muutoksia. IPCC:n AR6:n (IPCC 2022) mukaan hiilibudjetit ovat hieman aiemmin esitettyjä suurempia. Toisaalta globaalit päästöt eivät ole vielä kääntyneet laskuun, ja tuoreissa arvioissa on päädytty selvästi IPCC:n vuonna 2022 esittämiä lukuja pienempiin budjetteihin (ks. luku 2.1). Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty vuoden 2025 alussa jäljellä olevat globaalit ja Suomen hiilibudjetit 1,5- ja 2-asteen skenaarioissa kolmeen kansainväliseen lähteeseen perustuen.

Taulukko 1. Jäljellä olevat globaalit ja kahdella eri jakoperusteella lasketut Suomen kansalliset päästöbudjetit vuoden 2025 alussa 1,5 asteen skenaarioissa. Lähteinä ovat IPCC:n 1,5 asteen erikoisraportti (IPCC 2018) ja 6. arviointiraportti (IPCC 2022) sekä Forster ym. (2025).

1,5 astetta (66 % todennäköisyydellä)	Jakoperuste	SR 1.5 (IPCC 2018)	AR6 (IPCC 2022)	Forster ym. (2025)
Maailma (Gt CO ₂)	-	136	197	38
Suomi (Mt CO ₂)	Tasajako	89	130	25
Suomi (Mt CO ₂)	Maksukyky	32	46	9

Taulukko 2. Jäljellä olevat globaalit ja kahdella eri jakoperusteella lasketut Suomen kansalliset päästöbudjetit vuoden 2025 alussa 2 asteen skenaarioissa. Lähteinä ovat IPCC:n 1,5 asteen erikoisraportti (IPCC 2018) ja 6. arviointiraportti (IPCC 2022) sekä Forster ym. (2025).

2,0 astetta (66 % todennäköisyydellä)	Jakoperuste	SR 1.5 (IPCC 2018)	AR6 (IPCC 2022)	Forster ym. (2025)
Maailma (Gt CO ₂)	-	886	947	828
Suomi (Mt CO ₂)	Tasajako	584	624	546
Suomi (Mt CO ₂)	Maksukyky	207	221	194

Globaalit CO₂-budjetit lähtötilanteessa; 1,5 / 2,0 astetta:

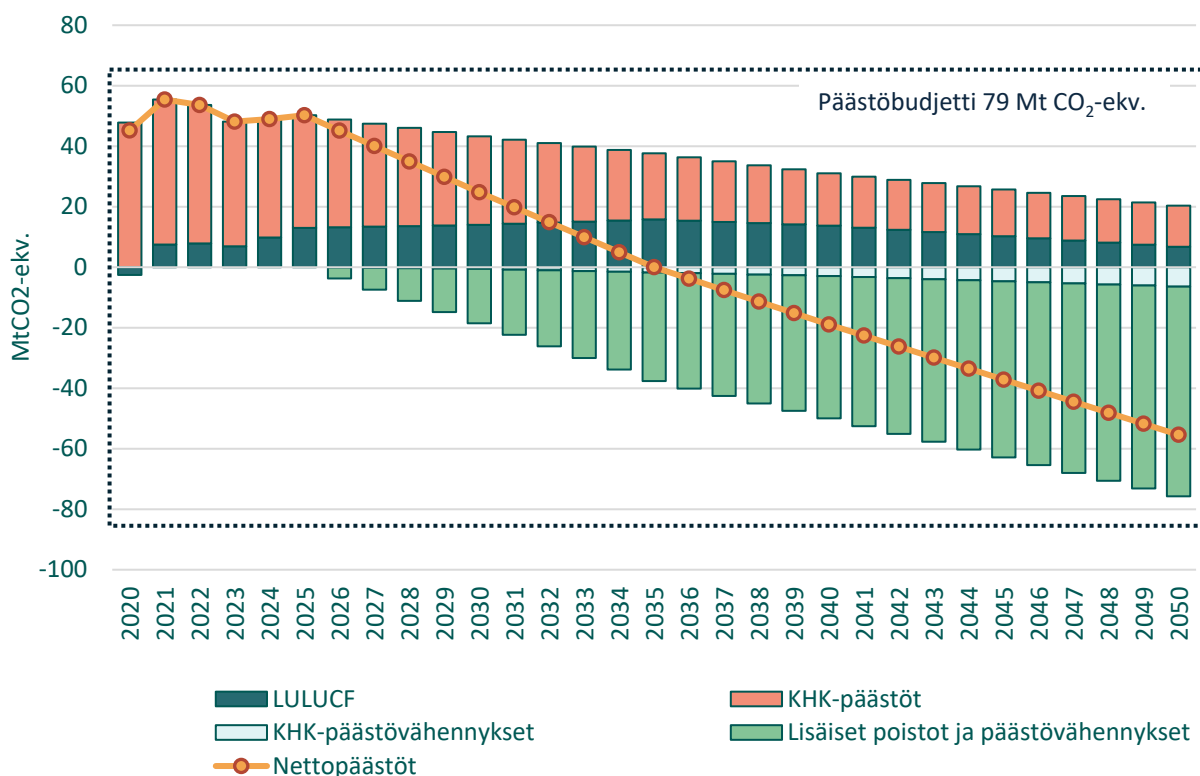
SR 1.5: 420 Gt / 1 170 Gt (vuoden 2018 alussa)
 AR 6: 400 Gt / 1 150 Gt (vuoden 2020 alussa)
 Forster ym.: 80 / 870 Gt (vuoden 2024 alussa)

Suomessa Partanen ym. (2024) ovat tarkastelleet Suomen päästövähennyspolkua ja reilua osuutta globaalista päästöbudjetista ilmastotieteen näkökulmasta. LULUCF-nettopäästöiksi kiinnitettiin Ilmastopaneelin tapaan -21 Mt CO₂-ekv. Laskennassa päädyttiin Ilmastopaneelin aiempaa arviota pienempään kansalliseen päästöbudjettiin epäsuorien nieluvaikutusten ja muiden kuin CO₂-kasvihuonekaasupäästöjen ilmastovaikutuksen vuoksi. Hiilidioksidiekvivalenttikertoimien (GWP100) käytön sijasta eri khk-päästöjen lämmitysvaikutukset saatettiin yhteismitalliseksi niiden aiheuttaminen säteilypakoteiden kautta. Näiden vaikutusten kansallisen tai globaalitason arviointitavasta riippuen Suomen tulisi olla hiilineutraali joko vuonna 2029 tai vuonna 2037. Jälkimmäinen, nykyistä tavoitetta myöhäisempi ajankohta hiilineutraaliuden saavuttamiselle johtuu raportin mukaan päivitetystä IPCC:n aiempaa suuremmasta globaalista hiilibudjetti-arviosta. Partanen ym. laski budjetit perustuen 1,5 asteen tavoitteen toteutumiseen 50 %:n todennäköisyydellä. Ilmastopaneelin alkuperäinen laskenta sen sijaan pohjautui 66 %:n todennäköisyyteen, jonka mukaan laskettu arvio toisi hiilineutraaliuden tavoitevuoden vielä lähemmäs nykyhetkeä.

Globaalia tilannetta, päivitettyjä hiilibudjetti-arvioita ja edelleen kasvaneita globaaleja kasvihuonekaasupäästöjä vielä merkittävämpi toimintaympäristön muutos on tapahtunut Suomen hiilinieluissa. Maankäyttösektorin nettohiilinielu on pienentynyt jo yli vuosikymmenen ajan, ja vuodesta 2018 lähtien sektori on ollut nielun sijaan päästölähde. KEITO-skenaarioiden (Koljonen ym. 2025a) mukaan se säilyy päästölähteenä myös tulevina vuosikymmeninä. Tällä ei kuitenkaan ole vaikutusta käytettävissä olevaan päästöbudjettiin, kun oikeudenmukaisuusperusteena on maksukyky.

Seuraavassa arvioidaan, kuinka paljon uusia, nettopäästöjä vähentäviä toimia tarvitaan vuosittain KEITO-skenaarioiden toimien lisäksi ilmastolain tavoitteiden saavuttamiseksi ja Suomen 2025–2050 päästöbudjetissa pysymiseksi. Vuonna 2035 nettopäästöjen pitäisi olla 38 Mt CO₂-ekv. pienemmät kuin KEITO WEM-skenaariossa, jotta Suomi olisi ilmastolain mukaisesti hiilineutraali. Tämän 38 Mt CO₂-ekv.:n päästökilun kattamiseksi tarvittaisiin vuodesta 2025 alkaen joka vuosi 3,8 Mt CO₂-ekv.:n

edestä kumulatiivisia nettopäästöjen lisävähennyksiä. Vuoden 2035 jälkeen lisäpoistojen ja lisäpäästö-
vähennysten tarve on edelleen yhteensä 2,5 Mt joka vuosi vuoteen 2050 asti, jotta pysyttäisiin Ilmas-
topaneelin (2021) määrittämässä alkuperäisessä Suomen reilussa osuudessa globaalista päästöbudje-
tista (79 Mt CO₂-ekv. vuosina 2020–2050; kuva 5). KEITO WEM skenaarioon nähden lisäksi toimia
sisältävän WAM-skenaarion mukaisilla päästöillä tarvittavat vuosittaiset nettopäästöjen lisävähennyk-
set olisivat vuoteen 2035 noin 3,4 Mt (päästökuilu hiilineutraaliuteen on 10 x 3,4 = 34 Mt CO₂-ekv.), ja
tämän jälkeen päästöbudjetissa pysymiseksi edelleen 1,8 Mt CO₂-ekv. vuodessa vuoteen 2050 asti.

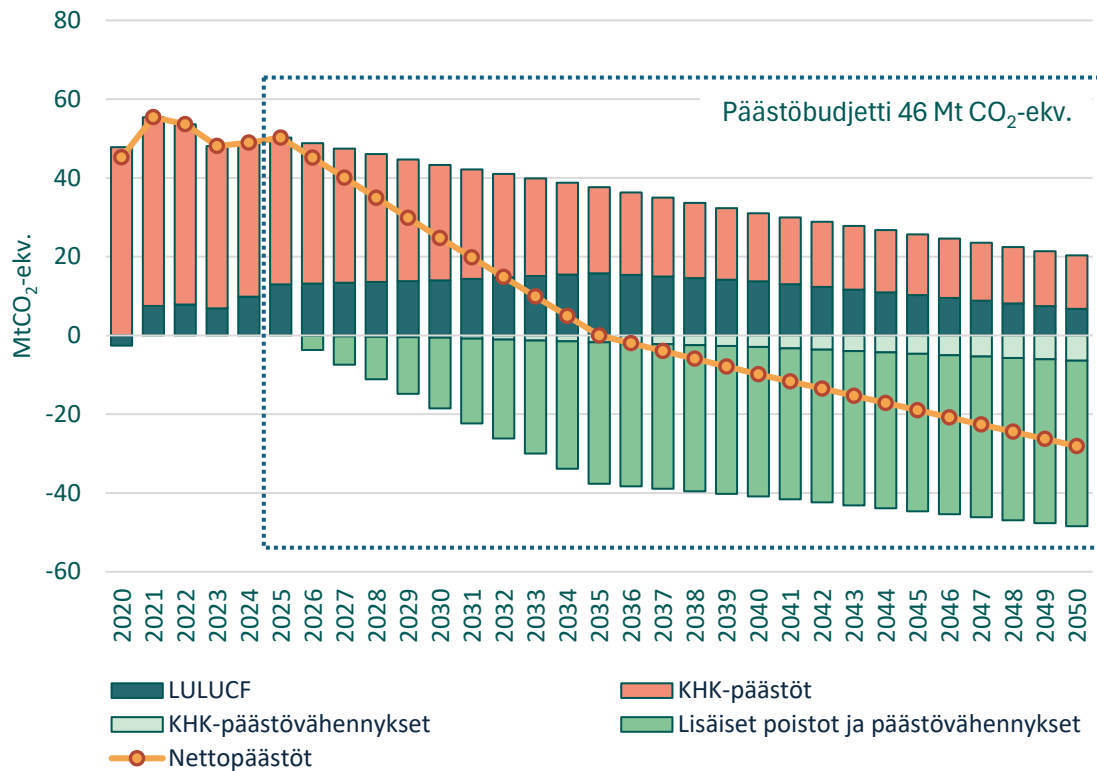


Kuva 5. Ilmastopaneelin suositusten (2021) mukainen ilmastolain tavoitteet toteuttava päästöura päivitetynä toteutuneilla
päästöillä 2020–2024 (Tilastokeskus 2025a) ja KEITO WEM-skenaarion päästöillä 2025–2050 (Koljonen ym. 2025a). KHK-
päästövähennykset (vaaleansiniset pylväät) tarkoittavat ilmastolain muiden kuin LULUCF-päästöjen vähennystavoitteisiin
vaadittavia lisävähennyksiä WEM-skenaarioon nähden. Lisäillä nettopäästöjen vähennyksillä (tummanvihreät pylväät)
päästäisiin hiilineutraaliuteen vuonna 2035 ja päästöbudjettiin 2020–2050. Päästöbudjetti vuosille 2020–2050 on 79 Mt
CO₂-ekv.

Suomen päästöbudjettien päivittäminen uusimman IPCC:n AR6:n mukaisiksi ja vuoden 2025 tilantee-
seen pienentäisi hieman tarvittavien päästövähennysten määrää. Suomen maksukyvyyn¹ mukainen
budjetti olisi vuoden 2025 alussa 46 Mt CO₂-ekv., jolloin lisävähennyksiä vaadittaisiin hiilineutraaliu-
den jälkeen KEITO WEM-skenaariossa 0,7 Mt CO₂-ekv. vuodessa (kuva 6) eli selvästi vähemmän kuin
Ilmastopaneelin alkuperäisessä laskelmassa.

KEITO WAM-skenaariossa lisäpoistoja ei tarvittaisi päästöbudjetissa pysymiseksi lainkaan vuoden
2035 jälkeen. Hiilineutraaliuden saavuttaminen vuonna 2035 vaatisi kuitenkin erittäin suuren päästö-
kuilun (WEM:ssä 38 Mt CO₂-ekv. ja WAM:ssa 34 Mt CO₂-ekv.) kuromista umpeen budjeteista riippu-
matta.

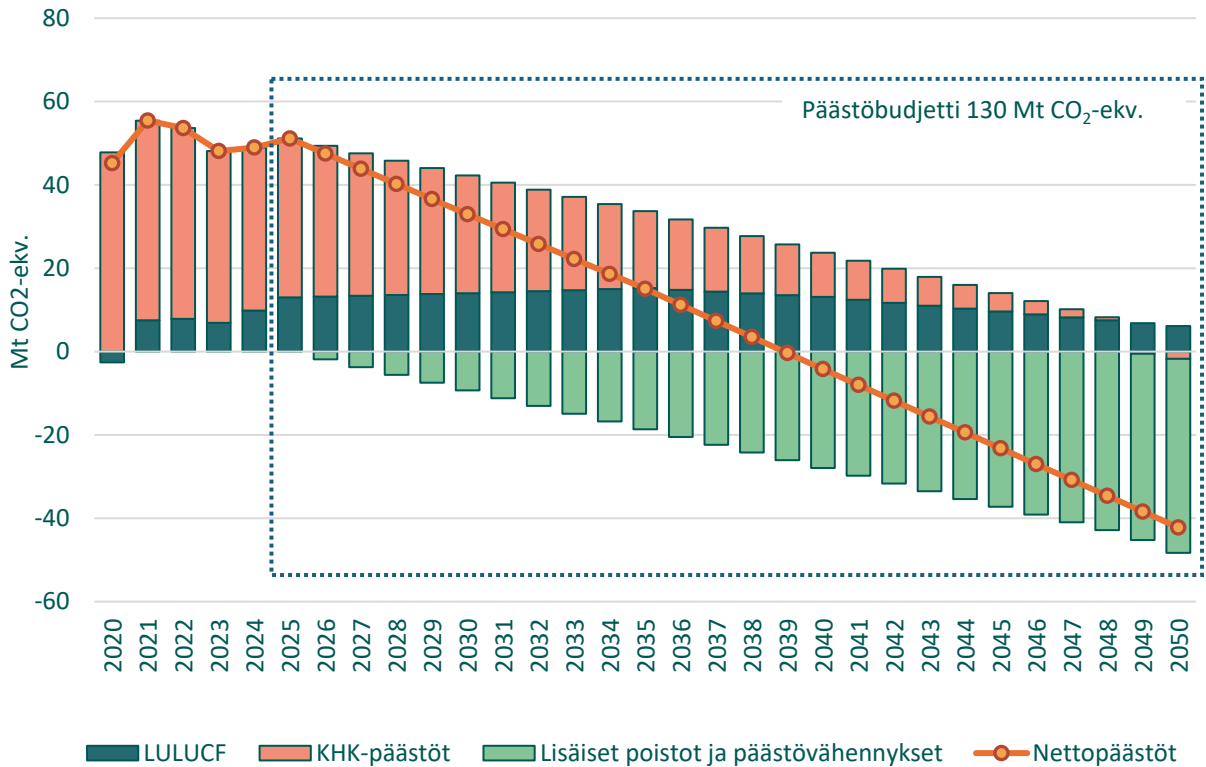
¹ Suomen keskimääräinen osuus koko maailman BKT:sta vuosina 2019–2024 ostovoimapariteetilla korjat-
tuna (World Bank 2025).



Kuva 6. Ilmastolain tavoitteet toteuttava päästöura vuoden 2025 tilanteeseen päivitettyinä. LULUCF- ja KHK-päästöt ovat KEITO WEM-skenaarion mukaiset (Koljonen ym. 2025a). Päästöbudjetti vuosille 2025–2050 (46 Mt CO₂-ekv.) on laskettu Ilmastopaneelin menetelmällä Suomen maksukyvyyn mukaan IPCC:n AR6:n 1,5 asteen (66 % todennäköisyydellä) globaalista hiilibudjetista. KHK-päästövähennykset (vaaleansiniset pylvääät) tarkoittavat ilmastolain muiden kuin LULUCF-päästöjen vähennystavoitteisiin vaadittavia lisävähennyksiä WEM-skenaarioon nähden. Lisäisillä nettopäästöjen vähennyksillä (tummanvihreät pylvääät) päästäisiin hiilineutraaliuteen vuonna 2035 ja päivitettyyn päästöbudjettiin 2025–2050.

Suomen päästökehitystä ja tarvittavien päästövähennysten määrää voidaan tarkastella myös ainoastaan päästöbudjetin näkökulmasta niin, että ilmastolain tavoitteita ei kiinnitetä. Maksukyvyyn mukainen budjetti 46 Mt CO₂-ekv. vuosille 2025–2050 toteutuu, mikäli nettopäästöjen lisävähennyksiä pystytään tuottamaan WEM-skenaarion toimien päälle 2,6 Mt ja WAM-toimien päälle 2,1 Mt vuodessa (ks. taulukko 3). Hiilineutraalius asettuu molemmissa tapauksissa noin vuoteen 2038, eli vain 3 vuotta eteenpäin nykyisestä tavoitevuodesta.

Maksukyvyyn sijaan kansalliset päästöbudjetit voidaan laskea myös tasajaon periaatteella, eli ainoastaan maiden väkilukuihin perustuen (kuva 7). Suomen 1,5 asteen budjetti tasajaon periaatteella olisi vuoden 2025 alussa 130 Mt CO₂-ekv. Vaikka tasajakoperiaatteen mukainen hiilibudjetti on huomattavasti maksukyvyyn mukaan laskettua päivitettyä budjettia suurempi, niin isoä kuva tavoitteiden suhteen tasajakoperiaate ei muuta. KEITO-skenaarioiden päästöillä 130 Mt:n budjetti on käytetty jo kolmessa vuodessa, joten lisävähennysten tarve on tässäkin tapauksessa huomattavan suuri. Suomen hiilineutraaliusvuosi siirtyisi sallittujen päästöjen globaalilla tasajaolla vuodesta 2035 vuoteen 2039.



Kuva 7. KEITO WAM-skenaarion (Koljonen ym. 2025a) mukaiset päästöt ja tarvittavat lineaariset nettopäästöjen lisävähennykset (1,9 Mt CO₂-ekv./v), kun Suomen 2025–2050 päästöbudjetti määritellään tasajaon periaatteella. Päästöbudjetti vuosille 2025–2050 on tällä tavoin laskettuna 130 Mt CO₂-ekv.

Taulukkoon 3 on koottu vaadittavien vuotuisten lisäpäästövähennysten määrä vuonna 2025 julkaistuihin kansallisen ilmastopolitiikan KEITO WEM- ja WAM-skenaarioihin (Koljonen ym. 2025a) nähden suhteessa ilmastolain tavoitteisiin ja erilaisiin päästöbudjetteihin. Kaikki laskelmat on tehty samalla tavalla kuin Suomen ilmastopaneelin (2021; Ollikainen ym. 2019) aiemmissa raporteissa. Kasvihuonekaasu (KHK) -inventaarion mukaisen LULUFC-laskennan ja muiden kuin CO₂-päästöjen vaikutuksen oletetaan jotakuinkin kompensoivan toisensa, jolloin globaalin ilmastomallien mukaisen CO₂-budjetin Suomen osuuteen voidaan laskea kaikki khk-inventaarion päästöt. Partasen ym. (2025) mukaan tämä kuitenkin yliarvioi käytettävissä olevan päästöbudjetin suuruuden, joten tässä esitetyt tarvittavat lisävähennykset ovat ilmastotieteen näkökulmasta mahdollisesti liian pienet. Toisaalta skenaarioiden päivittäminen maankäyttösektorin khk-laskennan uusimmilla menetelmämuutoksilla kääntäisi tilannetta jonkin verran toiseen suuntaan. KEITO WAM-skenaariossa Bio-CCS-teknologian oletetaan tuottavan teknologisia nieluja noin 1,5 Mt CO₂/v vuoteen 2035, 3,0 Mt CO₂/v vuoteen 2040 ja 14 Mt CO₂/v vuoteen 2050 mennessä. Nämä poistot on laskettu vähennyksinä energiateollisuuden päästöihin (Koljonen ym. 2025a).

Taulukko 3. Suomen oikeudenmukaisen osuuden globaalista 1,5 asteen (66 % todennäköisyydellä) hiilibudjetista toteuttavat vuosittaiset, kumuloituvat lisäpäästövähennykset KEITO WEM- ja WAM-skenaarioihin (Koljonen ym. 2025a) nähden jaksoilla 2025–2035 ja 2035–2050 eri globaalien hiilibudjetin jakoperiaatteilla, kansallisen ilmastolain tavoitteet huomioiden

Gloaalinen päästöbudjetin ¹ allokaatio	Ilmastolain tavoitteet ²	WEM (Mt CO ₂ -ekv./v)		WAM (Mt CO ₂ -ekv./v)		Hiilineutraaliuden saavuttamisvuosi		Päästöbudjetti 2025–2050 (Mt CO ₂ -ekv.)
		2025–2035	2035–2050	2025–2035	2035–2050	WEM	WAM	
Maksukyky	Kyllä	3,8	0,7	3,4	0,0	2035	2035	46
	Ei	2,6	2,6	2,1	2,1	2038	2038	46
Tasajako	Kyllä	3,8	0,0	3,4	-0,7	2035	2035	130
	Ei	2,4	2,4	1,9	1,9	2039	2039	130

¹ Globaali päästöbudjetti (1,5 astetta 66 % todennäköisyydellä) 400 Gt CO₂ vuoden 2020 alussa (IPCC 2022) ja 197 Gt CO₂ vuoden 2025 alussa.

² Ilmastolain tavoitteet 'Kyllä' tarkoittaa, että nettopäästöt saavuttavat nollan vuonna 2035, ja päästöt ilman maankäyttösektoria ovat vuoteen 1990 verrattuna -60 % vuonna 2030, -80 % vuonna 2040 ja -90 % vuonna 2050.

² Ilmastolain tavoitteet 'Ei' tarkoittaa, että päästövähennysuraa ei ole sidottu ilmastolain tavoitteisiin. Uusia päästövähennyksiä tehdään tasaisesti lisää joka vuosi skenaarion toimien päälle niin, että yhteenlasketut nettopäästöt = päästöbudjetti.

Ilmastolain tavoitteiden toteutuminen KEITO-skenaarioissa

KEITO WEM-skenaariossa ilmastolain päästövähennystavoitteita vuosille 2030, 2040 ja 2050 ei saavuteta, mutta WAM:ssa ne toteutuvat (taulukko 4). Hiilineutraaliuteen vaadittaisiin kuitenkin kummassakin skenaariorissa huomattavia lisätoimia LULUCF-sektorin pysyessä koko tarkastelujakson 2025–2050 ajan nettopäästönä. KEITO-hankkeen pitkän aikavälin tarkasteluissa ENV-skenaariossa hiilineutraalius saavutetaan tavoitevuonna, PPL-skenaariossa vuoden 2040 jälkeen ja BIZ-skenaariossa vuoden 2045 jälkeen (taulukko 5; Koljonen ym. 2025b). Maankäyttösektorin khk-laskentamenetelmän päivittäminen pienentäisi tässä esitettyjä päästökuiluja hiilineutraaliuteen arviolta 4,3 Mt CO₂-ekv.:lla (ks. luku 2.3.2). Toisaalta Kangas ym. (2026) mukaan mm. KEITO-skenaarioissa käytetyn MELA-mallin puuston kasvuarviot ovat kuitenkin yliarvioita. Tämän huomioiminen vastaavasti kasvattaisi päästökuilua.

Taulukko 4. Muutos khk-päästöissä (ilman LULUCF-sektoria) KEITO WEM- ja WAM-skenaarioissa vuosina 2030–2050 vuoteen 1990 verrattuna (Koljonen ym. 2025a).

	2030	2035	2040	2045	2050
Ilmastolain tavoite	-60 %		-80 %		-90 %–95 %
KEITO WEM	-59 %	-70 %	-76 %	-78 %	-81 %
KEITO WAM	-61 %	-74 %	-85 %	-95 %	-102 %

Taulukko 5. Nettopäästöt (Mt CO₂-ekv.) KEITO WEM- ja WAM-skenaarioissa sekä KEITO LTS-skenaarioissa BIZ (Markkinat edellä), FIN (Suomi edellä), PPL (Yhteiskunta edellä) ja ENV (Ympäristö edellä) (Koljonen ym. 2025a; Koljonen ym. 2025b) vuosina 2030–2050. Vuoden 2035 tilanne = päästökuilu hiilineutraaliuteen.

Skenaario	2030	2035	2040	2045	2050
KEITO WEM	43	37,7	31	26	20
KEITO WAM	42	33,7	24	13	4
LTS BIZ	37	25,7	11	1	-7
LTS ENV	18	-3,0	-20	-32	-42
LTS FIN	32	20,2	11	3	-4
LTS PPL	29	16,1	1	-11	-20

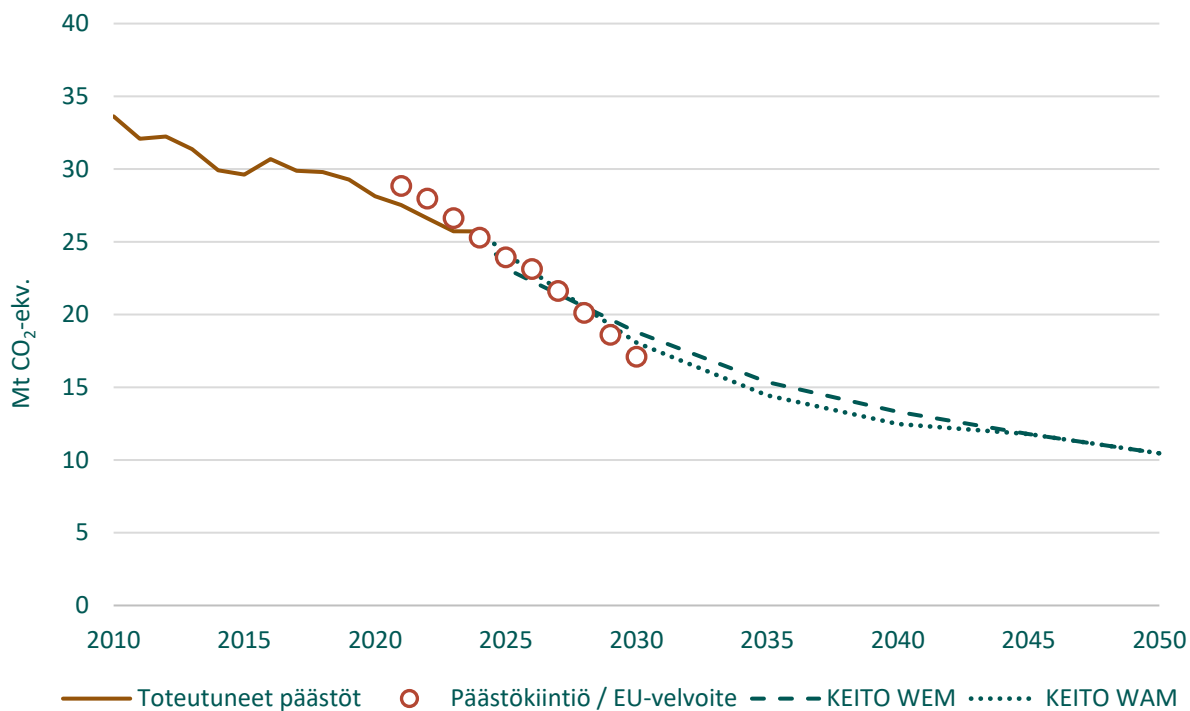
2.3.4 EU-velvoitteiden täytyminen

Ilmastolain tavoitteisiin kuuluu myös EU-lainsäädännöstä aiheutuvien velvoitteiden täyttymisen varmistaminen. Suomen EU:n lainsäädännön mukainen päästövähennysvelvoite taakanjakosektorille on päästöjen puolittaminen vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 päästötasoon. Tästä 17,1 Mt CO₂-ekv.:n tavoitetasosta jäädyään KEITO WEM-skenaariossa 1,7 Mt CO₂-ekv. ja WAM:ssa 1,0 Mt CO₂-ekv (kuva 8). Kumulatiivisesti päästökauppiot alitetaan WAM:ssa 2021–2030 noin 0,9 Mt CO₂-ekv.:lla.

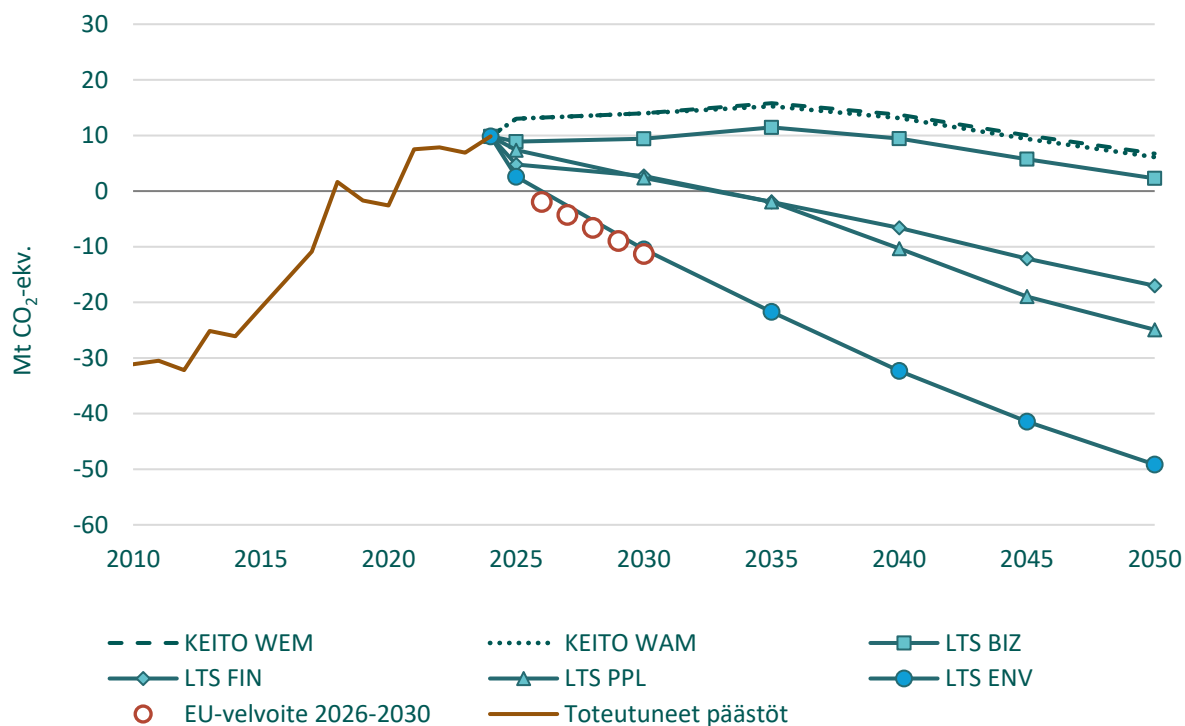
Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (KAISU3) toimenpideohjelmassa (VNK 2025a) linjataan WEM:iin nähden lisäksi taakanjakosektorin päästövähennystoimia 0,6 Mt CO₂-ekv.:n edestä. Lisäksi päästökaupasektorilta voitaisiin siirtää päästövähennyksiä 0,7 Mt CO₂ (ETS-jousto) ja loput taakanjakosektorin tavoitteesta voitaisiin kattaa aiempien vuosien ylijäämällä. Merkittävänä riskinä on kuitenkin maankäyttösektorin alijäämän siirtyminen taakanjakosektorin katettavaksi.

EU:n LULUCF-asetuksessa (2018/841; 2023/839) jäsenmaiden velvoitteet on asetettu velvoitekaudelle 2021–2025 ja 2026–2030. Ensimmäisellä velvoitekaudella maankäyttösektorin päästöt eivät saa ylittää nielujen aikaansaamia poistumia (nk. no debit -sääntö). Kutakin LULUCF-tilinpitoluokkaa tarkastellaan erikseen, ja metsien ja puutuotteiden osalta päästöt ja poistumat lasketaan suhteessa vuosien 2000–2009 metsien käyttöön perustuvaan vertailutasoon.

Toisella velvoitekaudella jäsenmaakohtainen vuoden 2030 velvoite muodostuu LULUCF-sektorin vuosien 2016–2018 nettopäästöjen keskiarvosta lisätyn jäsenmaakohtaisella nielutavoitteella, Suomen osalta tuoreimpien, joulukuun 2025 inventaariotietojen mukaan $-8,4 \text{ Mt} + -2,9 \text{ Mt} = -11,3 \text{ Mt CO}_2\text{-ekv}$. Maankäyttösektorin nettopäästöjen tulisi olla vuonna 2026 noin $-1,9 \text{ Mt CO}_2\text{-ekv}$., pienentyen tästä lineaarisesti vuoden 2030 tavoitteeseen $-11,3 \text{ Mt CO}_2\text{-ekv}$. (kuva 9). Mahdolliset vuosittaiset kiintiön ylitykset velvoitekaudella lisätään kertoimella 1,08 vuoden 2030 inventaariotuloksen päälle, mikä tiukentaa velvoitetta entisestään. Edellisen, toukokuun 2025 khk-inventaarion mukaan Suomen 2030 nielutavoite olisi ollut $-3,8 \text{ Mt CO}_2\text{-ekv}$.



Kuva 8. Taakanjakosektorin toteutuneet päästöt (Tilastokeskus 2025c), EU:n taakanjakoasetuksen (2018/842; 2023/857) mukaiset Suomen päästökaanti 2021–2030 (2026–2030 vahvistamatta) sekä päästökahti KEITO WEM- ja WAM-skenaarioissa (Koljonen ym. 2025a).



Kuva 9. Maankäyttösektorin toteutuneet nettopäästöt (Tilastokeskus 2025a), EU:n LULUCF-asetuksen (2023/839) mukainen Suomen nieluvelvoite 2026–2030 sekä päästökahtykset KEITO WEM-, KEITO WAM- (Koljonen ym. 2025a) sekä KEITO LTS-skenaarioissa BIZ (Markkinat edellä), FIN (Suomi edellä), PPL (Yhteiskunta edellä) ja ENV (Ympäristö edellä) (Koljonen ym. 2025b).

Seppälä ym. (2025) arvion mukaan ensimmäisen velvoitekauden päästöt ylittävät poistumat, ja viiden vuoden kumulatiivinen alijäämä on yhteensä noin 110 Mt CO₂-ekv, joka voi mahdollisen joustomekanismin hyödyntämisen jälkeen pudota 83 Mt CO₂-ekv.:iin Toisella velvoitekaudella alijäämää syntyisi nykyisellä hakkuutasolla (73 milj. m³/v) noin 44 Mt CO₂-ekv. ja hakkuiden kasvaessa (80 milj. m³/v) noin 82 Mt CO₂-ekv. Jäsenmaakohtaisia joustoja voi olla mahdollista hyödyntää 22 Mt CO₂-ekv.:n verran, jos EU saavuttaa LULUCF-sektorinkokonaistavoitteensa. Arvion mukaan Suomi voisi saavuttaa vuoden 2030 veloitteensa, mikäli hakkuut vähentyisivät lineaarisesti vuodesta 2025 noin 62 miljoonaan kuutiometriin vuonna 2030. Tuoreiden inventaariotietojen (Tilastokeskus 2025a) perusteella alijäämää syntyisi toisella velvoitekaudelle kuitenkin aiemmin arvioitua enemmän.

Mikäli jäsenmaa ei täytä tai saa hyvitettyä ensimmäisen velvoitekauden LULUCF-velvoitettaan, jäljelle jäänyt laskennallinen päästö siirtyy kyseisen jäsenmaan taakanjakosektorin velvoitteeksi (EU 2018/842). Lisäksi taakanjakosektorin vuosittaisen päästökauppiintien ylitykset, mukaan lukien siirretyt LULUCF-päästöt, lisätään kertoimella 1,08 seuraavan vuoden päästöihin. Tilanne on äärimmäisen vaikea, sillä pieninkin arvioitu LULUCF-alijäämä 83 Mt CO₂-ekv, ylittää vuosina 2021–2023 saavutetun taakanjakosektorin kumulatiivisen kiintiöiden alituksen (3,6 Mt CO₂-ekv.) ja päästökauppiintien ETS-joustopäätösten (yht. 3,5 Mt CO₂-ekv. vuosina 2021–2025) yli kymmenkertaisesti. Alijäämän hyvittäminen päästöyksiköitä ostamalla on hyvin kallista ja epävarmaa.

Päästösektorit ovat kytköksissä asetusten ja joustojen kautta toisiinsa, eivätkä ilmastolain tavoitteet ole EU-velvoitteiden täyttymisen osalta toteutumassa. Tavoitteisiin pääseminen, myös hiilineutraaliuden osalta, edellyttää huomattavaa suunnanmuutosta erityisesti maankäyttösektorilla.

Tiivistelmä:

- Suomen ilmastolain nykyiset tavoitteet: hiilineutraalius viimeistään vuonna 2035 ja hiilinegatiivisuus tämän jälkeen. Taakanjako- ja päästökauppiintien yhteenlaskettujen päästöjen vähennys vähintään -60 % vuoteen 2030, vähintään -80 % vuoteen 2040 ja -90–95 % vuoteen 2050 mennessä, verrattuna vuoden 1990 tasoon. EU-lainsäädäntöön liittyvien velvoitteiden täytyminen taakanjakosektorilla ja LULUCF-sektorilla.
- Hiilineutraalius- ja hiilinegatiivisuustavoite sisältävät implisiittisesti tavoitteen nielujen vahvistamisesta, mutta kansallisessa laissa ei aseteta määrällistä tavoitetta nieluille. Nielun määrittely mahdollistaa teknologisten nielujen (Bio-CCS, DACCS) hyödyntämisen kansallisen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisessa.
- Määrällinen nielujen vahvistamistavoite asetetaan ilmastolain mukaisessa maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmassa (MISU), jossa tavoitellaan päästöjen vähentämistä ja vuotuisten nielujen vahvistamista 3 Mt CO₂-ekv.:lla vuoteen 2035 mennessä. Vertailutasoa tai -skenaariota (eli suhteessa mihin 3 Mt lisäys pitäisi tapahtua) ei ole määritelty.
- Maankäyttösektori on ollut päästölähde vuodesta 2021 alkaen. Inventaariolaskentaan on tehty viime vuosina menetelmämuutoksia ja teknisiä korjauksia, jotka ovat kasvattaneet raportoituja päästöjä. Joulukuun 2025 päivitys kuitenkin korjasi lukuja alaspäin. LULUCF-nettopäästöjen viimeisen runsaan vuosikymmenen jatkunut kasvava trendi on kuitenkin ollut nähtävissä kaikissa tilastopäivityksissä.
- Ilmastolain tavoitteet ovat ajantasaisia, ja vastaavat ilmastomuutoksen hillinnän riittävään tasoon, Pariisin sopimukseen ja EU-velvoitteisiin sekä Suomen mahdollisuuksiin ja vastuuseen toimia edelläkävijänä ilmastopolitiikassa. Päästövähennysprosentit ovat Suomen ilmastopaneelin

suositusten mukaiset. Ne perustuvat Suomen oikeudenmukaiseen, maksukyvyyn (BKT/henkilö) mukaan laskettuun, osuuteen globaalista 1,5 asteen hiilibudjetista.

- Metsä- ja maaperämallit ja tietopohja päästöistä ja poistumista ovat tarkentuneet: vuonna 2021 laaditussa WEM:ssä maankäyttösektorin kasvihuonekaasutase on -18 Mt CO₂-ekv. (nettonielu) vuonna 2035, kun se tuoreessa KEITO WEM:ssä on 16 Mt CO₂-ekv. (nettopäästö). Joulukuun 2025 tilastojulkistuksessa käytettyjen menetelmien mukaan tase olisi vuonna 2035 WEM:ssä arviolta 12 Mt CO₂-ekv. (nettopäästö). Tämä ei vaikuta Pariisin sopimuksen mukaiseen, Suomen globaalisti oikeudenmukaiseen päästöbudjettiin.
- Päästökuilu hiilineutraaliuteen on vuonna 2035 KEITO-WEM-skenaariossa 38 Mt CO₂-ekv. ja KEITO WAM:ssa 34 Mt CO₂-ekv. Uusia, kumuloituvia nettopäästöjen lisävähennyksiä tulisi siis toteuttaa joka vuosi vähintään 3,4 Mt:n edestä WAM-toimien päälle. Tämän jälkeen kansallisessa päästöbudjetissa pysymiseksi vuotuisia lisävähennyksiä tarvittaisiin hieman vähemmän. Tuoreimmat arviot pienentäisivät päästökuilua noin 4,3 Mt CO₂-ekv.:lla, ja vastaavasti vuosittaista lisätoimien tarvetta 0,4 Mt CO₂-ekv.:lla.
- IPCC:n AR6:n (2022) mukainen päästöbudjetti 1,5 asteen lämpenemiselle on 1,5 asteen erikoisraportissa (2018) esitettyä suurempi. Vuoden 2025 alussa Suomen maksukyvyyn mukainen budjetti on 46 Mt CO₂-ekv. Suomen ilmastopaneeli käytti ilmastolain tavoitesuositusten taustalaskelmissa 79 Mt CO₂-ekv.:n budjettia vuosille 2020–2050, joka on Suomen vuosien 2020–2024 päästöt huomioiden tiukempi tavoite, kuin 46 Mt:n budjetti vuoden 2025 alusta.
- Vaikka hiilineutraaliusvuotta ja päästövähennystavoitteita ei kiinnitettäisi, ja globaali 1,5 asteen hiilibudjetti 2025–2050 jaettaisiin kaikille maailman maille tasan väkiluvun perusteella, tulisi Suomen toteuttaa runsaasti Bio-CCS:ä sisältävässä WAM-skenaariossakin lisäisiä päästövähennyksiä lähes 2 Mt CO₂-ekv. joka vuosi vuoteen 2050 saakka. Lisävähennysten kumuloituessa Suomen nettopäästöt olisivat vuonna 2050 tasolla -42 Mt CO₂-ekv.
- KAISU3:n mukaan Suomi voisi saavuttaa taakanjakosektorin vuoden 2030 päästövähennysvelvoitteen, jos päästökauppasektorin joustoa sekä aiempien vuosien päästokiintiöiden alituksia voidaan hyödyntää täysimääräisesti. On kuitenkin todennäköistä, että maankäyttösektorille syntyy alijäämää, joka siirtyy taakanjakosektorin kannettavaksi EU:n taakanjakoasetuksen mukaisesti.
- Ensimmäisellä velvoitekaudella 2021–2025 LULUCF-alijäämää syntyy joka tapauksessa kymmeniä miljoonia CO₂-ekv.-tonneja, riippumatta lopullisista vuosien 2024 ja 2025 inventaariolaskennan tuloksista ja joustojen käyttömahdollisuuksista. Alijäämän hyvittäminen päästöyksiköitä hankkimalla on hinnaltaan ja saatavissa olevien yksikköjen suhteen epävarmaa.
- Niin ikään toisella LULUCF-velvoitekaudella 2026–2030 nielutavoitteista jäädään nykyisillä hakkuutasoilla selvästi ja alijäämää syntyy huomattavia määriä (kuva 9). Tilannetta vaikeuttaa entisestään se, että päästokiintiöiden ylitys 2026–2029 siirtyy kertoimella 1,08 vuoden 2030 päästöihin.
- Ilmastolain tavoitteet eivät ole eri skenaarioiden valossa toteutumassa hiilineutraaliuden, eikä myöskään LULUCF-velvoitteisiin vastaamisen osalta. Tavoitteisiin pääseminen edellyttäisi selkeää suunnanmuutosta erityisesti maankäyttösektorilla.
- Myös Suomen oikeudenmukaisessa, vuoteen 2050 ulottuvassa hiilibudjetissa pysyminen vaatisi erittäin suuria nettopäästöjen lisävähennyksiä, riippumatta budjetin erilaisista jakoperusteista. Hiilineutraaliuden saavuttaminen vuonna 2035 vähentäisi kuitenkin merkittävästi lisätoimien tarvetta jaksolla 2035–2050

2.4 Muiden maiden päästösitoumukset

2.4.1 Ruotsi

Ruotsin ilmastotavoitteet sisältyvät valtiopäivien päätökseen ilmastopolitiikan kehyksestä ja ilmasto-laista (Riksdagen 2017). Sen mukaan Ruotsin tulee olla nettopäästötön yhteiskunta vuoteen 2045 mennessä, ja tämän jälkeen nettonegatiivinen. Kasvihuonekaasupäästöjen, ilman maankäyttösektoria ja kansainvälistä vesi- ja lentoliikennettä, vähennystavoite on vähintään 85 % vuoden 1990 tasosta. Jäljelle jäävä 15 % voidaan kattaa lisätoimilla ("kompletterande åtgärder"), esimerkiksi metsien hiilinieluja vahvistamalla, Bio-CCS:llä tai Pariisin sopimuksen Artikla 6:n mukaisilla todennetuilla päästövähennysyksiköillä. Ruotsin päästöt olivat vuonna 1990 71 Mt CO₂-ekv., joten 85 % päästövähennys jättäisi lisätoimilla vuonna 2045 kompensoitavaksi päästöjen määräksi lähes 11 Mt CO₂-ekv.

Taakanjakosektorille Ruotsi on asettanut omat EU-velvoitetta kovemmat tavoitteet: taakanjakosektorin (ESR)-päästöjen vähennystavoitteet ovat vuoteen 2030 mennessä -63 % ja vuoteen 2040 mennessä -75 %. Päästökehitystä verrataan vuoden 1990 tasoon. Vuoden 2030 tavoitteesta voisi kattaa lisätoimilla enintään 8 %-yksikköä (3,7 Mt CO₂-ekv.) ja vuoden 2040 tavoitteesta enintään 2 %-yksikköä (noin 1 Mt CO₂-ekv.). ESR-päästöjen vuoden 2030 tavoitetaso on 17,1 Mt CO₂-ekv, kun EU-velvoite -50 % vuoden 2005 tasosta on 21,1 Mt CO₂-ekv. Kansallisen lainsäädännön puitteissa EU-velvoitteen ylittävän kovemman tavoitteen voisi siis kattaa lähes kokonaan lisänieluilta tai ITMO-yksiköillä (Internationally Transferred Mitigation Outcomes).

Kokonais- ja ESR-päästövähennystavoitteiden lisäksi kotimaan liikenteelle (ilman lentoliikennettä) on asetettu erillistavoite, jonka mukaan päästöjen pitäisi vähentyä 70 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2010 tasosta. Vuonna 2023 liikenteen päästöt olivat vähentyneet 34 % vuoteen 2010 verrattuna, mutta vuonna 2024 päästöt kasvoivat ennakkotietojen mukaan rajusti jakeluvelvoitteen laskemisen takia ja olivat enää vain 20 % pienemmät kuin vuonna 2010 (Naturvårdsverket 2025a).

Toistaiseksi Ruotsilla ei ole suurinta sallittua kokonaismäärää tarkempia linjauksia lisätoimista. Hallituksen tilaamassa laajassa, pitkän aikavälin taustaselvityksessä kuitenkin esitettiin vuodelle 2030 ohjeellisiksi tavoitteiksi 1,2 Mt LULUCF-lisätoimia, 1,8 Mt Bio-CCS:ä ja 0,7 Mt CO₂-ekv. ITMO-yksiköitä. Vuodelle 2045 vastaavat luvut ovat selvityksen mukaan vähintään 2,7 Mt LULUCF-toimia, 3–10 Mt Bio-CCS:ä ja ITMOja tarpeen mukaan, riippuen niiden hinnasta suhteessa kotimaisiin toimiin (SOU 2024).

Ruotsin luonnonsuojeluvirasto on esittänyt, että lisäiset maankäyttösektorin toimet voisivat kontribuoida kansallisten ilmastotavoitteiden täyttymiseen vain, jos sektorin nettonielu ylittää vuosien 2016–2018 keskiarvon (Naturvårdsverket 2023). Myös hallituksen ensimmäisessä ilmastopolitiikan toimintasuunnitelmassa mainitaan, että EU-velvoitteen yli menevät LULUCF-sektorin toimet voitaisiin laskea lisätoimiksi (Regeringen 2019), mutta virallista päätöstä asiasta ei ole tehty.

Vuoteen 2023 mennessä Ruotsin päästöt olivat vähentyneet noin 38 % vuodesta 1990, ja vuoden 2024 päästöjen nousun myötä ollaan tilanteessa -33 % (Naturvårdsverket 2025a). WEM-skenaarion mukaan päästöt ovat vuonna 2045 noin 71 % pienemmät kuin 1990, eli tavoitteista jäätäisiin selvästi (Naturvårdsverket 2025b). Päästökuilu nettonollaan olisi 20,5 Mt CO₂-ekv. ja -85 %:n tavoitteeseen vajaa 10 Mt CO₂-ekv. WEM:n mukaan myöskään taakanjakosektorilla ei saavuteta tavoitteita. Päästökuilu on vuonna 2030 EU-velvoitteeseen 3,2 Mt CO₂-ekv. (ilman mahdollisia joustoja) ja kansalliseen tavoitteeseen 7,7 Mt CO₂-ekv, vaikka vuosina 2021–2023 kiintiöt alitettiin selvästi.

Maankäyttösektori on ollut Ruotsissa vuodesta 1990 lähtien 2010-luvun alkuvuosiin asti noin -60 Mt CO₂-ekv.:n nettonielu. Tämän jälkeen nielu on pienentynyt noin puoleen, ja vuonna 2023 LULUCF-nettonielu oli -31,2 Mt CO₂-ekv. (Naturvårdsverket 2025a). Ruotsin LULUCF-asetuksen mukainen vuoden

2030 velvoitetaso maankäyttösektorin nettonielulle on -50,2 Mt CO₂-ekv., kun WEM-skenaariossa nielu on puuston kasvusta riippuen vuonna 2030 noin -29– -35 Mt CO₂-ekv. (Naturvårdsverket 2025b). Skenaarioissa on arvioitu hakkuiden kasvavan 90 Mm³:sta 95 Mm³:een. Ruotsin luonnonsuojeluviraston arvion mukaan ensimmäisellä LULUCF-velvoitekaudella 2021–2025 kertyy alijäämää EU-velvoitteisiin nähden 63–71 Mt CO₂-ekv. (Naturvårdsverket 2025c).

Vuoden 2025 kesäkuuhun mennessä Ruotsi on sopinut Pariisin sopimuksen artikla 6:n mukaisen yhteistyön mahdollistavia kahdenvälisiä sopimuksia Sambian, Ruandan, Nepalin, Kenian, Ghanan ja Dominikaanisen tasavallan kanssa. Lisäksi Sveitsin kanssa on sovittu vastavuoroisesta päästövähennysten siirtämisestä. Projekteja on käynnistynyt toistaiseksi ainoastaan Ghanassa, jossa kolmen aurinkopaneeli-, sähkövarasto- ja sähkömoottoripyörähankkeen odotettu kumulatiivinen päästövähennys on 0,6 Mt CO₂-ekv. vuosina 2024–2030 (Energimyndigheten 2025). Vuonna 2030 vuotuinen päästövähennys näistä hankkeista olisi arviolta 0,2 Mt CO₂-ekv., joka kattaisi esimerkiksi Ruotsin omasta 2030 ESR-tavoitteesta noin 0,4 %.

2.4.2 Norja

Norjan kesäkuussa 2025 päivitetyn ilmastolain mukaan Norjan päästövähennystavoitteet ovat vuoteen 1990 verrattuna -55 % vuoteen 2030 mennessä, -70–75 % vuoteen 2035 mennessä ja -90–95 % vuoteen 2050 mennessä (Klimaloven 2025). Vuosien 2030 ja 2035 tavoitteet ovat samalla myös maan voimassa olevat NDC-panokset (Regjeringen 2022; 2025a). Vuoteen 2030 asti Norja on sitoutunut EU:n taakanjakosektorin ja LULUCF-sektorin maakohtaisiin tavoitteisiin, ja on myös mukana päästökaupassa. Mikäli keskipitkän aikavälin tavoitteita ei saavuteta kotimaisin toimin ja EU-regulaation puitteissa, voidaan puuttuviin päästövähennyksiin hankkia kv. päästövähennysyksiköitä. Norjan hallitus arvioi, että yli 90 % vuoden 2035 tavoitteesta saavutetaan ilman ITMOjen hankintaa (Regjeringen 2025b).

Norjan ilmastolain ja NDC:eiden päästövähennystavoitteet koskevat kaikkia khk-inventaarion päästöjä, ilman EU-velvoitteiden alaista maankäyttösektoria. Lisäiset LULUCF-toimet kuitenkin hyväksytään tavoitteiden saavuttamiseksi, joskin niiden laskentametodologiaa ei toistaiseksi ole vahvistettu. Hallituksen mukaan lisäisten toimien vaikutusten arviointi on maankäyttösektorin kokonaistaseeseen verrattuna selkeämpi ja hallittavampi tapa mitata politiikan vaikuttavuutta, ympäristöllisesti vastuullinen, teknisesti perusteltu, ja mahdollistaa kunnianhimoisen, mutta realistisen ilmastopolitiikan. Lisäksi tätä lähestymistapaa perustellaan metsien hiilinielujen luonnollisella vaihtelulla ja koko sektorin vaikutusten arvioinnin epävarmuudella (Regjeringen 2025b).

Vuoden 2050 päästövähennystavoitetta -90–95 % pidetään nettonollatavoitetta kunnianhimoisempana, koska Norjan maankäyttösektori on ollut tilastollisesti, ja on tulevisissa projektioidissa, merkittävä joskin hieman pienenevä nettonielu (Regjeringen 2024). Vuonna 2023 päästöt ilman maankäyttösektoria olivat vain 9 % pienemmät kuin vuonna 1990 (Miljødirektoratet 2025). Nettopäästöissä vastaava muutos on -22 %. LULUCF-nettonielu on kasvanut vuoden 1990 noin -11 Mt:stä vuosien 2008–2012 keskiarvoon -26 Mt CO₂-ekv.:iin, jonka jälkeen se on pienentynyt selvästi. Vuonna 2023 nielu oli noin -15 Mt, ja vuonna 2050 sen arvioidaan olevan noin -7 Mt CO₂-ekv (Mohr ym. 2024).

Norjassa ei ole asetettu erillisiä tavoitteita teknologisille nieluille. Norjan ympäristövirasto on arvioinut Bio-CCS:n potentiaaliksi vuonna 2030 noin 1 Mt CO₂/v ja DACCS:n myös noin 1 Mt CO₂/v (Miljødirektoratet 2023).

Kesäkuuhun 2025 mennessä Norja on sopinut Pariisin sopimuksen artikla 6:n mukaisesta yhteistyöstä Indonesian, Beninin, Jordanian, Senegalin, Sambian ja Marokon kanssa. Toiminta organisoidaan

NOGER-aloitteen kautta, jolle on myönnetty runsaan 700 miljoonan euron määräraha. Toistaiseksi kohdemaissa ei ole käynnistynyt konkreettisia päästövähennyshankkeita (Regjeringen 2025c; UNEP-CCC 2025).

2.4.3 Itävalta

Itävalta on sitoutunut kahdessa viimeisimmässä hallitusohjelmassaan 2020–2024 ja 2025–2029 ilmastoneutraaliuteen vuoteen 2040 mennessä. Tavoitetta ei ole kirjattu lakiin. Ilmastonsuojelulaki vuodelta 2011 sisälsi taakanjakosektorin päästöjä koskevat sitovat päästöbudjetit vuosille 2013–2020 (RIS 2025). Viimeisimmän hallitusohjelman (Bundesregierung 2025) mukaan ilmastonsuojelulaki uudistetaan ja kokonaispäästöille asetetaan sitova vuosittain tiukentuva päästökatto. Lakiluonnoksessa ei mainita ilmastoneutraaliustavoitetta.

Itävallan kokonaispäästöt ovat vähentyneet vuodesta 1990 ainoastaan 14 % (Umweltbundesamt 2025a). Vuonna 2040 päästövähennys olisi WEM:n mukaan 28 % ja WAM:ssa 54 % (BMIMI 2024a). Nettopäästöjen osalta vähennysprosentit ovat vielä pienempiä maankäyttösektorin nielukehityksen takia. LULUCF-nettonielu oli 1990-luvulla vajaa -20 Mt CO₂-ekv., 2000-luvulla noin -10 Mt ja vuoden 2015 jälkeen keskimäärin nollassa. Vuonna 2023 maankäyttösektorin nettopäästöt nousivat peräti 7,5 Mt CO₂-ekv.:iin (Umweltbundesamt 2025b). Kansallisen energia- ja ilmastosuunnitelman (NECP) mukaan sektorin nettonielu on -5,7 Mt CO₂-ekv. 2030, -4,3 Mt 2040 ja -2,6 Mt 2050. EU-velvoite vuodelle 2030 on 2020 inventaariolähteyksestä laskettuna -5,7 Mt (Umweltbundesamt 2025c). Tämän jälkeen inventaariotietoja on korjattu, ja nettonielu on ollut aiemmin raportoitua pienempi. NECP:n skenaariolaskelmat pohjautuvat vanhentuneisiin maankäyttösektorin päästötietoihin.

Taakanjakosektorilla Itävallan 2030 EU-velvoite on -48 %. Vuoteen 2023 mennessä päästöt ovat vähentyneet 22 %. Vuosina 2022 ja 2023 päästökiintiöt alitettiin (Umweltbundesamt 2025a). WAM-skenaariossa päästään -42 %:iin. Loppu on tarkoitus kattaa uusilla lisätoimilla ja ETS-joustolla (BMIMI 2024a).

Nykyisten skenaarioiden mukaan päästökuilu nettonollaan vuonna 2040 on yli 20 Mt CO₂-ekv. Ilmastoneutraaliuden tueksi laaditussa Carbon Management Strategiassa (BMIMI 2024b) luodaan suunnitelma teknologisten ja luonnollisten nielujen kasvattamiseksi, ja hallitusohjelman mukaan voimassa oleva hiilidioksidin geologisen varastoinnin kieltä puretaan. Määrällisiä tavoitteita hiilen talteenotolle ei kuitenkaan ole asetettu. Maankäyttösektorin osalta pyritään EU-velvoitteeseen. Kansainvälisten joustojen käytöstä ei löydy tietoa.

2.4.4 Iso-Britannia

Ison-Britannian vuoden 2008 ilmastolaissa asetettiin tavoitteeksi nettopäästöjen vähentäminen 80 %:lla vuoteen 2050 mennessä, vuoden 1990 päästöihin verrattuna. Vuonna 2019 tavoitetta kiristettiin nettonollaan 2050. Perusteluina lakimuutokselle oli Pariisin sopimus, oikeudenmukaisuusperiaate historiallisten päästöjen valossa, kansainvälinen johtajuus, taloudellinen, teknologinen ja institutionaalinen kyvykkyys vähentää päästöjä sekä kunnianhimoisen ilmastopolitiikan tuomat mahdollisuudet vihreälle kasvuille ja teknologiaviennille (CCC 2019). Tähän mennessä päästöt ovat pienentyneet noin puoleen vuoden 1990 tasosta (UK 2024).

Ilmastolain tavoitteeseen pääsemiseksi hallituksen tulee esittää viisivuotiset päästöbudjetit 12 vuotta ennen kutakin viisivuotiskautta. Viimeisimmässä hyväksytyssä vuosia 2033–2037 koskevassa budjetissa (CCC 2020) nettopäästöjen vähennysprosentti asettuu tasolle -78 % vuoteen 1990

verrattuna, mukaan lukien kansainvälinen vesi- ja lentoliikenne. Iso-Britannian ilmastomuutoskomitean esityksessä vuosien 2038–2042 budjetista päästövähennys on vastaavasti 87 % (90 % ilman kv. liikennettä; CCC 2025). Nettonollatavoite 2050 sisältää kv. liikenteen, ilman sitä nettonolla tulisi saavuttaa vuonna 2048.

Välitavoitteita linjaavien päästöbudjettien ohella Iso-Britannia on antanut UNFCCC:lle omat kansallisesti määritellyt panoksensa (NDC) Pariisin sopimuksen mukaisesti. Niiden mukaan ilman kv. liikennettä laskettujen nettopäästöjen tulisi olla vuoteen 2030 mennessä 68 % (UK 2022), ja vuoteen 2035 mennessä 81 % pienemmät kuin vuonna 1990 (UK 2025).

Nettonollastrategiassa asetetaan teknologisille nieluille 5 Mt CO₂:n tavoite 2030 mennessä, nousten potentiaalisesti 23 Mt:iin vuonna 2035 ja 75–81 Mt:iin vuonna 2050 (UK 2021). CCC:n laatimassa nettonolla-päästöpolussa Bio-CCS:n ja DACCS:n rooli on pienempi: 3 Mt vuonna 2030, 13 Mt vuonna 2035 ja 36 Mt vuonna 2050 (CCC 2025). Suhteessa vertailuvuoden 1990 päästötasoon teknologisten nielujen rooli kasvaa noin 1 %:sta vuonna 2030 enintään 10 %:iin vuonna 2050.

Teknologisten nielujen lisäksi CCC laskee maankäyttösektorin kääntyvän nykyisestä lievästä päästöstä (0,8 Mt CO₂-ekv.) vuoden 2035 jälkeen nettonieluksi niin, että vuonna 2050 LULUCF-päästötase olisi noin -30 Mt CO₂-ekv (4 % vrt. 1990; CCC 2025). Tavoitteena on muun muassa lisätä merkittävästi Ison-Britannian metsäpinta-alaa ja ennallistaa turvemaita.

Kansainvälisten päästövähennysyksiköiden käyttöä ei ole Ison-Britannian ilmastolaissa kielletty, mutta vuodesta 2008 niitä ei ole hyödynnetty viisivuotiskauden saavuttamiseen. CCC on systemaattisesti suositellut, että tavoitteisiin päästäisiin kotimaisin toimin. Tämä linjaus on vahvistettu myös hallituksen nettonollastrategiassa (UK 2021).

2.4.5 Sveitsi

Sveitsin hallitus päätti vuonna 2019, että Sveitsin tulee tavoitella nettonollapäästöjä vuoteen 2050 mennessä. Päätös sai tuekseen Pariisin sopimuksen mukaisen pitkän aikavälin strategian vuonna 2021 (Federal Council 2021), ja lopulta tavoite kirjattiin kansanäänestyksen jälkeen uuteen Ilmasto- ja innovaatiolakiin vuonna 2023 (Fedlex 2022). Tavoitetta perusteltiin viimeisimmällä tutkimustiedolla, erityisesti IPCC:n 1,5 asteen erikoisraportin löydöksillä, Sveitsin globaalilla vastuulla rikkaana ja kehittyneenä maana sekä cleantech- ym. kasvumahdollisuuksilla.

2050 tavoite kattaa kaikki päästöt, mukaan lukien maankäyttösektori ja kansainvälinen lento- ja vesiliikenne. Varsinaiset nettopäästöjen vähennystavoitteet ovat vuoteen 1990 verrattuna -75 % vuodelle 2040 ja -89 % vuodelle 2050. Lakiin on kirjattu myös sektorikohtaiset päästövähennystavoitteet. Vuonna 2050 noin 7 Mt CO₂-ekv.:n verran lähinnä maatalouden ja jätteenpolton päästöjä olisi tarkoitus kompensoida teknologisilla nieluilla. Vuoteen 1990 verrattuna Sveitsin nettopäästöt ovat pudonneet noin 15 %, ja ilman kv. liikennettä noin 20 % (FOEN 2025a).

Ilmasto- ja innovaatiolaki on luonteeltaan puitelaki Suomen ilmastolain tapaan. Sen rinnalla on operatiivisempi, keskipitkään aikaväliin keskittyvä CO₂-laki (Fedlex 2025), jossa määritellään vuoden 2030 päästövähennystavoitteeksi -50 % vuoteen 1990 verrattuna. Tästä tavoitteesta vähintään kaksi kolmasosaa olisi katettava kotimaisin toimin ja enintään yksi kolmasosa Pariisin sopimuksen artikla 6:n mukaisilla ITMO-yksiköillä. Sveitsi antama ensimmäinen NDC vuodelle 2030 vastaa CO₂-lain tavoitteita (Federal Council 2024a). Vuoden 2035 tavoite on toisen NDC:n mukaan -65 %. Keskipitkän aikavälin tavoitteet koskevat kaikkia päästöjä ja päästösektoreita, lukuun ottamatta kv. liikennettä. Tavoitteille on asetettu myös kumulatiiviset päästöbudjetit vuosille 2021–2030 ja 2031–2035. Jälkimmäisellä jaksolla päästövähennystoimien on määrä painottua enemmän kotimaahan (Federal Council 2025).

Toukokuuhun 2025 mennessä Sveitsi on solminut hillintätoimien tulosten siirtämisen mahdollistavia kahdenvälisiä sopimuksia Perun, Ghanan, Senegalin, Georgian, Vanuatun, Dominican, Thaimaan, Ukrainan, Marokon, Malawin, Uruguayn, Chilen, Tunisian ja Kenian kanssa (FOEN 2025b). Hankkeita on käynnistynyt Ghanassa, Thaimaassa ja Vanuatulla, joista on yhteensä odotettavissa 1,8 miljoonaa ITMOa vuosina 2022–2030. Toistaiseksi yksiköitä on siirretty vain 13,6 kt CO₂-ekv (FOEN 2025c).

Merkittävä osa Sveitsin kansainvälisten päästövähennysyksiköiden hankinnasta tapahtuu CO₂-laissa määrätyn polttoaineiden jakelijoiden hyvitysvelvoitteen kautta. Sen mukaan polttoaineiden CO₂-päästöistä on kompensoitava kasvava osuus, vuoteen 2030 mennessä 50 %. Kotimaisilla hankkeilla voi hyvittää 12 % päästöistä ja ulkomaisilla hankkeilla 38 % (Fedlex 2025). Maahantuojaat ovat perustaneet velvoitteen täyttämistä varten KliK-säätiön, jonka rahoittamien hankkeiden kautta saadut ITMOt on vuodesta 2025 alkaen hyödynnettävissä NDC-tavoitteiden täyttämiseen.

Vuoden 2025 alussa KliK-säätiöllä oli 31 ulkomaista hanketta, joista 12:ssa oli solmittu sopimus yhteensä 9,7 miljoonan ITMO:n hankkimisesta. Lopuissa hankkeista neuvottelut ovat kesken lähes 11 miljoonasta yksiköstä. Sopimusten perusteella päästövähennystonnin hinta on noin 31 euroa. Kotimaisissa hankkeissa hinta on ollut noin 139 €/t CO₂. Kaiken kaikkiaan KliK-säätiö arvioi tarvitsevansa vuosina 2025–2030 enintään 19,7 miljoonaa ITMOa ja vähintään 10,3 miljoonaa kotimaista päästövähennysyksikköä, ja käyttävänsä näihin yli 2 miljardia euroa. Vaikutus polttoaineen hintaan olisi noin 5 c/l (KliK 2025).

Maankäyttösektorin rooli on Sveitsissä melko pieni. Viime vuosina se on ollut keskimäärin runsaan 1 Mt CO₂-ekv.:n nettonielu, kun Sveitsin kokonaispäästöt ovat olleet noin 40–50 Mt CO₂-ekv. WEM- ja WAM-skenaarioissa maankäyttösektori kääntyy pieneksi nettopäästökseksi vuoteen 2040 mennessä (0,4 ja 2,3 Mt CO₂-ekv vastaavasti; Federal Council 2024b).

Tiivistelmä:

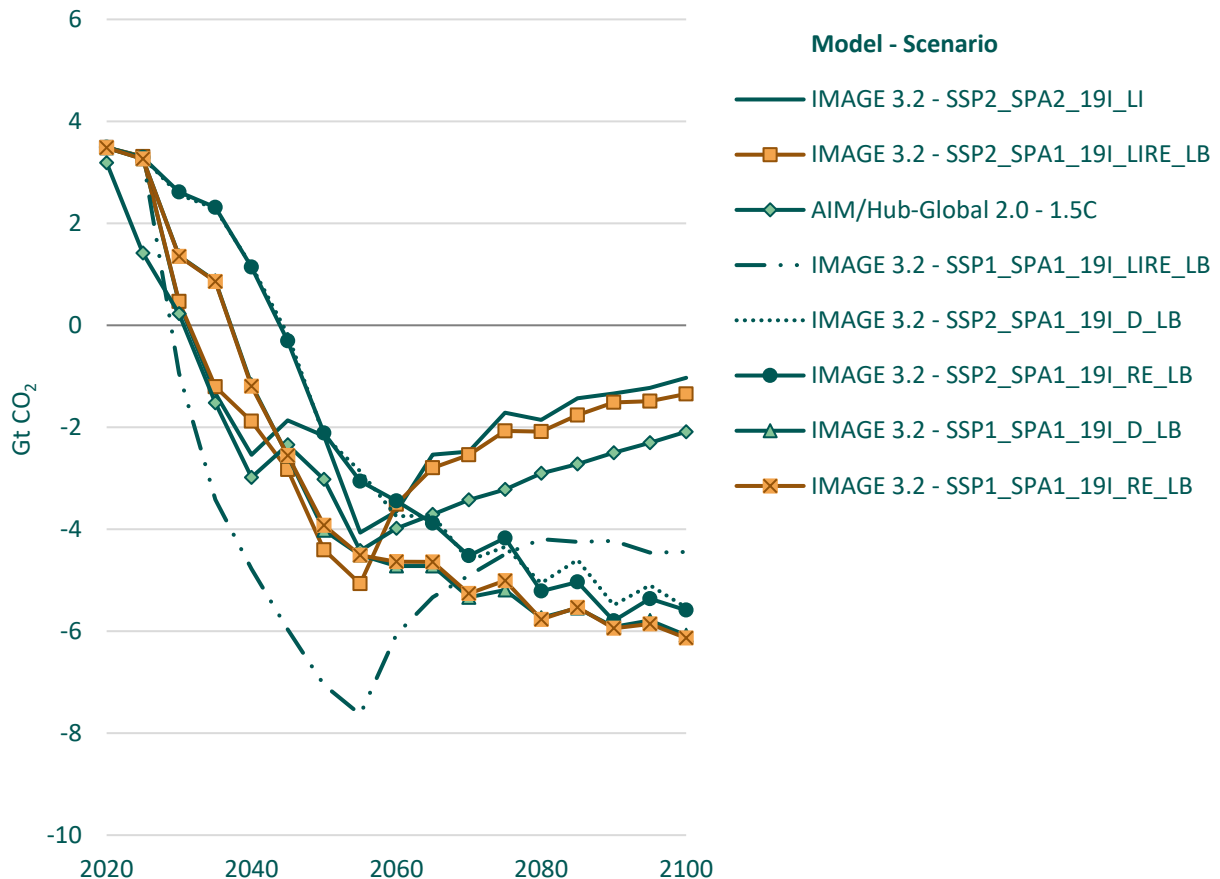
- **Ruotsin** tavoitteena on nettopäästötön yhteiskunta vuoteen 2045 mennessä, ja tämän jälkeen nettonegatiivinen.
- Kasvihuonekaasupäästöjen, ilman maankäyttösektoria ja kv. vesi- ja lentoliikennettä, vähennystavoite on vähintään 85 % vuoden 1990 tasosta. Loput 15 % (noin 11 Mt CO₂-ekv.) voidaan kattaa lisäisillä toimilla, kuten metsien hiilinieluja vahvistamalla, Bio-CCS:llä tai ITMO-yksiköillä.
- On esitetty, että maankäyttösektorin toimet voisivat kontribuoida kansallisten ilmastotavoitteiden täyttymiseen vain, jos sektorin nettonielu ylittää vuosien 2016–2018 keskiarvon. Virallista linjausta asiasta ei ole tehty.
- Taakanjakosektorille Ruotsi on asettanut omat EU-velvoitetta kovemmat tavoitteet: -63 % vuonna 2030 ja -75 % vuonna 2040, vrt. 1990. 2030 tavoitteesta voisi kattaa lisätoimilla enintään 8 %-yksikköä (3,7 Mt CO₂-ekv.) ja vuoden 2040 tavoitteesta enintään 2 %-yksikköä (noin 1 Mt CO₂-ekv.).
- Kotimaan liikenteelle on erillistavoite -70 % vuoteen 2030 mennessä (vrt. 2010). Jakeluvetoisuuden laskeminen on nostanut voimakkaasti liikenteen päästöjä. Vuonna 2024 päästöt olivat vain 20 % vertailuvuotta pienemmät.
- WEM-skenaariossa Ruotsi ei saavuta kansallisia tavoitteita eikä EU-velvoitteita.

- Vuonna 2024 päästöt (pl. LULUCF) olivat ennakkotietojen mukaan vähentyneet noin 33 % vuoteen 1990 verrattuna.
- Ruotsi on tehnyt toistaiseksi kuuden maan kanssa sopimuksen ITMO-yksiköiden hankkimisesta. Ghanassa on aloitettu kolme projektia, joista on odotettavissa noin 0,4 % osuus Ruotsin 2030 päästövähennystavoitteesta.
- **Norjan** päivitetyn ilmastolain mukaan päästövähennystavoitteet ovat vuoteen 1990 verrattuna -55 % vuoteen 2030 mennessä, -70–75 % vuoteen 2035 mennessä ja -90–95 % vuoteen 2050 mennessä.
- Toistaiseksi Norja on sitoutunut EU:n taakanjakosektorin ja LULUCF-sektorin maakohtaisiin tavoitteisiin, ja on myös mukana päästökaupassa.
- Mikäli keskipitkän aikavälin kansallisia, EU-velvoitteita kovempia tavoitteita ei saavuteta kotimaisin toimin ja EU-regulaation puitteissa, voidaan puuttuviin päästövähennyksiin hankkia kv. päästövähennysyksiköitä.
- Tavoitteet koskevat kaikkia khk-inventaarion päästöjä, ilman maankäyttösektoria. Lisäiset LULUCF-toimet hyväksytään kuitenkin tavoitteiden saavuttamiseksi, joskin niiden laskentametodologiaa ei toistaiseksi ole vahvistettu.
- Norjalla ei ole varsinaista nettonollatavoitetta. Maankäyttösektorin nielu on pienentynyt merkittävästi, mutta sen arvioidaan pysyvän tasolla, joka riittää nettonegatiivisiin päästöihin 2050 mennessä.
- Vuonna 2023 päästöt ilman maankäyttösektoria olivat vain 9 % pienemmät kuin vuonna 1990.
- ITMO-yksiköiden hankinnasta Norjalla on sopimus tällä hetkellä kuuden maan kanssa, mutta hankkeita ei toistaiseksi ole käynnistynyt.
- **Itävallan** tavoitteena on ilmastoneutraalius vuonna 2040, jolloin päästöjen ja nielujen tulisi olla tasapainossa. Tavoite on kirjattu kahteen viimeiseen hallitusohjelmaan. Ilmastonsuojelulakia uudistetaan, ja tällä hetkellä näyttää siltä, että lakiin ei tule nettonollatavoitetta.
- Toistaiseksi päästöt ovat vähentyneet vuodesta 1990 alle 20 %. Maankäyttösektorin netto nielu on heikentynyt, ja kääntynyt nettopäästökseksi vuonna 2023 (+7,5 Mt CO₂-ekv.).
- Kansallisen energia- ja ilmastosuunnitelman (NECP) skenaarioiden mukaan Itävalta pääsisi maankäyttösektorin vuoden 2030 EU-velvoitteeseensa (n. -5 Mt CO₂-ekv.). Laskelmat pohjautuvat vanhentuneisiin inventaariotietoihin.
- NECP:n mukaan taakanjakosektorin 2030 tavoitteesta (-48 % vrt. 2005) jäädään selvästi.
- Päästökuilu nettonollaan 2040 on WAM-skenaariossa yli 20 Mt CO₂-ekv.
- Hiilen talteenoton edistämiseksi on laadittu Carbon Management Strategie, mutta ei määrällisiä tavoitteita.
- Kansainvälisten joustojen käytöstä ei löydy tietoa.

- **Ison-Britannian** tavoite on nettonolla vuonna 2050 sisältäen kaikki päästöt, mukaan lukien maankäyttösektori ja kv. lento- ja vesiliikenne. Ilman kv. liikennettä nettonolla tulisi saavuttaa vuonna 2048.
- Välitavoitteet ovat ilman kv. liikennettä -68 % 2030, -81 % 2035 ja -90 % 2040, kv. liikenteen kanssa -78 % 2035 ja -87 % 2040.
- Teknologisten nielujen rooli on eri arvioissa 1–10 % vuoden 1990 päästöistä.
- Ilmastonmuutoskomitean laatimassa nettonolla-päästöpolussa maankäyttösektori kehitty nykyisestä lievästä päästöstä (0,8 Mt CO₂-ekv.) vuoden 2035 jälkeen nettonieluksi niin, että vuonna 2050 LULUCF-päästötase olisi noin -30 Mt CO₂-ekv. (4 % vrt. 1990).
- Kv. päästövähennysyksiköiden käyttöä ei ole kielletty, mutta tavoitteisiin on tarkoitus päästä kokonaisuudessaan kotimaisin toimin.
- Tähän mennessä päästöt ovat pudonneet noin puoleen vuoden 1990 tasosta.
- **Sveitsin** nettonollatavoite 2050 kattaa Ison-Britannian tavoin kaikki päästöt.
- Varsinaiset nettopäästöjen vähennystavoitteet ovat vuoteen 1990 verrattuna -75 % vuodelle 2040 ja -89 % vuodelle 2050. Noin 7 Mt CO₂-ekv.:n jäännöspäästöt olisi tarkoitus kompensoida teknologisilla nieluilla.
- Keskipitkän aikavälin NDC-tavoitteet ovat -50 % vuonna 2030 ja -65 % vuonna 2035 (nettopäästöt, ilman kv. liikennettä). Vuoden 2030 tavoitteesta enintään yksi kolmasosa voidaan kattaa Pariisin sopimuksen artikla 6:n mukaisilla ITMO-yksiköillä. 2030–2035 päästövähennystoimien on määrä painottua enemmän kotimaahan.
- Toistaiseksi päästövähennysyksiköitä on siirretty erittäin vähän, mutta sopimuksia yksiköiden hankkimisesta on usean miljoonan tonnin edestä. Valtaosa on toteutumassa polttoaineiden jakeluyhtiöiden kautta.
- Maankäyttösektorin rooli on Sveitsissä pieni. Skenaarioissa pieni nettonielu kääntyy vuoteen 2040 mennessä pieneksi nettopäästökseksi.
- Vuoteen 1990 verrattuna Sveitsin nettopäästöt ovat pudonneet noin 15 %, ja ilman kv. liikennettä noin 20 %.
- **Verrokkimailla** ei ole sitovia, määrällisiä erillistavoitteita teknologisille nieluille tai maankäyttösektorin nettonielulle (lukuun ottamatta EU-velvoitteita jäsenmaille).
- Ilmastotieteen näkökulmasta kaikkien maiden tavoitteita tulisi kiristää 1,5 asteen tavoitteen saavuttamiseksi.
- Tavoitteiden kunnianhimon tasoa on vaikea vertailla maiden erilaisten lähtö- ja nykytilanteiden, päästöjen ja päästövähennysmahdollisuuksien, tavoitteiden perusteiden, määrittelyjen ja kattavuuksien sekä oikeudenmukaisuusnäkökulmien takia.

2.5 Maankäyttösektorin rooli tavoitteissa

IPCC:n kuudennen arviointiraportin 97:stä 1,5 asteen skenaariosta kahdeksassa on mallinnettu erikseen maankäyttösektorin CO₂-tase. Näissä skenaarioissa maankäyttösektorin globaalit nettopäästöt vähenevät noltaan vuosien 2029–2045 välillä ja pysyvät tämän jälkeen nettonegatiivisina (kuva 10; Byers ym. 2022). Tämä tarkoittaa, että keskimäärin kaikkien maiden maankäyttösektorin on oltava nettonielu jo lähitulevaisuudessa, jotta 1,5 asteen tavoite voidaan saavuttaa.



Kuva 10. Maankäyttösektorin globaalit nettopäästöt IPCC:n AR6:n 1,5-asteen skenaarioissa vuosin 2020–2100 (Byers ym. 2022).

Suomen ilmastolaissa on määritelty, että maankäyttösektorin ilmastotavoitteet määritetään MISU:ssa, joka laaditaan vähintään joka toinen vaalikausi. Voimassa olevan MISU:n mukaan suunnitelmassa mainituilla toimilla odotetaan saavutettavan vähintään 3 Mt CO₂-ekv. ilmastovaikutus (päästövähennys tai nielulisäys) vuoteen 2035 mennessä suhteessa perusuraan. Marinin hallituksen ilmasto- ja energiastaategiassa tämän arvioitiin yhdessä päästökauppa- ja taakanjakosektorin toimien kanssa johtavan kehitykseen, jossa Suomi saavuttaa hiilineutraaliuden vuoteen 2035 mennessä, maankäyttösektorin nettonielun ollessa noin -21 Mt CO₂-ekv. (Koljonen ym. 2021). KEITO-skenaarioiden mukaan maankäyttösektori on noin 16 Mt CO₂-ekv. nettopäästölähde vuonna 2035, vaikka MISU:n mukaiset toimet ilmastovaikutuksen pienentämiseksi on oletettu toteutettaviksi (Koljonen ym. 2025a).

Inventaarion menetelmäpäivityksen myötä sektorin nettopäästö vuonna 2035 pienenee arviolta noin 12 Mt CO₂-ekv.:iin (ks. luku 2.3.2).

Eriytettyjä tavoitteita päästövähennyksille, pysyville hiilidioksidin poistumille ja maankäyttösektorin väliaikaisille poistumille, ovat suositelleet muun muassa Euroopan ilmastopaneeli (ESABCC 2025), suurin osa EU:n 2040 ilmastotavoitteeseen vastanneista sidosryhmistä (EU 2023a) ja myös tietyt tutkimukset (mm. Allen ym. 2024). Perusteluina on, ettei Pariisin sopimuksen tavoitteet täyttävään pysyvään nettonollaan hiilidioksidipäästöissä voida päästä, ellei ilmakehään yhä päästettävää hiilidioksidia saada sidottua pysyvästi pois ilmakehästä, että hiilidioksidin pysyvään poistoon liittyy kestävyysriskejä, ja että maankäyttösektorin nielut eivät välttämättä ole pysyviä muun muassa ilmastonmuutoksen aiheuttamien tuhoriskien vuoksi. Lisäksi osa maankäyttösektorin nieluista on niin sanottuja passiivisia nieluja, jotka ovat seurausta ympäristön muutoksesta, erityisesti hiilidioksidipitoisuuden noususta, ja ne on globaaleissa ilmastonmuutoksen hillintäskenaarioissa laskettu mukaan niin sanotuiksi luonnon nieluiksi, eikä niitä tulisi tämän vuoksi laskea uudelleen ihmistoimin aikaansaatuihin nieluihin (Allen ym. 2024).

Eriytettyjen tavoitteiden asettamiseen ja sovellettaviin sääntöihin liittyy kuitenkin avoimia kysymyksiä, jotka tulee ratkaista ja joista aiheutuu väistämättömiä haasteita. Jotta ilmastonmuutoksen hillinnässä voitaisiin edetä mahdollisimman kustannustehokkaasti, tulisi eriytetyt tavoitteet asettaa niin, että kustannustehokkuus päästövähennysten, pysyvien poistumien ja väliaikaisten poistumien välillä toteutuu optimaalisesti vastaavalla tavalla kuin se toteutuisi integroidun tavoitteen vallitessa (Mintz-Woo 2022). Tällöin voisi kuitenkin aiheutua erilaisia haitallisia ulkoisvaikutuksia, kuten ympäristövaikutuksia ja sidotun hiilidioksidin vapautumista, ellei näitä pystyittäisi hallitsemaan järjestelmässä.

Merfort ym. (2025) mukaan eriytetyt tavoitteet päästövähennyksille ja pysyville hiilidioksidin poistolle eivät johda juurikaan taloudellisiin tappioihin verrattuna siihen, että päästövähennykset ja pysyvät poistumat integroitaisiin yhteisen hiilidioksidihintaohjauksen alle. Tämä johtuu siitä, että vaikka hiilidioksidin poistotavoitteen asettaminen johtaa päästövähennyskustannusten nousuun, se johtaa myös merkittäviin hyötyihin pienempien kumulatiivisten kokonaispäästöjen ja vähäisempien muiden sektorien julkisten tukien vuoksi. He havaitsivat myös, ettei erillisten tavoitteiden asettaminen päästövähennyksille ja pysyville hiilidioksidin poistumille juurikaan vaikuttanut biomassan kysyntään, koska suuremmilla hiilidioksidin poistotavoitteilla biomassaa hyödynnettiin enemmän Bio-CCS-teknologiaan, kun taas pienemmillä poistotavoitteilla sitä hyödynnettiin enemmän korvaamaan fossiilisia polttoaineita energiasektorilla. Merfort ym. (2025) tutkimuksessa ei huomioitu maankäyttösektorin hiilidioksidin poistumatavoitteita.

Maankäyttösektorille asetettavilla hiilidioksidipoistumatavoitteilla voidaan arvioida olevan erilaisia merkityksiä. Ensinnäkin tavoitteilla voidaan pyrkiä kääntämään maankäyttösektori nettopäästölähteestä riittäväksi nettonieluksi globaalien ilmastonmuutoksen hillintäskenaarioiden tavoitteiden mukaisesti. Toisekseen tavoitteiden avulla voidaan pyrkiä ehkäisemään tilanne, jossa fossiilisia päästövähennyksiä tai Bio-CCS-teknologian avulla aikaansaattavia pysyviä poistumia toteutetaan maankäyttösektorin nielun kustannuksella. Esimerkiksi metsäbiomassan käytön lisäys fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen johtaa tutkimusten mukaan niin merkittävään maankäyttösektorin nielun pientymiseen, että nettopäästöt ilmakehään kasvavat useiksi vuosikymmeniksi (Seppälä ym. 2019, Soimakallio ym. 2021, Soimakallio ym. 2022, Niemi ym. 2022). Vastaavasti peltobiomassan käytön lisäys fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi ehkäisee peltoalan käyttämisen hiilen sidontaan tai esimerkiksi ruoan tuotantoon, joka kiihdyttää metsäkatoa uuden peltoalan raivaamiseksi (Koponen & Soimakallio 2015). Myös tällöin nettopäästöt ilmakehään saattavat kasvaa useiksi vuosikymmeniksi (Soimakallio & Koponen 2011).

Eriytettyjen tavoitteiden saavuttamiseen liittyy myös kysymys siitä, ovatko tavoitteet joustamattomia vai joustavia. Joustamattomat tavoitteet tarkoittavat sitä, että jokainen erillistavoite tulee

saavuttaa sellaisenaan. Jos yhtä tai useampaa tavoitetta ei saavuteta, ei myöskään kokonaistavoitetta saavuteta. Sen sijaan, jos tavoitteet ovat keskenään joustavia, voidaan kokonaistavoite saavuttaa, mikäli tietty saavuttamaton tavoite (esim. päästövähennyksissä) voidaan kompensoida toisen tavoitteen ylittämällä (esimerkiksi pysyvissä hiilidioksidipoistumisissa). Joustojen avulla voidaan parantaa kokonaistavoitteen kustannustehokkuutta, mutta toisaalta joustoihin liittyy riskejä, muun muassa polkuriippuvuus ja hiilidioksidinpoistojen pysyvyys, erityisesti maankäyttösektorin hiilidioksidipoistumien osalta. Mikäli tavoitteet olisivat keskenään täysin joustavia, olisi lopputulos käytännössä sama kuin integroitu yhteinen tavoite. Kustannustehokkuus ja kokonaistavoitteen saavuttamisen edesauttaminen puoltavat jonkinlaisten joustojen käyttämistä erillisten tavoitteiden välillä, mutta toisaalta erilaiset riskit puoltavat joustojen määrän rajoittamista.

Tieteellisen tiedon perusteella, passiivista osaa maankäyttösektorin nielusta ei tulisi huomioida ilmastotavoitteiden, esim. nettonollatavoitteiden saavuttamisessa (Allen ym. 2024). Vaihtoehtona tämän välttämiseksi on joko pyrkiä eriyttämään passiivisen nielun osuus ihmistoimin aikaansaadusta aktiivisesta nielusta tai asettaa tavoitteet aikataulultaan tiukemmaksi siten, että tavoite aktiivisen nielun lisäämiselle on riittävän suuri. Kumpaankin tapaan liittyy haasteita, sillä passiivisen nielun määrällinen erottaminen aktiivisesta nielusta on haastavaa (Partanen ym. 2024).

Maankäyttösektorin päästöihin ja nieluihin vaikuttavat monet luonnolliset tekijät, kuten sää ja luonnon tuhot. Luontaisen vaihtelun merkitystä maankäyttösektorin kasvihuonekaasutaseen tavoitteessa on mahdollista lieventää esimerkiksi siten, että tavoite asetetaan useamman kuin yhden vuoden keskiarvojen perusteella (esim. vuosien 2033–2037 keskiarvo vuoden 2035 taseen sijaan). Toinen vaihtoehto on korjata itse tavoitetta havaitun luontaisen vaihtelun mukaisesti. Jälkimmäinen tapa edellyttäisi sitä, että tavoite on mallinnettu ennalta tiettyjä oletuksia (esim. sääolosuhteita) käyttäen, jotka päivitetään toteutuneiden mukaisiksi jälkikäteen. Maankäyttösektorin tavoitteen muuttaminen luontaisen vaihtelun huomioivaksi aiheuttaisi sen, että myös yhteenlaskettu kokonaistavoite kaikkien sektorien nettopäästöille muuttuisi sen myötä.

Mikäli maankäyttösektorin tavoite on tarkoituksenmukaista asettaa tietylle tasolle ilman, että sitä korjataan luontaisen vaihtelun huomioivaksi, on olemassa riski, että luontaisen vaihtelun myötä tavoitetta ei saavuteta. Riskin minimoimiseksi maankäyttösektorilta voisi edellyttää tietyn määrän tiukempaa nettonielua kuin mitä hiilineutraaliustavoite eri sektorit huomioiden muuten edellyttäisi. Toinen vaihtoehto on tiukentaa muiden sektoreiden tavoitetta vastaavasti.

Maankäyttösektorin kasvihuonekaasutase riippuu erityisen voimakkaasti metsien hakkuiden tasosta. Mikäli hakkuiden määrä vuonna 2035 ei ole tiedossa, on myös metsien ja koko maankäyttösektorin kasvihuonekaasutase epävarma. Jotta maankäyttösektorin voidaan arvioida saavuttavan tietyn ennalta asetetun kasvihuonekaasutaseen (riittävän suuren nielun), tulee hakkuutaso enimmäismäärä ja myös luontaisen vaihtelun suuruus arvioida. Riskiä tavoitteen saavuttamisen pienentämiseksi on mahdollista pienentää määrittelemällä metsien hakkuiden enimmäismäärä ja huomioimalla muiden maankäyttösektorin toimien vaikutukset sekä luontaiseen vaihteluun liittyvä epävarmuus.

On harkinnan arvoista, voisiko maankäyttösektorille asettaa nielutavoitteen sijaan varastotavoitteen. Hiilivarastotavoite kytkeytyisi yksiselitteisemmin pyrkimykseen varastoida hiiltä pois ilmakehästä. Se olisi myös vähemmän altis vuosittaisille vaihteluille. Lisäksi tavoitteen ymmärtäminen ja siitä keskusteleminen olisi kenties helpompaa. Nykyisessä hiilinielukeskustelussa toistuu usein käsitesekaanukset (esim. bruttonielu vs. nettonielu), jolloin huomio saattaa kohdistua hiilivaraston muutosten sijaan nuorten metsien suureen bruttokasvuun. Hiilivarastotavoitteelle tulisi asettaa jokin tavoitevuosi, esim. 2035 tai 2050. Tällöin varastotavoitteesta tulee efektiivisesti kumulatiivinen nielutavoite, johon pääsevän polun voi kansallisessa politiikassa päättää.

Tiivistelmä:

- IPCC:n 1,5 asteen skenaarioissa maankäyttösektorin globaalit päästöt ja poistumat saavuttavat nettonollan vuosien 2029–2045 välillä.
- MISU: 3 Mt CO₂-ekv. ilmastovaikutus (päästövähennys tai nielulisäys) vuoteen 2035 mennessä. Vertailutasoa tai -skenaariota (eli suhteessa mihin 3 Mt CO₂-ekv. lisäys pitäisi tapahtua) ei ole määritetty.
- Päästövähennyksille, pysyville hiilidioksidin poistumille ja maankäyttösektorin väliaikaisille poistumille on ehdotettu eriytettyjä tavoitteita.
 - Ehdotuksissa ei ole eritelty, olisivatko erillistavoitteet joustamattomia vai joustavia.
 - Eriytettyjä tavoitteita asetettaessa otettava huomioon, miten kustannustehokkuus päästövähennysten, pysyvien poistumien ja väliaikaisten poistumien välillä toteutuu optimaalisesti vastaavalla tavalla kuin se toteutuisi integroidun tavoitteen vallitessa, ja mitä tehdään tilanteessa, jossa jokin tavoitteista jää toteutumatta (Mintz-Woo 2022).
- Maankäyttösektorin erillisen tavoitteen pyrkimyksenä on sekä estää muiden sektoreiden päästöjen vuotamista maankäyttösektoreille että pyrkiä pienentämään maankäyttösektorin nettopäästöjä ja vahvistamaan nettohiilijää.
- Maankäyttösektorin kasvihuonekaasutase riippuu voimakkaasti metsien hakkuumääristä ja sisältää myös luontaista vaihtelua. Nämä tulisi huomioida tarkoituksenmukaisella tavalla tavoitteen asettamisessa, jotta riskiä tavoitteesta jäämiseksi voitaisiin pienentää:
 - Voitaisiin esimerkiksi tarkastella tietyn aikavälin keskiarvoa yhden vuoden sijaan.
 - Vaihtoehtoisesti tavoite voitaisiin asettaa nykyistä tiukemmaksi, jolloin jää puskuria.
 - Voitaisiin myös harkita metsien hakkuiden enimmäismäärän määrittelemistä huomioimalla muiden maankäyttösektorin toimien vaikutukset.
- On harkinnan arvoista, voitaisiinko maankäyttösektorin kansallinen tavoite asettaa hiilinielun sijaan hiilivaraston suuruudelle.
 - Hiilivarastotavoite kytkeytyisi yksiselitteisemmin pyrkimykseen varastoida hiiltä pois ilmakehästä.
 - Hiilivarastotavoite olisi vähemmän altis vuosittaisille vaihteluille ja käsitesekaannuksille (esim. bruttonielu vs. nettohiilinielu).
 - Hiilivarastotavoitteelle tulisi asettaa jokin tavoitevuosi, esim. 2035 tai 2050.

2.6 Teknologisten nielujen rooli tavoitteissa

Luontaiset hiilinielut, lähinnä meret, kasvillisuus ja maaperä, poistavat hiilidioksidia ilmakehästä. Hiilidioksidia voidaan poistaa ilmakehästä myös erilaisin teknologisin keinoin. Hiilidioksidin poistamisesta ilmakehästä käytetään lyhennettä CDR (Carbon Dioxide Removal).

Hiilidioksidin talteenotosta, hyötykäytöstä ja/tai varastoinnista käytetään lyhennettä CCUS (Carbon dioxide Capture and Use and/or Storage). Sillä viitataan toimintaan, jossa hiilidioksidi erotetaan

savukaasuvirroista tai ilmasta, ja joko käytetään raaka-aineena tuotteissa, joista osa voi muodostaa väliaikaisen hiilivaraston tai sijoitetaan pysyvään varastoon. Fossiilisen hiilidioksidin talteenotto ja pysyvä varastointi (CCS) ei poista hiilidioksidia ilmakehästä, mutta estää sen pääsyn ilmakehään. Lisäksi fossiilisen, biomassaperäisen tai suoraan ilmakehän hiilidioksidin talteenotolla ja hyötykäytöllä (CCU) voidaan korvata neitseellisten fossiilisten raaka-aineiden käyttöä ja näin tuottaa päästövähennyksiä. Biomassaperäisen tai suoraan ilmakehästä talteen otettavan ja pysyvään varastoon sijoitettavan hiilidioksidin avulla voidaan poistaa hiilidioksidia ilmakehästä. Osaa teknologisista keinoista voidaan käyttää maankäyttösektorin nielua vahvistaen. Se, mikä maankäyttösektorin toimista luetaan kuuluvaksi teknologisiin hiilinieluihin ja mikä luontaisiin hiilinieluihin, on määrittelykysymys. (Kujanpää ym. 2023).

Teknologisten nielujen huomioiminen kasvihuonekaasujen raportoinnissa ilmastosopimuksille on monelta osin avoin. IPCC laatii ohjeet kasvihuonekaasujen raportoinnille. Voimassa olevissa ohjeissa (IPCC 2006 ja 2019) ei ole mainintaa merten alkaloinnista (ocean alkalisation, OA) tai lannoituksesta (ocean fertilisation, OF), nopeutetusta rapautuksesta (enhanced weathering, EW) tai suoraan ilmasta tapahtuvasta hiilidioksidin talteenotosta, hyötykäytöstä ja/tai varastoinnista (direct air capture and storage, DACCS). Ainoastaan poltosta ja teollisista prosesseista peräisin olevan biomassaperäisen hiilidioksidin talteenotto ja pysyvä varastointi (Bio-CCS) on kuvattu voimassa olevissa ohjeissa. Biomassaperäisen hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön (Bio-CCU) avulla tuotettujen tuotteiden sisältämää väli aikaista hiilivarastoa, esim. muoveissa, ei nykyisissä ohjeissa huomioida. Maankäyttösektorin toimet, kuten metsitys ja uudelleen metsitys, parannettu metsänhoito, maaperän hiilen sidonta metsiin ja muihin maankäyttöluokkiin, puutuotteet, maaperään lisätty biohiili on kuvattu ohjeissa (Kujanpää ym. 2023). IPCC käynnisti elokuussa 2024 hiilidioksidin poistoteknologioiden ja hyötykäytön ja varastoinnin menetelmäraportin työstämisen (IPCC 2024). Ohjeiden puuttuessa maat voivat kehittää ja hyväksyttää menetelmiä, joilla teknologiset nielut raportoidaan, ja päättää, lasketaanko ne kansallisiin tavoitteisiin.

EU:n ilmastopolitiikan vuoteen 2030 saakka voimassa olevissa säännöissä Bio-CCS:n avulla aikaan saatuja poistumia ei lasketa EU:n päästökauppasektorille, taakanjakosektorille eikä LULUCF-sektorille (EU 2023/839, 2023/959, EC 2024). Euroopan komissio esitti heinäkuussa 2025 ehdottamassaan EU:n ilmastolain uudistuksessa (EU 2025a), että vuonna 2026 päästökauppadirektiivin tarkistamisen yhteydessä tullaan arvioimaan mahdollisuuksia sisällyttää EU:n alueella tuotettujen pysyvien hiilenpoistojen (esim. Bio-CCS ja DACCS) EU:n päästökauppaan. Ehdotus saattaa sisältää myös hiilidioksidin hyötykäytössä syntyvät, pysyväksi määritellyt hiilenpoistumat. Pysyvien hiilenpoistojen edistämisen tarkoituksena on kompensoida vaikeasti vähennettävien alojen jäännöspäästöjä (resitaalit 7 ja 8). On odotettavissa, että päästökauppaan sisällytettävien hankkeiden on noudatettava EU:n hiilenpoistoa koskevan sertifiointikehyksen (CRCF) tai sitä vastaavia kriteereitä. CRCF-kriteereitä päivitetään jatkuvasti. Tässä vaiheessa ei ole tiedossa, jos ja millaisilla säännöillä nämä teknologiat EU:n päästökauppaan lopulta sisällytetään ja miten säännöt vaikuttavat aikaansaatuisten poistumien hyväksilukuun päästökaupan ulkopuolella.

Mikäli EU-säännöt määrittävät, että Bio-CCS:n ja DACCS:n avulla aikaansaadut poistumat hyväksi luetaan vain päästökauppasektorille, ei niitä voida hyväksi lukea kansallisten taakanjako- tai LULUCF-sektorien velvoitteisiin, mikäli sellaiset asetetaan vuoden 2030 jälkeen. Investointien toteutumiseen Suomessa ja siten niiden avulla aikaan saatujen, Suomen kansalliseen kasvihuonekaasutaseeseen raportoitavien poistumien määrään liittyy tässä vaihtoehdossa vastaavatyypisiä epävarmuuksia kuin päästökauppasektorin päästöjenkin kansalliseen kehittymiseen. EU:ssa CRCF-sertifioidut hiilen poistot on laskettava EU:n ilmastotavoitteeseen eikä niitä voida myydä unionin ulkopuolelle (artikla 1). On myös mahdollista, että tulevat EU-säännöt koskevat vain tiettyjä Bio-CCS ja DACCS -investointeja,

jolloin osa poistumista, jotka saadaan aikaan muiden Bio-CCS tai DACCS -investointien avulla, saate-
taan hyväksyä päästökaupan ulkopuolisten sektoreiden velvoitteiden täyttämiseksi.

Muiden teknologisten nielujen kuin Bio-CCS ja DACCS -teknologioiden (mm. EW, OA, OF ja pitkäikäi-
set tuotteet biomassasta peräisin olevasta tai suoraan ilmakehästä talteen otetusta hiilestä) huomi-
ointi EU:n asettamissa ilmastovelvoitteissa ja kansallisissa kasvihuonekaasuinventareissa on auki. On
mahdollista, että tällaisia teknologioita ei huomioida EU:n ilmastopolitiikassa. Kansallisessa kasvihu-
onekaasuinventaarissa teknologiset nielut voitaisiin periaatteessa raportoida kategoriassa 2.H 'Other'
joka lasketaan taakanjakosektorille tai kategoriassa 6 'other emissions and removals' joka on EU NDC:n
ulkopuolella (Jörs, 2024). Näiden teknologioiden avulla aikaansaadut kansalliset poistumat voitaisiin
hyväksi lukea kansallisessa kasvihuonekaasuinventaarissa ja siten myös kansallisen ilmastolain tavoit-
teiden täyttämiseksi. On myös mahdollista, että tällaiset poistumat luettaisiin EU:n päästökaupan ul-
kopuolisten sektoreiden hyväksi velvoitteita täytettäessä.

Mikäli teknologisille nieluille asetetaan oma erillinen tavoitteensa kansallisessa ilmastolaissa, tulee
siinä yhteydessä huomioida se, mihin ja millä ehdoin niiden avulla aikaansaadut poistumat luetaan hy-
väksi EU:n ilmastopolitiikassa ja miten ne voidaan huomioida kansallisessa kasvihuonekaasuinventaa-
rissa. Vaihtoehtona erilliselle tavoitteelle on se, että teknisten nielujen aikaansaamat poistumat laske-
taan hyväksi päästökauppa- ja taakanjakosektorin yhteenlasketuissa päästövähennystavoitteissa tai
LULUCF-sektorin nettanielutavoitteissa. Kansallisen ilmastolain tavoitteiden ja päästöjen ja poistumien
hyväksi lukemisen ei tarvitse välttämättä olla linjassa EU:n ilmastovelvoitteiden kanssa, mikäli se on
muutoin perusteltua. EU-velvoitteiden saavuttaminen on kuitenkin osa kansallisen ilmastolain ja sen
suunnittelujärjestelmän tavoitteita.

Tiivistelmä:

- Hiilidioksidia voidaan poistaa ilmakehästä maankäyttösektorin nielujen lisäksi muihin
teknologioihin pohjautuvilla keinoilla. Voimassa olevat IPCC:n kasvihuonekaasuinventaarion
raportointiohjeet sisältävät ainoastaan biomassaperäisen hiilidioksidin talteenoton ja pysyvän
varastoinnin (Bio-CCS) sekä biohiilen, mutta ei merten alkalointia (Ocean Alkalinisation, OA),
merten lannoitusta (Ocean Fertilisation, OF), nopeutettua rapautusta (Enhanced Weathering, EW)
tai suoraan ilmasta tapahtuvaa hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia (Direct Air Carbon Capture
and Storage, DACCS).
- Maiden ilmoittamiin NDC-tavoitteisiin voidaan sisällyttää Bio-CCS ja biohiili, mutta toistaiseksi
IPCC:n ohjeistuksen puuttuessa, on epäselvää, voidaanko muita teknologioihin perustuvia keinoja
huomioida. Maat voivat kuitenkin kehittää ja hyväksyttää kasvihuonekaasuinventaarion
raportointikäytäntöjä, ja laskea teknologisia poistoja hyväksi omissa ilmastotavoitteissaan.
- Kansallisen ilmastolain tavoitteiden ja päästöjen ja poistumien hyväksi lukemisen ei tarvitse
välttämättä olla linjassa EU:n ilmastovelvoitteiden kanssa, mikäli se on muutoin perusteltua. EU-
velvoitteiden saavuttaminen on kuitenkin osa ilmastolain ja sen suunnittelujärjestelmän
tavoitteita.
- EU:n voimassa oleviin päästökauppa-, taakanjako- tai maankäyttösektorin 2030 tavoitteisiin ei voi
käyttää Bio-CCS:ä tai muita teknologisia nieluja (pl. biohiili maankäyttösektorilla, mikäli se
raportoidaan khk-inventaariossa).
- Teknologiset hiilen poistot näkyvät kansallisessa kasvihuonekaasuinventaarissa, jos ne
raportoidaan IPCC:n ohjeistuksen mukaisesti. Käytännössä ohjeistus koskee tällä hetkellä vain

biomassaperäisen hiilidioksidin talteenottoa ja pysyvää geologista varastointia sekä biohiiltä maankäyttösektorilla (Kujanpää ym. 2023).

- Euroopan komissio esitti heinäkuussa 2025 ehdottamassaan EU:n ilmastolain uudistuksessa hintaohjauksen asettamista kotimaisille pysyville hiilenpoistoille, esim. Bio-CCS ja DACCS, jotta niillä voidaan kompensoida vaikeasti vähennettävien alojen jäännöspäästöjä.
- Asetus hiiliviljelyn ja pysyvien hiilipoistojen sertifiointista (Carbon Removals and Carbon Farming, CRCF) määrittelee kriteerit vapaaehtoisesti sertifioiduille hiilenpoistoille. Tällä hetkellä ei ole tiedossa, tullaanko vastaavia kriteereitä hyödyntämään jatkossa myös osana EU:n sitovaa ilmastolainsäädäntöä, kuten päästökauppajärjestelmää.

3 Täydentävät keinot tavoitteiden saavuttamiseksi

Tässä luvussa tarkastellaan ilmastolain 2 §:ssä kuvattujen tavoitteiden saavuttamista, sekä mahdollisia täydentäviä keinoja näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Tarkastelu keskittyy erityisesti EU:n vuodelle 2030 asettamien velvoitteiden sekä Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseen vuoteen 2035 mennessä, sillä näiden tavoitteiden saavuttaminen vaatii eniten lisätoimia.

Keinoja tavoitteiden saavuttamiseksi tarkastellaan erityisesti niiden päästövähennyspotentiaalin ja kustannusvaikuttavuuden suhteen. Tässä päästövähennyspotentiaali viittaa nettopäästöihin, käsittäen siten sekä päästöjen vähentämisen että nielujen lisäämisen mahdollisuudet. Kustannusvaikuttavuus kertoo kuinka paljon yhden hiilidioksidiekvivalentitonin suuruisen päästövähennyksen tekeminen jollakin toimella maksaa. Valitsemalla toimet kustannusvaikuttavuusjärjestyksessä päästään tavoitteisiin kustannustehokkaasti, eli kuluttamalla yhteiskunnan rajallisia resursseja mahdollisimman vähän. Myös esimerkiksi Energia- ja ilmastostrategian luonnos linjaa, että ”tavoitteisiin pyritään mahdollisimman kustannustehokkaalla, vaikuttavalla ja teknistaloudellisesti kestäväällä tavalla.” Energia- ja ilmastostrategian sekä KAISU3:n tueksi laadituissa pitkän aikavälin KEITO-skenaarioissa ei kuitenkaan raportoida kattavasti yksittäisten toimien kustannusvaikuttavuutta, minkä vuoksi linjauksen toteutumista ei voida todentaa.

Tässä esitetyt arviot on tehty kokoamalla aiemmin tehtyjä arvioita kirjallisuudesta. Lähdemateriaalin eroista johtuen eri sektoreita tai toimia koskevat arviot eivät ole luonteeltaan täysin yhteneviä, ja kuvaavat osin erilaisia, nettopäästöjä vähentäviä toimia ja osin ohjauskeinoja toimien edistämiseksi ja päästövähennysten aikaansaamiseksi. Kummassakin tapauksessa kustannusvaikuttavuuden mittariksi on pyritty ottamaan kokonaistaloudellinen kustannus, ja poikkeamat tästä (esim. jos lähteessä on annettu valtiontalouden kustannus) on ilmoitettu erikseen.

3.1 Tarvittavien lisätoimien määrä

Suomen kasvihuonekaasujen tulevaisuuden kehityksestä sekä eri ilmastotavoitteiden saavuttamisesta on julkaistu vuonna 2025 joitakin arvioita. Suomen ilmastopaneeli (2025) arvioi, että kasvihuonekaasupäästöissä (pl. LULUCF-sektori) voitaisiin päästä n. 15 Mt CO₂-ekv. tasolle vuoteen 2035 mennessä, mikäli päästökauppasektorin päästöt pienentyvät tasolle 5 Mt CO₂-ekv. suurten teollisten laitosten puh- taiden investointien toteutuessa, taakanjakosektorin päästöt pienentyvät tasolle n. 13 Mt CO₂-ekv. ottamalla käyttöön nykyistä tehokkaampia ohjauskeinoja erityisesti liikenteessä ja maataloudessa, ja teknologiset nielut sitovat n. -3 Mt CO₂ ottamalla käyttöön kannustimia ja käynnistämällä hankesuunnitelmat nopeasti. Tällöin maankäyttösektorilla tulisi olla 15 Mt CO₂:n netto nielu hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi. Erillisessä Ilmastopaneelin raportissa kuitenkin todettiin, että maankäyttösektori pysyisi mittavana nettopäästölähteenä nykyisellä metsien hakkuutasolla (Seppälä ym. 2025), minkä perusteella 15 Mt CO₂:n netto nielun saavuttaminen vaatisi merkittävästi uusia, vaikuttavia toimia.

KEITO-hankeyhteistyössä on laadittu sekä arvioita nykyisten politiikkatoimien (WEM) ja suunniteltujen lisätoimien (WAM) vaikutuksista päästöihin keskipitkän aikavälillä (Koljonen ym. 2025a) että laajemmin erilaisia pitkän aikavälin kehityskulkuja (Koljonen ym. 2025b). Skenaarioissa vuoden 2035 kasvihuonekaasupäästöt (pl. LULUCF-sektori) vaihtelevat 18–22 Mt CO₂-ekv. välillä ja LULUCF-sektorilla - 22 Mt CO₂ nielun ja 16 Mt CO₂ nettopäästön välillä.

KEITO WAM -skenaariossa saavutetaan ilmastolaissa päästökauppa- ja taakanjakosektorin päästöille asetettu 60 %:n vähennystavoite vuoden 1990 tasoon verrattuna. Skenaarioiden mukaan kauden

2026–2030 taakanjakosektorin kumulatiivinen EU-velvoite voidaan saavuttaa suunnitelluilla lisätoimilla, mikäli joustokeinoja on mahdollista hyödyntää, vaikkakin sektorin päästöt ovat vuoden 2030 tavoitetasoa 1 Mt suuremmat. Maankäyttösektorin 2026–2030 EU-velvoite ja Suomen hiilineutraalisuustavoite saavutetaan vain Ympäristö edellä -skenaariossa, joka on yksi neljästä pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaskenaarioista (Koljonen ym. 2025b).

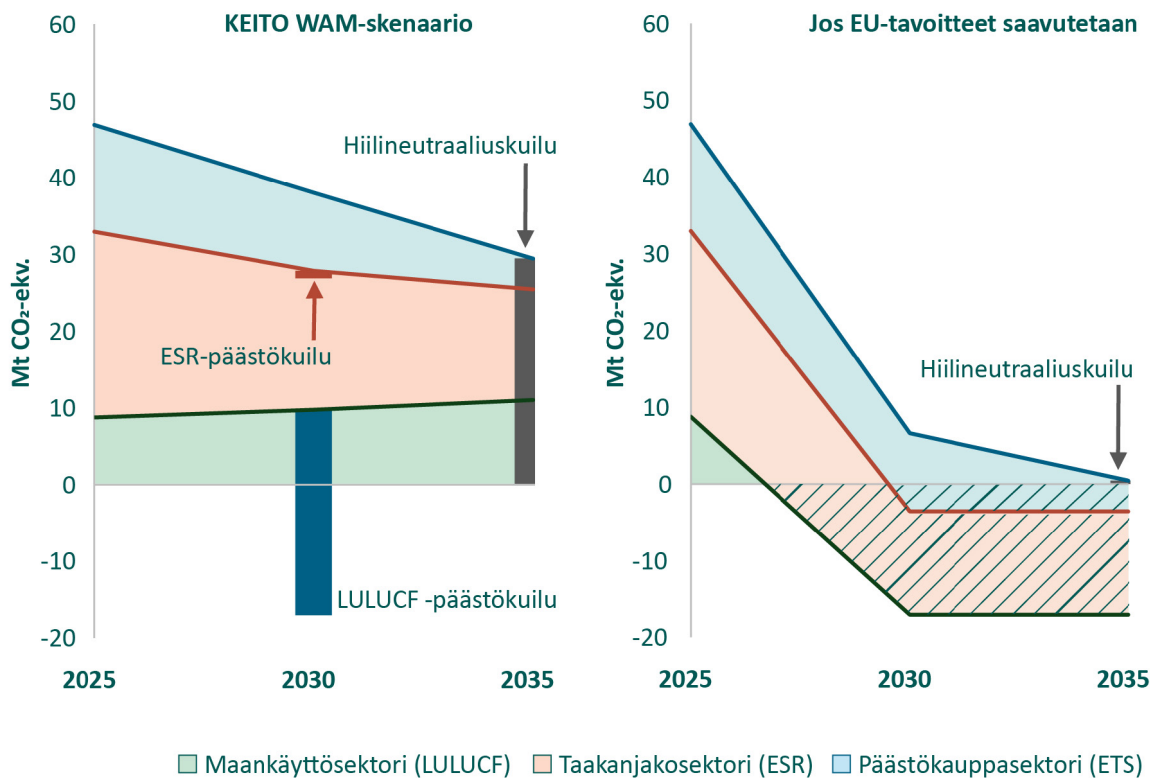
KEITO-skenaarioiden julkaisemisen jälkeen KHK-inventaarion maankäyttösektorin laskentaan tehtiin merkittäviä päivityksiä joulukuun 2025 ennakkotilastojulkistuksessa, jotka vähensivät maankäyttösektorin nettopäästöjä (Luke 2025). Luvussa 2.3.4 on laskettu maankäyttösektorin EU-velvoitteen vuosittaiset tavoitteen vuosille 2026–2030 käyttäen joulukuun 2025 KHK-inventaarijulkistusta. Jotta tässä käsiteltävät skenaariot olisivat yhteensopivia tämän tavoitepolun kanssa, skenaarioiden maankäyttösektorin nettopäästöihin on tehty tässä tasokorjaus, joka perustuu vuosien 2020–2024 päästötason erotukseen toukokuun ja joulukuun tilastojulkistuksien välillä. Erotus on näinä vuosina vaihdellut -3,7 Mt ja -5,1 Mt välillä, ja skenaarioita on korjattu näiden vuosien keskiarvolla -4,25 Mt.

Kuva 11, vasen puoli, esittää täten korjatun KEITO WAM-skenaarion mukaisen päästökehityksen vuoteen 2035, sekä skenaarion päästökuilun taakanjako- ja LULUCF-sektorin päästötavoitteeseen vuodelle 2030 ja hiilineutraaliustavoitteeseen vuodelle 2035. Skenaariossa Suomella on huomattava päästökuilu LULUCF-sektorin 2030 tavoitteeseen (27 Mt CO₂-ekv.) ja hiilineutraaliustavoitteeseen (29 Mt CO₂-ekv.). Päästökuilu vuoden 2030 ESR-tavoitteeseen on pieni. Täten taakanjakosektorille ei välttämättä tarvita WAM-skenaarion lisäksi muita lisätoimia kauden 2026–2030 taakanjakosektorin velvoitteen saavuttamiseksi. LULUCF-velvoitteen ylityksen mahdollinen siirtyminen taakanjakosektorille voi kuitenkin tuoda merkittävän tarpeen lisätoimille.

Maankäyttösektorin velvoitteen saavuttamista hankaloittaa se, että LULUCF-sektorin nettopäästöjen nykytaso on huomattavasti vuoden 2026 tavoitetta korkeampi ja vuositaso tavoitteen ylitys siirtyy vuodelle 2030 kertoimella 1,08, kuten luvussa 2.3.3 todettiin. Mikäli maankäyttösektorille oletetaan lineaarinen päästökehitys vuosien 2025 ja 2030 välille, sektorin nettopäästöjen tulisi olla noin -17 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030, jotta maankäyttösektorin velvoite täyttyisi. Tämä taso poikkeaa merkittävästi Ilmastopaneelin aiemmasta arviosta (Seppälä ym. 2025) johtuen inventaarin menetelmäpäivityksestä, jonka myötä maankäyttösektorin vuoden 2030 tavoitetaso laski -3,8 Mt tasolta -11,3 Mt tasolle. Jotta Suomi saavuttaisi tällä tavoin velvoitensa, olisi maankäyttösektorilla toteutettava noin 27 Mt edestä lisätoimia KEITO WAM-skenaarioon nähden. Pitkän aikavälin KEITO-skenaarioista (Koljonen ym. 2025b) vain 'Ympäristö ensin' -skenaario saavuttaa velvoitteen edellyttämän päästötason.

Jos Suomi täyttää maankäyttösektorin 2026–2030 velvoitensa, myös hiilineutraaliustavoitteen saavuttaminen on huomattavasti lähempänä. Kuva 11, oikea puoli, esittää WAM-skenaariosta muunnoksen, jossa yllä kuvattu määrä lisätoimia LULUCF sektorilla toteutetaan 2030 mennessä. Mikäli oletetaan LULUCF-nettonielun pysyvän tämän jälkeen vuoden 2030 tasolla, päästökuilu 2035 hiilineutraaliustavoitteeseen olisi vain 0,4 Mt CO₂-ekv. Tämä on huomattavasti KEITO WAM-skenaarion tasoa (29 Mt CO₂-ekv.) pienempi. Vähäinen lisätoimien tarve voitaisiin täyttää päästökauppa-, taakanjako- ja maankäyttösektoreilla, sekä mahdollisesti kansainvälisillä joustoilla, joita käsitellään luvussa 3.6.

Päästökehityksiin tulee vielä vaikuttamaan vuoden 2030 jälkeiselle ajalle asetettavat EU-velvoitteet. Sektori- ja jäsenmaakohtaiset velvoitteet vuoden 2030 jälkeiselle ajalle eivät ole vielä kuitenkaan selvillä, mutta niiden ohjausvaikutus tulee vaikuttamaan vuosien 2030–2040 päästötasoihin ja sitä kautta myös hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseen.



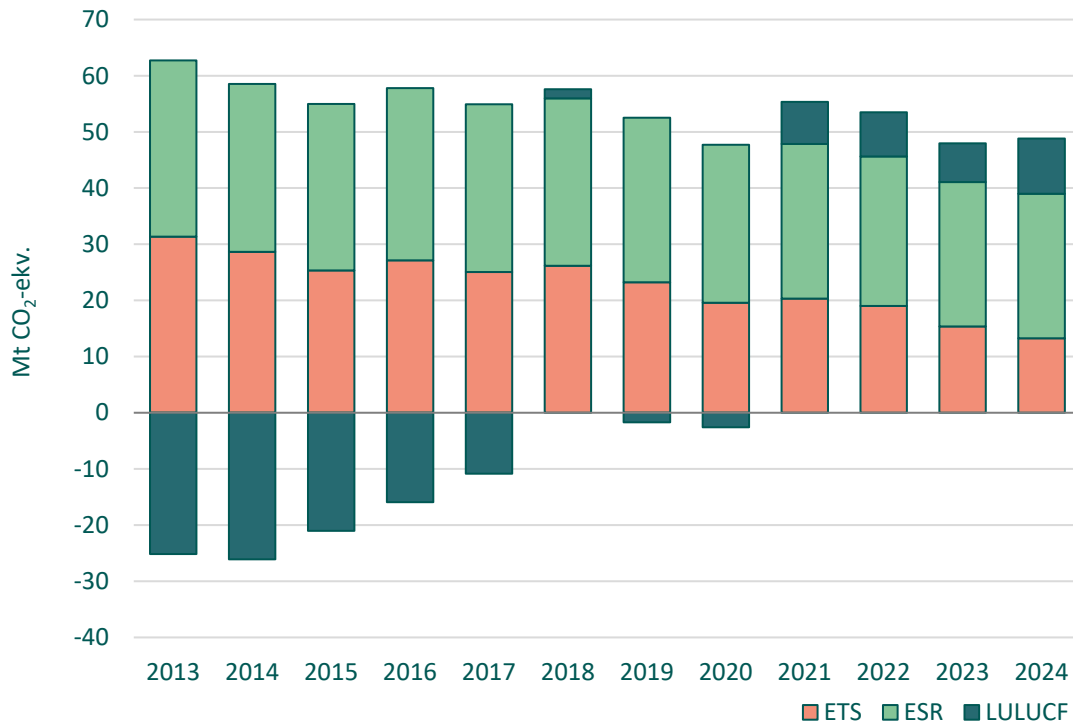
Kuva 11. Suomen päästökuilu ESR-, LULUCF- ja hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi KEITO WAM-skenaariossa (vasen; Koljonen ym. 2025a), sekä hiilineutraaliustavoitteen päästökuilu, mikäli EU:n vuodelle 2030 asettamat kansalliset velvoitteet saavutettaisiin, ja tämän jälkeen LULUCF-nettonielun pysyisi tasaisena ja muut päästöt vähenisivät edelleen WAM:n mukaisesti (oikea). Oikeanpuoleisessa kuvassa LULUCF-sektorin nettonielun ja muiden sektoreiden päästöjen päällekkäinen osa on kuvattu vihreäviivoitetulla alueella.

Tiivistelmä

- Suomi ei saavuta maankäyttösektorin 2026–2030 EU-velvoitetta eikä vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitetta nykytoimilla ja suunnitelluilla lisätoimilla (KEITO WAM-skenaario), mutta nämä toimet riittävät taakanjakosektorin 2026–2030 velvoitteen saavuttamiseen. Taakanjakosektorin velvoitteessa on kuitenkin riski, että aiemman kauden maankäyttösektorin velvoitteen ylitys siirtyy taakanjakosektorille, mikä voi vaatia myös huomattavia lisätoimia.
- Mikäli Suomi kuitenkin saavuttaisi EU:n asettamat velvoitteet, olisi myös hiilineutraaliustavoite huomattavasti helpommin saavutettavissa kohtuullisella lisätoimien määrällä.
- Maankäyttösektorin velvoitteen saavuttaminen vaatisi noin 27 Mt CO₂-ekv. nettopäästövähennyksen vuodelle 2030 WAM-skenaarion toimien lisäksi.
- Mikäli maankäyttösektorin velvoite täytetään ja sektorin nettopäästöt pysyvät 2035 saakka vuoden 2030 tasolla, pienenesi hiilineutraaliustavoitteen päästökuilu WAM-skenaarion 29 Mt CO₂-ekv. tasolta vain noin 0,4 Mt CO₂-ekv. tasolle. Hiilineutraaliustavoitteen päästökuilu voidaan kattaa lisätoimilla kaikilla kolmella sektorilla, taikka hyödyntäen osin kansainvälisiä päästöyksiköitä.

3.2 Päästökauppasektorin toimet

Päästökauppa (ETS) on EU-tasoinen ohjauskeino, joka koskee Suomessa yli 500 teollisuus-, voima- ja kaukolämpölaitosta. Päästökauppasektorin päästöt olivat vuonna 2024 ennakkotiedon mukaan 13,3 Mt CO₂-ekv. Päästöt ovat vähentyneet vuodesta 2023 lähes 60 %, ja niiden osuus kokonaispäästöistä on maankäyttösektori mukaan lukien enää noin neljännes (kuva 12).



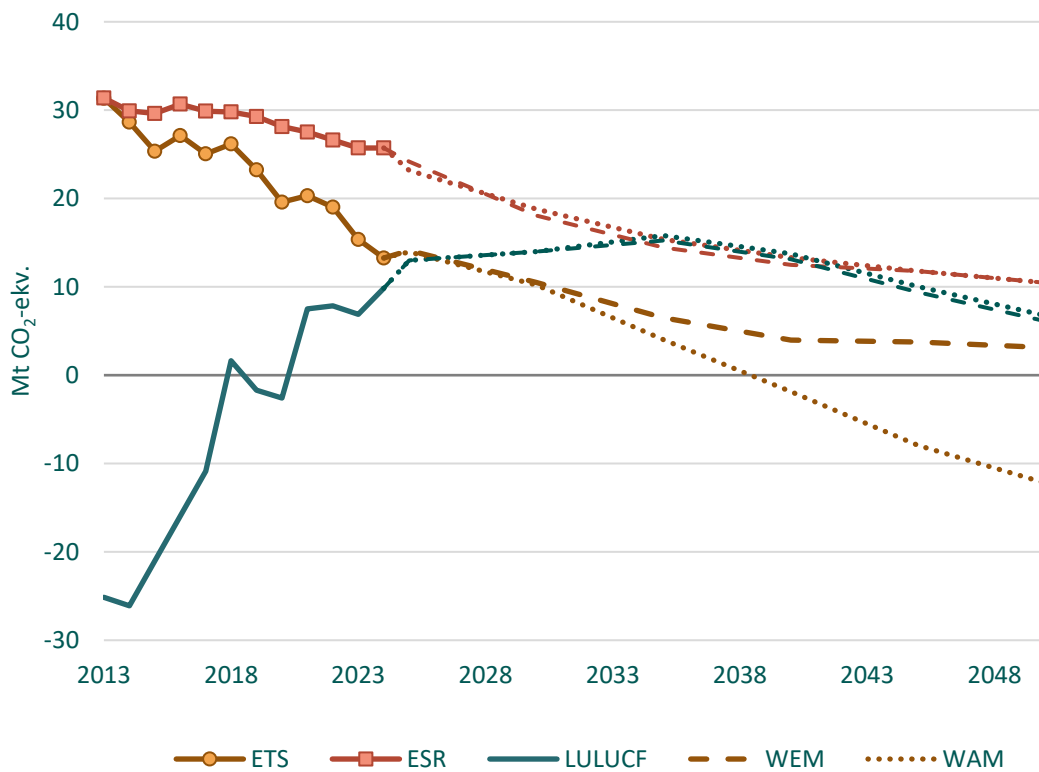
Kuva 12. Päästökauppa- (ETS), taakanjako- (ESR) ja maankäyttösektorin (LULUCF) kasvihuonekaasupäästöt vuosina 2013–2024. 2024 on ennakkotieto. (Tilastokeskus 2025a; 2025c)

Päästökauppasektorilla päästöjen vähentäminen tapahtuu ensisijaisesti päästökauppajärjestelmän luoman hintaohjauksen avulla. Päästöoikeuden hinta oli vuoteen 2020 asti alle 30 €/t CO₂, mutta on noussut tämän jälkeen. Vuonna 2025 hinta on vaihdellut välillä 60–80 €/t CO₂. KEITO WEM- ja WAM-skenaarioissa ETS-päästöoikeuden hinta on 95–100 € jaksolla 2025–2040, jonka jälkeen hinta kohoaa 160 euroon 2045 ja edelleen 190 euroon vuonna 2050 (Koljonen ym. 2025a). Päästöjen odotetaan vähenevän WEM-skenaariossa melko stabiililla päästöoikeuden hinnalla samaa tahtia kuin tähänkin asti. Vuonna 2035 Suomen ETS-päästöt olisivat ilman uusia politiikkatoimia 6,5 Mt CO₂-ekv. eli noin puolet nykyistä pienemmät.

Päästöoikeuden hintakehityksen ohella KEITO WEM-skenaariossa on huomioitu kivihiilen käytöstä luopuminen viimeistään vuonna 2029, tai aiemmin energiayritysten ilmoitusten perusteella. Kaukolämmön tuotannon tarpeeseen päästökauppasektorilla vaikuttaa rakennusten energiatehokkuuden paraneminen EU-regulaation mukaisesti. Metallien jalostuksessa irtaudutaan fossiilisten polttoainien käytöstä vuoteen 2040 mennessä, ja öljynjalostuksessa vuoteen 2050 mennessä. Sementin valmistuksen oletetaan kasvavan keskimäärin 1,1 % vuodessa vuoteen 2050 saakka (Koljonen ym. 2025a).

WAM-skenaariossa Suomen ETS-päästöt ovat 4,0 Mt CO₂-ekv. vuonna 2035 ja kääntyvät hiilen talteenoton ja varastoinnin myötä negatiivisiksi vuoteen 2040 mennessä (kuva 13). WAM:ssa on oletettu,

että vuoteen 2030 mennessä on saatu käyttöön joko EU:n ohjausmekanismi tai valtion tukitoimi, jolla edistetään teollisen kokoluokan investointeja teknisiin hiilinieluihin. Päästöoikeuden hinnan nousu vuoden 2030 jälkeen tekee Bio-CCS-investoinneista kannattavia, mikäli negatiivisille päästöille oletetaan kokonaisuudessaan päästöoikeuden hinnan suuruinen hyvitys. Myös jätteenpoltossa ja sementti-teollisuudessa oletetaan CCS-investointien toteutuvan. Investointeihin liittyy suurta epävarmuutta puuttuvan ohjauspolitiikan takia sekä hiilidioksidin kuljetukseen ja varastointiin liittyen (Koljonen ym. 2025a).



Kuva 13. Päästökauppa- (ETS), taakanjako- (ESR) ja maankäyttösektorin (LULUCF) kasvihuonekaasupäästöt vuosina 2013–2024 (2024 on ennakkotieto; Tilastokeskus 2025a) sekä päästökehitys sektoreittain KEITO WEM- ja WAM-skenaarioissa (Koljonen ym. 2025a).

Energiantuotannon osalta WAM:ssa oletetaan koko nykyisen ydinvoimakapasiteetin säilyvän ja lisäksi oletetaan tukimekanismien ja/tai lakimuutosten kautta investoitavan kahteen uuteen 500 MW ydinlauhdeyksikköön vuosina 2035 ja 2045. Lisäksi WAM-skenaariossa investoidaan kahteen lämpötehoon 500 MW SMR-ydinlämpökattilalaitokseen vuosina 2035 ja 2045. Kaukolämmön tuotannossa sähkön sekä datakeskusten, vetylaitosten ym. hukkalämpöjen käyttö kasvaa voimakkaasti. Merkittävät tuulivoimainvestoinnit jatkuvat edelleen markkinaehtoisesti, ja vuosina 2030–2040 tapahtuu aurinkoenergian läpimurto (Koljonen ym. 2025a).

Päästökaupan piirissä olevien laitosten päästöihin voidaan vaikuttaa päästökaupan rinnalla myös kansallisilla ohjauskeinoilla, kuten energiaverotuksella, energia-, investointi- ja muilla tuilla sekä energiatehokkuuteen liittyvillä keinoilla. Esimerkiksi KEITO WAM-skenaariossa suurten teollisten investointien verohyvitys, teollisuuden vety/RFNBO-ohjelma, sekä valtion tuki SMR- ja CCS-laitoksille on huomioitu KEITO WAM-skenaariossa epäsuorasti sisällyttämällä skenaarioon eksogeenisesti tiettyjä investointioletuksia. Valtaosa WAM-skenaarion päästökaupasektorin päästövähennyksistä syntyy

markkinaehtoisesti päästökaupan hintaohjauksen kautta, mutta osa päästövähennysinvestoinneista on päästöoikeuden hintaa kalliimpia.

Päästökauppasektorilla yksittäisen jäsenmaan tekemät lisätoimet vapauttavat päästökauppiin markkinoille, mikä mahdollistaa päästöjen nettomääräisen lisäyksen muualla EU:n alueella. Toisaalta markkinavakausvaranto (Market Stability Reserve, MSR) säätelee päästöoikeuksien tarjontaa markkinoilla ja poistaa syntyneitä ylijäämiä joko tilapäisesti, tai 2023 alkaen myös pysyvästi, mikäli varantoon siirrettyjen oikeuksien määrä kasvaa liian suureksi. Tällä tavoin päästöoikeuden hinta ei pääse romahtamaan, vaan toimivan markkinavakausvarannon ja tiukentuvan päästökaton ansiosta hinta pysyvät nousuvalla uralla.

Päästökauppasektorin lisätoimien toteuttaminen voi olla perusteltua etenkin Suomen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi, mutta myös esimerkiksi talouden, työllisyyden, tuottavuuden ja kilpailukykyyn, energiaomavaraisuuden, resurssitehokkuuden sekä strategisen itsenäisyyden ja resilienssin takia. Markkinavakausvarannon tiukentuneet säännöt, näkymä yhä kohoavista päästöoikeuden hinnoista ja kansalliset ohjaukeinit voivat kannustaa aikaistamaan investointeja. Vuonna 2035 WAM-skenaariossa jäljelle jäävien 4 miljoonan tonnin ETS-päästöjen pienentäminen helpottaisi ilmastolain tavoitteiden saavuttamista. Lisätoimet maksaisivat oletettavasti enemmän kuin mallinnuksessa käytetty päästöoikeuden hinta noin 100 €/t CO₂-ekv.

Vuonna 2024 Suomen päästökauppasektorin päästöistä vajaa 10 Mt on energiaperäisiä ja loput 3,4 Mt CO₂-ekv. syntyy metalli-, mineraali- ja kemianteollisuuden prosesseista. WAM-skenaariossa energiasektorin päästöt ovat enää noin 1,5 Mt CO₂-ekv. ja teollisuusprosessien noin 2,4 Mt CO₂-ekv. Teollisuuden vähähiilitiekartoissa (Silver & Tuokko 2024) tunnistettuja toimia ovat muun muassa:

- Suorapelkistys vedyllä ja valokaariuuni masuuniprosessin korvaajana. Koksen korvaaminen ferrokromiprosessissa biohiilellä.
- Siirtyminen uusiutuvien ja synteettisten polttoaineiden jalostukseen. Fossiilisen öljynjalostuksen alasajo. Fossiilisen vedyn korvaaminen vihreällä vedyllä.
- Korvaavat raaka-aineet sementin ja betonin tuotannossa. CCS.
- Kemianteollisuudessa vihreä ammoniakki, elektrolyysi vihreän vedyn tuotannossa, hiilen talteenoton, käytön ja varastoinnin teknologiat, kemiallinen kierrätys, tehokkaammat prosessiteknologiat
- Sellun, paperin ja kartongin sekä mekaanisten puutuotteiden uudet teknologiat, kuten energiatehokkaammat kuivausteknologiat, 3d-skannausmenetelmät; hiilen talteenoton, käytön ja varastoinnin teknologiat sekä raaka-ainepohjan muutokset ja materiaalitehokkuus.
- Maa- ja merituulivoima, nykyisten ydinvoimaloiden käyttöä jatkaminen, aurinkovoima, sähkön ja lämmön yhteistuotanto biopolttoaineista, sähkökattilat, pienet ja modulaariset ydinreaktorit (SMR), pumppuvoimalat, hiilidioksidin talteenotto, varastointi ja käyttö, vedyn tuotanto, siirto ja varastointi.
- Prosessien sähköistäminen.

Tiivistelmä:

- Päästökauppa (ETS) on EU-tasoinen ohjauskeino, joka koskee Suomessa yli 500 teollisuus-, voima- ja kaukolämpölaitosta.
- Sektorin päästöt ovat vähentyneet vuodesta 2013 lähes 60 %, ja niiden odotetaan vähenevän jatkossakin vähintään samaa tahtia erityisesti energian tuotannossa. Prosessipäästöjen väheneminen on hitaampaa.
- Päästöjen vähentäminen tapahtuu ensisijaisesti päästökauppajärjestelmän luoman hintaohjauksen avulla, mutta rinnalla on käytettävissä kansallisia ohjauskeinoja, kuten verotus ja erilaiset tuet.
- Päästöoikeuden hinta nousee KEITO WEM- ja WAM-skenaarioissa noin 100 euroon jaksolla 2025–2035, ja tämän jälkeen edelleen noin 190 euroon vuoteen 2050 mennessä. Markkinavakaumusvaranto ja tiukentuva päästökatto pitävät päästöoikeuden hinnan nousu-uralla.
- WAM-skenaariossa Suomen ETS-päästöt ovat 4,0 Mt CO₂-ekv. vuonna 2035 ja kääntyvät hiilen talteenoton ja varastoinnin myötä negatiivisiksi vuoteen 2040 mennessä.
- WAM-skenaariossa on oletettu joitakin vety-, CCS- ja SMR-investointeja kansallisten ohjauskeinojen ansiosta. Muut lisätoimet olisivat oletettavasti päästöoikeuden hintaa kalliimpia.
- Lisätoimien toteuttaminen voi olla perusteltua etenkin Suomen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi, mutta myös talouden, työllisyyden, tuottavuuden ja kilpailukyvyn, energiaomavaraisuuden, resurssitehokkuuden sekä strategisen itsenäisyyden ja resilienssin takia.

3.3 Taakanjakosektorin toimet

Taakanjakosektorin (ESR) osalta Suomi olisi saavuttamassa kauden 2026–2030 kumulatiivisen velvoitteen nyt suunnitelluilla lisätoimilla (KEITO WAM-skenaario). Vaikkakin kumulatiivisesti määritelty velvoite saavutetaan, KEITO WAM-skenaario jää vuoden 2030 vuosikohtaisesta tavoitteesta 1,0 Mt CO₂-ekv.:n verran. Lisäksi sektorille saattaa kohdistua lisävähennysvelvoite johtuen maankäyttösektorin alijäämästä. Taakanjakosektorilla voidaan myös toteuttaa lisätoimia vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi. EU:n kiristyvät ilmastovelvoitteet vuodelle 2040 edellyttävät myös päästövähennysten lisätoimia taakanjakosektorille vuoden 2030 jälkeen.

Suurimmat jäljelle jäävät ESR-sektorin päästölähteet KEITO WAM-skenaariossa vuonna 2035 ovat maatalous (5,2 Mt CO₂-ekv.) ja liikenne (4,3 Mt CO₂-ekv.), mutta myös työkoneista (1,6 Mt CO₂-ekv.) ja jätteenkäsittelystä (1,1 Mt CO₂-ekv.) syntyy kohtuullinen osa sektorin kokonaispäästöistä (14,4 Mt CO₂-ekv. vuonna 2035). Uusien toimien tulisi kohdistua näihin sektoreihin.

Tässä selvityksessä tarkastellaan erityisesti liikennettä ja maataloutta, joista syntyy valtaosa taakanjakosektorin päästöistä. Alla oleviin taulukoihin 6 ja 7 on kerätty mahdollisia lisätoimia näillä sektoreilla, käsittäen niiden potentiaalin vähentää päästöjä sekä toimien kustannusvaikuttavuuden. KEITO-hankkeessa (Koljonen ym. 2025a; 2025b) ja Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa (VNK 2025a) on tunnistettu useita lisätoimia, jotka ovat mukana WAM-skenaariossa. Olemassa olevien ja lisätoimien avulla sektorin vuosipäästöt vähenevät noin 10 Mt CO₂-ekv. jaksolla 2025–2035. Yllä mainituissa lähteissä käsiteltyjen toimien lisäksi taulukoissa on suurten kaupunkien (Helsinki, Tampere, Turku) ruuhkamaksut, joiden päästövähennyspotentiaalin on arvioitu olevan kuitenkin vähäinen (LVM 2021). Tietoja toimien päästövähennyspotentiaalista ja kustannusvaikuttavuudesta on haettu eri lähteistä,

minkä johdosta esitetyt arviot eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia. Osaa toimista on arvioitu yksittäisten ohjauskeinojen kautta, osaa taas yleisempien toimenpiteiden kautta, joiden toteuttaminen saattaa vaatia useiden eri ohjauskeinojen toteuttamista. Kustannusvaikuttavuuden osalta on pyritty raportoimaan toimien kokonaistaloudelliset kustannukset, mutta osassa lähteistä on raportoitu valtiotaloudellisia kustannuksista. Nämä eroavat toisistaan merkittävästi.

Lisäksi on huomattava, että merkittävä määrä liikenteen toimista on jo nykytoimina KEITO WEM -skenaariossa. Tämän ja yllä mainittujen syiden johdosta WAM-skenaarion lisätoimet liikennesektorilla ovat päästövähennyspotentiaailtaan hyvin pieniä (< 0,1 Mt). Lisäksi osa lisätoimista on kustannuksiltaan hyvin korkeita, jopa yli 1 000 €/t CO₂. Sen sijaan maataloudessa on tunnistettu toimia, joilla on merkittävästi parempi päästövähennyspotentiaali ja kustannusvaikuttavuus.

EU:n ETS2-päästökauppajärjestelmä tulee kattamaan osan nykyisen taakanjakosektorin päästöistä (mm. liikenne, työkoneet) vuodesta 2028 lähtien. Tämä luo hintaohjauksen kyseisille päästöille, kannustaen päästövähennystoimiin, joiden kustannukset alittavat ETS2:n päästöoikeuden hinnan. Komission ETS2-päästöoikeuden ohjehinta vuodelle 2030 on 60 €/t CO₂.

Taulukko 6. Taakanjakosektorin toimia: liikenne. (Huom. käytetyissä lähteissä liikenteen toimia on arvioitu yksittäisten ohjauskeinojen kautta, ja arvioinneissa on paikoitellen raportoitu ainoastaan valtiontalouden kustannukset.)

Toimi	Päästövähennys-potentiaali ¹	Kustannus-vaikuttavuus ²	Huomioita
Puhtaiden (sähkö) kuorma-autojen hankintatuet	Huono	Keskiverto	<ul style="list-style-type: none"> Tekniikka uutta, joten vaikuttavampi toimi kuin henkilöautoille HEETRA-hankkeen veroton kustannus Potentiaali voi olla myös suurempi
Raskaan kaluston hankintatuet mikroyrityksille	Huono	Huono	<ul style="list-style-type: none"> SCF-toimi Valtiontalouden kustannus
Romutuspalkkiokampanja	Huono	Huono	<ul style="list-style-type: none"> SCF-toimi pienituloisille kohdennettuna Valtiontalouden kustannus, > 1 000 €/t
Konversiotuet (etanoli- tai kaasukäyttö)	Huono	Keskiverto	<ul style="list-style-type: none"> Valtiontalouden kustannus
Kävelyn ja pyöräilyn valtionavustus	Huono	Huono	<ul style="list-style-type: none"> SCF-toimi Valtiontalouden kustannus
Alueellisen joukko- ja kutsuliikenteen kehittäminen	?	?	<ul style="list-style-type: none"> SCF-toimi
Julkisen jakeluinfran tuet	Huono	Hyvä	<ul style="list-style-type: none"> Valtiontalouden kustannus
Taloyhtiöiden latausinfra-avustus	Huono	Huono	<ul style="list-style-type: none"> Valtiontalouden kustannus
Suurien kaupunkien ruuhkamaksut	Huono	?	

¹ Päästövähennyspotentiaali (päästövähennys vuonna 2035): hyvä: yli 1 Mt CO₂-ekv./v, keskiverto: 0,2–1 Mt CO₂-ekv./v, huono: alle 0,2 Mt CO₂-ekv./v.

² Kustannusvaikuttavuus: hyvä: alle 50 €/ t CO₂-ekv., keskiverto: 50–150 €/ t CO₂-ekv., huono: yli 150 €/ t CO₂-ekv.

Taulukko 7. Taakanjakosektorin toimia: maatalous

Toimi	Päästövähennys-potentiaali ¹	Kustannus-vaikuttavuus ²	Huomioita
Maitokarjan jalostus (Ahvenjärvi 2022)	Keskiverto	Hyvä	• Parempi maitotuotos per lehmä
Nautojen NOP3-lisäainaruokinta (Ahvenjärvi 2022; MTK 2024)	Keskiverto	Keskiverto	• Noin 25 % vähennys märehittämisen CH ₄ -päästöistä
Typpilannoituksen väheneminen tai tarkentuminen (MTK 2024)	Keskiverto	?	• Mm. täsmäviljely ja palkokasvikierto; kustannukset epävarmat
Nautojen rypsipuristeruokinta (Maanvilja 2021, 4.2.3)	Huono	Huono	• Noin 5 % vähennys märehittämisen CH ₄ -päästöistä

¹ Päästövähennyspotentiaali (päästövähennys vuonna 2035): hyvä: yli 1 Mt CO₂-ekv./v, keskiverto: 0,2–1 Mt CO₂-ekv./v, huono: alle 0,2 Mt CO₂-ekv./v.

² Kustannusvaikuttavuus: hyvä: alle 50 € / t CO₂-ekv., keskiverto: 50–150 € / t CO₂-ekv., huono: yli 150 € / t CO₂-ekv.

3.4 Maankäyttösektorin toimet

Toimia maankäyttösektorin nielujen vahvistamiseksi on analysoitu useissa tuoreissa tutkimuksissa. Tässä luvussa kootaan ja yhdistetään eri tutkimusten tuloksia. Toimilla tarkoitetaan joskus käytännön toimenpiteitä (esim. metsien kiertoajan pidentäminen tai nurmien viljelyn lisääminen) ja joskus ohjauskeinoja (esim. päätehakkujäreysvaatimukset metsälakiin tai nurmiviljelyn tuki), joilla saadaan toiminnanharjoittajat tekemään edellä mainittuja käytännön toimenpiteitä. Luku on siksi jaoteltu käytännön toimenpiteiden arviointiin (luku 3.4.1.) ja ohjauskeinojen arviointiin (luku 3.4.2).

3.4.1 Käytännön ilmastotoimenpiteet maankäyttösektorilla

Laturi ym. (2022) arvioivat MISU:n kustannusvaikutuksia. Arvioinnin kohteena oli 27 MISU:n valmistuksessa tarkasteltua maatalouden ja metsätalouden ilmastotoimea. Mukana arvioinnissa oli toimien ilmastovaikuttavuus, kustannusvaikuttavuus ja hyväksyttävyyt. Arvioinnin tuloksena saatiin, että kymmenen käyttökelpoisimman toimen (neljä metsätoimenpidettä, viisi maankäytön muutoksen toimea ja yksi maataloustoimi) käyttöönotto toisi 5,2 Mt CO₂-ekv.:n vuotuisen ilmastohyödyn vuoteen 2035 mennessä, eli huomattavasti yli MISU:lle annetun 3 miljoonan tonnin tavoitteen. Toimet liittyvät lannoitukseen, kunnostusojitukseen, kiertoaikoihin, pellonraivaukseen, metsitykseen, ilmastokosteikkoihin ja nurmen viljelyyn. Tarkemmin nämä toimenpiteet on lueteltu seuraavassa listauksessa:

- Turvemetsien tuhkalannoitus
- Kangasmetsien kasvatuslannoitus
- Kunnostusojituksen välttäminen harvennushakkuiden yhteydessä rehevissä korvissa ja karuilla rämeillä
- Kiertoaikojen pidentäminen kohdennetusti joillakin kohteilla
- Turvepeltojen raivauksen merkittävä vähentäminen
- Kivennäismaapeltojen raivauksen merkittävä vähentäminen
- Hylätyn kivennäismaan ("joutoalue") metsityksen lisääminen

- Turvepeltojen metsityksen lisääminen
- Heikkotuottoisten turvepeltojen siirtäminen ilmastokosteikoiksi
- Nurmien viljelyn lisääminen turvepelloilla

Laturi ym. (2022) arvioivat kaikkien yllä mainittujen toimien vaikutuksen maankäyttösektorin nettonieluun vuonna 2035 olevan vähintään 0,05 milj. t CO₂-ekv., kustannusvaikuttavuuden olevan 10 €/t CO₂-ekv. tai parempi, sekä hyväksyttävyyden olevan vähintään keskiverto (tarkoittaen heidän asteikossaan ”joitakin epävarmuustekijöitä tai toteutettavuutta heikentäviä tekijöitä nykyisessä toimintaympäristössä”).

Lehtonen ym. (2021) arvioivat maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteitä ja niiden päästövähennysmahdollisuuksia. Käsitellyistä ilmastotoimenpiteistä suurin nielu-/päästövähennyspotentiaali raportissa nähtiin olevan turvemaametsien maaperään, puutuotteisiin, metsäkatoon, lahopuuhun ja turve- maapeltoihin liittyvillä toimenpiteillä.

Hildén ym. (2024) ovat koostaneet arvioita hiilinielujen vahvistamiseen ja maankäyttösektorin päästöjen vähentämiseen tähtäävien toimien vaikutuksista ja kustannuksista. He tarkastelivat turvemaapeltojen hoitoa, kosteikkojen ennallistamista, metsitystä, metsäkadon välttämistä sekä metsien typpi- ja tuhkalannoitusta. Heidän laskelmiensa mukaan tarkasteltujen toimien kustannusvaikuttavuus oli pääsääntöisesti hyvä: parempi kuin 25 €/t CO₂-ekv. nurmiviljelyn lopettamisessa (tilalle luontainen kasvittuminen), yksivuotisten lajien viljelyn lopettamisessa (tilalle luontainen kasvittuminen), kosteikkojen ennallistamisessa ojitetuissa ravinteikkaissa suometsissä sekä metsien typpi- ja tuhkalannoituksessa. Kustannusvaikuttavuus kosteikkojen ennallistamisessa turvetuotantoalueille, metsityksessä pelloille ja turvetuotantoalueille, sekä metsäkadon välttämässä voi olla hyvä tai heikompi riippuen kohteiden yksityiskohdista.

Metsien kasvun ja hiilinielujen vahvistamisen toimenpidepaketin vaikutusarvioiden (MMM 2025) mukaan puuston kasvattamisella tiheämpänä on merkittävä päästövähennyspotentiaali. Myös kiertoaikojen pidentämisellä (10–15 vuodella) on paljon päästövähennyspotentiaalia, jos samalla hakkuumäärät vähenevät (enintään 30 % nykytasosta). Metsien jättämisellä talouskäytön ulkopuolella on myös päästövähennyspotentiaalia, jos kyse on laajasta alueesta (vaikutusarviossa katsottiin mm. Luontopaneelin ehdottamaa 1,33 miljoonaa hehtaaria).

Päästövähennyspotentiaaliltaan ja kustannusvaikuttavuudeltaan parhaiksi arvioidut toimet on koottu taulukkoon 8.

3.4.2 Ohjauskeinot maankäyttösektorilla

Soimakallio & Pihlainen (2023) koostivat ja arvioivat kirjallisuudessa ja julkisuudessa esitettyjä ehdotuksia metsien ilmasto-ohjauskeinoiksi. Ohjauskeinot jaettiin yleisen käytännön mukaisesti normiohjaukseen, taloudellisiin ohjauskeinoihin ja informaatio-ohjaukseen. Normiohjauksen eduksi arvioitiin laaja kattavuus, edullisuus valtiolle ja suoraviivainen toteutus. Normien tiukentaminen on usein vaikuttava ohjauskeino, mutta sen hyväksyttävyys ei aina ole hyvällä tasolla. Taloudelliset ohjauskeinot puolestaan ovat kustannustehokkaita, sillä ne ohjaavat maanomistajia tekemään toimia siellä, missä ne ovat heille kannattavia. Kyseeseen voi tulla tällöin esimerkiksi vero tai tuki, ja maanomistaja mukauttaa toimintaansa uuden taloudellisen kannustimen ohjaamana. Taloudelliset ohjauskeinot aiheuttavat tulonsiirtoja joko valtiolta maanomistajille (tuet) tai maanomistajilta valtiolle (verot). Tulonsiirron suunnalla on luonnollisesti vaikutusta sekä valtiontalouteen että toimien hyväksyttävyyteen. Informaatio-ohjaus on puolestaan erittäin hyväksyttävä toimijoiden keskuudessa, suhteellisen edullinen

toteuttaa, mutta sen vaikuttavuus voi jäädä alhaiseksi toimien vapaaehtoisuuden vuoksi. Raportissa on esitelty ja analysoitu seuraavat ohjaukeinot:

- Hiilituki- ja vuokrajärjestelmät, joissa metsänomistaja saa tukea hiilensidonnasta ja mallista riippuen voi joutua palauttamaan tuen hiilen vapautuessa metsästä.
- HiiliMetso, jossa metsänomistajalle korvataan hänen metsänsä seuraavan päätehakkuihin lykkäämisestä aiheutuvat kustannukset.
- Hakkuuoikeusjärjestelmä, jossa huutokaupataan kansallisesti tai alueellisesti rajattu määrä hakkuuoikeuksia.
- Puutuotteiden ja puupolttoaineiden päästöoikeusjärjestelmä, jossa veloitetaan puun jalostajat ja polttajat hankkimaan valtiolta päästöyksiköitä päästöjensä mukaan.
- Metsäsektorin sisäinen päästökauppa, jossa veloitetaan puun jalostajat ja polttajat hankkimaan metsänomistajilta nieluyksiköitä päästöjensä mukaan.
- Hakkuuhaittaverot, jotka määrätään, jos maakunnassa on liikaa hakkuuta kestävään hakkuutahoon nähden.
- Hakkuuvero, jonka maksaa hakkuun yhteydessä joko puun myyjä tai ostaja.
- Puupolttoaineiden verotuen poisto, mikä käytännössä tarkoittaa energiaveron asettamista puun polttoainekäytöstä, rajautuen esim. ainespuun, metsähakkeen tai kiinteiden puupolttoaineiden polttoon.
- Puutuotteiden hiilivero, jota maksetaan puutuotteista vapautuvan hiilen mukaan.
- Vapaaehtoiset hiilimarkkinat, joissa maanomistajat myyvät ilmastoyksiköitä tekemistään toimenpiteistä.
- METKA-tukien uudistus, jossa tukia muutetaan esimerkiksi kohdistumaan hiilivaraston kasvatustoimenpiteisiin.
- Hiilikorvaus METSO-ohjelmaan, jossa metsänomistajalle maksettua suojelukorvausta korotetaan metsän hiilivaraston tai -nielun suuruuden perusteella.
- Informaatio-ohjaus, jossa metsänomistajia neuvotaan esim. Tapion ilmastokestävän metsänhoidon suositusten noudattamiseen.
- Metsähallituksen omistajapoliittisten linjausten päivitys, esimerkiksi alentamalla tulostavoitetta.
- Metsien suojelupinta-alan lisäys: esimerkiksi siirretään valtionmetsiä suojeluun ja suojellaan yksityismetsiä METSO:n kautta.
- Metsälain muutokset: esimerkiksi tiukennetaan päätehakkuiden järeyskriteerejä ja harvennusehtoja.
- Valtion ja metsäteollisuuden väliset vapaaehtoiset sopimusjärjestelyt, jossa valtio ja hakkuuta suorittavat metsäyrietykset sopivat hakkuutasot.

Peltoniemi ym. (2023) arvioivat seuraavien kahdeksan ohjaukeinon kustannusvaikuttavuutta, ympäristövaikutuksia, sosiaalista hyväksyttävyyttä ja lainsäädännöllisiä näkökulmia:

- Hiilikorvausjärjestelmä, joka luo metsien hiilensidonnalle hinnan ja tätä kautta kannustaa metsänomistajia kasvattamaan metsiänsä hiilivarastoa.

- Hiilikompensaatio, jossa yritys, organisaatio tai yksityishenkilö vapaaehtoisesti hyvittää tuotteen, palvelun tai oman kulutuksensa hiilidioksidipäästöjä rahoittamalla ilmastotoimia maankäyttösektorilla.
- Tuloperusteinen ympäristörahassto (EIB), jossa yksityisiltä sijoittajilta kerätyt varat käytetään johonkin julkisen sektorin organisaation määrittämän ympäristöhaasteen ratkaisuun.
- Ympäristösopimus (Green Deal), jossa sovitaan vapaaehtoisesti valtion ja toisen julkisen tahon tai yksityisen toimijan tai toimijajoukon kesken kunnianhimoisista ilmastotavoitteista.
- Päätehakkuun rajoittaminen, joko pidentämällä kiertoaikaa ja/tai nostamalla päätehakkuun läpimittarajaa, tai jättämällä metsiköstä osa päätehakkuun ulkopuolelle.
- Lannoitustuki, jossa tarkasteltiin terveyslannoituksen lisäksi kasvatuslannoituksia ja turvemaiden tuhkalannoituksia.
- Julkiset hankinnat, joista tarkasteltiin erityisesti puurakentamisen tukea.
- Maankäytön muutosmaksu, jossa maanomistaja joutuu maksamaan korvauksen, jos hävittää metsän ja muuttaa maa-alan toiseen käyttöön, esimerkiksi pelloksi tai rakennetuksi maaksi.

Peltoniemi ym. (2023) ehdottavat tehokkaaseen ohjauskeinokokonaisuuteen sisällytettäviksi hiilikorvausta, puurakentamisen tukea ja maankäytön muutosmaksua. Heidän mukaansa nämä ohjauskeinot ovat (pl. maankäytön muutosmaksu) metsäsektorin toimijoiden laajasti hyväksymiä ja lainsäädännöllisestikin mahdollisia. Hiilikorvauksen käytännön toteutukseen liittyy kuitenkin vielä selvitettäviä asioita, minkä vuoksi he ehdottavat siirtymävaiheen ratkaisuna sääntelyyn perustuvia päätehakkuun läpimittarajoja tai korvausta kiertoajan pidentämisestä. Lisäksi he tuovat esille, että mahdollisimman suuri osa Suomen talousmetsien pinta-alasta tulisi olla ohjauskeinon piirissä, koska hakkuiden vuotaminen ohjausjärjestelmän ulkopuolelle vähentää ohjauksen ilmastovaikuttavuutta.

Similä ym. (2024) tarkastelivat, voiko sama sääntely edistää talousmetsissä hiilinielujen vahvistumisen lisäksi myös luonnon monimuotoisuutta. He tarkastelivat eri ohjauskeinoihin liittyviä keskeisiä oikeudellisia, ekologisia ja taloudellisia kysymyksiä. Tarkastellusta ohjauskeinojen joukosta ei heillä nousut esiin yhtä keinoa, joka olisi ollut yhteishyötyjen näkökulmasta selkeästi muita parempi. He tuovat esille, että ohjauskeinojen toteutuksen yksityiskohdat voivat olla ratkaisevia yhteishyötyjen muodostumisen kannalta.

Viitala ym. (2023) tarkastelivat luonnontieteellisiä perusteita lisätä jatkuvapeitteistä kasvatusta runsasravinteisilla paksuturpeisilla turvemailla, sekä tähän liittyvää mahdollista ohjausta ja sen yhteiskunnallisia vaikutuksia. He toivat esille 14 keinoa jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen edistämiseen ja tarkastelivat niistä lähemmin kolmea: tuki jatkuvapeitteisen metsänkasvatustilanteen suunnitelmaan, tuki siirtymään kohti jatkuvapeitteistä metsänkasvatusta, sekä tuki ympäristöhaittojen vähentämiseen.

Pihlainen ym. (2024) tutkivat Suomen luonnon monimuotoisuuteen vaikuttavia ohjauskeinoja, joista jotkin ovat olennaisia myös ilmaston kannalta. He ehdottavat mm. tarveharkintaa suometsien kunnostusohjelmille. Ehdotuksen mukaan ojitus ja vanhojen ojien kunnostus olisi sallittua vain tiettyjen edellytysten vallitessa. Esimerkkeinä tällaisista ehdoista he mainitsevat sen, ettei ojitustarvetta voida kohenteessa välttää jatkuvapeitteistä metsänkasvatusta hyödyntämällä.

Ollikainen ym. (2025) etsivät tutkimuksessaan kansantaloudellisesti toteuttamiskelpoisimpia tapoja kasvattaa maankäyttösektorin ja teknologista hiilinielua. Metsien ilmasto-ohjauskeinoina he tarkastelivat metsälain uudistamista Tapion metsänhoitosuosituksen mukaiseksi, hiilivuokramekanismia, sekä valtion metsien hakkuiden rajoittamista. Metsien käyttöön ovat kytköksissä myös heidän tarkastelemissaan toimet liittyen energiasektorin sähkökattiloihin ja biogeenisen hiilidioksidin talteenottoon ja

varastointiin. Metsien käsittelyn tarkasteluun tutkimuksessa käytettiin Monsu-mallia ja kansantaloudellisiin tarkasteluihin käytettiin Finage-mallia. Heidän analyysinsä mukaan metsälain muutosten kustannusvaikuttavuus on 16 €/t (jos puun hinta ei muutu), valtion hakkuiden vähentämisen kustannusvaikuttavuus 21 €/t (hakkuuvuodon ollessa 40 %), molempien ollen huomattavasti esimerkiksi teknologisia nieluja edullisempia.

Lintunen ym. (2026) muodostivat toimenpidekokonaisuuden, jolla Suomi voi tavoitella ilmasto-, luonto- ja vesistötavoitteitaan eri tavoitteiden synergioita hyödyntävällä tavalla. Toimenpidekokonaisuuden toteuttamiseksi he laativat ehdotuksen ohjauskeinopaketti, jossa ilmastotavoitteita edistäviä ohjauskeinoja ovat muun muassa metsien hiilitukijärjestelmä, lakisäätteiset päätehakkuiden ikä- ja läpimittarajat, uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus, sekä maankäytön muutosten hinnoittelu.

Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian liitteenä (VNK 2025b) löytyvässä päästövelan lyhentämishjelmassa listataan seuraavat toimet maankäyttösektorilla:

- Turvepeltojen kosteikkotoimet, joissa vetetään huonotuottoisia, paksuturpeisia peltoja kosteikoiksi. Päästövähennykseksi arvioidaan vuonna 2035 0,5 Mt CO₂-ekv., jos toimia tehdään 40 000 hehtaarin alalla. Päästövähennyksestä osa tosin kohdistuu taakanjakosektorille.
- Tilusjärjestelytoiminnan nopeuttaminen rahoitusta lisäämällä.
- Metsänuudistamisen vauhdittaminen, puuston kasvattaminen tiheämpänä ja kiertoaikojen pidentäminen, joihin pyritään resurssiohjauksen, informaatio-ohjauksen ja metsälainsäädännön yhdistelmällä. Resurssiohjauksessa edistetään metsänjalostusta. Informaatio-ohjauksesta annetaan esimerkkeinä metsänhoitosuosituksen tarkistaminen (kasvatustiheyden osalta), vuorovaikutteiset metsälaskurit, uudet toiminta- ja sopimusmallit, omavalvonnan kehittäminen; sekä julkisen ja yksityisen sektorin yhteinen, kaksisuuntainen viestintäkampanja. Metsälainsäädännöstä mainitaan kasvatustiheyttä koskevan valtioneuvostonasetuksen tarkistaminen, sekä metsälain muuttaminen taimikon perustamisilmoituksen ja uudistumis- tai taimettumisilmoituksen osalta. Strategialuonnoksessa arvioidaan maksimaaliseksi potentiaaliseksi ilmastovaikutukseksi jalostushyödyille, nopeammalle uudistumiselle, tiheämpänä kasvattamiselle ja kiertoaikojen pidentymiselle yhteensä noin 7 Mt CO₂-ekv./v. vuonna 2035.
- Metsätuhojen ennaltaehkäisy, johon pyritään metsätuhojen seurannan ja ennakoinnin parantamisella, valmius- ja elpymissuunnittelulla ja informaatio-ohjauksen lisäämisellä.
- Metsälannoituksen edistäminen, johon pyritään turvemaiden osalta METKA-määrärahoja lisäämällä ja kivennäismaiden osalta mahdollisesti jakeluvuorituksen joustomekanismin kautta. Strategialuonnos arvioi metsälannoituksen edistämisen vaikutuksiksi noin vuonna 2035 noin 0,5 Mt CO₂-ekv.
- Metsäpinta-alan laajentaminen, johon pyritään uudella tukijärjestelmällä nimeltä ”Metsäpinta-alan laajentamistuki”. Metsitys kohdistuisi maatalouskäytön ulkopuolelle jääneisiin peltolohkoihin, turvetuotannosta poistuneihin suonpohjiin tai ohutturpeisiin heikkotuottoisiin peltoihin. Strategialuonnos arvioi, että jos vuotuinen metsityspinta-ala olisi 3 000 ha/v, 15 vuoden päästä tuen vaikutus olisi noin 0,1 Mt CO₂-ekv/v.

Petteri Orpon hallituksen ohjelmassa (VNK 2023) mainitaan maankäytön muutosmaksu, josta on hallituskaudella tehty vaikutusarviointi. Maankäytön muutosmaksua valmistellut työryhmä arvioi loppuraportissaan (Maa- ja metsätalousministeriö 2024), että maankäytön muutosmaksulla (yhdessä muiden

ohjauskeinojen kanssa) voitaisiin vähentää metsänraivausta, ja vähentää kasviuonekaasupäästöjä noin 0,7–0,9 Mt CO₂-ekv. vuosittain.

Tässä luvussa mainittuja ohjauskeinoja on yhdistetty päästövähennyspotentiaaliltaan ja kustannusvaikuttavuudeltaan otollisimpiin toimiin taulukossa 8. Maankäyttösektorin toimia on tässä arvioitu toimenpiteiden toteutumisen kautta, ja niille on raportoitu kokonaistaloudelliset kustannukset. Mahdollisia ohjauskeinoja toimenpiteille on esitetty omassa sarakkeessaan.

Taulukko 8. Maankäyttösektorin toimia ja ohjauskeinoja

Toimi	Päästövähennyspotentiaali ¹	Kustannusvaikuttavuus ²	Ohjauskeinoja	Huomioita
Kiertoaikojen pidennys	Hyvä	Hyvä	<ul style="list-style-type: none"> Päätehakkukriteerit lakiin Hiilitukijärjestelmä HiiliMetso Informaatio-ohjaus 	<ul style="list-style-type: none"> Tuhoriski vanhoissa kuusikoissa Hakkuuvuoto nuorempiin metsiin?
Puuston kasvattaminen tiheämpänä	Hyvä	Hyvä	<ul style="list-style-type: none"> Harvennuskriteerien tiukennus lakiin Hiilitukijärjestelmä Informaatio-ohjaus 	
Metsälannoituksen lisääminen	Keskiverto - Hyvä	Hyvä	<ul style="list-style-type: none"> METKA-tukien lisäys Informaatio-ohjaus 	<ul style="list-style-type: none"> Negatiiviset vesistövaikutukset etenkin nitraattipohjaisissa lannoitteissa
Metsien suojeleminen	Hyvä	Ei arviota	<ul style="list-style-type: none"> Valtion metsien suojeleminen METSO-ohjelman rahoituksen lisäys 	<ul style="list-style-type: none"> Hakkuuvuoto muihin metsiin?
Turvemaametsien maaperän päästöjen vähennys	Hyvä	Ei arviota	<ul style="list-style-type: none"> Kaikkien suometsäojitusten luvanvaraistaminen Jatkuvaan kasvatukseen siirtymisen tuki METKA-tukien lisäys 	
Metsäkadon välttäminen	Keskiverto - Hyvä	? - Hyvä	<ul style="list-style-type: none"> Maankäytön muutosmaksu 	<ul style="list-style-type: none"> Kustannusvaikuttavuus riippuu maan vaihtoehtokustannuksesta
Metsitys	Huono	Keskiverto - Hyvä	<ul style="list-style-type: none"> Metsitystuki 	<ul style="list-style-type: none"> Kustannusvaikuttavuus riippuu voimakkaasti siitä, mitä maata metsitetään
Turvemaapeltojen hoito	Huono - Keskiverto	Keskiverto - Hyvä	<ul style="list-style-type: none"> Kosteikkotuet Nurmiviljelytuki 	<ul style="list-style-type: none"> Luokka sisältää paljon erilaisia toimia, esim. kosteikkoviljely

¹ Päästövähennyspotentiaali (nielun lisäys tai päästövähennys vuonna 2035): hyvä: yli 1 Mt CO₂-ekv./v, keskiverto: 0,2–1 Mt CO₂-ekv./v, huono: alle 0,2 Mt CO₂-ekv./v. Tässä raportissa tehdyssä arvioinnissa on huomioitu hyperlinkkien takaa löytyvien lähteiden lisäksi WEM:issä jo olevat toimet ja niiden mittakaava, jotta on saatu karkeasti arvioitua lisäisten toimien potentiaali.

² Kustannusvaikuttavuus: hyvä: alle 50 € / t CO₂-ekv., keskiverto: 50–150 € / t CO₂-ekv., huono: yli 150 € / t CO₂-ekv. Arvion

lähde löytyy hyperlinkin kautta. Tässä raportissa tehdyssä arvioinnissa ei tietopuutteiden vuoksi ole pystytty huomioimaan kustannusten mahdollista kasvamista käsittelypinta-alojen kasvun myötä.

Tiivistelmä:

- Maankäyttösektorilla on löydettävissä toimia, joilla on sekä hyvä päästövähennyspotentiaali että hyvä kustannusvaikuttavuus.
- Toimien toteutumisen varmistamiseksi on kirjallisuudessa tunnistettu useita vaihtoehtoisia ohjauskeinoja.
- Potentiaalisimmat toimet liittyvät metsien käsittelyn muutoksiin, kiertoaikoja pidentämällä ja harvennuksia lieventämällä.
- Metsien käsittelyn muutoksia voidaan saada aikaan esimerkiksi metsälakia päivittämällä ja ottamalla käyttöön taloudellisia kannustimia.

3.5 Hiilidioksidin talteenotto ja teknologiset nielut

Fossiilisen hiilidioksidin talteenotto ja geologinen varastointi (Carbon Capture and Storage, CCS) voi estää hiilidioksidin pääsyä ilmakehään esimerkiksi teollisuuden aloilla, joilla päästöjä on vaikea vähentää muilla keinoin (ks. luku 2.6). Fossiilisen, bioperäisen tai suoraan ilmasta talteen otetun hiilidioksidin hyötykäyttö (Carbon Capture and Utilisation, CCU, Bio-CCU, DACCU) tarkoittaa hiilidioksidin jatkojalostamista esimerkiksi muoveiksi tai polttoaineiksi. Niillä voidaan korvata fossiilisten materiaalien käyttöä ja siten välttää päästöjä. Teknologioita, joilla voidaan poistaa hiilidioksidia ilmakehästä, kutsutaan teknologiksi nieluiksi, teknisiksi nieluiksi tai teknisiksi poistoiksi. Tällaisia ovat esimerkiksi biomassaperäisen (Bio-CCS/Bio-CCU) tai suoraan ilmasta (DACCS/DACCU) talteen otetun hiilidioksidin geologinen varastointi tai hyötykäyttö pitkäikäisissä tuotteissa. Tässä luvussa kootaan yhteen tietoa esitetyistä toimista, joilla hiilidioksidin talteenotto voisi johtaa päästövähennyksiin tai poistaa hiilidioksidia ilmakehästä (luku 3.5.1) sekä ohjauskeinoista, joilla voitaisiin edistää teknologioiden käyttöönottoa (luku 3.5.2).

3.5.1 Toimet

Syyskuussa 2025 Elinkeinoelämän keskusliiton hankeikkunan mukaan Suomeen on suunnitteilla tai käynnistetty 8 kpl hiilidioksidin talteenottoon ja käsittelyyn liittyvää hanketta (EK 2025). Carbonaide valmistaa rakennusmateriaaleja, joihin mineralisaation avulla on sidottu hiilidioksidia. Vantaan energian jätteenpolttolaitoksen yhteyteen suunnitellaan 600 kt CO₂/v talteenottokapasiteettia, josta päästöt kuljetettaisiin putkea pitkin ja laivoilla Norjan tai Tanskan geologisiin varastoihin. Westenergy suunnittelee myös jätteenpolttolaitoksen yhteyteen noin 190 kt CO₂/v talteenottoa, mutta suurin osa hiilidioksidista toimitettaisiin hyödynnettäväksi lentopolttoaineen tuotannossa. Metsä Group toteuttaa parhaillaan kaksi Bio-CCS-teknologiaan perustuvaa pilottihanketta.

Hankkeiden toteutumiseen liittyy epävarmuutta, ja valmisteluihin ja toteutuksessa voi mennä vuosia kaupallisten neuvottelujen aloittamisesta (Kujanpää ym. 2023). Suomessa geologinen varastointi on kielletty laissa hiilidioksidin talteen ottamisesta ja varastoinnista (412/2012), joten hiilidioksidi olisi

kuljetettava esimerkiksi Norjan tai Tanskan varastoihin, joiden kanssa Suomella on yhteisymmärryspöytäkirja valtioiden rajat ylittävästä hiilidioksidin kuljetuksesta ja varastoinnista (YM 2025a, 2025b). Valtion rahoitusta on viime vuosina suunnattu erityisesti sellaiseen hiilidioksidin hyötykäyttöön, joka tukee puhtaan energian ja materiaalin tuotantoa, ja luo uusia hiilivarastoja. Raportointiohjeiden puuttuminen CCU päästöille ja bio-CCU, DACCU varastonmuutoksille, sekä jatkuvasti kehittyvät ohjauskeinot, niiden väliset yhteydet ja erot, esimerkiksi siinä miten käsitteitä sovelletaan, kuitenkin luovat erityisiä haasteita CCU-hankkeille.

KEITO WAM-skenaariossa vuonna 2035 on fossiilisen hiilen talteenottoa noin 1,3 Mt jätteenpoltossa ja sementtiteollisuudessa, josta suurin osa varastoidaan geologisesti ja pieni osa päätyy hyötykäyttöön. Bio-CCS:n määrä on vuonna 2035 1,8 Mt, jonka jälkeen tällaisten hiilenpoistojen määrä kasvaa voimakkaasti lähellä mallille asetettuja maksimirajoja. WAM-skenaariota taustaoletuksena on, että vuoden 2030 jälkeen hiilen talteenotolle ja teknisille poistoille on EU:n tai Suomen valtion asettama ohjausmekanismi. CCUS-tekniologioiden laajamittaista käyttöönottoa skenaariossa ajaa ensisijaisesti korkea hiilen hinta, mutta myös oletukset teollisuuden kehityksestä sekä talteenoton, kuljetusten ja varastoinnin saatavuudesta ja kustannuksista.

Ilmastopaneeli (2023) on arvioinut hiilidioksidin talteenoton teollisista lähteistä ja pysyvän varastoinnin sekä hyötykäytön kustannuksia. CCS:n ja Bio-CCS:in kustannusten arvioitiin olevan välillä 119 €–237 €/tCO₂, ja esimerkkitapauksessa kustannus oli 119 €/t CO₂, jos laitos sijaitsee rannikolla, ja 133 €/t CO₂ muualla. Sisämaan laitosten kustannuksia nostaa tarve putkikuljetuksille. DACCS:in kustannukset on arvioitu olevan 200–1 000 €/tCO₂ välillä (Smith ym. 2024). CCU:n kustannuksista on vaikea esittää yleistä arviota. Hiilidioksidia voidaan hyödyntää hyvin erilaisissa tuotteissa, joiden taustalla olevat prosessit ja arvoketjut vaihtelevat, ja joiden sääntely on hajanaista (Yliheljo & Paloniitty 2024). Ilmastopaneelin (2023) esimerkkitapauksessa synteettisen polttoaineen kustannus oli 582 €/t CO₂, mutta tuloksesta ei tulisi vetää lopullista johtopäätöstä hiilidioksidin pysyvän varastoinnin ja hyötykäytön keskinäisestä taloudellisesta kilpailukyvyistä. CCU tekniologioiden kustannusvaikuttavuus muuttuu jatkuvasti, ja ympäristövaikutuksiin liittyy vielä merkittäviä epävarmuuksia.

Toimialojen vähähiilitiekartoissa hiilen talteenottopotentiaali on arvioitu pienemmäksi kuin KEITO:n TIMES-mallinnuksessa. Kemianteollisuus arvioi että 0,5 Mt CO₂/v otetaan talteen vuoden 2030 jälkeen (tästä 0,2 Mt olisi biogeenistä hiiltä), ja Energiateollisuus arvioi, että noin 1–2 Mt CO₂-ekv. otetaan talteen vuonna 2050. Metsäteollisuuden teollisuusskenaariossa painottuu voimakkaasti hiilidioksidin hyötykäyttö: vuonna 2040 talteenotto olisi 6 Mt CO₂ josta 1 Mt CO₂ varastoitaisiin pysyvästi ja 5 Mt CO₂ hyödynnettäisiin teollisuuden raaka-aineena (Silver & Tuokko 2024). Mäkikourin ym. (2024) skenaariossa otettaisiin vuoteen 2040 mennessä 8 Mt CO₂/v talteen ja kaikki jalostettaisiin fossiilisia materiaaleja korvaaviksi kemikaaleiksi ja polttoaineiksi, jolloin nettopäästövähennys olisi noin 2,5 Mt CO₂/v. Hiilidioksidin hyötykäytön ilmastovaikutus on hyvin riippuvainen CCU-tuotteiden elinkaaripäästöistä ja mahdollisista hyödyistä, jos tuotteet korvaavat neitseellisistä fossiilisista raaka-aineista valmistettuja tuotteita. Tuotantovaiheen päästöt ovat riippuvaisia sähkön päästökertoimista, sillä usein tarvitaan paljon energiaa ja sähköllä tuotettua vetyä (Garcia-Garcia ym. 2020). Bio-CCU-tuotannon lisääminen esimerkiksi metsäteollisuudessa olisi keino vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja samalla luoda uusia hiilivarastoja.

3.5.2 Ohjauskeinot

Euroopan Komission kestävä hiilen kierto (COM 2021/800) -tiedonannon jälkeen hiilen talteenoton ja teknisten poistojen hankkeiden toimintaedellytyksiä on vahvistettu erilaisten aloitteiden kautta (esim.

Teollinen hiilenhallintastrategia, Nettonollateollisuutta koskeva säädös). Suomen hallitusohjelmassa on myös kirjaus, jonka mukaan selvitetään ja otetaan käyttöön ohjauskeinot, joilla varmistetaan suurten teollisuuslaitosten hiilidioksidipäästöjen loppumisen vuoteen 2035 mennessä.

Nykytilanteessa fossiilisen ja ei-kestävästi tuotetun biomassan hiilen talteenotto ja pysyvä varastointi on mukana EU:n ETS1 -päästökaupassa, jonka tavoitteena on fossiilisten päästöjen vähentäminen asettamalla hinta teollisuus- ja energiantuotantolaitosten päästöille. Päästökaupan piirissä olevat suuret teollisuuslaitokset, teholtaan yli 20 MW:n polttolaitokset sekä Euroopan talousalueen sisäinen lentoliikenne ja meriliikenne joutuvat vuosittain palauttamaan kokonaispäästöjä vastaavan määrän päästöoikeuksia, vähennettynä se määrä, joka on otettu talteen ja varastoitu pysyvästi. Direktiivi ei hyväksy varastointia tilapäisissä CCU-tuotteissa. Jos laitoksessa poltettu biomassa täyttää uusiutuvan energian direktiivin (RED III) kestävyyskriteerit päästö luokitellaan päästökaupassa nollapäästöiseksi, eikä kestävä biogeenisen hiilidioksidin talteenotto ja pysyvää varastointi vähennä palautettavien päästöoikeuksien määrää. Yli 95 % kestävä biomassaa vuosina 2019–2023 polttavat laitokset siirtyvät päästökaupan piiristä taakanjakosektorille vuonna 2026 (YM 2025b). Toisin sanoen mekanismi ei kannusta tuottamaan teknisiä poistoja tai varastoimaan hiiltä tilapäisissä CCU-tuotteissa.

Komissio on kuitenkin ehdottanut hintaohjausta pysyville teknisille poistoille, jotta niillä voitaisiin kompensoida vaikeasti vähennettäviä päästöjä (EU 2025b). Esitys järjestelmän rakenteesta ja säännöistä tehdään mahdollisesti päästökaupan uudelleentarkastelun yhteydessä 2026/Q3 mennessä. Komissio on kerännyt palautetta sidosryhmiltä 2025 kesän aikana päästökaupan uudelleentarkasteluun liittyen (EU 2025d), ja yli 80 % vastaajista puoltavat CRCF-sertifioitujen pysyvien poistojen sisällyttämistä (EU 2025e). Päästökaupan ja CCS direktiivin nykyisissä säännöissä pysyvällä varastoinnilla viitataan varastointiin tietyissä hyväksytyissä epäorgaanisissa rakennustuotteissa sekä hiilidioksidin geologiseen varastointiin Euroopan talousalueella (EU27, Norja, Islanti). Hiilidioksidin hyötykäyttö tilapäisissä tuotteissa jäisi luultavasti hinnoittelumekanismien ulkopuolelle. Kuitenkin Direktiiviä 2003/87/EY täydentävään asetukseen EU 2024/2620 voidaan tulevaisuudessa lisätä tuotteita, joihin hiilidioksidin katsotaan olevan pysyvästi kemiallisesti sitoutuneena. On epäselvää, kuinka pitkään tuotteen, joihin hiilidioksidi on kemiallisesti sitoutunut, tulisi kestää, jotta se voitaisiin laskea pysyväksi. Rinnakkain kehitetyssä CRCF-asetuksessa (EU 2024/3012) pysyvällä hiilenpoistolla on eri määritelmä, ja sillä tarkoitetaan *”mitä tahansa käytäntöä tai prosessia, jolla tavanomaisissa olosuhteissa ja asianmukaisia hallintakäytäntöjä käyttäen otetaan talteen ja varastoidaan ilmakehästä peräisin olevaa tai biogeenistä hiiltä useiden vuosisatojen ajan, mukaan lukien hiilen sitominen pysyvästi kemiallisesti tuotteisiin, ja jota ei ole yhdistetty tehostettuun hiilivedyn talteenottoon”*. Tällä hetkellä CRCF-asetuksen mukaan seuraavilla teknologioilla voidaan poistaa hiiltä ilmakehästä pysyvästi: Bio-CCS, DACCS, biohiili, meren alkalisointi, nopeutettu rapautuminen.

Erilaisia tapoja lisätä pysyvän hiilenpoiston yksiköitä EU:n päästökaupan piiriin on esitetty (esim. KEFM 2023; Naturvårdsverket 2025). Kaupankäynti ilman rajoituksia mahdollistaisi sen, että toimijat voivat vapaasti mitätöidä päästöjä hankkimalla poistoja. Varmistaakseen että EU pysyy päästövähennyspolullaan ja järjestelmän toiminta turvataan, pitäisi varmasti rajoittaa poistojen määrää. Päästöjen kokonaismäärää voisi esimerkiksi rajoittaa päästökatoilla niin, että markkinoille tuotavat poistot vähentäisivät myönnettävien päästöoikeuksien määrää. Toisessa lähestymistavassa päästökaupan oikeuksia voitaisiin jakaa niille, jotka tuottavat poistoja. Tämä ajattelu pohjautuu ilmailutoiminnalle kehitettyyn hyvitysmekanismiin, jossa valittuja polttoaineita käyttävät toimijat joutuvat hankkimaan vähemmän päästöoikeuksia. Tällaisessa järjestelmässä tuotettuja poistoja voitaisiin säästää myöhempää käyttöä varten, kun on parempaa tietoa vaikeasti vähennettävistä päästöistä. Päästökaupan tuottoja voitaisiin myös käyttää kysynnän luomiseen, esimerkiksi innovaatorahastoa muistuttavan mekanismin kautta. Tämä mahdollistaisi myös tiettyjen teknologioiden kohdennetun tukemisen, esimerkiksi hankkimalla

CRCF-sertifioituja poistoja. Hankitut poistot voisi laskea esimerkiksi EU:n ilmastotavoitteisiin tai muuntaa päästöoikeuksiksi ja palauttaa päästökauppaan.

Iso-Britannia kehittää rinnakkaisesti omaa päästökauppaa, ja päätöksiä sen rakenteesta ja poistojen sisällyttämisestä on jo tehty. Päätökset voivat olla merkittäviä myös Suomelle, sillä EU on sitoutunut kytkemään päästökauppajärjestelmät yhteen jollain tavalla (EU 2025f). Iso-Britannia esittää todennettujen pysyvien poistojen sisällyttämistä päästökauppaan vuoden 2029 alusta ilman rajoituksia niin, että erillinen katto päästöoikeuksille säilyy. Tässä järjestelmässä toimijat voivat vapaasti hankkia poistoyksikköjä päästöjen kompensointiin, tarjontaa voidaan tarpeen mukaan säädellä, jotta pysytään päästövähennyspolulla. Markkinan luomiseksi vaihtoehdoksi tarjotaan käänteistä huutokauppaa. Jotta hanke voitaisiin hyväksyä päästökauppaan, sen pitäisi osoittaa varaston pysyvyydeksi yli 200 vuotta, tuottaa vakuutusmekanismina teknologiasta riippuen tietyn määrän ylimääräisiä poistoja, ja aktiivisesti ehkäistä vuotoja (YK 2025).

Julkisilla varoilla voidaan rahoittaa tutkimus-, pilottihankkeita ja edistää investointeja uusiin, ei kaupallisiin teknologioihin, joita tarvitaan ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Pohjoismaissa on viime vuosina kohdennettu varoja erityisesti teknologioiden käyttöönottoa ja arvoketjujen kehittämistä vauhdittaviin hankkeisiin (Mosley ym. 2025): Norjan valtio on rahoittanut Longship infrastruktuurihanketta noin NOK 22 miljardilla (noin 1,9 miljardia euroa) (Regjeringen 2025d). Tanska on päättänyt jakaa tarjouskilpailujen kautta lähivuosina CCS, Bio-CCS, ja CCU -hankkeille yhteensä noin DKK 39 miljardia (noin 3,7 miljardia euroa; KEFM 2025). Ruotsi jakaa käänteisen huutokaupan kautta Bio-CCS-hankkeille SEK 30,7 miljardia (noin 2,8 miljardia euroa; Regeringen 2025e).

Suomi on myöntänyt investointitukea vähähiilisen vedyn ja hiilidioksidin talteenoton ja hyödyntämisen edistämiseen, sekä varasi vuoden 2025 budjetissa erityisesti teollisuuden biomassaperäisen hiilidioksidin talteenoton rahoittamiseen yhteensä 140 miljoonaa euroa (YM 2025). Määrää kuitenkin muutettiin ja on vuoden 2026 talousarvioesityksessä 90 miljoonaa (VM 2025c). Työ- ja Elinkeinoministeriö on päättänyt suoran tuen jakamisesta käänteisen huutokaupan kautta Bio-CCS ja bio-CCU hankkeille, jotka käynnistyvät 2030 loppuun mennessä, ja ottavat talteen ainakin 15 kt CO₂ vuodessa ainakin vuoteen 2035 loppuun asti (TEM 2025). Haku on auki 12.1-31.3.2026 aikana, ja tukea tullaan myöntämään hankkeille, jotka tarjoavat biogeenisen hiilidioksidin talteenottoa alhaisimpaan hintaan. Asetuksessa teknologiset poistot ja käyttö tilapäisissä tuotteissa (polttoaineet, materiaalit) nähdään tasavertaisina. Koska tässä vaiheessa ei ole varmaa tietoa millaisille hankkeille tukea lopulta tullaan myöntämään, on haastavaa ennakoita tukimekanismin ilmastovaikutuksia.

Myös Euroopan komissio tukee CCUS hankkeita erilaisilla instrumenteilla. Innovaatorahasto (Innovation Fund) on rahoittanut vedyn tuotantoa Suomessa, ja Verkkojen Eurooppa (Connecting Europe Facility) on myöntänyt rahoitusta rajoja ylittäviin hankkeisiin, esimerkiksi hiilidioksidin kuljetuksen ja varastoinnin arvoketjujen kehittämiseen (EU 2025g). Komissio kartoittaa parhaillaan mahdollisuuksia EU-tason osto-ohjelmalle, joka mahdollistaisi erilaisilla teknologioilla tuotettujen pysyvien CRCF-sertifioitujen poistojen kohdennetun tukemisen (EU 2025h). Uusiutuvan energian direktiivi sekä erityisesti lentoliikenteelle ja meriliikenteelle suunnitellut asetukset vähähiilisten polttoaineiden käytöstä kannustaa lisäämään talteenotetun hiilidioksidin perustuvaa polttoaineiden tuotantoa (Renewable Fuel of Non-Biological Origin). Paketti suosii bio-CCU ja DACCU -teknologioita, sillä fossiilisen hiilidioksidin käytölle sähkön tuotannossa ja kaikille ei-kestävän hiilidioksidin käytölle on asetettu takarajat 2035 ja 2040, jonka jälkeen näiden poltto ei enää lasketa nollapäästöiseksi päästökaupassa. Talteen otetun hiilidioksidin hyödyntäminen esimerkiksi muovituotannossa on myös mahdollinen kehityssuunta (Salminen et al. 2025).

Hiilidioksidin talteenottoa ja kierrättämistä voidaan edistää myös esimerkiksi hiilidioksidiverolla. Polttoon osuva hintaohjaus vaikuttaa kuitenkin arvoketjun loppupäähän, ja mahdollisuudet muuttaa

teollisuustuotteiden laatua ja määrää ovat rajallisia. Vuonna 2023 komission kannanottopyynnössä ky-
 syttiin muun muassa mahdollisuudesta vaatia hiilidioksidin talteenottoa jätteenpolttolaitoksissa (EU
 2023b). Komissio arvioi vuonna 2026 jos ja miten yhdyskuntajätettä polttavat laitokset voitaisiin liittää
 päästökauppaan. Talteenoton tai päätösoikeuksien hankkimisesta aiheutuva kustannus, joka heijastuu
 jätehuollon hinnoissa voi esimerkiksi kannustaa kotitalouksia nostamaan kierrätysastetta (TEM 2023)
 tai laitoksia polttamaan biopolttoaineita fossiilisten sijaan. Jos rahoitukseen liittyviä haasteita ei pys-
 tytä ratkaisemaan, niin ohjaus voisi kannustaa polttoon pienissä laitoksissa, jotka ovat järjestelmän ul-
 kopuolella. Korkeiden kustannusten kattamiseksi laitos voi joutua hyödyntämään uusia rahoitusmal-
 leja. Sekajätettä polttavissa laitoksissa jätehuoltomaksun korottamisen lisäksi tämä voisi tarkoittaa
 esimerkiksi hiilenpoistoyksiköiden myyntiä vapaaehtoisilla markkinoilla tai energian varastointia CCU-
 tuotteissa silloin kun sähkön hinta on matala.

Taulukko 9. Hiilidioksidin talteenottoon liittyviä toimia

Toimi	Päästövähennys- potentiaali ¹	Kustannus- vaikuttavuus ²	Ohjaukeinoja	Huomioita
Biomassaperäisen hiilidioksidin talteenotto ja pysyvä varastointi (Bio-CCS)	Hyvä	Keskiverto	Hintaohjaus. Suorat tuet. Velvoitteet. Verot.	Epäsuora maankäyttö- vaikutus, polkuriippuvuus ja korkea energiankulutus.
Hiilidioksidin talteenotto suoraan ilmasta ja pysyvä varastointi (DACCS)	Hyvä	Huono	Standardit.	Korkea energiankulutus.
Fossiilisen hiilidioksidin talteenotto ja pysyvä varastointi (CCS)	Hyvä	Keskiverto		Polkuriippuvuus ja korkea energiankulutus.
Hiilidioksidin hyötykäyttö (CCU)	Hyvä	Huono		Korkea energiankulutus.

¹ Päästövähennyspotentiaali (päästövähennys vuonna 2035): hyvä: yli 1 Mt CO₂-ekv./v, keskiverto: 0,2–1 Mt CO₂-ekv./v,
 huono: alle 0,2 Mt CO₂-ekv./v.

² Kustannusvaikuttavuus: hyvä: alle 50 € / t CO₂-ekv., keskiverto: 50–150 € / t CO₂-ekv., huono: yli 150 € / t CO₂-ekv.

Tiivistelmä:

- Vuonna 2021 Komission julkaiseman Kestävä hiilen kierto -tiedonnon jälkeen hiilen talteenottoa ja teknisiä poistoja on edistetty usean aloitteen kautta (esim. Teollinen hiilenhallintastrategia, Nettonollateollisuutta koskeva säädös).
- Hallitusohjelman mukaan osana päästövelan lyhentämishjelmaa selvitetään ja otetaan käyttöön ohjaukeinot, joilla varmistetaan suurten teollisuuslaitosten hiilidioksidipäästöjen loppuminen Suomessa vuoteen 2035 mennessä. Päästövelan lyhentämishjelman keinoilla ei olla kuitenkaan pääsemässä tavoitteeseen. Hiilidioksidin talteenottoon, hyötykäyttöön ja poistoon liittyviä teknologioita ei ole toistaiseksi toteutettu laajassa mittakaavassa.
- Pohjoismaissa on viime vuosina kohdennettu varoja Bio-CCS, CCS ja CCU tutkimus- ja pilottihankkeille sekä teollisuuden investointeihin. Ruotsin energiavirastolle on kohdistettu yhteensä SEK 30.7 miljardia (noin 2.8 miljardia €), josta osa on jo myönnetty Bio-CCS-hankkeelle, jonka tavoite on ottaa talteen ja varastoida 0,8 Mt CO₂/v. Tanskassa on varattu noin NOK 39 miljardia (3.7 miljardia €) CCUS hankkeille. Norjassa on pitkäjänteisesti panostettu erityisesti kuljetuksen ja varastoinnin arvoketjujen kehittämiseen.
- EU tukee hankkeita erilaisilla instrumenteilla. Innovaatorahasto (Innovation Fund) on rahoittanut vedyn tuotantoa Suomessa, ja Verkkojen Eurooppa (Connecting Europe Facility) on myöntänyt rahoitusta esim. hiilidioksidin kuljetuksen ja varastoinnin arvoketjujen kehittämiseen. Komissio valmistelee osto-ohjelmaa pysyville teknisille nieluille. Uusiutuvan energian direktiivi sekä erityisesti lento- ja meriliikenteelle suunnitellut asetukset vähähiilisten polttoaineiden käytöstä kannustavat lisäämään talteenotettuun hiilidioksidin perustuvaa polttoaineiden tuotantoa (Renewable Fuel of Non-Biological Origin). Direktiivi suosii bio-CCU ja DACCU -teknologioita, sillä fossiilisen hiilidioksidin käytölle sähkön tuotannossa ja kaikille ei-kestävän hiilidioksidin käytölle on asetettu takarajat 2035 ja 2040, jonka jälkeen ei-kestävästi tuotetun RFNBO:n poltto ei enää lasketa nollapäästöiseksi päästökaupassa.
- Nykytilanteessa päästökaupan piirissä olevat laitokset sekä Euroopan talousalueen sisäinen lentoliikenne ja meriliikenne joutuvat vuosittain palauttamaan kokonaispäästöjään vastaavan määrän päästöoikeuksia, vähennettynä sillä määrällä, joka on otettu talteen ja varastoitu pysyvästi. Jos laitoksessa poltettu biomassa täyttää uusiutuvan energian direktiivin (RED III) kestävyyskriteerit, luokitellaan päästö päästökaupassa nollapäästöiseksi, eikä kestävä biogeenisen hiilidioksidin talteenotto ja pysyvä varastointi vähennä palautettavien päästöoikeuksien määrää. Yli 95 % kestävä biomassaa vuosina 2019–2023 polttavat laitokset siirtyvät myös päästökaupan piiristä taakanjakosektorille vuonna 2026. Toisin sanoen mekanismi ei kannusta tuottamaan teknisiä poistoja tai varastoimaan hiiltä tilapäisissä CCU-tuotteissa.
- Komissio on ehdottanut hintaohjausta pysyville teknisille poistoille, esim. Bio-CCS:lle ja DACCS:lle, jotta näillä voitaisiin kompensoida vaikeasti vähennettäviä päästöjä. Esitys järjestelmän mahdollisesta rakenteesta ja säännöistä tehdään vuonna 2026. Komissio on kerännyt palautetta sidosryhmiltä 2025 kesän aikana, ja yli 80 % vastaajista puoltavat CRCF-sertifioitujen pysyvien poistojen sisällyttämistä päästökauppaan.
- Iso-Britannia kehittää rinnakkaisesti omaa päästökauppaa, johon tullaan sisällyttämään teknologiset poistot vuoteen 2029 mennessä. EU on sitoutunut kytkemään päästökauppajärjestelmät yhteen jollain tavalla.

3.6 Kansainväliset joustot

Pariisin sopimuksen artikla 6 sisältää päästövähennysyksiköiden siirtoja kahden- tai monenvälisten sopimusten kautta (artikla 6.2) ja keskitetyn markkinamekanismin kautta (6.4). Joulukuuhun 2025 mennessä artikla 6.2:n alaisia sopimuksia on solmittu eri maiden välillä 102 kappaletta. Ostajamaita on tällä hetkellä 11 (Australia, Japani, Kuwait, Liechtenstein, Monaco, Norja, Ruotsi, Etelä-Korea, Singapore, Sveitsi, Yhdistyneet arabiemiraatit) ja myyjämaita 54. Toiminta on toistaiseksi melko vähäistä. Sopimusten myötä on käynnistynyt 162 hanketta, joista 133:ssa ITMO-yksiköiden ostajana on Japani ja 24:ssä Sveitsi. Ruotsi on saamassa kolmen hankkeen ja Etelä-Korea kahden hankkeen tuottamat päästövähennysyksiköt (UNEP-CCC 2025).

Japani on tehnyt vuodesta 2013 alkaen yhteensä 31 kahdenvälistä sopimusta. 133 hankkeen päästövähennyspotentiaali on yhteensä noin 1,4 Mt CO₂-ekv./v, minkä vaikutus maan NDC-tavoitteeseen -46 % vuoteen 2013 verrattuna on noin 0,1 %-yksikköä. Kaikkien Artikla 6.2:n alla käynnistyneiden projektien päästövähennyspotentiaali on yhteensä arviolta 2–3 Mt CO₂-ekv./v. (UNEP-CCC 2025)

Artikla 6.4:n keskitetyn markkinamekanismin (Paris Agreement Crediting Mechanism, PACM) kautta päästövähennysyksiköitä tulee todennäköisesti liikkumaan huomattavasti enemmän kuin kahdenvälisten sopimusten kautta, etenkin kun markkinamekanismin piiriin ollaan hyväksymässä myös Puhtaan kehityksen mekanismin (CDM) hankkeita vuodesta 2021 alkaen. Mekanismiin on tehty ennakkoharkintailmoitus yli tuhannesta projektista ja ohjelmasta, joista yli puolessa on isäntämaana Intia. Intialaisten projektien vuotuinen päästövähennyspotentiaali on ilmoitusten mukaan lähes 400 Mt CO₂-ekv. Tämän perusteella kaikki ilmoitetut projektit tarjoaisivat markkinoille päästövähennyksiä noin 670 Mt CO₂-ekv. vuodessa.

Artiklan 6.4 mukaisesti Pariisin sopimuksen osapuolet voivat pyytää CDM-hankkeiden siirtoa PACM-rekisteriin, jolloin vanhat CER-yksiköt rekisteröitäisiin Pariisin sopimuksen mukaisiksi, käyttökelpoisiksi päästövähennysyksiköiksi (A6.4ERs). Vuoden 2013 alusta lähtien syntyneet yksiköt hyväksytään vain maiden NDC-tavoitteiden täyttämiseen, ja vuonna 2021 tai myöhemmin syntyneet yksiköt osaksi vapaata markkinamekanismia. Tähän mennessä siirtopyyntö on tehty yli 2000 tuhannesta projektista tai ohjelmasta, jotka toisivat nopeasti markkinoille arviolta 900 miljoonaa A6.4ER-yksikköä (UNEP-CCC 2025).

Hankkeissa syntyvät A6.4-yksiköt tulee valtuuttaa isäntämaan toimesta ITMO-yksiköiksi, jotta niitä voi käyttää ostajamaan NDC-tavoitteisiin tai lentoliikenteen CORSIA-päästöjärjestelmässä. Valtuuttaminen edellyttää vastaavan oikaisun tekemistä alkuperämaan kasvihuonekaasuinventaarioon (corresponding adjustment). Ilman valtuutusta A6.4-yksikköjä voidaan myydä vapaaehtoisilla hiilimarkkinoilla.

Kansainvälisiä joustoja on todennäköisesti jatkossa käytettävissä melko runsaasti, mutta esimerkiksi 1,5 miljardia yksikköä olisi kuitenkin alle 3 % globaaleista vuosipäästöistä. Joustojen käyttö voi pieneltä osin auttaa päästövähennystavoitteisiin pääsemisessä, ja mahdollisesti alentaa ilmastonmuutoksen hillinnän kustannuksia. Yksiköiden hinta, ja erityisesti laatu ovat kuitenkin erittäin epävarmoja.

CDM-hankkeiden kautta on voitu hankkia päästövähennyksiä erittäin edullisesti. Esimerkiksi Suomi hankki Kioton ensimmäisellä kaudella 6,2 miljoonaa yksikköä noin 70 miljoonalla eurolla (n. 11 €/t CO₂-ekv.). Todellisia päästövähennyksiä hankkeilla on kuitenkin saavutettu niukasti. Camesin ym. (2016) tutkimuksessa vain 2 % analysoiduista CDM-projekteista oli aidosti lisäisiä. Suurin osa tuuli- ja vesivoimahankkeista Kiinassa ja Intiassa olisi rakennettu ilmankin CDM-rahoitusta, baseline-päästöjä oli manipuloitu monessa tapauksessa keinotekoisesti suuriksi, ja joissakin teollisuuskaasuhankkeissa tuotettiin ensin päästöjä, jotka sitten poistettiin.

Yksiköiden laatuun on Artikla 6:ssa kiinnitetty huomiota muun muassa standardoimalla baseline- ja lisäisyyslaskentaa, sulkemalla pois tiettyjä hanketyyppejä, vaatimalla jokaista siirrettävää yksikköä vastaavan mukautuksen isäntämaan NDC-taseeseen kaksoislaskennan välttämiseksi sekä lisäämällä

läpinäkyvyyttä ja raportointia. Päästövähennysten lisäisyys ja pysyvyys ovat silti edelleen jossain määrin kyseenalaisia. Esimerkiksi A6.4:n alle siirrettävissä CDM-projekteissa ei toistaiseksi vaadita uutta lisäisyyden arviointia (YM 2024a).

Nykyinen EU-lainsäädäntö ei estä EU:n jäsenvaltioita hankkimasta artiklan 6 mukaisia yksiköitä, mikäli niitä ei käytetä EU:n yhteiseen 55 prosentin päästövähennystavoitteeseen. Näin ollen yksiköitä voidaan käyttää sellaisten kansallisten tavoitteiden saavuttamiseen, jotka ylittävät jäsenmaiden panoksen yhteiseen EU:n laajuiseen NDC:hen (Holzer 2025). Suomen itselleen asettaman hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi voitaisiin siis periaatteessa käyttää artikla 6:n mukaisia päästövähennysyksiköitä.

Vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi parlamentti ja neuvosto ovat sopineet yksiköiden rajoitusta käytöstä, enintään 5 % vuoden 1990 nettopäästöistä eli vuositasolla laskettuna 230 Mt CO₂-ekv. Suomelle laskettuna vastaava määrä olisi noin 2,5 Mt CO₂-ekv./v, jolla voitaisiin kattaa pieni 0,4 Mt:n suuruinen KEITO WAM-skenaarioon pohjautuva hiilineutraaliustavoitteen päästökuilu oletuksella, että Suomi saavuttaisi EU:n 2030 tavoitteen ESR- ja LULUCF-sektoreilla (ks. kuva 11, oikea puoli).

Pohjoismaiden kumulatiiviseksi kysynnäksi 43 miljoonaa ITMO:a jaksolla 2036–2049 (Hoffman ym. 2025). Laskelman lähtökohtana on komission esitys mukainen 3 % vuoden 1990 nettopäästöistä poikileikkausvuonna 2040. Vastaavasti laskettu Suomen kumulatiivinen tarve olisi 11 miljoonaa yksikköä. EU-regulaation mahdollinen taakanjako on ITMO:jen suhteen täysin auki, mutta todennäköisesti tulevien kansallisten EU-velvoitteiden täyttämiseksi ei Pohjoismaiden ja Suomen tapauksessa ainakaan tätä enempää yksiköjä ole mahdollista käyttää. Toisaalta omiin tavoitteisiin yksiköitä voi hankkia enemmän, ja Suomen tapauksessa tarve saattaakin olla merkittävästi suurempi kuin vuositasolla 1,5 Mt CO₂-ekv. Esimerkiksi Ollikainen ym. (2025) arvioi tarpeeksi 8 miljoonaa yksikköä vuonna 2035, ja kumulatiivisesti 40 miljoonaa yksikköä jaksolla 2033–2037. Yksikköhinnaksi on arvioitu 40 €/t ja kokonaiskustannukseksi 320 miljoonaa euroa.

Vaikka kv-yksiköiden hankkiminen olisi edullisempaa kuin kotimaisten toimien toteuttaminen, on oleellista pohtia mitkä ovat yksiköiden hankkimisen vaikutukset kotimaassa ja toisaalta kohdemaassa, ja tulisiko kansainvälisille päästöyksiköille asettaa laadullisia ja määrällisiä rajoitteita, jos niitä käytetään hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi. Jos halvimmat päästövähennystoimet myydään ulkomaille, esimerkiksi Suomeen, päästövähennysten marginaalikustannukset isäntämaan omien sitoumusten saavuttamiseksi voivat nousta merkittävästi.

A6.2-yksiköiden hankkimiseksi yhteistyö ja sopimusneuvottelut hankkeiden isäntämaiden kanssa tulisi käynnistää hyvissä ajoin. Kahdenväliset sopimukset voivat sisältää luotettavuutta lisääviä vaatimuksia yksiköiden validoinnista ja todentamisesta, ja lisäksi esimerkiksi ihmisoikeuksien suojeluun ja sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen liittyviä vaatimuksia (Holzer 2025).

Tiivistelmä:

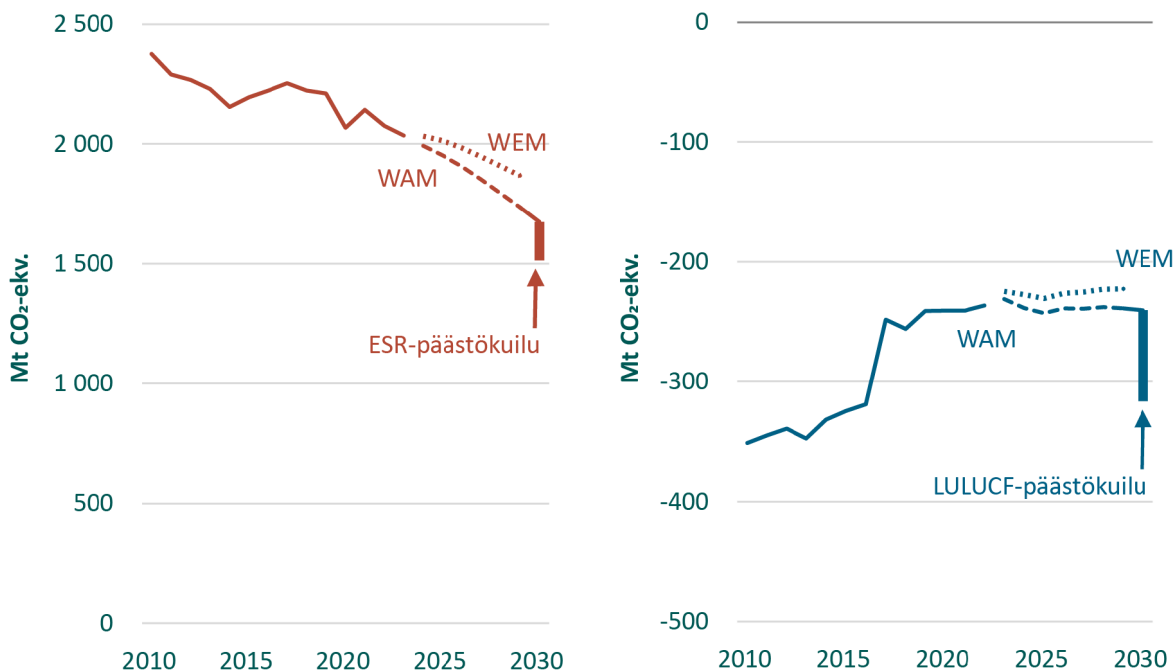
- Pariisin sopimuksen artikla 6 sisältää päästövähennysyksiköiden siirtoja kahden- tai monenvälisten sopimusten kautta (artikla 6.2) ja keskitetyn markkinamekanismin kautta (6.4).
- Kahdenvälisiä sopimuksia (A6.2) on solmittu eri maiden välillä 102 kappaletta, ja projekteja on käynnistynyt 162. Suurimmassa osassa hankkeista yksiköiden ostajana on Japani, vaikutus maan NDC:hen on kuitenkin erittäin pieni.
- Artikla 6.4:n keskitettyyn markkinamekanismiin on tulossa satoja miljoonia päästökrediittejä. Suuri osa näistä tulee vanhoista CDM-hankkeista, joiden tuottamien päästövähennysten lisäisyys on hyvin kyseenalainen.

- Kv. yksiköitä voidaan käyttää sellaisten kansallisten tavoitteiden saavuttamiseen, jotka ylittävät jäsenmaiden panoksen yhteiseen EU:n laajuiseen NDC:hen, eli esimerkiksi Suomen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi.
- A6.4 markkinamekanismiin voisi olla tulossa uusien hankeilmoitusten ja CDM-hankkeiden siirtopyyntöjen perusteella päästöyksiköitä arviolta noin 3 % suhteessa globaaleihin päästöihin. Parlamentti ja neuvosto ovat sopineet 2040 tavoitteen saavuttamisen joustoksi artikla 6 yksiköiden käyttöä korkeintaan 5 %-yksikön edestä. Suomen osuus olisi vuositasolla arvioituna noin 1,5–2,5 Mt CO₂-ekv.
- On oleellista pohtia mitkä ovat yksiköiden hankkimisen vaikutukset, ja tulisiko kansainvälisille päästöyksiköille asettaa laadullisia ja määrällisiä rajoitteita, jos niitä käytetään hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi.
- Jos halvimmat päästövähennystoimet myydään ulkomaille, päästövähennysten marginaalikustannukset isäntämaan omien sitoumusten saavuttamiseksi voivat nousta merkittävästi.
- A6.2:n mukaisten ITMO-yksiköiden hankkimiseksi yhteistyö ja sopimusneuvottelut hankkeiden isäntämaiden kanssa tulisi käynnistää hyvissä ajoin. Kahdenväliset sopimukset voivat sisältää luotettavuutta lisääviä vaatimuksia.

3.6.1 Jäsenmailta hankittavien päästöyksiköiden käyttö EU-tavoitteiden saavuttamiseksi

EU:n ESR- ja LULUCF-velvoitteiden täyttämiseksi voidaan käyttää muilta EU-jäsenmailta hankittuja päästöyksiköitä, edellyttäen että myyjämaalla on kertynyt kyseiselle sektorille ylijäämää ja halukkuutta myyntiin on. [EEA:n](#) vuonna 2024 kokoaman arvion (EEA 2024) mukaan jäsenmaiden lisätoimiurat eivät riitä saavuttamaan ESR-velvoitteita unionin tasolla, minkä perusteella ESR-yksiköille tulisi olemaan kysyntää muilta jäsenmailta (kuva 14, vasen puoli). Arviossa ei ole kuitenkaan huomioitu joustoja (ns. one-off jousto ja yksiköiden pankitus), jotka voivat mahdollistaa velvoitteen saavuttamisen EU-tasolla. ESR-velvoitteen osalta Suomella ei ole välttämättä tarvetta hankkia päästöyksiköitä. KEITO WAM-skenaarion mukaan Suomi alittaisi kumulatiivisen 2021–2030 tavoitteen suunnitelluilla lisätoimilla arviolta 1,5 Mt CO₂-ekv.:lla (pl. LULUCF-sektorilta mahdollisesti taakanjakosektorille siirtyvä vaje).

LULUCF-sektorilla Suomella on KEITO WAM-skenaarion mukaan kaudelle 2026–2030 huomattava päästökuilu, joka olisi periaatteessa mahdollista kattaa joko lisätoimilla tai muilta jäsenmailta hankittavilla yksiköillä. Yksiköiden hankkiminen ei kuitenkaan näytä käytännössä mahdolliselta, sillä EEA:n arvion (2024) mukaan EU on jäämässä huomattavasti vuoden 2030 LULUCF-velvoitteestaan (kuva 14, oikea puoli). Tämän perusteella jäsenmailla ei tulisi olemaan nettomääräisesti myytäviä yksiköitä, ts. niiden kysyntä ylittäisi huomattavasti tarjonnan. Tällöin voidaan myös olettaa, että yksiköiden hinta tulee olemaan huomattavan korkea. Jäsenmaatasolla tarkasteltuna moni LULUCF-sektorin osalta merkittävä maa (mm. Ruotsi, Espanja, Puola, Italia, Ranska, Saksa) jää selvästi omasta LULUCF-tavoitteestaan. Koska LULUCF-sektorin päästöyksiköiden hankkimismahdollisuutta voidaan pitää erittäin epävarmana vaihtoehtona, Suomen tulisi saavuttaa kansalliset LULUCF-velvoitteensa omin lisätoimin.



Kuva 14. EU:n taakanjakosektorin (vasen) ja LULUCF-sektorin nettopäästöjen toteuma, WEM ja WAM-skenaariot, tavoitteet 2026–2030 -kaudelle sekä vuoden 2030 päästökuilu laskettuna WAM-skenaarioista (EEA 2024).

3.7 Keinojen kustannusvaikuttavuus

Kuten luvun 3 alussa todettiin, kustannusvaikuttavuus on yksi keskeinen tekijä päästövähennyskeinojen valinnassa, sillä se ohjaa rajattuja taloudellisia resursseja vähentämään päästöjä tehokkaasti. Päästökauppa-, taakanjako- ja maankäyttösektoreilla on erillisiä ja erilaisia ohjausmekanismeja, jotka vaikuttavat nettopäästöihin. Sektorien erillisyyden ja ohjausmekanismien kirjavuuden vuoksi on tärkeä tarkastella kootusti eri sektoreilla olevien keinojen päästövähennyspotentiaalia sekä kustannusvaikutavuutta, jotta ilmastolain tavoitteet ml. hiilineutraalisuustavoite voidaan saavuttaa tehokkaasti.

Päästökaupparektorilla päästöoikeuden hinta ohjaa päästövähennyksiä energiantuotannossa ja rakenteissa teollisuudessa kustannustehokkuusperiaatteen mukaisesti, minkä lisäksi ETS2-järjestelmä tulee vastaavasti ohjaamaan tieliikenteen, rakennusten lämmityksen, työkoneiden ja pienteollisuuden päästöjä. EU:n hallintomallin ohjeistuksen nykypolitiikkatoimia heijastavassa päästöoikeuksien hintaprojektiossa ETS1-päästöoikeuden hinta on 95–100 € jaksolla 2025–2040, jonka jälkeen se kohoaa lähes 200 euroon vuonna 2050. ETS2-sektorilla hinta nousee ensin melko tasaisesti 100 euroon vuoteen 2035 mennessä, ja noudattaa tämän jälkeen ETS1-uraa (EC 2024). Nämä hintakehitysarviot ovat olleet myös KEITO-skenaarioiden taustalla.

Mikäli päästökaupan hintaohjaus toimii tehokkaasti, päästöoikeuden hintatasoa paremman kustannusvaikuttavuuden keinot toteutetaan, eikä ETS1:n että ETS2:n alaisilla sektoreilla siten olisi mahdollista löytää päästöoikeuden hintaa edullisempia lisätoimia. Tätä päätelmää voi suoraan käyttää kustannustehokkaiden keinojen analysoimiseen KEITO-skenaarioista (Koljonen ym. 2025a; 2025b), koska erityisesti pitkän aikavälin skenaarioiden välillä on huomattavia eroja monissa sosioekonomisissa olettamuksissa.

Liikenteen osalta lisätoimien todettiin luvussa 3.3 olevan huomattavan kalliita verrattuna ETS2-hintaletukseen. Osalle liikenteen lisätoimista (romutuspalkkiokampanjat) on arvioitu yli 300 €/t CO₂

päästövähennyskustannus, joka on poikkeuksellisen korkea. Kuten edellä on kuvattu, osassa liikenteen toimia on kuitenkin huomioitu vain valtiontalouden kustannukset, ei kokonaistaloudellisia kustannuksia, ja kustannusvaikuttavuus on laskettu yksittäiselle ohjauskeinolle, ei yleisemmälle toimenpiteelle. Joka tapauksessa, kustannusvaikuttavuuden näkökulmasta kalliiden toimien toteuttaminen on kyseenalaista. Lisäksi liikenteen lisätoimien potentiaali päästöjen vähentämisessä on arvioitu vähäiseksi, johtuen muun muassa siitä, että monet tehokkaimmista päästövähennyskeinoista sisältyvät jo perusskenaarioon.

Taakanjakosektorilla potentiaaliltaan parempia ja kustannusvaikuttavampia keinoja on löydettävissä tällä erää maataloudesta, jossa esimerkiksi eläinjalostuksen ja nautakarjan lisääneruokintaan liittyvien toimien potentiaalin ja kustannusvaikuttavuuden on arvioitu olevan vähintään keskiverta. Näihin päästöihin kohdistuvien toimien toteuttamiseen ei kohdistu tällä hetkellä suoraa kannustinta, joten ohjauskeinojen asettaminen olisi tarpeellista. Maatalouden eri toimien vaatimien yksittäisten ohjauskeinojen kustannusvaikuttavuudesta ei kuitenkaan vielä ole tehty arvioita, joten suora vertailu liikenteen ohjauskeinojen kustannusvaikuttavuuteen ei täysin onnistu.

Maankäyttösektorilla on löydettävissä kustannusvaikuttavuudeltaan verrattain hyviä toimia (<50 €/t CO₂-ekv.), joilla on myös hyvä päästövähennyspotentiaali (nettovaikutus yli 1 Mt CO₂-ekv./v), kuten luvussa 3.4 on esitetty. Näitä ovat kiertoaikojen pidennys metsätaloudessa ja puuston kasvattaminen tiheämpänä, joihin kannustamiseksi olisi mahdollista käyttää kannustinvaikutukseltaan päästökauppaan verrattavissa olevaa hintaohjausta. Mikäli metsänomistajille maksettaisiin korvausta metsien hiilinielun kasvattamisesta, alentuisivat hakkuut mallilaskelmien mukaan merkittävästi jo verrattain alhaisilla korvaushinnoilla.

Maankäyttösektorin toimien toteuttaminen ei olisi perusteltua pelkästään kustannustehokkuuden mielessä, vaan se auttaisi myös maankäyttösektorin EU-velvoitteen saavuttamisessa, mikä vaatii merkittävän määrän lisätoimia, kuten luvussa 3.1 todetaan. Mikäli maankäyttösektorin velvoitteita ei täytetä, päästövähennystarve siirtyy taakanjakosektorille. Tämä kasvattaisi ilmastopolitiikan kustannuksia huomattavasti, johtuen yllä mainituista sektoreiden toimien kustannusvaikuttavuuden eroista.

Teknologisten nielujen osalta Bio-CCS-ratkaisujen kustannusten on arvioitu olevan luokkaa 50–150 € ilmakehästä poistettua hiilidioksiditonnia kohti, ja vastaavasti DACCS:n ja CCU:n yli 150 €/t CO₂. Päästövähennyspotentiaali on erityisesti Bio-CCS:llä suuri.

Kansainvälisten päästöyksiköiden tulevista hinnoista ei ole arvioita. Sveitsin toistaiseksi solmimissa sopimuksissa hinta on ollut 31 €/t CO₂-ekv. (ks. luku 2.4.5). Hankkeessa tarkastelluissa verrokkimaissa ei ole raportoitu suunniteltujen keinojen kustannusvaikuttavuutta.

4 Yhteenveto

Suomen ilmastolain (423/2022) tavoitteet ovat ajantasaisia, ja vastaavat ilmastonmuutoksen hillinnän riittävään tasoon, Pariisin sopimukseen ja EU-velvoitteisiin sekä Suomen mahdollisuuksiin ja vastuuseen toimia edelläkävijänä ilmastopolitiikassa. Ilmastonmuutos on edennyt edelleen kiihtyvää tahtia ja sen seuraukset tulevat yhä useammin esiin muun muassa sään ääri-ilmiöinä (ks. esim. IPCC 2021). Pariisin sopimuksen 1,5 asteen tavoitteen saavuttaminen on ensiarvoisen tärkeää, jotta pahimmilta lämpenemisen vaikutuksilta voidaan välttyä ja jotta ilmastonmuutoksen seuraukset olisivat sellaisia, joihin yhteiskunnat voivat vielä sopeutua.

Ilmastolaissa asetetut Suomen ilmastotavoitteet perustuvat Suomen oikeudenmukaiseen, maksukykyyn (BKT/henkilö) mukaiseen osuuteen hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin IPCC:n arvioimasta globaalista 1,5 asteen hiilibudjetista. Ilmastolain valmistelun jälkeen globaali hiilibudjetti on päivitetty (IPCC 2022) ja uusien laskelmien mukaan budjetti ja vastaavasti Suomen osuus siitä on hieman kasvanut. Toisaalta tutkimuskirjallisuudessa on esitetty kriittisiä arvioita ylimitoitetusta globaalista budjetista suhteessa Pariisin sopimuksen tavoitteisiin ks. esim. Forster ym. 2025; Lamboll ym. 2023). Lisäksi Ilmastopaneelin vuonna 2024 tekemän kattavan menetelmätarkastelun (Partanen ym. 2024) perusteella voidaan arvioida, että Syken selvityksen uusien laskelmien päästöpolut ja päästöbudjetit eivät ole ainakaan liian kunnianhimoisia Suomen reiluksi panokseksi Pariisin sopimuksen 1,5 asteen tavoitteen saavuttamiseen. Huomioiden lisäksi Suomen viime vuosien maankäyttösektorin nielukehityksen vaikutuksen päästöbudjetin kulumiseen, ei ilmastolain päästövähennys- ja hiilineutraaliustavoitteita ole aiheellista muuttaa. Tietopohjan tarkentuminen maankäyttösektorin päästöistä ja poistumista ei muuta Suomen käytettävissä olevaa oikeudenmukaista, maksukykyyn mukaan laskettua päästöbudjettia.

Suomen vastuullinen osuus globaalista hiilibudjetista olisi mahdollista määrittää myös muulla tavoin kuin maksukykyyn perustuen. Jos 1,5 asteen tavoitteen mukaisen hiilibudjetin tasajako kaikille maailman ihmisille ja sitä kautta valtioille katsottaisiin oikeudenmukaiseksi ja hyväksi jakoperusteeksi, asetuisivat Suomen nykyiset ilmastolain tavoitteet edelleen jokseenkin kohdalleen. Luvussa 2.3.3 esitetty laskelma osoittaa, että Suomen tulisi tässäkin tapauksessa vähentää päästöjään nykyisten päästövähennystavoitteiden mukaisesti, ja vahvistaa LULUCF-nettonielua niin, että hiilineutraalius saavutettaisiin ennen vuotta 2040, jonka jälkeen lisävähennysten tulisi jatkaa samaa tahtia edelleen. Tasajako ei kuitenkaan vastaa Pariisin sopimuksen ja YK:n ilmastonsuojelun puitesopimuksen (UNFCCC) maiden yhteisen, mutta eriytyneen vastuun ja omien valmiuksien periaatetta.

Nykyisten tavoitteiden ajantasaisuutta voidaan perustella eri tavoin määritellyn globaalien oikeudenmukaisuuden lisäksi EU:n taakanjako- ja maankäyttösektorien Suomea koskevilla velvoitteilla vuoteen 2030 asti, edelleen kiristyvillä vuoden 2040 EU-tavoitteilla, päästökaupan voimakkaalla ohjausvaikutuksella sekä maailman kaikkien maiden yhteenlasketun maankäyttösektorin vahvistuvalla nettonielulla globaalien ilmastomallien 1,5 asteen skenaarioissa. Suomen hiilineutraaliuden tavoitevuosi 2035 on tässä työssä tarkasteltuja verrokkimaita jonkin verran kunnianhimoisempi tavoite aikataulultaan, mutta esimerkiksi Ison-Britannian päästövähennystavoitteet tai Ruotsin taakanjakosektorin velvoitteet ovat tiukempia kuin Suomessa. Eri maiden ilmastotavoitteiden kunnianhimon vertaileminen on vaikeaa maiden erilaisten lähtö- ja nykytilanteiden, päästöjen ja päästövähennysmahdollisuuksien, tavoitteiden perusteiden, määrittelyjen ja kattavuuksien sekä oikeudenmukaisuusnäkökulmien takia. Tällaista kattavaa tarkastelua ei ole tässä työssä tehty.

Hiilineutraaliuden saavuttaminen vuonna 2035 helpottaisi Suomen pysymistä oikeudenmukaisen päästöbudjetin rajoissa pidemmällä aikavälillä. Maankäyttösektorille voisi kuitenkin asettaa myös erillisen tavoitteen, joka edistäisi nettopäästöjen pienenemistä ja voisi estää päästökauppa- ja

taakanjakosektoreilla toteutettavien päästövähennysten kompensoitumista maankäyttösektorin nielulla tai toteuttamista biomassaa hyödyntäen maankäyttösektorin nielun kustannuksella. Myös EU:n tavoitteisiin vuoden 2030 jälkeen tulevat teknologiset nielut, ja mahdollisesti rajallinen määrä kansainvälisiä päästöyksiköitä voisivat olla osa kansallisia ilmastotavoitteita.

Kahdenvälisten sopimusten valmistelu päästöyksiköiden hankkimiseksi vaatii runsaasti aikaa. Lisäksi niiden päästövähennyspotentiaali on ollut historiallisesti pieni ja vaikutuksiin liittyy useita erilaisia epävarmuuksia. Sopimukseen voisi kuitenkin kirjata vaatimuksia luotettavuuden lisäämiseksi, ja toisaalta hankkeiden kokonaishyötyä niin isäntämaille kuin globaalille ilmastollekin voi pyrkiä edesauttamaan. Pariisin sopimuksen artikla 6.4:n keskitettyyn markkinamekanismiin on sen sijaan tulossa satoja miljoonia päästökrediittejä, mutta niiden laatu voi olla heikko, eli todellisista päästövähennyksistä ei ole täyttä varmuutta. Yksiköiden siirtoja on tehty toistaiseksi hyvin vähän, ja niiden tulevista hinnoista ei ole arvioita.

Ilmastolain tavoitteisiin kuuluu myös EU-lainsäädännöstä aiheutuvien velvoitteiden täyttymisen varmistaminen. Suomi ei saavuta vuodelle 2030 asetettua LULUCF-velvoitetta eikä vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitetta nykytoimilla (KEITO WEM) eikä suunnitelluilla lisätoimilla (KEITO WAM). Jos Suomi kuitenkin saavuttaisi EU:n asettamat taakanjako- ja maankäyttösektorien velvoitteet, myös hiilineutraalius olisi huomattavasti helpommin saavutettavissa, ja sitä varten vaadittava lisätoimien määrä olisi kohtuullinen. Tämä vaatisi selkeää suunnanmuutosta maankäyttösektorilla ja merkittäviä lisätoimia LULUCF-nettopäästöjen vähentämiseksi vuoteen 2030 mennessä ja sen jälkeen. Mikäli LULUCF-velvoitteita ei täytetä, LULUCF-sektorilla vaaditut päästövähennykset siirtyvät taakanjakosektorille, mikä kasvattaisi kustannuksia huomattavasti. LULUCF- tai taakanjakosektorin päästöyksiköiden hankkiminen EU-velvoitteisiin pääsemiseksi ei näytä mahdolliselta, sillä useat jäsenmaat ovat jäämässä merkittävästi omista tavoitteistaan eikä myytävää ole.

Maankäyttösektorilla on löydettävissä toimia, joiden päästövähennyspotentiaali ja kustannusvaikutavuus ovat hyviä: potentiaalisimmat toimet ovat metsien kiertoaikojen pidentäminen ja harvennusten lieventäminen. Metsien käsittelyn muutoksia voidaan saada aikaan metsälakia päivittämällä ja ottamalla käyttöön taloudellisia kannustimia.

Päästökauppasektorilla kehitys on ollut ilmaston kannalta suotuisaa ja KEITO-skenaarioiden mukaan päästöt vähenevät jatkossakin ripeästi. Lisätoimien, mahdollisesti päästöoikeuden hintaa kalliimpienkin, toteuttaminen voisi kuitenkin olla perusteltua etenkin Suomen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi, mutta myös talouden, työllisyyden, tuottavuuden ja kilpailukyvyn, energiaomavaraisuuden, resurssitehokkuuden sekä strategisen itsenäisyyden ja resilienssin takia.

Hiilen talteenottoa ja teknisiä poistoja ei ole toistaiseksi toteutettu laajassa mittakaavassa, mutta ilmastopotentiaali on merkittävä. Hankkeiden toteutumiseen liittyy epävarmuutta, valmisteluihin voi mennä vuosia ja kustannusvaikutavuus näyttää huonolta. Taloudellisia kannustimia kuitenkin valmistellaan EU-tasolla. Kansallisesti esimerkiksi Ruotsissa ja Tanskassa erityisesti CCUS-hankkeisiin kohdistetaan erilaisia tukia useiden miljardien eurojen edestä.

Taakanjakosektorilla EU-velvoitteet ollaan kutakuinkin saavuttamassa, mikäli LULUCF-vajetta ei siirretä taakanjakosektorille. Tavoitetason yli menevien lisävähennysten tuottaminen on pääsääntöisesti kallista ja vaikeaa. Kuitenkin esimerkiksi liikenteen ja maatalouden toimien osalta tulee ottaa huomioon niiden tuottamat muut, esimerkiksi ilmanlaatuun, terveyteen tai vesistöjen ravinnekuormitukseen liittyvät hyödyt kustannusvaikutuksineen. Liikennesektorin osalta on huomioitava, että jo WEM-skenaario sisältää runsaasti toimia, joiden myötä tuleva päästökehitys on voimakkaan laskeva.

Tässä työssä on selvitetty millä toimilla ilmastolain tavoitteet voidaan saavuttaa päästövähennyspotentiaalin ja kustannusvaikutavuuden näkökulmasta. Työssä ei ole arvioitu toimien oikeudenmukaisuusvaikutuksia tai toimien vaikutuksia resilienssiin tai kansalliseen turvallisuuteen. Aiemmin

ilmastopolitiikan oikeudenmukaisuutta on selvittänyt muun muassa Suomen ilmastopaneeli (Kivimaa ym. 2023). Ilmastotavoitteiden asettelun oikeudellisia reunaehdoja tarkastellaan erillisessä selvityksessä osana ilmastolain arviointia. Puhtaan energiajärjestelmän siirtymää tutkivassa RePower-CEST -hankkeessa (2024–2026) tuotetaan laajasti tietoa energiasiirtymän oikeudenmukaisuus- ja turvallisuusvaikutuksista ja edellytyksistä päätöksenteon tueksi.

4.1 Jatkoselvitystarpeet

- Maankäyttösektorin kasvihuonekaasutaseisiin liittyvien epävarmuuksien huomioinnin mahdollisuudet tavoitteissa.
- Mahdollisen erillisen maankäyttösektorin nettonielun lisäystavoitteen tarkastelu, määrittely ja vaikutusten arviointi.
- Selvitys passiivisen nielun vaikutuksesta maankäyttösektorin nettonieluun ja sitä koskeviin tavoitteisiin.
- Toimien ja ohjauskeinojen kustannusvaikuttavuusarvioiden vertailukelpoisuuden ja luotettavuuden parantaminen; yhtenäisen arvioinnin kehittäminen eri sektoreille.
- CCU:n ilmastovaikutusten ja hiilenpoistomenetelmien ympäristövaikutusten laajempi selvittäminen, esimerkiksi mineralisaation vaikutusten osalta.
- Metsiin liittyvien CRCF-menetelmien kartoitus.
- Kansainvälisten päästövähennysyksiköiden luotettavuuden, hinnan ja saatavuuden selvittäminen.

Sanasto

AR6	IPCC:n kuudes arviointiraportti (Sixth Assessment Report) muodostuu kolmen työryhmän laatimista osaraporteista sekä niitä kokoavasta yhteenvetoraportista. Työryhmä I käsittelee ilmastonmuutoksen fysikaalista perustaa (2021), työryhmä II sen vaikutuksia, sopeutumista ja haavoittuvuutta (2022) ja työryhmä III hillintätoimia (2022). Yhteenvetoraportti julkaistiin vuonna 2023.
Bio-CCS	Poltosta ja teollisista prosesseista peräisin olevan biomassaperäisen hiilidioksidin talteenotto ja pysyvä varastointi (Bioenergy with carbon capture and storage).
Bio-CCU	Biomassaperäisen hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö (Bioenergy carbon capture and utilisation).
Bruttopäästöt	Fossiiliset ja prosessiperäiset päästöt.
CCUS	Hiilidioksidin talteenotto, hyötykäyttö ja/tai varastointi (Carbon dioxide Capture and Utilisation and/or Storage).
CDR	Hiilidioksidin poistaminen ilmakehästä (Carbon Dioxide Removal).
CO₂-ekv.	Hiilidioksidiekvivalentti, joka sisältää hiilidioksidin lisäksi muiden kasvihuonekaasujen päästöt, joiden ilmastovaikutus on muunneltu vastaamaan hiilidioksidin ilmastovaikutusta sadan vuoden tarkastelujaksolla.
DACCS	Hiilidioksidin talteenotto suoraan ilmasta ja pysyvä varastointi (Direct Air Carbon Capture and Storage).
ESR	Taakanjakosektori (Effort Sharing Regulation).
ETS1	EU:n päästökauppa (The EU emission trading system), joka kattaa yli 20 MW suuruiset energiantuotantolaitokset, energiaintensiivisen teollisuuden (esim. jalostamot, teräs-, sementti-, metsä- sekä osan muusta kemianteollisuudesta) sekä EU-alueen sisäisen kaupallisen lentotoiminnan ja meriliikenteen.
ETS2	Erillinen uusi EU:n päästökauppajärjestelmä vuodesta 2028, joka kattaa liikenteen, rakennusten erillislämmityksen, työkoneiden ja maatalouden kasvihuonekaasupäästöt.
Hiilibudjetti	Tiettyyn ilmastotavoitteeseen suhteutettu hiilen määrä, joka voidaan päästää ilmakehään.

IPCC	Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change) on poliittisen päätöksenteon tueksi vuonna 1988 perustettu ilmastotieteen johtavista asiantuntijoista koottu elin, jonka tehtävänä on koota ja arvioida ihmisen aiheuttamaa ilmaston lämpenemistä ja sen vaikutuksia koskevaa tieteellistä tietoa.
Kaisu	Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma.
KEITO WAM	Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja -skenaariot (KEITO) -hankkeessa vuonna 2025 laadittu lisätoimiskenaario.
KEITO WEM	Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja -skenaariot (KEITO) -hankkeessa vuonna 2025 laadittu nykytoimiskenaario.
KHK	Kasvihuonekaasu.
Kustannusvaikuttavuus	Kertoo kuinka paljon yhden hiilidioksidiekvivalenttitonnin suuruisen päästövähennyksen tekeminen jollakin toimella maksaa. Valitsemalla toimet kustannusvaikuttavuusjärjestyksessä päästään tavoitteisiin kustannustehokkaasti, eli kuluttamalla yhteiskunnan rajallisia resursseja mahdollisimman vähän.
LULUCF	Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous -sektori (Land Use, Land Use Change, and Forestry).
NDC	Kansallisesti määritelty panos (Nationally Determined Contribution). Pariisin ilmastopimuksen osapuolten ilmoittamat kansalliset panokset, eli toimet, joihin kukin maa on sitoutunut. EU:lla ja sen jäsenmailla on yhteinen kansallisesti määritelty panos.
Nettonolla	Aiheutettujen päästöjen ja nielujen tasapaino. Nieluiksi lasketaan sekä maankäyttösektorin eli LULUCF-sektorin kasvihuonekaasuinventaarioon kuuluvat luonnon nielut, että teknologiset nielut, jolloin ilmakehän hiilidioksidia otetaan talteen ja varastoidaan pysyvästi pois luonnon hiilenkierrosta. Päästöksi luetaan sekä fossiiliset ja prosessiperäiset päästöt sekä maankäyttösektorin päästöt.
Nettopäästöt	Päästöt ja poistumat.
Pariisin sopimus	Pariisin ilmastopimus on kansainvälinen, oikeudellisesti sitova sopimus ilmastonmuutoksesta. Sen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu alle kahdessa asteessa suhteessa esiteolliseen aikaan ja pyrkiä toimiin, joilla lämpeneminen saataisiin rajattua alle 1,5 asteen. Sopimus solmittiin 12. joulukuuta 2015, ja se astui voimaan 4.11.2016.
Poistuma(t)	Nielujen aikaansaama kasvihuonekaasujen poistuma ilmakehästä, maankäyttösektorin (LULUCF) nielut ja teknologiset nielut/poistot

Päästöbudjetti	Tiettyyn ilmastotavoitteeseen suhteutettu päästöjen määrä, joka voidaan päästää ilmakehään.
Päästökuilu	Päästömäärä, joka pitää vähentää ilmastotavoitteen pääsemiseksi.
Päästövähennyspotentiaali	Arvio siitä, kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä tietty toimi, toimenpidokokonaisuus tai ohjauskeino voi vähentää tai poistaa ilmakehästä tietyn ajanjakson aikana verrattuna määriteltyyn vertailutasoon (perusuraan), käsittäen siten sekä päästövähennykset että nielujen lisäämisen mahdollisuudet. Myös: ilmastopotentiaali .
Päästövähennysyksikkö	Hyväksytyn standardin, sertifiointijärjestelmän tai sääntelykehyksen puitteissa liikkeelle laskettu, todennettu mittayksikkö, joka vastaa yhtä hiilidioksidiekvivalenttitonnia vähennettyjä, vältettyjä tai ilmakehästä poistettuja kasvihuonekaasupäästöjä.
SMR	Pieni modulaarinen ydinreaktori (Small Modular Reactor), jolla voidaan tuottaa sekä sähköä että lämpöä.
Teknologinen nielu	Teknologinen keino, jolla voidaan poistaa hiilidioksidia ilmakehästä ja varastoida sitä pysyvästi. Myös: tekninen nielu, tekninen poisto .
WAM	Ilmastoskenaario, jossa huomioitu lisäiset politiikkatoimet (With Additional Measures).
WEM	Ilmastoskenaario, jossa huomioitu nykyiset politiikkatoimet (With Existing Measures).

Lähteet

- BMIMI 2024a. Integrated National Energy and Climate Plan for Austria. Period 2021–2030. Bundesminister für Innovation, Mobilität und Infrastruktur. https://commission.europa.eu/publications/austria-final-updated-necp-2021-2030-submitted-2024_en
- BMIMI 2024b. Österreichische Carbon Management Strategie (CMS). Bundesminister für Innovation, Mobilität und Infrastruktur. <https://www.bmf.gv.at/dam/jcr:6c8ffc5d-a6b6-4a84-a0d3-dc4d935f99bd/%C3%96sterreichische%20Carbon%20Management%20Strategie.pdf>
- Bundesregierung 2025. Jetzt das Richtige tun. Für Österreich. Regierungsprogramm 2025–2029. https://www.bundeskanzleramt.gv.at/dam/jcr:8d78b028-70ba-4f60-a96e-2fca7324fd03/Regierungsprogramm_2025-2029.pdf
- Byers, E., Krey, V., Kriegler, E., Riahi, K., Schaeffer, R., Kikstra, J., Lamboll, R., Nicholls, Z., Sanstad, M., Smith, C., van der Wijst, K.-I., Al Khourdjie, A., Lecocq, F., Portugal-Pereira, J., Saheb, Y., Strømman, A., Winkler, H., Auer, C., Brutschin, E., Gidden, M., Hackstock, P., Harmsen, M., Huppmann, D., Kolp, P., Lepault, C., Lewis, J., Marangoni, G., Müller-Casseres, E., Skeie, R., Werning, M., Calvin, K., Forster, P., Guivarch, C., Hasegawa, T., Meinshausen, M., Peters, G., Rogelj, J., Samset, B., Steinberger, J., Tavoni, M. & van Vuuren, D. 2022. AR6 Scenarios Database hosted by IIASA. International Institute for Applied Systems Analysis. <data.ece.iiasa.ac.at/ar6/>
- Cames, M., Harthan, R.O., Füssler, J., Lazarus, M., Lee, C.M., Erickson, P. & Spalding-Fecher, R. 2016. How additional is the Clean Development Mechanism? Analysis of the application of current tools and proposed alternatives. https://climate.ec.europa.eu/system/files/2017-04/clean_dev_mechanism_en.pdf
- CCC 2019. Net Zero. The UK's contribution to stopping global warming. Committee on Climate Change. <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2019/05/Net-Zero-The-UKs-contribution-to-stopping-global-warming.pdf>
- CCC 2020. The Sixth Carbon Budget. The UK's path to Net Zero. Committee on Climate Change. <https://www.theccc.org.uk/publication/sixth-carbon-budget/>
- CCC 2025. The Seventh Carbon Budget. Advice for the UK Government. Committee on Climate Change. <https://www.theccc.org.uk/publication/the-seventh-carbon-budget/>
- Climate Action Tracker 2025. <https://climateactiontracker.org/>
- EC 2024/1281. Commission Implementing Regulation (EU) 2024/1281 of 7 May 2024 amending Implementing Regulation (EU) 2020/1208 on structure, format, submission processes and review of information reported by Member States pursuant to Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401281
- EEA 2024. Progress towards national greenhouse gas emissions targets in Europe. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/progress-towards-national-greenhouse-gas>
- Elinkeinoelämän Keskusliitto 2025. Vihreiden investointien dataikkuna. <https://ek.fi/tutkittua-tietoa/vihreat-investoinnit/>
- Energimyndigheten 2025. Partnerships under the Paris Agreement. <https://www.energimyndigheten.se/en/cooperation/swedens-program-for-international-climate-initiatives/paris-agreement/partnerships-under-the-paris-agreement/>
- ESABCC 2023. Scientific advice for the determination of an EU-wide 2040 climate target and a greenhouse gas budget for 2030–2050. European Scientific Advisory Board on Climate Change. <https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/scientific-advice-for-the-determination-of-an-eu-wide-2040/scientific-advice-for-the-determination-of-an-eu-wide-2040-climate-target-and-a-greenhouse-gas-budget-for-2030-2050.pdf/@@display-file/file>
- ESABCC 2025. Scientific advice for amending the European Climate Law. Setting climate goals to strengthen EU strategic priorities. European Scientific Advisory Board on Climate Change. https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/20250602_european-climate-law_advice-for-publication.pdf/@@download/file

- EU 2018. Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2018/2066, annettu 19 päivänä joulukuuta 2018, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2003/87/EY tarkoitetusta kasvihuonekaasupäästöjen tarkkailusta ja raportoinnista sekä komission asetuksen (EU) N:o 601/2012 muuttamisesta. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2018/2066/oj/eng
- EU 2018/841. Regulation of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/841/oj/eng>
- EU 2018/842. Regulation of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation (EU) No 525/2013. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/842/oj/eng>
- EU 2023/839. Regulation of the European Parliament and of the Council of 19 April 2023 amending Regulation (EU) 2018/841 as regards the scope, simplifying the reporting and compliance rules, and setting out the targets of the Member States for 2030, and Regulation (EU) 2018/1999 as regards improvement in monitoring, reporting, tracking of progress and review. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/839/oj/eng>
- EU 2023/857. Regulation (EU) 2023/857 of the European Parliament and of the Council of 19 April 2023 amending Regulation (EU) 2018/842 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement, and Regulation (EU) 2018/1999. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/857/oj/eng>
- EU 2021/1119. Regulation of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>
- EU 2023a. Public Consultation on the EU Climate Target for 2040—Factual Summary Report. European Commission. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13793-EU-climate-target-for-2040/public-consultation_en
- EU 2023b. Teollinen hiilenhallinta – hiilidioksidin talteenotto, hyödyntäminen ja varastointi. Kannanottopyyntö—Ares(2023)3659176. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13848-Teollinen-hiilenhallinta-hiilidioksidin-talteenotto-hyodyntaminen-ja-varastointi_fi
- EU 2024. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT REPORT Part 1 Accompanying the document COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Securing our future Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52024SC0063>
- EU 2025a. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Regulation (EU) 2021/1119 establishing the framework for achieving climate neutrality. https://climate.ec.europa.eu/document/download/e1b5a957-c6b9-4cb2-a247-bd28bf675db6_en
- EU 2025b. 2040 climate target. Reducing the EU's net emissions by 90% by 2040. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2040-climate-target_en
- EU 2025c. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Regulation (EU) 2021/1119 establishing the framework for achieving climate neutrality. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14960-2025-INIT/en/pdf>
- EU 2025d. Meriliikennettä, ilmailua ja kiinteitä laitoksia koskevan EU:n päästökauppajärjestelmän sekä markkinavakausvarannon uudelleentarkastelu. <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14549-Meriliikennetta-ilmailua-ja-kiinteita-laitoksia-koskev>
- EU 2025e. EU emissions trading system for maritime, aviation and stationary installations, and market stability reserve – review. Summary report Ares(2025)7111182. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14549-EU-emissions-trading-system-for-maritime-aviation-and-stationary-installations-and-market-stability-reserve-review/public-consultation_en

- EU. 2025f. A renewed agenda for European Union – United Kingdom cooperation Common Understanding. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_25_1267
- EU 2025g. PCI-PMI transparency platform. https://ec.europa.eu/energy/infrastructure/transparency_platform/map-viewer/main.html
- EU 2025h. New EU studies explore purchasing programme to boost permanent carbon removals in Europe. https://climate.ec.europa.eu/news-other-reads/news/new-eu-studies-explore-purchasing-programme-boost-permanent-carbon-removals-europe-2025-08-27_en
- European Parliament 2025. 2040 climate target: deal on a 90% emissions reduction in EU climate law. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20251208IPR32091/2040-climate-target-deal-on-a-90-emissions-reduction-in-eu-climate-law>
- Federal Council 2021. Switzerland's Long-Term Climate Strategy. Federal Office for the Environment. The Federal Council. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/info-specialists/emission-reduction/reduction-targets/2050-target/climate-strategy-2050.html>
- Federal Council 2024. Switzerland's information necessary for clarity, transparency and understanding in accordance with decision 1/CP.21 of its updated and enhanced first nationally determined contribution (NDC) under the Paris Agreement (2021–2030). Federal Office for the Environment. The Federal Council. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/klima/climate-reporting/Switzerland_First_NDC_Updated_Submission.pdf.download.pdf/Switzerland_First_NDC_Updated_Submission.pdf
- Federal Council 2024b. Switzerland's First Biennial Transparency Report under the Paris Agreement. The Federal Council. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BTR1_CHE_2024.pdf
- Federal Council 2025. Switzerland's second nationally determined contribution under the Paris Agreement 2031–2035. Federal Office for the Environment. The Federal Council. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/klima/fachinfo-daten/Swiss-NDC_2031-2035.pdf.download.pdf/Swiss-NDC_2031-2035.pdf
- Fedlex 2022. Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit. <https://www.fedlex.admin.ch/eli/fga/2022/2403/de>
- Fedlex 2025. Bundesgesetz über die Reduktion der CO2-Emissionen. <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2012/855/de>
- FOEN 2025a. Switzerland's greenhouse gas inventory. Federal Office for the Environment. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/state/data/greenhouse-gas-inventory.html>
- FOEN 2025b. Bilateral climate agreements. Federal Office for the Environment. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/info-specialists/climate-international-affairs/staatsvertraege-umsetzung-klimauebereinkommen-von-paris-artikel6.html>
- FOEN 2025b. Registered compensation projects abroad. Federal Office for the Environment. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/info-specialists/reduction-measures/compensation/abroad/registered-projects-abroad.html>
- Forster, P. M., Smith, C., Walsh, T., Lamb, W. F., Lamboll, R., et al. 2025. Indicators of Global Climate Change 2024: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence, Earth Syst. Sci. Data, 17, 2641–2680, <https://doi.org/10.5194/essd-17-2641-2025>
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Hauck, J., et al 2025. Global Carbon Budget 2024, Earth Syst. Sci. Data, 17, 965–1039, 2025. <https://doi.org/10.5194/essd-17-965-2025>
- Garcia-Garcia, G., Fernandez, M. C., Armstrong, K., Woollass, S., & Styring, P. 2021. Analytical Re-view of Life-Cycle Environmental Impacts of Carbon Capture and Utilization Technologies. ChemSus-Chem, 14(4), 995–1015. <https://doi.org/10.1002/cssc.202002126>
- Grassi, G., Schwingshackl, C., Gasser, T., Houghton, R.A., Sitch, S., Canadell, J.G. ym. 2023. Harmonising the land-use flux estimates of global models and national inventories for 2000–2020. Earth System Science Data 15, 1093–1114. <https://doi.org/10.5194/essd-15-1093-2023>
- Hildén, M., Niemistö, J., Ulvi, T., Pappila, M., Pihlainen, S., Seppälä, J., Lintunen, A., Minunno, F., Aro, L., Mäkipää, R., Hyppänen, T., Tuomala, M., Meretoja, M., Liedes, A. & Peltonen, L. 2024. Opas maankäyttösektorin

- ilmastotoimien hyödyntämiseen kuntien ilmasto- ja luontotyössä. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2024. <https://helda.helsinki.fi/items/3bc2f23f-6506-4bfd-8249-c27938283c5a>
- Hoffman, P., Möllersten, K., Spalding-Fecher, R& Sammut, F. 2025. Exploring carbon credit utilization in the Nordics. Demand, cost-savings and market engagement. Carbon Limits. Nordic Initiative for Cooperative Approaches. Nefco. https://www.nefco.int/wp-content/uploads/2025/10/nefco_nica_exploring-carbon-credit-utilization-in-the-nordics_october-2025.pdf
- Holzer, K. 2025. Kansainväliset ilmastoyksiköt EU:n dilemmana. <https://hiilikompensatioinfo.fi/kansainvaliset-ilmastoyksikot-eun-dilemmana/>
- Hooijschuur, E., den Elzen, M., Dafnomilis, I. & van Vuuren, D. 2023. Analysis of cost-effective reduction pathways for major emitting countries to achieve the Paris Agreement climate goal. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Publication number: 5240. https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2023-analysis-of-cost-effective-reduction-pathways-for-major-emitting-countries-to-achieve-the-paris-agreement-climate-goal-5240_0.pdf
- Ilmastolaki 423/2022. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2022/423/>
- IPCC 2018. IPCC special report. Global Warming of 1.5 °C. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IPCC 2021. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]
- IPCC 2022. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), ed. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press; 2023:3–48.
- IPCC 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf
- IPCC 2024. Call for nomination of experts to Scoping Meeting for Methodology Report on Carbon Dioxide Removal Technologies and Carbon Capture Utilization and Storage. <https://www.ipcc.ch/2024/06/18/nominations-scoping-meeting-cdr/>
- Jörs, W. 2024. Accounting of negative and neutral emission technologies (NETs). Finnish case studies on the coverage of BECCS, fossil CCS, enforced concrete carbonation, biochar and e-fuels in GHG inventories and EU targets: EU ETS, ESR, LULUCF and ECL / EU NDC 2030. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/WP-NET-Accounting-2024.pdf>
- Kangas, A., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Ilvesniemi, H., Kilpeläinen, H., Leinonen, I., Lehtonen, A., Mehtätalo, A., Menichetti, L., Myllykangas, J.-P. & Wall, A. 2026. Hiilinielulaskennan epävarmuusanalyysi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2026. Luonnonvarakeskus. Helsinki. <https://jukuri.luke.fi/items/3e4cd1fc-7612-42d0-9c7b-39dbd84798f7>
- KEFM 2023. Position paper on integrating permanent CDR into the EU ETS. Ministry of Climate, Energy and Utilities. <https://www.eu.dk/samling/20231/almdel/EUU/bilag/756/2910818/index.htm>
- KEFM 2025. Klimaprogram 2025. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. <https://www.kefm.dk/Media/638948087473597195/Klimaprogram%202025.pdf>
- Kivimaa, P., Heikkinen, M., Huttunen, S., Jaakkola, J. J. K., Juhola, S., Juntunen, S., Kaljonen, M., Käyhkö, J., Leino, M., Loivaranta T., Lundberg, P., Lähteenmäki-Uutela, A., Näkkäläjärvi, K., Sivonen, M. H. & Vainio, A. 2023. Ilmastopolitiikan oikeudenmukaisuuden arviointi. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2023. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/ilmastopolitiikan-oikeudenmukaisuuden-arviointi/>
- Kliik 2025. Annual Report 2024. Time is running out. Foundation for Climate Protection and Carbon Offset Kliik. https://a.storyblok.com/f/246794/x/5c88f24a1f/jahresbericht_2024_en.pdf

- Klimaloven 2025. Lov om klimamål. Klima- og miljødepartementet. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>
- Koljonen, T., Soimakallio, S., Silfver, T. & Kivinen, M. (toim.) 2025a. Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – keskipitkän aikavälin vaikutusarviot. VTT Technology 442. <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T442.pdf>
- Koljonen, T., Silfver, T., Soimakallio, S., Kivinen, M., Aakkula, J., Haakana, M., Halonen, M., Halttu, K., Hirvelä, H., Kurki, S., Lehtilä, A., Lehtonen, H., Markkanen, J., Mutanen, A., Niemistö, J., Similä, L., Sundqvist, H., Vainio, T., Viitanen, J. & Vikfors, S. 2025b. Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaselvitys. VTT Technology 443. <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T443.pdf>
- Kujanpää, L., Koponen, K., Linjala, O., Mäkikouri, S., & Arasto, A. 2023. Teknologisten hiilinielujen mahdollisuudet ja niiden edistäminen Suomessa (Suomen ilmastopaneelin raportti) [Suomen ilmastopaneelin raportti]. Suomen ilmastopaneeli. <https://doi.org/10.31885/9789527457283>
- Lamboll, R.D., Nicholls, Z.R.J., Smith, C.J., Kikstra, J.S., Byers, E. & Rogelj, J. 2023. Assessing the size and uncertainty of remaining carbon budgets. Nature Climate Change, 13, 1360–1367. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01848-5>
- Laturi, J. Aalto, L., Kujala, P., Horne, P., Kinnunen, P. & Sen, T. 2022. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman kustannusvaikutusten arviointi. PTT raportteja 273. <https://www.ptt.fi/julkaisut/maankayttosektorin-ilmastosuunnitelman-kustannusvaikutusten-arviointi/>
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkinen, P., Rätty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinne, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A. & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2021. Luonnonvarakeskus. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-152-3>
- Lintunen, J., Pihlainen, S. & Assmuth, A. (toim.) 2026. Katsaus toimiin ja ohjaukeinoihin metsien kestävyystavoitteiden saavuttamiseksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 3/2026. Luonnonvarakeskus. Helsinki.
- Luke 2025. Maankäyttösektori pysyy suurena päästölähteenä, mutta metsät ovat pieni nielu kasvihuonekaasuintentaarion 2024 ennakkotiedoissa. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/maankayttosektori-pysyy-suurena-paastolahteenä-mutta-metsat-ovat-pieni-nielu-kasvihuonekaasuintentaarion-2024-ennakkotiedoissa>
- LVM 2021. Fossiilittoman liikenteen tiekartta. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2021:15.
- Lähde, V. 2024. Miten maailma ajettiin ilmastokatastrofiin – Andreas Malmin ja Wim Cartonin teos “Overshoot”. <https://bios.fi/miten-maailma-ajettiin-ilmastokatastrofiin-andreas-malmin-ja-wim-cartonin-teos-overshoot/>
- Maanavilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Ollila, P., Viitanen, J., Vikfors, S & Wall, A. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035: Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:63. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/536162ee-1379-4ff0-b5d3-55d1ed1775ad/content>
- Merfort, A., Strefler, J., Abrahão, G., Bauer, N., Dorndorf, T., Kriegler, E., Luderer, G., Merfort, L. & Edenhofer, O. 2025. Separating CO2 emission from removal targets comes with limited cost impacts. Nature Communications 16, 5298. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-60606-7>
- Miljødirektoratet 2023. Klimatiltak i Norge mot 2030. Oppdatert kunnskapsgrunnlag om utslippsreduksjonspotensial, barrierer og mulige virkemidler. M-2539. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2023/juni-2023/klimatiltak-i-norge-mot-2030/>
- Miljødirektoratet 2025. Greenhouse Gas Emissions 1990–2023, National Inventory Document. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Norway%20NID%202025.pdf>
- Mintz-Woo, K. 2022. Carbon pricing ethics. Philosophy Compass, 17(1), e12803. <https://doi.org/10.1111/phc3.12803>

- MMM 2022. Valtioneuvoston selonteko maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmasta. Maa- ja metsätalousministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164301>
- MMM 2025. Metsien kasvun ja hiilinielujen vahvistamisen toimenpidepaketti. Maa- ja metsätalousministeriö. https://valtioneuvosto.fi/documents/1410837/0/Metsien%20kasvupaketti_03032025_luovutettu.pdf/a019eeeb-38dc-7615-42ba-cb9d14112b09/Metsien%20kasvupaketti_03032025_luovutettu.pdf?t=1742979457200
- Mohr, C.W., Sjøgaard, G., Sevillano, I., Alfredsen, G. & Hobrak, K.T. 2024. Framskrivninger for arealbrukssektoren (LULUCF) under FNs klimakonvensjon og EUs klimarammeverk. Norsk institutt for bioøkonomi NIBIO. <https://hdl.handle.net/11250/3153232>
- Mosley, F., Niemi, J., Soimakallio, S. 2025. Carbon capture, utilisation and storage in Nordic countries beyond 2025. TemaNord 2025:575. Nordic Council of Ministers. <http://dx.doi.org/10.6027/temanord2025-575>
- Mäkikouri, S., Kujanpää, L., Lehtonen, J., Heikkinen, N., Linjala, O., Jutila, E., Koponen, K., & Reinikainen, M. 2024. Projektiraportti: Selvitys hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön kansallisesta ilmasto- ja talouspotentiaalista. https://teknologiateollisuus.fi/wp-content/uploads/2024/09/VTT-projektiraportti_Selvitys-hiilidioksidin-talteenoton-ja-hyotykayton-potentiaalista.pdf
- Naturvårdsverket 2023. Kompletterande åtgärder enligt det klimatpolitiska ramverket. Redovisning av Naturvårdsverkets regeringsuppdrag. <https://www.naturvardsverket.se/493bd4/contentassets/72ca3395d21f434a9ba454676be8b612/redovisning-ru-kompletterande-atgarder-enligt-klimatpolitiska-ramverket.pdf>
- Naturvårdverket 2025. Incitament och bokföring av permanenta upptag i EU:s klimatpolitik till 2040.
- Naturvårdsverket 2025a. Sveriges utsläpp och upptag av växthusgaser. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/sveriges-utslapp-och-upptag-av-vaxthusgaser>
- Naturvårdsverket 2025b. Report for Sweden on projections of greenhouse gas emissions and removals, In accordance with article 18 under Regulation (EU) No 2018/1999 of the European parliament and of the Council Decision on the Governance of the Energy Union and Climate Action. <https://www.naturvardsverket.se/49dcd3/contentassets/caf14fb0008a41d29b9d51228f874fcb/report-for-sweden-2025.pdf>
- Naturvårdsverket 2025c. Naturvårdsverkets underlag till regeringens klimatredovisning 2025. <https://www.naturvardsverket.se/496e4f/globalassets/amnen/klimatomstallning/klimatredovisning/naturvardsverkets-underlag-till-regeringens-klimatredovisning-2025.pdf>
- Niemi, J., Soimakallio, S., Hurmekoski, E., Myllyviita, T., Kunttu, J., Lingua, F., & Snäll, T. 2025. Carbon credits through wood use: revisiting the maximum potential and sensitivity to key assumptions. GCB Bioenergy, 17(2), e70017. <https://doi.org/10.1111/gcbb.70017>
- Ollikainen, M., Weaver, S. & Seppälä, J. 2019. An Approach to Nationally Determined Contributions Consistent with the Paris Climate Agreement and Climate Science: Application to Finland and the EU. Suomen ilmasto-paneelin raportti 7/2019. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/an-approach-to-nationally-determined-contributions-consistent-with-the-paris-climate-agreement-and-climate-science-application-to-finland-and-the-eu/>
- Ollikainen, M., Honkatukia, J. & Pukkala, T. 2025. Kansantaloudellisesti tasapainoinen nielupolku Suomen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseen. <https://koneensaatio.fi/wp-content/uploads/2025/08/Kansantaloudellisesti-tasapainoinen-nielupolku-Suomen-hiilineutraaliustavoitteen-saavuttamiseen.pdf>
- Partanen, A-I., Weaver, S., Ekholm, T., Palosuo, T., Vesala, T., Seppälä, J., Korhonen, H. & Ollikainen, M. 2024. Suomen päästövähennyspolun tarkastelu huomioiden muiden kuin CO2-kasvihuonekaasujen ja epäsuorien nieluvaikutusten rooli. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2024. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/suomen-paastovahennyspolun-tarkastelu-huomioiden-muiden-kuin-co2-kasvihuonekaasujen-ja-epasuorien-nieluvaikutusten-rooli/>
- Peltoniemi, M., Huttunen, S., Hyyrynen, M., Similä, J., Halonen, K.-Mym. 2023. Hiilinieluja ja ilmastohyötyjä hallituin riskein: Metsäsektorin ohjauskeinojen monitieteinen analyysi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 110/2023. Luonnonvarakeskus. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-829-4>
- Pihlainen, S., Pohjola, J., Assmuth, A., Hyyrynen, M., Kuussaari, M., ym. 2024. Luonnon monimuotoisuuteen vaikuttavat ohjauskeinot: Katsaus biodiversiteetin kannalta haitallisiin ja hyödyllisiin tukiin sekä muihin

- ohjauskeinoihin Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32/2024.
<http://hdl.handle.net/10138/587276>
- Regeringen 2019. En samlad politik för klimatet – klimatpolitisk handlingsplan. Prop. 2019/20:65.
<https://www.regeringen.se/contentassets/61f93d2abb184289a0c81c75395207b6/en-samlad-politik-for-klimatet--klimatpolitisk-handlingsplan-prop.-20192065>
- Regeringen 2025. Budgetpropositionen för 2026 - Utgiftsområde 20 Klimat, miljö och natur. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/proposition/budgetpropositionen-for-2026-utgiftsomrade-20_hd031d22/html/
- Regeringen 2022. Nationally Determined Contribution (NDC) of Norway for the timeframe 2021-2030. Ministry of Climate and Environment. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/NDC%20Norway_sec-ond%20update.pdf
- Regeringen 2024. Regjeringens klimastatus og -plan. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/regjeringens-klimastatus-og-plan/id3056241/>
- Regeringen 2025a. Norway's nationally determined contribution for 2035. Ministry of Climate and Environment. <https://unfccc.int/sites/default/files/2025-06/Norways%20NDC%20for%202035..pdf>
- Regeringen 2025b. Prop. 129 L (2024–2025). Endringer i klimaloven (klimamål for 2035). <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-129-l-20242025/id3096403/>
- Regeringen 2025c. Norwegian Global Emission Reduction Initiative. Klima- og miljødepartementet. <https://www.regjeringen.no/en/topics/climate-and-environment/climate/norwegian-global-emission-reduction-initiative/id3074249/>
- Regeringen 2025d. Longship goes into operation – A Global Breakthrough for Carbon Capture and Storage. <https://www.regjeringen.no/en/whats-new/longship-goes-into-operation-a-global-breakthrough-for-carbon-capture-and-storage/id3109272/#:~:text=Longship%20goes%20into%20operation%20%E2%80%93%20A%20Global%20Breakthrough%20for%20Carbon%20Capture%20and%20Stora>
- Riahi, K., R. Schaeffer, J. Arango, K. Calvin, C. Guivarch, ym. (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Chapter03.pdf
- Riksdagen 2017. Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. Betänkande 2016/17: MJU24. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/betankande/ett-klimatpolitiskt-ramverk-for-sverige_H401MJU24/
- RIS 2025. Bundesgesetz zur Einhaltung von Höchstmengen von Treibhausgasemissionen und zur Erarbeitung von wirksamen Maßnahmen zum Klimaschutz (Klimaschutzgesetz – KSG). Rechtsinformationssystem des Bundes. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007500>
- Salminen, J., Rinne, P., Valve, H., Johansson, A., Turunen, T., Räisänen, M., Fjäder, P., Kautto, P., & Fraser-Vatto, A. 2025. Muovinkierrätyksen avainkysymykset. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/166239>
- Seppälä, J., Heinonen, T., Pukkala, T., Kilpeläinen, A., Mattila, T., Myllyviita, T., Asikainen, A. & Peltola, H. 2019. Effect of increased wood harvesting and utilization on required greenhouse gas displacement factors of wood-based products and fuels. *Journal of Environmental Management*, 247, 580–587.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.031>
- Seppälä, J., Ahlvik, L., Lehtonen, A., Leino, M., Mosley, F., Mäkipää, R., Ollikainen, M., Salo, M., Soimakallio, S., Toiviainen, A., Vesa, S. & Vikfors, S. 2025. Arvio Suomen maankäyttösektorin tilanteesta – Tarkastelussa EU:n LULUCF-velvoitekaudet 2021–2025 ja 2026–2030. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2025. <https://ilmastopaneeli.fi/hallinta/wp-content/uploads/2025/04/Ilmastopaneelin-raportti-1-2025-Arvio-Suomen-maankayttosektorin-tilanteesta-Tarkastelussa-EUn-LULUCF-velvoitekaudet-2021%E2%80%932025-ja-2026%E2%80%932030.pdf>
- Silfver, T., Aakkula, J., Haakana, M., Haikarainen, S., Hirvelä, H., Hynynen, J., Mikola, J., Mutanen, A., Myllykangas, J-P., Ollila, P., Salminen, H., Tuomainen, T., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. 2024. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman skenaariotarkastelun päivitys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2024.

Luonnonvarakeskus. <https://jukuri.luke.fi/server/api/core/bitstreams/70800014-bb88-48c7-a7d1-d7b07482160f/content>

- Silver, A & Tuokko, K. 2024. Yhteenveto toimialojen vähähiilitiekartoista 2024. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 2024:45. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165898>
- Smith, S. M., Geden, O., Gidden, M. J., Lamb, W. F., Nemet, G. F., Minx, J. C., Buck, H., Burke, J., Cox, E., Edwards, M. R., Fuss, S., Johnstone, I., Müller-Hansen, F., Pongratz, J., Probst, B. S., Roe, S., Schenuit, F., Schulte, I., & Vaughan, N. E. 2024. The State of Carbon Dioxide Removal—2nd Edition. The State of Carbon Dioxide Removal. <https://osf.io/f85qj/>
- Soimakallio, S., Kalliokoski, T., Lehtonen, A., & Salminen, O. 2021. On the trade-offs and synergies between forest carbon sequestration and substitution. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 26, 4. <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09942-9>
- Soimakallio, S., Böttcher, H., Niemi, J., Mosley, F., Turunen, S., Hennenberg, K. J., Reise, J. & Fehrenbach, H. 2022. Closing an open balance: The impact of increased tree harvest on forest carbon. *GCB Bioenergy*, 14, 989–1000. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12981>
- Soimakallio, S. & Pihlainen, S. 2023. Metsänielujen kehityssuunnat vuosina 2021–2025 ja suhde EU-velvoitteisiin sekä ohjauskeinot nielujen vahvistamiseksi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2023. <http://hdl.handle.net/10138/357131>
- SOU 2024. Vägen till en klimatpositiv framtid. Betänkande av Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Statens offentliga utredningar 2020:4. <https://www.regeringen.se/contentassets/1c43bca1d0e74d44af84a0e2387bfbcc/vagen-till-en-klimatpositiv-framtid-sou-20204/>
- Suomen ilmastopaneeli 2021. Ilmastolakiin kirjattavat pitkän aikavälin päästö- ja nielutavoitteet – Ilmastopaneelin analyysi ja suositukset. Raportti 1/2021. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/ilmastolakiin-kirjattavat-pitkan-aikavalin-paasto-ja-nielutavoitteet-ilmastopaneelin-analyysi-ja-suositukset/>
- Suomen ilmastopaneeli 2025. Suomen hiilineutraaliuspolku. Arvio hiilineutraaliuden saavuttamisesta ja sen keinoista. Raportti 1/2025. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/suomen-hiilineutraaliuspolku-arvio-hiilineutraaliuden-saavuttamisesta-ja-sen-keinoista/>
- TEM 2025. Valtioneuvoston asetus teollisuuden bioperäisen hiilidioksidin talteenoton edistämiseksi myönnettävästä avustuksesta. Työ- ja elinkeinoministeriö. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=688c91e8-ff21-490c-a174-36bde5912516>
- Tilastokeskus 2022. Kasvihuonekaasupäästöt 2021 pysyivät edellisvuoden tasolla, maankäyttösektori päästölähde ensimmäisen kerran. <https://stat.fi/julkaisu/cktlcpwag38sg0c5561iqop0y>
- Tilastokeskus 2025a. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa. https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khki/statfin_khki_pxt_138v.px
- Tilastokeskus 2025b. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa. Pikaennakko 2024. <https://stat.fi/julkaisu/cm193ucyn9cin08w9tbxx6jdn>
- Tilastokeskus 2025c. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa: taakanjako- ja päästökaupasektori, 2013-2024*. https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khki/statfin_khki_pxt_13qm.px/
- UK 2021. Net Zero Strategy: Build Back Greener. <https://www.gov.uk/government/publications/net-zero-strategy>
- UK 2022. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland’s Nationally Determined Contribution. <https://www.gov.uk/government/publications/the-uks-nationally-determined-contribution-communication-to-the-unfccc>
- UK 2024. United Kingdom’s first Biennial Transparency Report. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-biennial-transparency-report-to-the-un-framework-convention-on-climate-change-2024>
- UK 2025. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland’s 2035 Nationally Determined Contribution. <https://www.gov.uk/government/publications/uks-2035-nationally-determined-contribution-ndc-emissions-reduction-target-under-the-paris-agreement>

- UK Government 2025. Integrating Greenhouse Gas Removals in the UK ETS: Main Response. <https://carbon-pulse.com/wp-content/uploads/2025/07/uk-ets-ggrs-main-response.pdf>
- Umweltbundesamt 2025a. Austria's National Inventory Document. Submission under the UNFCCC and under the Paris Agreement. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/AT_NID-2025.pdf
- Umweltbundesamt 2025b. Treibhausgas-Emissionen nach CRT. <https://www.data.gv.at/datasets/78bd7b69-c1a7-456b-8698-fac3b24f7aa5?locale=de>
- Umweltbundesamt 2025c. Klimaschutzbericht 2025. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0990.pdf>
- UNEP 2024. Emissions Gap Report 2024. No more hot air ... please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>
- UNEP-CCC 2025. Article 6 Pipeline. UNEP Copenhagen Climate Centre. <https://unepccc.org/article-6-pipeline/>
- UNFCCC 2024. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on its fifth session, held in the United Arab Emirates from 30 November to 13 December 2023. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement at its fifth session. <https://unfccc.int/documents/637073>
- Viitala, E.-J., Ahtikoski, A., Haltia, E., Hökkä, H., Mäkipää, R., Nieminen, M., Saarinen, M., Sarkkola, S., Tolvanen, A. & Valkonen, S. 2023. Tehokkaat ohjaukset jatkuvapeitteisen metsänkäsitteilyn edistämiseksi runsasvinteisillä turvemaidella. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 100/2023. Luonnonvarakeskus. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-809-6>
- VM 2025. Talousarvioesitys 2026. Valtiovarainministeriö. <https://budjetti.vm.fi/sialto.jsp?year=2026&lang=fi&maindoc=/2026/taet/hallituksenEsitys/hallituksenEsitys.xml&opennode=0:1:79:369:393>
- VNK 2019. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019: Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161931>
- VNK 2023. Vahva ja välittävä Suomi: Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165042>
- VNK 2025a. Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma. Ympäristöministeriön julkaisuja 2025:33. https://ym.fi/documents/1410903/0/YM_2025_33_VN-2.pdf/a28b2f47-cca4-7de2-25e0-63a6a2c218f4/YM_2025_33_VN-2.pdf?t=1764832965247
- VNK 2025b. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta. VNS 8/2025 vp. <https://valtioneuvosto.fi/delegate/file/209556>
- WMO 2024. State of the Global Climate 2023. <https://library.wmo.int/records/item/68835-state-of-the-global-climate-2023>
- WMO 2025. State of the Global Climate 2024. <https://library.wmo.int/records/item/69455-state-of-the-global-climate-2024>
- World Bank 2025. GDP per capita, PPP (current international \$). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD>
- Yliheljo, E., & Paloniitty, T. 2024. Can't see the carbon for the CO2? Regulating CCU value chains under and beyond climate law. Review of European, Comparative & International Environmental Law, 33(3), 424–437. <https://doi.org/10.1111/reel.12573>
- YM 2024a. SUOMEN VALTUUSKUNNAN LOPPURAPORTTI. UNFCCC:N ILMASTONEUVOTTELUT (COP29). Baku, Azerbaidzhan, 11.11.-24.11.2024. <https://ym.fi/documents/1410903/42733401/Suomen+valtuuskunnan+loppuraportti+COP+29.pdf/b8d7aa20-abbb-b554-8837-5b0fc9755163/Suomen+valtuuskunnan+loppuraportti+COP+29.pdf?t=1736417494652>
- YM 2024b. Suomi ja Norja sopivat hiilidioksidin kuljetusta ja varastointia koskevan yhteistyön käynnistämisestä. Ympäristöministeriö. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/suomi-ja-norja-sopivat-hiilidioksidin-kuljetusta-ja-varastointia-koskevan-yhteistyon-kaynnistamisesta>

YM 2025a. Suomi ja Tanska sopivat puitteista hiilidioksidin kuljettamiselle ja varastoinnille. Ympäristöministeriö. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/suomi-ja-tanska-sopivat-puitteista-hiilidioksidin-kuljettamiselle-ja-varastoinnille>

YM 2025b. Ilmastovuosikertomus 2025. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/ilmastovuosikertomus-2025>

Ilmastolain tavoitteet ja täydentävät keinot niiden saavuttamiseksi



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

ISBN 978-952-11-5827-8 (PDF)
ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

Teemme tiedolla toivoa.