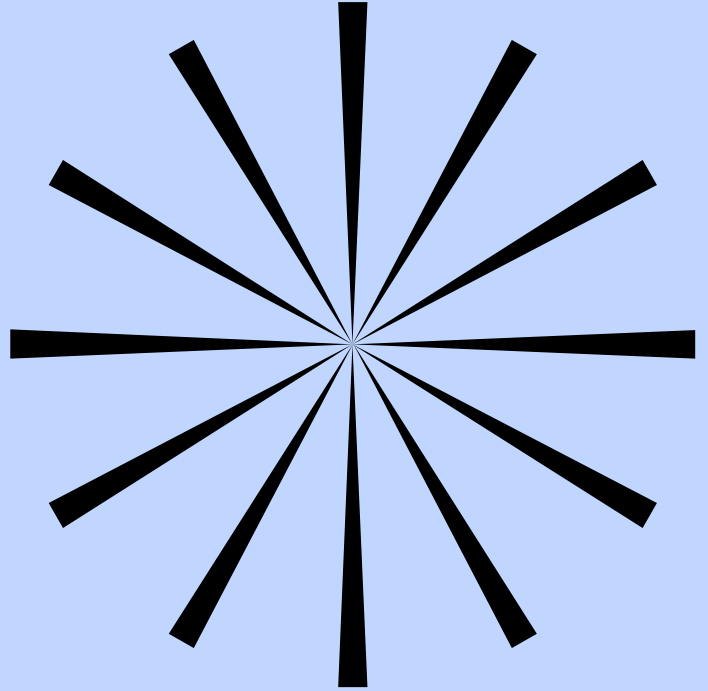




SUOMEN ILMASTOPANEELIN RAPORTTI 2/2026

Suomi ja Euroopan unionin ilmastopolitiikka 2030-luvulla

LASSI AHLVIK, JAMI HAAVISTO, KATI KOPONEN, SAMULI KORHONEN, KATI KULOVESI, VEERA KANKARE,
MAIJU MÄHÖNEN, SONJA ESKELINEN

© Suomen ilmastopaneeli

Julkaistu CC BY 4.0 -lisenssillä.

Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2026

Suomi ja Euroopan unionin ilmastopolitiikka 2030-luvulla

Tekijät: Lassi Ahlvik, Jami Haavisto, Kati Koponen, Samuli Korhonen, Kati Kulovesi, Veera Kankare, Maiju Mähönen, Sonja Eskelinen

ISSN: 2737-0666

ISBN: 978-952-7457-37-5

DOI: [lisätään myöhemmin]

Julkaistu: 09.02.2026

Toimitussihteerit: Heidi Lehtiniemi, Marianne Leino, Anni Toiviainen

Viittausohje:

Ahlvik, L., Haavisto, J., Koponen, K., Korhonen, S., Kulovesi, K., Kankare, V., Mähönen, M., Eskelinen, S. 2026. Suomi ja Euroopan unionin ilmastopolitiikka 2030-luvulla. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2026.

Suomen ilmastopaneeli edistää tieteen ja politiikan välistä vuoropuhelua ilmastokysymyksissä. Se antaa suosituksia hallituksen ilmastopoliittiseen päätöksentekoon ja vahvistaa monitieteistä otetta ilmastotieteissä. Ilmastopaneelin selvitykset ja kannanotot tehdään tieteellisin perustein.

[Ilmastopaneeli.fi](https://ilmastopaneeli.fi)

[LinkedIn](#) | [Bluesky](#)

info@ilmastopaneeli.fi

SISÄLLYSLUETTELO

POLITIIKKASUOSITUKSET JA KESKEISET VIESTIT	IV
TIIVISTELMÄ.....	VI
SUMMARY	VII
SAMMANDRAG.....	VIII
1. JOHDANTO	1
2. EU:N ILMASTOPOLITIIKAN NYKYARKKITEHTUURI JA ARKKITEHTUURIVAIHTOEHDOT VUODEN 2030 JÄLKEEN	4
2.1 EUROOPPALAINEN ILMASTOLAKI	5
2.2 PÄÄSTÖKAUPPADIREKTIIVI	6
2.2.1 EU:N YLEINEN PÄÄSTÖKAUPPA (ETS1).....	7
2.2.2 LENTO- JA MERILIIKENTEN LIITTÄMINEN PÄÄSTÖKAUPPAAN	7
2.2.3 POLTTOAINEEN JAKELIJOIDEN PÄÄSTÖKAUPPA (ETS2).....	8
2.3 SOSIAALINEN ILMASTORAHASTO.....	9
2.4 HIILIRAJAMEKANISMI.....	9
2.5 TAAKANJAKOASETUS	10
2.6 LULUCF-ASETUS	11
2.7 HIILENPOISTON SERTIFIKOIDUT ELI CRCF-ASETUS	12
2.8 EU:N MUU ILMASTO- JA ENERGIASÄÄNTELY	13
2.9 VAIHTOEHDOT PÄÄSTÖKAUPAN UUDISTAMISEKSI.....	13
2.9.1 TEKNOLOGISTEN HIILINIELUJEN SISÄLLYTTÄMINEN PÄÄSTÖKAUPPAAN	14
2.9.2 ETS1- JA ETS2 -JÄRJESTELMIEN YHDISTÄMINEN	16
2.9.3 PÄÄSTÖKAUPAN LAAJENTAMINEN	17
2.9.4 KANSAINVÄLISTEN ILMASTOYKSIKÖIDEN KYTKEMINEN PÄÄSTÖKAUPPAAN	18
3. EU:N ILMASTOPOLITIIKAN SKENAARIOIDEN TARKASTELU PÄÄSTÖKAUPPAMALLILLA	21
3.1 AINEISTO JA MENETELMÄT	22
3.1.1 PÄÄSTÖKAUPPAMALLI	22
3.1.2 SKENAARIOIDEN TAUSTAOLETUKSET	24
3.2 SKENAARIO 1: NYKYPOLITIIKAN JATKO.....	25
3.3 SKENAARIO 2: TEKNOLOGISET HIILINIELUT PÄÄSTÖKAUPPAAN	27

3.4 SKENAARIO 3: PÄÄSTÖKAUPPOJEN YHDISTÄMINEN	34
3.5 SKENAARIO 4: KANSAINVÄLISET ILMASTOYKSIKÖT PÄÄSTÖKAUPPAAN	38
3.6 YHTEENVETO SKENAARIOISTA.....	42
3.7 SUOMEN KANSALLISEN ILMASTOPOLITIIKAN SUUNNITTELU JA YHTEENSOVITTAMINEN EU:N ILMASTOPOLITIIKAN KANSSA	43
4. JOHTOPÄÄTÖKSET	46
5. LÄHTEET	49
6. LIITTEET	58

Päästöjen hinnoittelu edistää kustannustehokkuutta

- Kustannustehokkuuden merkitys kasvaa, kun päästövähennysten toteuttamisesta tulee haastavampaa mentäessä kohti yhä tiukempia ilmastotavoitteita. Päästöjen hinnoittelun laajentaminen verojen, päästökaupan tai päästöperusteisten tukien avulla edistää päästövähennysten kustannustehokkuutta.
- Suomi hyötyy korkeammasta päästöoikeuden hinnasta, koska Suomen päästöt ovat vähentyneet päästökaupasektorilla verrattain nopeasti ja Suomen huutokauppatulot määräytyvät vakio-osuutena koko EU:n huutokauppatuloista. Päästökauppa voisi myös tuoda lisätuloja suomalaisille yrityksille, jotka kykenevät tuottamaan suuria määriä negatiivisia päästöjä, mikäli teknologiset hiilinielut sisällytetään päästökauppaan.
- Päästöoikeuden korkea hinta päästökaupassa vähentää taakanjakosektorin roolia vuoden 2040 tavoitteen saavuttamisessa. Toisaalta hiilen hinnoittelu sektoreilla, jotka ovat toistaiseksi päästökaupan ulkopuolella, edesauttaisi kustannustehokkaita päästövähennyksiä myös näillä sektoreilla.

Teknologiset nielut kannattaa tuoda päästökauppaan varoen

- Teknologisten nielujen liittäminen päästökauppaan luo vahvan kannustimen niiden kehittämiseksi. Kuitenkaan alkuvaiheessa pelkkä päästöoikeuden hinta ei riitä kannusteksi investointien toteutumiselle. Teknologisilla hiilinieluilla voitaisiin myös vähentää niukkuutta päästöoikeuksista 2040-luvun alussa, kun uusia oikeuksia ei nykyainsäädännön perusteella enää jaeta.
- Teknologiset nielut kannattaa liittää päästökauppaan rajatusti sallimalla vain pysyvät poistot (nk. like-for-like-periaate), ja samalla korjaamalla huutokaupattavien päästöoikeuksien määrää tai rajaamalla poistoyksiköiden käyttöä. Ilman korjausta nettopäästöt voivat kasvaa markkinavakausvarannon toiminnan vuoksi.
- Bioperäisen hiilidioksidin talteenotto ja pysyvä varastointi tuottaa negatiivisia päästöjä vain, jos käytetyn biomassan kestävyys turvataan ja luonnon hiilinielut pidetään riittävällä tasolla ilmastopolitiikan näkökulmasta. Tämän vuoksi luonnon hiilinielut on turvattava maankäyttösektorin ohjauskeinoilla.

Pitkällä aikavälillä tulisi pyrkiä päästökauppajärjestelmien yhdistämiseen

- Yhteinen päästökauppa todennäköisesti nostaisi teollisuuden ja energiantuotannon kattavan päästökauppajärjestelmän (ETS1) päästöoikeuden hintaa ja laskisi tieliikenteen ja rakennusten polttoaineita koskevan polttoaineen jakelijoiden järjestelmän (ETS2) päästöoikeuden hintaa. Näin ollen se paitsi loisi vahvemman kannustimen teollisuuden päästövähennyksille ja teknologisten nielujen käyttöönotolle myös lisäisi ilmastopolitiikan hyväksyttävyyttä muun muassa tieliikenteen osalta.

- Päästökauppojen (ETS1 ja ETS2) yhdistäminen voidaan tehdä 2030-luvun lopulla, mutta siitä kannattaisi ilmoittaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tällöin erillisten päästökauppojen päästöoikeuksien hinnat alkaisivat todennäköisesti yhdenmukaistua jo aiemmin ja päästöt vähenisivät nopeammin.

Kansainvälisiä ilmastoyksiköitä ei tule liittää päästökauppaan

- Vuoden 2040 ilmastotavoite tulisi ensisijaisesti täyttää EU:n sisäisillä toimilla. EU:n ilmastopaneelin¹ (*European Scientific Advisory Board on Climate Change, ESABCC*) analyysi osoittaa, että lähempänä 95 prosenttia oleva päästövähennystavoite parantaisi tavoitteen globaalia oikeudenmukaisuutta.
- Jos kansainvälisiä ilmastoyksiköitä halutaan käyttää EU:n ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi, tulisi EU:n ottaa käyttöön vain korkealaatuiset yksiköt ja luoda luotettavat kriteerit ja järjestelmä niiden laadun varmistamiseksi.
- Kansainvälisiä ilmastoyksiköitä ei tule lisätä EU:n päästökauppaan. Halpojen kansainvälisten yksiköiden tuominen päästökauppaan laskisi päästöjen hintaa, syrjäyttäisi teollisuuden ilmastotoimia, hidastaisi teknologisten nielujen käyttöönottoa ja siirtäisi investointeja EU:n ulkopuolelle.

Kansallisilla ilmastotoimilla on yhä merkittävä rooli

- EU:n ilmastopolitiikka muodostaa yhteisesti sovitun minimitason, jonka yli kunnianhimoiset jäsenvaltiot voivat vapaaehtoisesti mennä. Tällä hetkellä Suomen ilmastolain päästövähennystavoite vuodelle 2040 (80 prosentin päästövähennys vuoden 1990 tasosta, pois lukien LULUCF) näyttää EU-tavoitteen valossa matalalta. Ilmastolain mukaan Suomen ilmastotavoitteiden on kuitenkin perustuttava kansainvälisiin sopimuksiin tai Euroopan unionin lainsäädäntöön.
- Yhteisvaikutukset EU-tason ohjauskeinojen kanssa on huomioitava tarkkaan kansallisia ohjauskeinoja suunniteltaessa. Jakelijoiden päästökaupassa (ETS2) kansallinen päällekkäinen ohjaus laskee Suomen päästöjä, mutta ei vaikuta EU-tason päästökattoon, ellei päästöoikeuksia mitätöidä. Yleisessä päästökaupassa (ETS1) vastaava vesisänkyvaikutus on markkinavakausvarannon toiminnan johdosta pienempi, jolloin kansalliset ohjauskeinot ETS1-sektorilla laskevat Suomen ja myös EU-tason päästöjä. Päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla ei ole vesisänkyvaikutusta aiheuttavaa EU-tason hintaohjausta.

¹ EU:n ilmastopaneelin virallinen suomenkielinen nimi on ilmastomuutosta käsittelevä eurooppalainen tieteellinen neuvottelukunta.

TIIVISTELMÄ

Tässä raportissa tarkastellaan vaihtoehtoja EU:n ilmastopolitiikan arkkitehtuurille vuoden 2030 jälkeen, kun tavoitteena on saavuttaa 90 prosentin päästövähennys vuoteen 2040 mennessä. Raportissa kuvataan EU:n nykyisen ilmastopolitiikan arkkitehtuurin pääpiirteet sekä esitellään keskustelussa esiintyviä vaihtoehtoja sen kehittämiseksi erityisesti päästökaupan osalta. Tämän jälkeen kartoitetaan EU:n päästökaupan kehitysvaihtoehtoja taloudellisen mallinnuksen ja oikeustieteellisen analyysin keinoin.

Päästökaupamallinnuksen avulla tarkastellaan neljää eri skenaariota EU:n ilmastopolitiikan arkkitehtuurille. Mallinnuksen tavoitteena on ymmärtää EU:n 2030-luvun ilmastopolitiikan vaikutusta päästökehitykseen Suomessa ja EU:ssa sekä sen taloudellisia vaikutuksia. Mallinnuksen avulla raportissa tarkastellaan neljää skenaariota vuoden 2030 jälkeiselle EU:n ilmastopolitiikalle: politiikka jatkuu nykyisten sääntöjen mukaan, teknologiset hiilinielut lisätään EU:n päästökauppaan, nykyinen päästökauppa (ETS1) ja tuleva jakelijoiden päästökauppa (ETS2) yhdistetään tai Pariisin sopimuksen 6. artiklan mukaiset kansainväliset ilmastoyksiköt tuodaan osaksi päästökauppaa.

Mallinnuksen perusteella kaikki skenaariot johtavat ilman lisätoimia 85–88 prosentin nettopäästövähennykseen EU:ssa. Suomi saavuttaa kaikissa skenaarioissa kansallisen ilmastolain (423/2022) mukaisen tavoitteen vähentää päästöjä 80 prosenttia vuoteen 2040 mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon, pois lukien maankäyttösektorin päästöt. Suomi ei kuitenkaan missään skenaariossa saavuta ilmastolain mukaista hiilineutraaliutta eli päästöjen ja poistumien tasapainoa vuonna 2035 ilman merkittäviä kansallisia lisätoimia. Maankäyttösektorin uusia politiikkatoimia ei käsitelty tarkastelluissa skenaarioissa.

Johtopäätöksinä todetaan, että päästöjen hinnoittelu edistää ilmastopolitiikan kustannustehokkuutta EU:ssa. Suomi hyötyy korkeammasta päästöoikeuden hinnasta, koska Suomen päästöt ovat vähentyneet päästökaupasektorilla verrattain nopeasti ja Suomen huutokauppatulot määräytyvät vakio-osuutena koko EU:n huutokauppatuloista. Pitkällä aikavälillä EU:n kannattaa pyrkiä nykyisen päästökaupan ja tulevan jakelijoiden päästökaupan yhdistämiseen, sillä se luo vahvemman kannustimen teollisuuden päästövähennyksille ja teknologisten nielujen käyttöönololle.

Teknologisten nielujen liittäminen päästökauppaan loisi vahvan kannustimen niiden kehittämiseksi ja voisi myös tuoda lisätuloja suomalaisille yrityksille. Teknologiset nielut kannattaa kuitenkin liittää päästökauppaan rajatusti sallimalla vain pysyvät hiilidioksidin poistot ja samalla korjata huutokaupattavien päästöoikeuksien määrää tai rajata poistoyksiköiden käyttöä. Ilman korjausta nettopäästöt voivat kasvaa markkinavakausvarannon toiminnan vuoksi. On lisäksi huomioitava, että bioperäisen hiilidioksidin talteenotto ja pysyvä varastointi tuottaa negatiivisia päästöjä vain, jos käytetyn biomassan kestävyys turvataan ja luonnon hiilinielut pidetään riittävällä tasolla ilmastopolitiikan näkökulmasta.

Analyysin perusteella Ilmastopaneeli ei suosittele kansainvälisten ilmastoyksiköiden lisäämistä EU:n päästökauppaan, sillä halpojen kansainvälisten yksiköiden tuominen päästökauppaan laskisi päästöjen hintaa, syrjäyttäisi teollisuuden ilmastotoimia, hidastaisi teknologisten nielujen käyttöönottoa ja siirtäisi investointeja EU:n ulkopuolelle.

SUMMARY

This report examines options for the EU climate policy architecture after 2030, with the aim of achieving a 90% net emissions reduction by 2040. The report describes the main features of the current EU climate policy architecture and discusses options for developing it, especially with regard to emissions trading. Subsequently, alternative policy scenarios for the EU Emissions Trading System (ETS) are assessed based on economic modelling and legal analysis.

Emissions trading modelling is used to study four different scenarios for the EU climate policy architecture. The aim of the modelling is to understand the impact of the EU's post-2030s climate policy architecture on greenhouse gas emissions in Finland and the EU, as well as its economic impacts. With the help of modelling, the report examines four scenarios for the EU's post-2030 climate policy architecture: emissions trading will continue according to the current rules, permanent carbon removals will be added to the ETS, current emissions trading system (ETS 1) and new emissions trading system for buildings, road transport and additional sectors (ETS 2) will be integrated, or international carbon credits under Article 6 of the Paris Agreement will be included in emissions trading.

Based on the modelling, all scenarios will lead to a net emissions reduction of 85-88% in the EU, without additional measures. In all scenarios, Finland will achieve the target set in the national Climate Change Act (423/2022) to reduce emissions by 80% by 2040 compared to 1990 levels, excluding emissions from the land-use sector. However, in no scenario will Finland achieve carbon neutrality under the Climate Change Act, i.e. a balance between emissions and removals by 2035, without significant national additional measures. New policy measures in the land-use sector were not addressed in the examined scenarios.

The report finds that emissions pricing promotes cost-effective climate policy in the EU. Finland benefits from a higher emission allowance price, as Finland's emissions have decreased relatively quickly in the emissions trading sector, and Finland's auction revenues are determined as a fixed share of total EU auction revenues. In the long term, the EU should strive to combine the current emissions trading system and the future emissions trading system for buildings, road transport and additional sectors, as it creates a stronger incentive for industrial emissions reductions and the introduction of permanent carbon removals.

Linking permanent carbon removals to the emissions trading system would create a strong incentive for their development and could also generate additional income for Finnish companies. However, permanent carbon removals should be linked to the emissions trading system in a restricted manner, allowing only certified permanent carbon dioxide removals, while at the same time adjusting the number of emission allowances to be auctioned or limiting the use of carbon removal credits. Without adjustments, net emissions could increase due to the functioning of the Market Stability Reserve. It should also be noted that the capture and permanent storage of bio-based carbon dioxide produce negative emissions only if the sustainability of the biomass used is safeguarded, and the natural carbon sinks are kept at a sufficient level from the climate policy perspective.

Based on the analysis, the Finnish Climate Change Panel does not recommend including international carbon credits to the EU Emissions Trading System, as importing cheap international credits to emissions trading would reduce the price of emission allowances, displace industrial climate actions, slow down the deployment of permanent carbon removals in the EU, and redirect investments outside the EU.

SAMMANDRAG

I denna rapport granskas alternativ för EU:s klimatpolitiska arkitektur efter 2030, när målet är att uppnå en utsläppsminskning på 90 procent fram till år 2040. Rapporten beskriver huvuddragen i EU:s nuvarande klimatpolitiska arkitektur och presenterar de alternativ som förekommer i debatten för att utveckla den, särskilt när det gäller utsläppshandeln. Därefter kartläggs utvecklingsalternativen för EU:s utsläppshandel med hjälp av ekonomisk modellering och rättsvetenskaplig analys.

Med hjälp av utsläppshandelsmodellering granskas fyra olika scenarier för EU:s klimatpolitiska arkitektur. Målet med modelleringen är att förstå hur EU:s klimatpolitik på 2030-talet påverkar utsläppsutvecklingen i Finland och EU samt dess ekonomiska konsekvenser. Med hjälp av modellering granskar rapporten fyra scenarier för EU:s klimatpolitik efter 2030: politiken fortsätter enligt de nuvarande reglerna, tekniska kolsänkor införs i EU:s utsläppshandel, den nuvarande utsläppshandeln (ETS1) och den kommande utsläppshandeln för distributörer (ETS2) slås samman eller internationella koldioxidkrediter enligt artikel 6 i Parisavtalet integreras i utsläppshandeln.

Enligt modelleringen leder alla scenarier utan ytterligare åtgärder till en nettoutsläppsminskning på 85–88 procent i EU. I samtliga scenarier uppnår Finland målet enligt den nationella klimatlagen (423/2022) att minska utsläppen med 80 procent till 2040 jämfört med 1990 års nivå, med undantag för utsläppen från markanvändningssektorn. Finland uppnår dock inte i något av scenarierna kolneutralitet enligt klimatlagen, dvs. balans mellan utsläpp och upptag, år 2035 utan betydande nationella tilläggsåtgärder. Nya politiska åtgärder inom markanvändningssektorn behandlades inte i de granskade scenarierna.

Som slutsats konstateras att prissättning av utsläpp främjar kostnadseffektiviteten i EU:s klimatpolitik. Finland gynnas av ett högre pris på utsläppsrätter, eftersom Finlands utsläpp har minskat relativt snabbt inom utsläppshandelssektorn och Finlands auktionsintäkter fastställs som en fast andel av hela EU:s auktionsintäkter. På lång sikt är det skäl att EU strävar efter att slå samman den nuvarande utsläppshandeln med den kommande utsläppshandeln för distributörer, eftersom detta skapar ett starkare incitament för industrins utsläppsminskningar och införandet av tekniska kolsänkor.

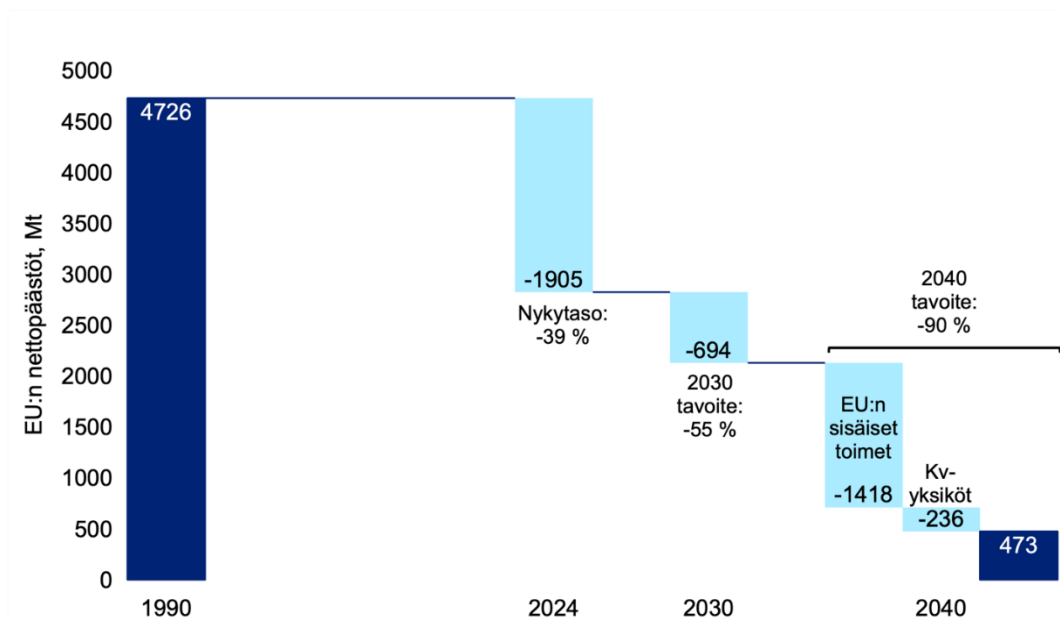
Att inkludera tekniska kolsänkor i utsläppshandeln skulle skapa ett starkt incitament för att utveckla dem och kunde också ge finländska företag extra inkomster. Det lönar sig dock att koppla de tekniska sänkorna till utsläppshandeln i begränsad omfattning genom att endast tillåta permanenta avlägsnanden av koldioxid, samtidigt som antalet utsläppsrätter som auktioneras justeras eller användningen av avlägsnandekrediter begränsas. Utan justering kan nettoutsläppen öka på grund av hur marknadsstabilitetsreserven fungerar. Det bör dessutom beaktas att avskiljning och permanent lagring av biogen koldioxid endast skapar negativa utsläpp om den använda biomassans hållbarhet tryggas och de naturliga kolsänkorna bevaras på en tillräcklig nivå ur klimatpolitikens perspektiv.

Baserat på analysen rekommenderar Klimatpanelen inte att internationella koldioxidkrediter införs i EU:s utsläppshandel, eftersom införandet av billiga internationella krediter skulle sänka priset på utsläppsrätter, tränga undan industriella klimatåtgärder, bromsa införandet av tekniska kolsänkor och flytta investeringar utanför EU.

1. JOHDANTO

Euroopan unioni (EU) ja Suomi sen mukana ovat sitoutuneet ilmastopäästöjen nopeaan vähentämiseen Pariisin sopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Eurooppalaisena ilmastolakina tunnetun EU:n asetuksen (2021/1119) tavoite vuodelle 2030 on vähentää EU:n sisäisiä nettopäästöjä 55 prosentilla vuoden 1990 tasoon verrattuna sekä saavuttaa ilmastoneutraalisuus EU:n sisällä viimeistään vuoteen 2050 mennessä. Tähän tavoitteeseen pääsemiseksi on hyväksytty 55-valmiuspakettina (Fit for 55) tunnettu, 19 uutta tai muokattua asetusta ja direktiiviä kattava lainsäädäntökokonaisuus. Sen tavoitteisiin kuuluvat 62 prosentin vähennys päästökauppasektorilla, 40 prosentin vähennys taakanjakosektorilla verrattuna vuoden 2005 tasoon sekä 310 miljoonan hiilidioksidiekvivalentitonniin (myöhemmin Mt tai Mt CO₂-ekv.) nielu maankäyttösektorilla, josta enintään 225 Mt CO₂-ekv käytetään EU:n 2030 55 prosentin nettopäästövähennystavoitteen saavuttamiseen.

Euroopan komissio ehdotti heinäkuussa 2025 eurooppalaisen ilmastolain muuttamista siten, että siihen lisätään vuodelle 2040 tavoite kasvihuonekaasujen nettopäästöjen vähentämiselle 90 prosentilla vuoden 1990 tasoon verrattuna. Komission ehdotuksen taustalla oli EU:n ilmastopaneelin suositus 90–95 prosentin nettopäästövähennyksestä, joka toteutettaisiin täysin EU:n sisäisin toimin. Komission ehdotus kuitenkin sisälsi rajatusti Pariisin sopimuksen 6 artiklan mukaisia korkealaatuisia kansainvälisiä ilmastoyksiköitä siten, että niitä voitaisiin hyödyntää vuoden 2040 tavoitteen saavuttamisessa kolmen prosenttiyksikön verran. Neuvosto päätti marraskuussa 2025 tukea tavoitetta 90 prosentin nettopäästöjen vähentämisestä, jos sen saavuttamisessa käytetään viisi prosenttiyksikköä kansainvälisiä ilmastoyksiköitä. Parlamentin kanta vastasi näiltä osin neuvoston kantaa. Joulukuussa 2025 käydyissä kolmikantaneuvotteluissa parlamentti, neuvosto ja komissio sopivat, että EU tavoittelee vuoteen 2040 mennessä 90 prosentin nettopäästövähennystä vuoden 1990 tasoon verrattuna sisältäen enintään 5 prosenttiyksikköä kansainvälisiä ilmastoyksiköitä. Kolmikantasovun mukaisen vuoden 2040 tavoitteen suhteutumista nykytilaan ja vuoden 2030 tavoitteeseen on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. EU:n historiallinen päästökehitys ja päästövähennystavoitteet. Vuonna 2040 nettopäästöt olisivat EU:ssa tavoitteen mukaisen 90 % vähennyksen jälkeen 473 Mt CO₂-ekv.

Komission ehdotuksia vuoden 2040 ilmastotavoitteen täytäntöönpanoon liittyvästä lainsäädännöstä odotetaan loppuvuodesta 2026. Komission tuoreimmassa vuosittaisessa ilmastoraportissa marraskuulta 2025 arvioidaan, että kuilu nykyisten politiikkatoimien ja EU:n 2030 ilmastotavoitteen välillä on kahdeksan prosenttiyksikköä (Euroopan komissio 2025a). Tämä johtuu pääasiassa taakanjakosektorin riittämättömistä kansallisista ilmastotoimista. Ilmastotavoitteiden kunnianhimon kasvaessa myös päästövähennysten kustannukset kasvavat, mikä korostaa tarvetta suunnitella vuoden 2040 tavoitteeseen ohjaava järjestelmä kustannustehokkaaksi.

Tässä raportissa analysoidaan ilmastopolitiikan arkkitehtuurivaihtoehtoja EU:n vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi. Tavoitteisiin voidaan periaatteessa päästä monin eri tavoin. Jäsenmaille voitaisiin esimerkiksi jakaa maakohtaiset päästövähennystavoitteet ja antaa vapaudet luoda omat ohjauskeinonsa niiden saavuttamiseen, kuten taakanjakosektorilla nykysääntelyn puitteissa periaatteessa tehdään. Samoin EU on ottanut käyttöön maankäyttösektoriin kohdistuvan LULUCF-asetuksen (Land Use, Land-Use Change and Forestry) ja asettanut sektorille maakohtaiset ilmastotavoitteet hiilinielun kasvattamiseksi. Toisaalta EU:n ilmastopolitiikka on vuodesta 2005 saakka nojannut vahvasti EU:n laajuiseen päästökauppajärjestelmään. Kehitys on myös päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla kulkenut kohti jatkuvasti vahvempaa EU-tason sääntelykehikkoa. Keskeinen esimerkki taakanjakosektorille kohdistuvasta lisääntyvästä EU-tason sääntelystä on uusi polttoaineen jakelijoiden päästökauppajärjestelmä (ETS2), jonka piirissä on muun muassa tieliikenteeseen ja rakennusten erillislämmitykseen jaeltavat polttoaineet EU on samalla laajentanut liikenteeseen – esimerkiksi ajoneuvojen päästöihin ja liikenteen sähköistämiseen – liittyvää sääntelyä sekä energiatehokkuuteen ja rakennusten energiatehokkuuteen liittyvää sääntelyä. Myös päästökaupan ja markkinapohjaisten ohjauskeinojen rooli on jatkuvasti vahvistunut, kun EU:n yleinen päästökauppa (ETS1) laajennettiin kattamaan meriliikenteen päästöt ja energiantensiivisiin tuontituotteisiin kohdistettiin hiilirajamekanismi. EU:n yleinen päästökauppa kattaa muun muassa sähkön- ja lämmöntuottajat, suuret teollisuuslaitokset, sekä lento- ja meriliikenteen päästöjä.

Tässä raportissa tarkastellaan EU:n nykyisen lainsäädännön kehitysvaihtoehtoja 2040-tavoitteen saavuttamiseksi erityisesti päästökaupan osalta. Laajemmasta näkökulmasta keskeinen kysymys on se, säilytetäänkö EU:n nykyisen ilmastoarkkitehtuurin keskeiset elementit, joita ovat ympäristötoimivallan osalta päästökauppadirektiivi, hiilirajamekanismi, taakanjakoasetus, LULUCF-asetus sekä metaaniasetus ja energiatoimivaltaan perustuen uusiutuvan energian direktiivi sekä energiatehokkuusdirektiivi. Vuoden 2030 jälkeen on myös mahdollista muuttaa arkkitehtuurin peruspilareita, nykyisiin instrumentteihin sisältyvien ohjauskeinojen kattavuutta tai toimintaperiaatteita, tai luoda kokonaan uusia ohjauskeinoja. Eräs jo komission valmistelussa oleva uudistus liittyy teknologisille hiilinieluille (myöhemmin teknologiset nielut) mahdollisesti asetettaviin tavoitteisiin ja niille luotuihin ohjauskeinoihin. Komission on nykyisen päästökauppadirektiivin perusteella annettava heinäkuussa 2026 tiedonanto ja mahdollinen lainsäädäntöaloite teknologisten hiilinielujen liittamisestä päästökauppaan. Sekä neuvosto että parlamentti ovat eurooppalaisen ilmastolain muuttamista koskevissa kannoissaan korostaneet aloitteen merkitystä vuotta 2040 koskevan ilmastotavoitteen näkökulmasta. Myös muita uudistuksia on odotettavissa, esimerkiksi Pariisin sopimuksen 6 artiklan mukaisten kansainvälisten markkinamekanismien kytkeminen EU:n ilmastoarkkitehtuuriin. Keskustelussa on esillä myös taakanjako- ja LULUCF-asetusten yhdistäminen sekä sektoreiden välisten joustojen lisääminen.

EU:n ilmastoarkkitehtuuri vaikuttaa Suomen päästöihin sekä yrityksiin ja julkiseen talouteen. Keskeisessä roolissa on EU:n laajuinen päästökauppa, ja lisäksi EU:n taakanjakoasetuksen ja LULUCF-asetuksen mukaisten 2030 ilmastotavoitteiden saavuttaminen edellyttää kansallisesti määriteltäviä politiikkatoimia. Myös Suomen ilmastolaissa (423/2022) määritelty kansallinen tavoite on saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Lisäksi Suomen tulee ilmastolain mukaan vähentää päästöjä vähintään 60 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä, 80 prosenttia vuoteen 2040 mennessä ja 90–95 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Kansallisen ilmastolain mukaan tiukemmat kansainväliset tai EU-tason ilmastotavoitteet menevät kansallisten tavoitteiden edelle. Jos taas EU-tasoinen lainsäädäntö ei riittäisi kansallisten tavoitteiden toteuttamiseksi, tulisi Suomen toteuttaa kansallisia lisätoimia omiin tavoitteisiinsa pääsemiseksi.

Suomen erityispiirteitä ovat puhdas sähköverkko, suuret bioperäiset hiilidioksidipäästöt, ja toisaalta fossiilisten polttoaineiden vähäinen käyttö kotitalouksien lämmityksessä. EU-tason arkkitehtuurilla on myös merkitystä Suomen julkiselle taloudelle sekä yritysten ja kotitalouksien kohtaamille kustannuksille. Päästökauppajärjestelmä tuottaa huutokauppatuloja jäsenvaltioille aiemmin sovitun jakosäännön mukaisesti. Esimerkiksi vuonna 2025 Suomi sai huutokauppatuloja 410 miljoonaa euroa (Energiavirasto, 2025). Päästökaupassa yritykset joutuvat maksamaan päästöistään, mutta tulevaisuudessa ne voivat mahdollisesti saada sitä kautta korvausta tuottamistaan teknologisista hiilinieluista. Toisaalta EU:n päästökauppajärjestelmä sisältää myös toimia nk. hiilivuodon torjumiseksi eli sen estämiseksi, ettei eurooppalaista teollisuutta siirry hiilen hinnoittelun vuoksi EU:n ulkopuolelle. Tämän takia merkittävä osa teollisuudesta on toistaiseksi saanut päästöoikeudet ilmaiseksi.

Tässä raportissa tutkimme politiikka-arkkitehtuurin vaihtoehtoja EU:n vuotta 2040 koskevan, 90 prosentin päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi. Aluksi kuvaamme EU:n nykyisen ilmastoarkkitehtuurin pääpiirteet sekä käynnissä olevaan keskusteluun sisältyviä vaihtoehtoja EU:n ilmastosääntelyn kehittämiseksi erityisesti päästökaupan osalta. Tämän jälkeen keskitymme tarkemmin päästökauppaan, jonka kehitysvaihtoehtoja on kartoitettu taloudellisen mallinnuksen ja oikeustieteellisen analyysin keinoin. Mallinnuksessa tutkimme neljää erilaista skenaariota:

1. Nykypolitiikan jatko
2. Teknologiset hiilinielut päästökauppaan
3. Päästökauppojen yhdistäminen
4. Kansainväliset ilmastoyksiköt päästökauppaan.

2. EU:N ILMASTOPOLITIIKAN NYKYARKKITEHTUURI JA ARKKITEHTUURIVAIHTOEHDOT VUODEN 2030 JÄLKEEN

EU:n ilmastosääntelyn kehitys alkoi 1990-luvulla. Kolmen vuosikymmenen aikana EU on luonut laajan sääntelykehikon, joka kattaa useimmat talouden sektorit ja käyttää useita erilaisia ilmastopolitiikan ohjauskeinoja. Dupontin ym. (2024) mukaan tälle pitkälle kehitykselle ovat olleet leimallisia muun muassa

1. EU:n ilmastotavoitteiden määrittely kymmenen vuoden jaksoille
2. ilmastotavoitteiden määrittely poliittisen prosessin tuloksena valtionpäämiestasolla
3. jatkuvasti laajenevat lainsäädäntöpaketit, jotka sisältävät sekä ilmastoon että energiaan keskittyvää sääntelyä.

EU:n vuoden 2040 ilmastotavoitteen osalta uusia elementtejä ovat tavoitteen kirjaaminen eurooppalaiseen ilmastolakiin EU:n tavallisessa lainsäätämisyksessä, johon sekä neuvosto että Euroopan parlamentti osallistuvat. Uudistus parantaa määrittelyprosessin läpinäkyvyyttä ja mahdollistaa myös enemmistöpäätöksenteon neuvostossa. Lisäksi EU:n ilmastotavoite asetetaan ensimmäistä kertaa EU:n ilmastopaneelin tieteellisen analyysin ja suositusten pohjalta.

Dupontin ym. (2024) mukaan EU:n ilmastosääntelyn kehitystä on leimannut myös sääntelyn tukeutuminen tiettyihin keskeisiin peruspilareihin. Näitä ovat EU:n ympäristötoimivaltaan perustuvat päästökauppadirektiivi, taakanjakoasetus ja LULUCF-asetus sekä energiatoimivallan perusteella hyväksytyt uusiutuvan energian direktiivi ja energiatehokkuusdirektiivi.

EU:n nykyinen ilmastosääntely tähtää pääosin vuoden 2030 ilmastotavoitteen toimeenpanoon. Tämä perustuu niin sanottuun 55-valmiuspakettiin, joka sisältää yhdeksäntoista lainsäädäntöinstrumenttia ja valmistui keskeisiltä osiltaan vuonna 2023 (Oberthür ja Kulovesi, 2025a). Komission mukaan vuoden 2040 ilmastotavoitteen saavuttamisen varmistamiseksi on tarkoitus aloittaa jälleen laaja lainsäädännön uudistusprosessi. Komission ehdotuksia odotetaan vuoden 2026 loppupuolella.

Raportin luvussa 2 tarkastellaan EU:n vuoden 2030 jälkeisen sääntelyarkkitehtuurin kehittämisvaihtoehtoja, keskittyen erityisesti päästökauppaan. Keskustelu perustuu kirjallisuuskatsaukseen, jossa on analysoitu sekä (vähäistä) akateemista että (runsaampaa) 'harmaata' kirjallisuutta, joka on ollut saatavilla lokakuun alkuun 2025 mennessä.

Keskeisiä kysymyksiä EU:n vuoden 2030 jälkeiseen sääntelykehikkoon liittyen ovat mahdolliset muutokset perusarkkitehtuuriin. Päästökauppa on todettu toimivaksi ja tehokkaaksi ohjauskeinoksi, minkä vuoksi sen käyttöä on jatkuvasti laajennettu. Tulisiko päästökauppaa edelleen laajentaa kattamaan esimerkiksi teknologinen hiilenpoisto tai maatalouden tai maankäyttösektorin päästöt? Miten mahdolliset muutokset vaikuttaisivat taakanjako- ja LULUCF-asetuksiin – säilyisivätkö nämä vai korvautuisivatko ne muilla ohjauskeinoilla?

Alla esitellään ensin EU:n nykyisen ilmastoarkkitehtuurin keskeiset elementit. Tämän jälkeen tarkastellaan EU:n vuoden 2030 jälkeisen ilmastoarkkitehtuurin toteuttamisvaihtoehtoja keskittyen erityisesti päästökauppaan.

2.1 EUROOPPALAINEN ILMASTOLAKI

Eurooppalainen ilmastolaki (EU) 2021/1119 muodostaa EU:n nykyisen ilmastoarkkitehtuurin kulmakiven. Yhdessä energiaunionin ja ilmastotoimien hallintomalliasetuksen (EU) 2018/1999 kanssa se edustaa ns. menettelyllistä ilmasto-oikeutta, keskittyen ilmastopolitiikan tavoitteiden määrittelyyn sekä niiden saavuttamiseen liittyviin institutionaalsiin ja hallinnollisiin puitteisiin (Kulovesi, Mähönen ja Laininen, 2024). Konkreettiset toimet päästöjen vähentämiseksi ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi sisältyvät sen sijaan ns. sisällölliseen ilmastolainsäädäntöön.

Eurooppalaisen ilmastolain mukaan EU:n tulee olla ilmastoneutraali vuosisadan puoleen väliin mennessä (2 artikla), sekä saavuttaa unionin sisäisin toimin vähintään 55 prosentin nettopäästövähennystavoite vuoteen 2030 mennessä (4.1 artikla). Ilmastolaki ei salli kansainvälisten ilmastoyksiköiden käyttämistä osana 2030 ja 2050 tavoitteen toteutumista. Sen sijaan vuotta 2040 koskevan välitavoitteen osalta suunnitellaan kansainvälisten markkinamekanismien käyttöä osana tavoitteen saavuttamiseen liittyvää toimenpidekokonaisuutta (Euroopan Komissio, 2025b). Mekanismien käyttöä olisi periaatteessa myös mahdollista jatkaa 2040-luvulla, kunhan vuoden 2050 tavoite toteutuu EU:n sisäisin toimin.

Eurooppalainen ilmastolaki sisältää lisäksi määräykset vuoden 2040 tavoitteen määrittelyyn liittyvästä menettelystä, aikataulusta ja tietopohjasta (artiklat 4.3–4.5). Tietopohja kattaa muun muassa EU:n ilmastopaneelin raportit (artikla 4.5a). Paneeli on julkaissut kaksi aiheeseen liittyvää suositusta, ensimmäisen kesäkuussa 2023 (ESABCC, 2023) ja toisen heinäkuussa 2025 (ESABCC, 2025a). Se on suositellut EU:n vuoden 2040 ilmastotavoitteeksi 90–95 prosentin nettopäästövähennystä, joka toteutettaisiin EU:n sisäisin toimin (ESABCC, 2023; 2025a). Paneelin mukaan lähempänä 95 prosenttia oleva päästövähennystavoite yhdistettynä kansainvälisen ilmastoyhteistyöhön EU:n ulkopuolella parantaisi EU:n ilmastotoimien globaalia oikeudenmukaisuutta (ibid.). Kuitenkaan paneelin mukaan 90–95 prosentin päästövähennyskään ei täysin vastaa EU:n globaalisti oikeudenmukaista osuutta Pariisin sopimuksen toimeenpanosta (ibid.). Tällä on merkitystä EU:n ja sen jäsenmaiden kansainvälisoikeudellisten ilmastovelvoitteiden näkökulmasta. Sekä Euroopan ihmisoikeustuomioistuin (ECHR, 2024) että kansainvälinen tuomioistuin (*Obligations of States with respect to Climate Change*, 2025) ovat tuoreissa ilmastoratkaisuissaan katsoneet, että maiden ilmastotavoitteiden tulee vastata niiden kansainvälisesti riittävää osuutta globaalisti vaadituista ilmastotoimista.

Euroopan komissio ehdotti heinäkuussa 2025 eurooppalaisen ilmastolain muuttamista siten, että vuotta 2040 koskien lakiin lisättäisiin vähintään 90 prosentin tavoite kasvihuonekaasujen nettopäästöjen vähentämiselle vuoden 1990 tasoon verrattuna. Komission ehdotus mukaili, muttei täysin noudata, EU:n ilmastopaneelin suositusta EU:n sisäisin toimin toteutettavasta 90–95 prosentin päästövähennystavoitteesta (Euroopan komissio, 2025b). Komission ehdotukseen sisältyi enintään kolme prosenttia EU:n ulkopuolelta ostettuja, korkealaatuisia ilmastoyksiköitä välillä 2036–2040. Lisäksi komissio määritteli joukon muita reunaehtoja 2040 tavoitteen saavuttamiseen liittyen, mukaan lukien EU:n sisäisten pysyvien poistumien sisällyttäminen päästökauppajärjestelmään (Euroopan komissio, 2025c). Pysyvillä poistumilla tarkoitetaan teknologisia hiilinieluja, jotka voidaan toteuttaa joko yhdistämällä hiilidioksidin talteenotto ja pysyvä varastointi bioenergian tuotantoon (BECCS) tai ottamalla hiilidioksidia talteen suoraan ilmakehästä ja varastoimalla se pysyvästi (DACCS).

Eurooppalaisen ilmastolain muutos käsiteltiin tavallisessa lainsäätämisyjärjestyksessä ja sen lopullinen hyväksyminen tapahtuu jäsenmaista koostuvan neuvoston sekä Euroopan parlamentin toimesta alkuvuodesta 2026. Kolmikantaneuvotteluissa saavutettiin joulukuussa 2025 sopu koskien 90 prosentin nettopäästövähennystavoitetta vuodelle 2040 siten, että enintään viisi prosenttia tavoitteesta saavutettaisiin kansainvälisiä markkinamekanismeja hyödyntäen, ja vähintään 85 prosenttia päästövähennyksistä toteutettaisiin EU:n sisäisin toimin. Kansainvälisiä ilmastoyksiköitä voidaan laskea

osaksi EU:n ilmastotavoitetta vasta vuodesta 2036 eteenpäin, mutta eurooppalaiseen ilmastolakiin hyväksytty muutos mainitsee lisäksi mahdollisen pilottijakson välillä 2031–2035 tavoitteena käynnistää markkinat korkealaatuisille kansainvälisille yksiköille.

Useimmat kansainvälisten markkinamekanismien käyttöön liittyvät yksityiskohdat ovat kuitenkin vielä avoimia, mukaan lukien se, miten ja milloin ilmastoyksiköiden käyttö lopetetaan. Nämä täsmentyvät komission lainsäädäntöaloitteessa, jota odotetaan loppuvuodesta 2026. Eurooppalaiseen ilmastolakiin kirjattiin komissiolle tarkempaa ohjeistusta kansainvälisiä markkinamekanismeja koskevan lainsäädännön laatimista varten. Sen mukaan komissio voi muun muassa harkita, tarvitaanko EU:ssa Pariisin sopimuksen 6.4 artiklan toimeenpanosääntöjä tiukempaa ohjeistusta kansainvälisten markkinamekanismien korkean laadun takaamiseksi, erityisesti liittyen pysyvyyteen ja ihmisoikeuksiin. Lisäksi komission tulee 2040 tavoitteen toimeenpanoon liittyviä lainsäädäntöaloitteita laatiessaan huomioida Euroopan kilpailukykyyn liittyvät vaikutukset sekä kiinnittää huomiota muun muassa kuluttajahintoihin, energia- ja liikenneköyhyyteen sekä alueisiin ja sektoreihin, mukaan lukien niiden investointikyky, pk-yritykset, viljelijät ja kotitaloudet, jotka ovat alttiita ilmastoneutraaliuussiirtymän vaikutuksille.

2.2 PÄÄSTÖKAUPPADIREKTIIVI

EU:n päästökauppadirektiivi (2003/87/EY) hyväksyttiin alkuperäisessä muodossaan vuonna 2003. Suomessa päästökauppaa säännellään päästökauppalailla (1270/2023). Järjestelmän piiriin kuuluvat EU:n jäsenmaiden lisäksi Norja, Islanti ja Liechtenstein sekä sähköntuotannon osalta Pohjois-Irlanti. Lisäksi EU:n ja Sveitsin päästökauppajärjestelmät on linkitetty yhteen. Päästökauppa on markkinaehtoinen ohjauskeino, joka asettaa EU:n laajuisen enimmäistason päästökaupan piiriin kuuluvien toimialojen kasvihuonekaasupäästöille. Se kattaa pääasiassa hiilidioksidipäästöt, mutta sisältää myös tiettyjen toimialojen muita kasvihuonekaasupäästöjä. Päästökauppa käynnistyi pilottijaksolla vuosina 2005–2007. Ensimmäinen varsinainen päästökauppakausi toteutettiin Kioton pöytäkirjan ensimmäisen velvoitekauden aikana vuosina 2008–2012. Seuraava päästökauppakausi kattoi Kioton pöytäkirjan toisen velvoitekauden 2013–2020 ja nykyinen kausi kattaa vuodet 2021–2030.

Keskeinen osa päästökauppajärjestelmää on vuosittain jaettavien uusien päästöoikeuksien määrä, joka pienenee vuosittain niin sanotun lineaarisen vähennyskertoimen mukaan. Jaettavat päästöoikeudet muodostavat kumulatiivisille päästöille katon. Päästökaupan piiriin kuuluvilta toimijoilta edellytetään päästölupaa, jonka saamiseksi päästökaupan piiriin kuuluvan laitoksen on sitouduttava päästöjensä tarkkailuun ja niistä raportointiin. Päästökaupan piiriin kuuluvien toimijoiden tulee palauttaa vuosittain niiden todennettuja päästöjä vastaava määrä päästöoikeuksia mitätöitäväksi. Mikäli laitos ei palauta riittävää määrää päästöoikeuksia, sen on maksettava päästöoikeuden ylitysmaksua.

Päästöoikeudet jaetaan pääosin huutokaupalla, josta saadut tulot jaetaan EU-tason rahastoihin ja jäsenvaltioille ennalta määrättyjen osuuksien mukaisesti. Vuonna 2025 Suomen saamat huutokauppatulot olivat 410 miljoonaa euroa (Energiavirasto, 2025). Jäsenvaltioiden tulee käyttää huutokauppatulot ilmastoon ja energiaan liittyviin tarkoituksiin siltä osin kuin niitä ei ole osoitettu unionin talousarvioon, lukuun ottamatta niin sanottujen välillisten hiilidioksidikustannusten korvaamiseen käytettyjä tuloja. Ilmastoon ja energiaan liittyviin tarkoituksiin kuuluvat muun muassa uusiutuvien energiamuotojen ja sähkönsiirtoverkkojen kehittäminen, toimenpiteet metsäkadon välttämiseksi, vähähiiliseen liikenteeseen investointi, rahoitustuen tarjoaminen pieni- ja keskituloisille kotitalouksille, sekä työvoiman uudelleenkohdentaminen oikeudenmukaisen siirtymän edistämiseksi. Osa päästöoikeuksista jaetaan ilmaiseksi hiilivuodolle alttiille sektoreille, tavoitteena ehkäistä yritysten ja tuotannon siirtymistä EU:n ulkopuolelle. Päästöoikeuksien maksutta tapahtuva jakaminen tapahtuu harmonisoitujen jakoperusteiden mukaisesti. Ilmaisjakoa on kuitenkin pidetty liian suurena ja huonosti

kohdennettuna (Martin ym. 2014, Ahlvik ja Liski 2022). Päästöoikeuksien määrän laskennasta säädetään komission ilmaisjakoasetuksessa ja komission ilmaisjaon mukautussäädöksessä (EU) 2019/1842, sellaisena kuin se on muutettu komission täytäntöönpanoasetuksella (EU) 2022/287.

2.2.1 EU:n yleinen päästökauppa (ETS1)

EU:n yleinen päästökauppa (ETS1) kattaa tällä hetkellä sähkön- ja lämmöntuotannon, teollisuuden sekä EU:n sisäisen lentoliikenteen. Lisäksi vuodesta 2024 alkaen ETS1:n piiriin on kuulunut kasvavalla osuudella kaupallisen meriliikenteen päästöjä. Komissiolta odotetaan kesällä 2026 tiedonantoa ja mahdollista lainsäädäntöaloitetta koskien ETS1 -järjestelmän laajentamista liittämällä siihen teknologiset hiilinielut.

ETS1 -järjestelmän piiriin kuuluu tällä hetkellä noin 40 prosenttia EU:n päästöistä. Se on tutkimuskirjallisuuden mukaan vähentänyt päästöjä merkittävästi verrattuna tilanteeseen, jossa järjestelmää ei olisi ollut, ilman merkittäviä haittavaikutuksia yrityksille (Colmer ym., 2025). Osana ohjaavaa vaikutusta päästökauppa kannustaa teknologiseen kehitykseen ja siirtymään pois fossiilisista polttoaineista (Calel ja Dechezleprêtre, 2016; Ahlvik ja van den Bijgaart, 2024). Uusiutuvan energian direktiivin (2023/2413) kestävyyskriteerit täyttävistä biogeenisistä päästöistä ei tarvitse palauttaa päästöoikeuksia, koska niitä käsitellään päästökaupassa nollapäästöisinä ja päästöt huomioidaan maankäyttösektorilla.

Päästökaupan ensimmäisiä kausia leimasi päästöoikeuksien liiallinen määrä ja niiden kasautuminen (Ahlvik ja Vainio, 2024). Alussa päästöoikeuksia jaettiin laitoksille ilmaiseksi perustuen toiminnanharjoittajien historiallisiin päästöihin (ns. *grandfathering*) ja jäsenmaiden laatimiin jakosuunnitelmiin. Ongelmaksi muodostuivat päästöoikeuksien liian suuri kokonaismäärä sekä heikkolaatuisten, Kioton pöytäkirjan kansainvälisiin markkinamekanismeihin perustuvien yksiköiden suuri määrä markkinoilla. Lisäksi vuoden 2008 finanssikriisin jälkeinen taantuma ja uusiutuvan energian tukiohjelmat laskivat päästöoikeuksien kysyntää, ja niiden hinta oli vain noin 5 €/t CO₂. Yritykset alkoivat tallettaa halpoja päästöoikeuksia odottaen hinnan nousua, mikä johti ylitarjontaan. Matalasta hinnasta huolimatta päästökauppa ensimmäisten kausien aikana noin 15–20 prosenttia verrattuna tilanteeseen, jossa päästökauppaa ei olisi ollut (Bayer ja Aklin 2020, Dechezleprêtre ym. 2023; Colmer ym. 2024).

Päästöoikeuden hinnan nostamiseksi ja energiasiirtymän vauhdittamiseksi perustettiin markkinavakausvaranto, johon joko varastoidaan tai sieltä vapautetaan päästöoikeuksia markkinatilanteen mukaan. Jos markkinoilla on kierrossa liikaa päästöoikeuksia, ne siirretään varantoon ennalta määritetyn rajan ylittyessä. Vuodesta 2023 alkaen oikeuksia on mitätöity varannosta pysyvästi. Markkinavakausvarannon vuoksi EU-tason päästökatto ei riipu vain ennalta päätetystä päästöoikeuksien jaosta, vaan myös markkinan toiminnasta ja päästöoikeuksien ylijäämän kertymisestä. Markkinavakausvaranto on keskeinen mekanismi tämän työn skenaariotarkastelussa.

2.2.2 Lento- ja meriliikenteen liittäminen päästökauppaan

EU:n lentoliikenne liitettiin EU:n päästökauppajärjestelmään (ETS1) vuonna 2012, mutta järjestelmä koskee tällä hetkellä vain Euroopan talousalueella (ETA) sijaitsevien lentoasemien välisiä lentoja. Komission tulee vuonna 2026 arvioida kansainvälisen lentoliikenteen CORSIA-järjestelmän vaikuttavuutta suhteessa päästökauppaan. Mikäli CORSIA-järjestelmä ei ole riittävän kunnianhimoinen, EU:n lentoliikenteen päästökauppa laajenee kattamaan kaikki ETA-alueelta lähtevät lennot. Lisäksi komissio antaa tiedonannon ja tekee mahdollisen lainsäädäntöaloitteen vuonna 2027 muiden kuin hiilidioksidipäästöjen sisällyttämiseksi lentoliikenteen päästökauppaan. Näiden päästöjen monitorointi ja raportointi käynnistyi vuonna 2025.

Lentoliikenteen päästöoikeuksia vähennettiin aluksi hitaammin, mutta nykyään lentoliikenteen lineaarinen vähennyskerroin on muun ETS1:n tapaan 4,3 % ja vuodesta 2028 alkaen 4,4 %. ETS1 -järjestelmän piirissä olevat kiinteät laitokset eivät aluksi saaneet käyttää lentoliikenteen päästökauppajärjestelmän päästöoikeuksia, mutta lentoliikenteen toimijat saivat käyttää ETS1-järjestelmän mukaisia päästöoikeuksia. Vuodesta 2021 alkaen järjestelmä on ollut avoin siten, että ETS1 -järjestelmän piiriin kuuluvat laitokset voivat käyttää lentoliikenteen päästöoikeuksia, jolloin järjestelmä muodostaa yhden yhteisen päästömarkkinan. Päästöoikeuksien määrä määritellään kuitenkin edelleen erikseen lentoliikenteelle. Lentoliikenteen maksutta jaettavista päästöoikeuksista ollaan luopumassa asteittain, ja vuonna 2025 huutokaupattavien päästöoikeuksien osuus kasvoi jo 50 prosenttiin. Vuonna 2026 lentoliikenteen ilmaisjako loppuu ja kaikki päästöoikeudet huutokaupataan. Ilmaisia päästöoikeuksia voi saada rajoitetusti kestävien lentopolttoaineiden käyttöä vastaan.

ETS1:n uusin laajennus on meriliikenne, joka on kuulunut päästökaupan piiriin vuodesta 2024 lähtien. Meriliikenteen osalta päästökauppa kattaa 100 % päästöistä, jotka syntyvät alusten ollessa jäsenvaltioiden satamissa ja matkoilla jäsenvaltioihin kuuluvien satamien välillä, sekä 50 % päästöistä, jotka syntyvät matkoilla jäsenvaltioiden ja kolmansien maiden satamien välillä. Liittäminen on tapahtunut asteittain siten, että alan toimijoiden on luovutettava päästöoikeuksia 40 % varmennetuista päästöistä vuonna 2024, 70 % vuonna 2025, ja vuodesta 2026 lähtien kaikille varmennetuille päästöille. Vuosina 2024–2025 meriliikenteen päästöistä luetaan päästökaupan piiriin ainoastaan hiilidioksidipäästöt, mutta vuonna 2026 sääntely laajenee ottamaan huomioon myös metaani- ja dityppioksidipäästöt. Tällä hetkellä päästökaupan piirissä on aluksista ainoastaan suuret yli 5000 GT rahti- ja matkustaja-alukset, mutta vuonna 2027 sääntely laajenee kattamaan myös suuret yli 5000 GT offshore-alukset. Komissio arvioi tätä pienempien alusten tuomista päästökaupan piiriin päästökauppadirektiivin tarkastelun yhteydessä vuonna 2026.

Lentoliikenteestä poiketen meriliikenteen päästöoikeuksien määrää ei määritellä erikseen, vaan ne määritellään yhdessä kiinteiden laitosten kanssa. Meriliikenteelle sovelletaan samaa lineaarista vähennyskerrointa kuin kiinteille laitoksille ja lentoliikenteelle, mutta vertailutasona käytetään vuosien 2018–2019 raportoituja päästöjä. Meriliikenteelle ei ole päästöoikeuksien ilmaisjakoa, vaan toimijat hankkivat tarvitsemansa päästöoikeudet huutokaupasta.

2.2.3 Polttoaineen jakelijoiden päästökauppa (ETS2)

Polttoaineen jakelijoiden päästökauppa (ETS2) laajentaa päästökaupan käyttöä ohjauskeinona kattaen esimerkiksi tieliikenteen, kotitalouksien erillislämmityksen ja yleisen päästökaupan ulkopuolelle jäävän teollisuuden aiheuttamat hiilidioksidipäästöt. Järjestelmän tavoitteena on ohjata liikennettä ja lämmitystä vähäpäästöisempien ratkaisujen suuntaan, esimerkiksi sähköautojen käyttöön, lämmityksen sähköistymisen ja energiansäästön avulla.

Loppukäyttäjien sijaan ETS2 kohdistuu polttoaineen jakelijoihin. Polttoaineiden jakelijoilla tulee olla päästölupa, johon sisältyy muun muassa kuvaus jakelijan luovuttamista polttoaineista ja käyttämistä jakelutavoista sekä suunnitelma päästöjen tarkkailusta ja raportoinnista (Laki fossiilisen polttoaineen jakelun päästökaupasta, 1066/2024). Tieliikenne ja rakennusten erillislämmitys kuuluvat taakanjakoasetuksen piiriin, joten ETS2 muodostaa erillisen kokonaisuuden tämän sektorin sisälle ollen yksi EU-tason ohjauskeinoista saavuttaa taakanjakosektorin päästövähennystavoitteet. ETS2 -järjestelmään sisältyvät tieliikenne, kotitalouksien erillislämmitys sekä teollisuuden alat, jotka ovat aiemmin jääneet alkuperäisen päästökaupan ulkopuolelle. Kansallisilla päätöksillä järjestelmään voidaan myös sisällyttää maatalouden energiankäyttö, kuten on päätetty Suomessa (HE 119/2024).

Alkuperäisen päästökaupan tapaan myös ETS2 -järjestelmässä päästökatto laskee vuosittain lineaarisen päästövähennyskertoimen mukaisesti, mutta kaikki päästöoikeudet jaetaan huutokaupalla eli ilmaisjakoa ei ole. Jäsenvaltioiden tulee käyttää huutokauppatulot päästökauppadirektiivissä lueteltuihin ilmastotoimiin. Osa tuloista siirretään lisäksi alla tarkemmin kuvattavaan sosiaaliseen ilmastorahastoon. ETS2 -järjestelmään sovelletaan markkinavakausvarantoa täydentävää hintavakausmekanismia, jonka avulla järjestelmän alkuvuosina markkinavakausvarannosta vapautetaan päästöoikeuksia, jos päästöoikeuksien hinta nousee liiallisesti.

Järjestelmän oli tarkoitus käynnistyä vuonna 2028. Joulukuussa 2025 neuvosto ja parlamentti sopivat kuitenkin ETS2:n käyttöönoton siirtämistä vuodelta eteenpäin ehtona EU:n vuotta 2040 koskevan 90 prosentin päästövähennystavoitteen hyväksymiselle. Järjestelmään liittyvien päästöoikeuksien futuurikauppa on alkanut keväällä 2025, ja futuureja joulukuulle 2027 myytiin kesällä 2025 noin 85 €/tCO₂ hintaan. Tämä hinta on korkeampi kuin ETS1 -järjestelmässä, jossa huutokaupattujen päästöoikeuksien keskihinta on ollut vuoden 2025 aikana noin 72 €/tCO₂. Futuurien hinta on myös korkeampi kuin komission vaikutusarviossa hinnaksi esitetty noin 50 €/tCO₂.

Syksyllä 2025 ETS2:n futuurihinnat laskivat äkillisesti, kun komissio ilmoitti ETS2:een tehtävistä muutoksista (Euroopan komissio, 2025d). Kaupankäynnin volyymi on kuitenkin ollut toistaiseksi pientä, joten epävarmuus tulevasta hintakehityksestä on edelleen suurta. Päästöoikeuden hinta voi asettua myös huomattavasti nykyistä futuurihintaa korkeammaksi, sillä mallinuksissa (mm. Abrell ym., 2024; Günther ym., 2025; Rickels ym., 2023) hinnan on ennustettu nousevan jopa yli 300 €/tCO₂. Järjestelmässä on hintaa hillitseviä mekanismeja, jotka lisäävät päästöoikeuksia markkinoilla, jos hinnat nousevat nopeasti tai pysyttelevät pitkään korkealla tasolla. ETS2:n käyttöönoton viivästyminen voi kasvattaa hintapainetta vuonna 2028, ja hintatasoon vaikuttavat myös odotukset järjestelmän kehityksestä vuoden 2030 jälkeen.

2.3 SOSIAALINEN ILMASTORAHASTO

ETS2 -järjestelmän luomiseen liittyy vahvasti sosiaalinen ilmastorahasto, jota säännellään asetuksella (EU) 2023/955. Rahastolla halutaan lieventää uuden päästökaupparjestelmän vaikutuksia suuntaamalla tukea erityisesti liikenne- ja lämmityskustannusten ennakoidusta noususta kärsiville kotitalouksille, mikroyrityksille ja tieliikenteen käyttäjille. Rahaston tavoitteisiin kuuluu tukea näitä tahoja toimenpiteillä ja investoinneilla, joilla on tarkoitus muun muassa lisätä rakennusten energiatehokkuutta sekä parantaa päästöttömän ja vähäpäästöisen liikkumisen saatavuutta. Lisäksi voidaan ottaa käyttöön tilapäisiä suoria tulotukia. Jäsenvaltion on laadittava ilmastotoimien sosiaalisen tuen suunnitelma (Social Climate Plan), jonka perusteella rahoitus myönnetään. Rahasto on nykyainsäädännön perusteella käytössä välillä 2026–2032.

2.4 HIILIRAJAMEKANISMI

Hiilivuoto, eli riski siitä, että päästökaupan piiriin kuuluvaa tuotantoa siirtyy EU:n ulkopuolelle, on alusta asti otettu huomioon EU:n päästökaupparjestelmässä. Tähän on reagoitu päästöoikeuksien ilmaisjaolla ja alun perin myös mahdollisuudella käyttää Kiiton pöytäkirjan joustomekanismien mukaisia kansainvälisiä ilmastoyksiköitä. 55-valmiuspaketin myötä otettiin käyttöön hiilirajamekanismi uutena ohjauskeinona. Sitä säännellään asetuksella (EU) 2023/956 hiilidioksidipäästöjen säätömekanismien perustamisesta rajalle sekä Suomessa lailla 1288/2023 Euroopan unionin hiilirajamekanismia koskevan asetuksen toimeenpanosta.

Hiilirajamekanismilla määrätään maksu EU:n ulkopuolelta tuleville tuotteille. Maksu vastaa EU:ssa valmistettuihin vastaaviin tuotteisiin kohdistuvaa päästöoikeuden hintaa päästökaupan toimeenpanon

seurauksena. Mekanismi kattaa raudan, teräksen, alumiinin, sementin, lannoitteet, vedyn ja tuontisähkön. Hiilirajamekanismin piiriin kuuluvien tuotteiden maahantuojaat veloitetaan ilmoittamaan tuontinsa ja niistä aiheutuneet päästöt kansalliselle viranomaiselle. Asetuksella 2025/2083 CBAM-velvoitteista vapautettiin kuitenkin yritykset, jotka tuovat vuosittain alle 50 tonnia soveltamisalaan kuuluvia tuotteita, minkä seurauksena noin 182 000 maahantuojaa – pääosin pk-yrityksiä ja yksityishenkilöitä – jäi velvoitteiden ulkopuolelle. Lisäksi hiilirajamekanismin kattamien toimialojen osalta päästöoikeuksien ilmaisjakoa vähennetään nykyisen lainsäädännön perusteella asteittain vuodesta 2026 alkaen siten, että ilmaisjako näille toimialoille loppuu kokonaan vuonna 2034. Tällä on haluttu varmistaa järjestelmän yhteensopivuus Maailman kauppajärjestö WTO:n sääntöjen kanssa.

Maahantuojan on hankittava maksullisia päästötodistuksia, eli CBAM-todistuksia, vastaamaan tavaroiden valmistuksessa syntyneitä päästöjä. CBAM-todistusten hinta on sidottu EU:n päästöoikeuden hintaan, ja todistusten myynti alkaa helmikuussa 2027. Lisäksi maahantuojan on raportoitava vuosittain hiilirajamekanismin alainen tuonti, tuotteisiin sitoutuneet päästöt, mahdollinen alkuperämaassa maksettu hiilen hinta sekä tarvittavien CBAM-todistusten määrä. Mikäli alkuperämaassa on jo maksettu hiilen hintaa tuontitavaroiden tuotesidonnaisista päästöistä, tämä huomioidaan tarvittavien CBAM-todistusten määrässä.

2.5 TAAKANJAKOASETUS

EU:n taakanjakosektorin päästöjä sääntelee taakanjakoasetus (EU) 2018/842, sellaisena kuin se on muutettu asetuksella (EU) 2023/857. Sen tavoitteena on, että EU-tasolla asetuksen kattamat päästöt vähenevät vuoteen 2030 mennessä 40 prosentilla vuoden 2005 tasosta. Taakanjakoasetuksen alaisuuteen kuuluvat maatalouden ja jätehuollon päästöt, pienteollisuuden päästöt sekä kotimaan tie-, raide- ja vesiliikenteen ja rakennusten päästöt. Vaikka ETS2 -järjestelmä käynnistetään, tieliikenne ja rakennukset pysyvät edelleen taakanjakoasetuksen piirissä.

Jaottelu päästökauppa- ja taakanjakosektoreihin on yli 20 vuoden ajan kuulunut EU:n ilmastopolitiikan peruspilareihin. Taakanjakoasetus asettaa kullekin jäsenvaltiolle maakohtaisen päästövähennystavoitteen jättäen niille harkintavaraa sen suhteen, millä ohjauskeinoilla tavoite saavutetaan. Jäsenmaakohtaisten tavoitteiden määrittelyssä on huomioitu muun muassa asukasta kohden laskettu bruttokansantuote sekä kyky vähentää päästöjä. Suomen vuoden 2030 tavoite on 50 prosentin päästövähennys taakanjakosektorilla vuoden 2005 tasoon verrattuna.

Taakanjakoasetuksen noudattamista ohjataan vuosittain alenevilla päästökiintiöillä. Jäsenvaltioiden on sekä saavutettava vuoden 2030 päästövähennystavoite että noudatettava vuosittaista päästökattoa. Tämä mahdollistaa jäsenmaiden kumulatiivisten päästöjen sääntelyn, mikä on ilmastomuutoksen hillinnän kannalta tehokkaampi ohjauskeino kuin esimerkiksi Suomen ilmastolakiin sisältyvä, ainoastaan tavoitevuoden päästöt huomioiva ohjauskeino.

Taakanjakoasetus sisältää kuitenkin myös joustoja, joiden puitteissa jäsenmaat voivat säästää päästövähennyksiä aiemmilta vuosilta, lainata päästökiintiöitä tulevilta vuosilta tai käydä kauppaa päästökiintiöistä muiden EU-maiden kanssa. Samoin käytettävissä on rajallinen LULUCF-jousto sekä mahdollisuus korvata osa taakanjakoasetuksen edellyttämistä päästövähennyksistä mitätöimällä päästökauppadirektiivin mukaisia päästöoikeuksia.

Suomen toimeenpanossa paine keskittyy etenkin tieliikenteeseen ja rakennuksiin. Kotimaan liikenne (pois lukien lentoliikenne) muodostaa noin 37 prosenttia taakanjakosektorin päästöistä, joten liikenteen päästöjen alentaminen on keskeistä 2030-velvoitteen saavuttamiseksi (Seppälä ym., 2024).

Vuoden 2030 jälkeisen ilmastoarkkitehtuurin osalta taakanjakoasetuksen kohtalo on avoinna. Se on pitkään ollut yksi EU:n ilmastoarkkitehtuurin peruspilareista. Samaan aikaan sektoriin kohdistuu yhä enemmän EU-tason sääntelyä, erityisesti (muttei ainoastaan) ETS2 -järjestelmän myötä. On

mahdollista, että EU:n vuoden 2030 jälkeinen ilmastoarkkitehtuuri ei enää sisällä taakanjakoasetusta, vaan esimerkiksi asetuksen, joka sääntelisi sekä taakanjakosektoria että LULUCF-asetusta yhdessä. Tämä mahdollistaisi sektoreiden väliset nykyistä suuremmat joustot ja jättäisi jäsenmaille enemmän liikkumavaraa ilmastotoimien kohdentamisessa eri sektoreille. Toisaalta arkkitehtuuriin tulee myös pystyä varmistamaan sekä vuoden 2040 ilmastotavoitteen toteutuminen, että kaikkien sektoreiden riittävä kontribuutio tavoitteen saavuttamiseen.

Kuten alla tarkemmin esitetään, EU:n ilmastoarkkitehtuuriin tulevaisuutta koskevassa keskustelussa on myös ollut esillä ajatuksia ETS2 ja ETS1 -järjestelmien yhdistämisestä, samoin kuin ajatus maatalouden tai AFOLU-sektorin (Agriculture, Forestry and Other Land Uses) eli maatalouden ja maankäyttösektorin yhdistävästä päästökaupasta. Päästökaupan uudistamiseen liittyvät vaihtoehdot voisivat olla rinnakkaisia taakanjakoasetuksen ja LULUCF-asetuksen yhdistämisen kanssa. Myös kansainvälisten markkinamekanismien kytkeminen EU:n vuoden 2030 jälkeiseen ilmastoarkkitehtuuriin on avoinna. Vaihtoehtoina on esimerkiksi se, että jäsenvaltiot voisivat toteuttaa osan nykyiseen taakanjakosektoriin liittyvästä velvoitteestaan hankkimalla suoraan kansainvälisiä ilmastoyksiköitä. Hankinnat voitaisiin tehdä keskitetysti EU-tasolla (Bart ja Barata, 2025a).

Loppuvuoden 2025 keskustelun perusteella näyttää siltä, että vaikka taakanjakoasetus on ollut pitkään keskeinen osa EU:n ilmastoarkkitehtuuria, sen asema ei välttämättä säily nykyisellään vuoden 2030 jälkeisessä ilmastoarkkitehtuurissa.

2.6 LULUCF-ASETUS

EU:n ilmasto-oikeuden kolmannen peruspilarin muodostaa maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsänkäyttöä koskeva niin kutsuttu LULUCF-asetus (EU) 2018/841, sellaisena kuin se on muutettu asetuksella (EU) 2023/839. EU:n tavoitteena vuonna 2030 on 310 Mt CO₂-ekv. nettohiilinielu, josta eurooppalaisen ilmastolain mukaan 225 Mt CO₂-ekv. käytetään ilmastolain mukaisen vähintään 55 prosentin päästövähennystavoitteen toteuttamiseen.

LULUCF-asetus määrittelee jäsenmaille sitovat velvoitteet LULUCF-sektorille velvoitekausille 2021–2025 ja 2026–2030. Ensimmäisellä velvoitekaudella noudatetaan niin sanottua *no debit* -sääntöä, jonka mukaan maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt eivät saa ylittää niiden poistumia. Tämä tarkoittaa jäsenmaille velvoitetta varmistaa, ettei maankäyttösektori kokonaisuutena ole päästölähde eli että siitä ei aiheudu laskennallisia päästöjä ilmakehään. Asetus sisältää myös ensimmäisellä velvoitekaudella soveltuvat tilinpitosäännöt. Suomelle tärkeimpiä ovat hoidetun metsämaan tilinpitosäännökset ja niihin liittyvä vertailutaso. Jos hiilinielu on kaudella 2021–2025 pienempi kuin vertailutaso, tuloksena on laskennallinen päästö, ja jos hiilinielu ylittää vertailutason, tuloksena on laskennallista nielua.

Toiselle velvoitekaudelle EU:n tavoite -310 Mt CO₂-ekv. nielusta vuonna 2030 on jaoteltu jäsenvaltioiden kesken perustuen kunkin maan keskimääräisiin kasvihuonekaasuinventaariotietoihin vuosilta 2016–2018. Nykyisten laskentasääntöjen ja vuonna 2025 YK:lle toimitetun kasvihuonekaasuinventaarioraportin (Tilastokeskus, 2025c) mukaan Suomen vuotta 2030 koskeva LULUCF-asetuksen mukainen velvoite vastaisi -3,8 Mt CO₂-ekv. nettohiilinielua, ja vuosirajat tiukkenevat lineaarisesti kohti tätä tasoa (Seppälä ym., 2025). Suomella on nykytietojen valossa merkittäviä haasteita täyttää LULUCF-asetuksen mukaiset velvoitteet. Ilmastopaneelin keväällä 2025 tekemien arvioiden mukaan ensimmäinen velvoitekausi jää noin 110 Mt CO₂-ekv. alijäämäiseksi, jolloin alijäämää pitäisi LULUCF-asetuksen perusteella hyvittää joustoilla tai osto-yksiköillä (Seppälä ym., 2025). Suomella on käytössään enintään 27 Mt CO₂-ekv. joustoja vuosille 2021–2025 ja 22 Mt CO₂-ekv. vuosille 2026–2030, mutta niiden hyödyntäminen edellyttää EU-tason tavoitteen toteutumista. Lisäksi yksiköiden saatavuudessa sekä hinnassa on epävarmuuksia.

Kuten taakanjakoasetusta koskevassa osiossa edellä esitettiin, LULUCF-asetuksen säilyminen erillisenä oikeudellisenä instrumenttina EU:n vuoden 2030 jälkeisessä ilmastoarkkitehtuurissa on epävarmaa. Keskustelussa on vahvasti esillä tarve antaa jäsenmaille enemmän joustoja ja liikkumavaraa sen suhteen, missä määrin eri sektorit osallistuvat ilmastotavoitteiden saavuttamiseen. Kehitykseen liittyy kuitenkin myös huolenaiheita: maankäyttösektorin nettonielun heiketessä (EEA, 2025a) suunnan kääntäminen voi olla vaikeaa ilman erillisiä sitovia tavoitteita.

2.7 HIILENPOISTON SERTIFIOINTIKEHYS ELI CRCF-ASETUS

Vuoden 2024 lopulla tuli voimaan pysyvää hiilenpoistoa, hiiliviljelyä ja hiilen varastointia tuotteisiin koskeva asetus (EU) 2024/301. Asetuksella perustetaan vapaaehtoinen hiilidioksidin poistojen sertifiointijärjestelmä ja luodaan EU:n sisäiset puitteet poistoyksiköiden tuotannolle, menetelmille ja kaupankäynnille, sekä varmistetaan ratkaisujen kestävyys ja laadukkuus. Kyseessä on vapaaehtoinen järjestelmä, jonka kautta tuotettuja poistoyksiköitä voi ostaa ja myydä EU:n alueella. Yksiköitä ei voi käyttää EU:n vuotta 2030 koskevan ilmastotavoitteen saavuttamiseen. Asetuksen rooli EU:n vuoden 2030 jälkeisessä ilmastoarkkitehtuurissa on toistaiseksi avoinna. On esimerkiksi mahdollista, että se loisi pohjan teknologisten hiilinielujen kytkemiseen ETS1 -järjestelmään. Tällä hetkellä asetuksella ei kuitenkaan ole linkkejä EU:n muuhun ilmastolainsäädäntöön.

Sertifioinnissa tulee varmistaa poistoyksiköiden lisäisyys, pysyvyys ja kaksoislaskennan välttäminen. Asetuksen käsittelemiin poistoihin kuuluvat sekä hiilidioksidin pysyvä varastointi useiksi vuosisadoiksi että väliaikainen varastointi pitkäikäisissä tuotteissa tai hiiliviljelyn avulla, taulukko 1. Komissio laatii sertifiointimetodologiat eri menetelmille delegoituina säädöksinä. Asetuksessa annetut määritelmät:

- Pysyvällä hiilenpoistolla 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 ja jota ei ole yhdistetty tehostettuun hiilivedyn talteenottoon. Tähän luetaan mukaan hiilen sitominen pysyvästi kemiallisesti tuotteisiin. Pysyvillä hiilenpoistoilla kyetään siis tuottamaan hiilinieluja, jotka ovat luonnon nieluihin verrattuna pitkäikäisempiä.
- Hiiliviljelyllä tarkoitetaan mitä tahansa käytäntöä tai prosessia, joka suoritetaan vähintään viiden vuoden toteutuskauden aikana, joka liittyy maa- tai rannikkoympäristön hoitoon ja jonka tuloksena ilmakehästä peräisin oleva tai biogeeninen hiili otetaan talteen ja varastoidaan väliaikaisesti biogeenisiin hiilivarastoihin tai maaperäpäästöjä vähennetään.
- Hiilen varastoinnilla tuotteisiin tarkoitetaan mitä tahansa käytäntöä tai prosessia, jossa ilmakehästä peräisin olevaa tai biogeenistä hiiltä otetaan talteen ja varastoidaan vähintään 35 vuoden ajan pitkäkestoihin tuotteisiin, joka mahdollistaa varastoidun hiilen seurannan paikan päällä ja joka on sertifioitu koko seurantajakson ajalta.

CRCF:n alla on helmikuussa 2026 julkaistu komission ehdotus delegoidusta säädöksestä, jossa määritellään pysyvien hiilidioksidin poistojen sertifiointimenetelmät. Ehdotus esittelee määritelmät ja sertifiointimenetelmät hiilidioksidin poistotoimille, jotka toteutetaan ottamalla hiilidioksidia talteen suoraan ilmakehästä ja varastoimalla se pysyvästi (DACCS), tai biogeenisten päästöjen talteenoton ja hiilidioksidin varastoinnin (BioCCS, BECCS) sekä biohiilen hiilidioksidin poiston (BCR) avulla (Euroopan komissio, 2026) Luonnoksen liitteissä esitetään yksityiskohtaisia elinkaariarviointiin perustuvia menetelmiä. Julkaisuaajankohdan vuoksi kriteerejä ei ehditty analysoida tähän raporttiin.

Sertifiointimenetelmien avulla toimijat voivat osoittaa hiilidioksidin poistotoimiensa täyttävän tarvittavat laatuvaatimukset, jotta tuotetut poistot ovat kelpoisia sertifioitaviksi EU:ssa. Hiilidioksidin pysyville poistoille ei tällä hetkellä ole taloudellisia kannustimia, paitsi vapaaehtoinen hiilimarkkina.

Standardoitujen sertifiointimenetelmien avulla voidaan esimerkiksi vertailla tuettavia kohteita, jos pysyville poistoille kohdennetaan valtion tukia. Näitä sertifiointimenetelmiä käytettäisiin mahdollisesti myös myöhemmin, jos pysyvät poistot päätetään liittää EU:n päästökauppaan.

Taulukko 1. Hiilenpoiston sertifiointikehikon kattamat toimet.

Toimi	Sertifioitu yksikkö
Pysyvä hiilenpoisto BECCS, BioCCS, DACCS, biohiili soveltuvien osien, hiilidioksidin pysyvä kemiallinen sitominen	Pysyvän hiilenpoiston yksikkö (t CO ₂ -ekv.)
Hiiliviljely Maaperän hiilensidonnallisuuden parantaminen tai maaperäpäästöjen vähentäminen esim. soiden vettämisellä	Hiiliviljely-yksikkö (t CO ₂ ekv.) Maaperäpäästöjen vähennyksen yksikkö (t CO ₂ -ekv.)
Hiilen varastointi tuotteisiin Esim. rakentamisen puutuotteet, mineralisaatio ei-pysyviin tuotteisiin, muut CCU-tuotteet	Tuotteeseen varastoidun hiilen yksikkö (t CO ₂ -ekv.)

2.8 EU:N MUU ILMASTO- JA ENERGIASÄÄNTELY

Yllä on esitelty raportin näkökulmasta keskeinen EU:n ilmastolainsäädäntö. Lisäksi EU:lla on useita muita ilmastotavoitteiden saavuttamiseen ja ilmastoneutraaliustavoitteen saavuttamiseen liittyviä lainsäädäntöinstrumentteja. Näitä ovat esimerkiksi:

- Uusiutuvan energian direktiivi (RED III), sellaisena kuin se on muutettu direktiivillä (EU) 2023/2413
- Energiatehokkuusdirektiivi, sellaisena kuin se on muutettu direktiivillä (EU) 2023/1791
- Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, sellaisena kuin se on muutettu direktiivillä (EU) 2024/1275
- Metaaniasetus (EU) 2024/1787
- Asetus vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta (EU) 2023/1804
- ReFuelEU Aviation –asetus (EU) 2023/2405
- FuelEU Maritime –asetus (EU) 2023/1805
- Asetus hiilidioksidipäästönormien asettamisesta uusille henkilöautoille ja uusille kevyille hyötyajoneuvoille, sellaisena kuin se on muutettu asetuksella (EU) 2023/851
- Raskaan kaluston CO₂-raja-arvoasetus, sellaisena kuin se on muutettu asetuksella (EU) 2024/1610
- Nettonollateollisuutta koskeva asetus (EU) 2024/1735
- Asetus puitteiden vahvistamisesta kriittisten raaka-aineiden turvatun ja kestävä tarjonnan varmistamiseksi (EU) 2024/1251

2.9 VAIHTOEHDOT PÄÄSTÖKAUPAN UUDISTAMISEKSI

Päästökauppa on ollut tehokkain ohjauskeino kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyen. Tästä syystä EU:n ilmastoarkkitehtuurin uudistamista koskeva keskustelu sisältää useita ehdotuksia päästökaupan laajentamiseen ja vahvistamiseen liittyen. Keskustelussa ovat olleet esillä seuraavat keskeiset vaihtoehdot:

- teknologisten hiilinielujen liittäminen ETS1 -järjestelmään;
- ETS1 ja ETS2 -järjestelmien yhdistäminen;
- päästökaupan laajentaminen joko uusille sektoreille tai maantieteellisesti; ja
- kansainvälisten ilmastoyksiköiden kytkeminen päästökauppaan.

Vaihtoehdot eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan niitä voidaan yhdistellä. Lisäksi keskustelussa on nostettu esiin teknisempiä muokkauksia päästökauppaan, kuten lineaarisen vähennyskertoimen tarkistaminen, päästöoikeuksien ilmaisjaon pidentäminen sekä markkinavakausvarannon kynnysarvojen muuttaminen. Teknologisten hiilinielujen liittäminen ETS1 -järjestelmään, päästöoikeuksien ilmaisjaon pidentäminen ja lineaarisen vähennyskertoimen muokkaaminen sisältyvät myös sekä neuvoston että parlamentin kantoihin eurooppalaisen ilmastolain muuttamista koskeissa kolmikantaneuvotteluissa. Komission tulee lisäksi päästökauppadirektiivin nojalla antaa heinäkuussa 2026 tiedonanto ja mahdollinen lainsäädäntöaloite teknisten hiilinielujen osalta, joten prosessi päästökauppadirektiivin mahdollisesta uudistamisesta on alla tarkemmin kuvattavalla tavalla jo käynnissä.

Vaihtoehdoista on hyvin vähän tai ei lainkaan vertaisarvioitua tutkimusta. Raportissa pyritään esittelemään vaihtoehtoja koskevaa keskustelua ja keskeisimpiä ehdotuksia saatavilla olevan materiaalin pohjalta. Materiaali koostuu ennen lokakuun 2025 alkua julkisesti saatavilla olleista ehdotuksista, mukaan lukien harmaa kirjallisuus. Tällaisen materiaalin käyttö on perusteltua, kun tavoitteena on kartoittaa eri toimijoiden ehdotuksia päästökaupan mahdollisesta uudistamisesta. Alla tarkastellaan keskeisiä vaihtoehtoja yllä kuvatun kirjallisuuskatsauksen perusteella.

2.9.1 Teknologisten hiilinielujen sisällyttäminen päästökauppaan

Teknologisilla hiilinieluilla pyritään kompensoimaan jäännöspäästöjä sellaisilla aloilla, joilla päästöjen vähentäminen on erityisen haastavaa, kuten teräksen ja sementin valmistuksessa. Teknologisten hiilenpoistomenetelmien, kuten BECCS:n ja DACCS:n, avulla pyritään varmistamaan, että päästökauppaan liitettävät poistot tuottavat todellisia, mitattavissa olevia ja pysyviä ilmastohyötyjä. Tavoitteena on säilyttää EU:n päästökaupparjestelmän uskottavuus ja vähentää poistojen kumoutumisen riskiä, joita liittyy esimerkiksi maankäyttösektorin hiilinielujen pysyvyyteen.

Teknologisten hiilinielujen sisällyttäminen päästökauppaan erottuu muista päästökaupan kehittämiseen liittyvistä ehdotuksista, sillä siihen liittyvä politiikkaprosessi on jo käynnissä ja etenee tällä hetkellä erillään muusta vuoden 2030 jälkeisestä lainsäädäntöprosessista. Vuonna 2023 toteutetun päästökauppadirektiivin (EU) 2023/959 uudistuksen myötä komissio veloitettiin laatimaan tiedonanto sekä mahdollinen lainsäädäntöaloite negatiivisten päästöjen sisällyttämisestä päästökaupparjestelmään 31.7.2026 mennessä. Valmistelu on jo aloitettu, ja komissio järjesti kesällä 2025 aiheeseen liittyvän kuulemisen (Euroopan komissio, 2025h). Uudistuksen toteuttaminen sisältyy lisäksi parlamentin ja neuvoston kantoihin eurooppalaisen ilmastolain muuttamiseksi sekä EU:n vuoden 2040 ilmastotavoitteen saavuttamiseksi. Teknologisten hiilinielujen sisällyttäminen päästökauppaan on siten saanut varsin laajaa tukea ja näyttää todennäköiseltä.

EU:n ilmastopaneeli ehdottaa päästökauppadirektiivin elinkelpoisuuden varmistamista vuoden 2040 jälkeen sekä valmistautumista nettonolla- ja nettonegatiivisiin päästöihin liittämällä pysyvät hiilenpoistot päästökaupparjestelmään (ESABCC, 2025b). Paneelin mukaan pysyvien hiilenpoistojen integrointi tulee kuitenkin toteuttaa vaiheittain ja sen edellytyksenä tulee olla luotettava sertifiointijärjestelmä, joka varmistaa hiilenpoistojen pysyvyyden ja lisäisyyden. Paneelin mukaan liittämisen tulee välttää ilmastomuutoksen hillitsemisen estäminen (*mitigation deterrence*), huomioida ympäristöriskit, tukea oikeudenmukaisuutta ja parantaa dynaamista kustannustehokkuutta. Paneeli suosittaa myös

institutionaalisten puitteiden luomista integrointiprosessin hallitsemiseksi sekä varhaisen käyttöönoton tukemista. (ESABCC, 2025b)

Muut toimijat ovat ehdottaneet, että pysyvät hiilenpoistot voitaisiin vaiheittain sisällyttää myös ETS2 -järjestelmään, mutta alkuvaiheessa integrointi koskisi ainoastaan ETS1 -järjestelmää (ERCST, 2025a). Poistojen rajoittamiselle tiettyihin talouden sektoreihin ei nähdä taloudellisia perusteita. Useat toimijat ovat ehdottaneet rajoituksia teknologisilla hiilenpoistoilla tuotettujen päästöoikeuksien käytölle, esimerkiksi määrittelemällä niille selkeän enimmäismäärän (Meyer-Ohlendorf, 2023a). On myös esitetty, että kysyntäpuolelle voitaisiin asettaa rajoituksia määrittämällä enimmäisosuus päästöistä, jotka yritys voi kompensoida teknologisten hiilinielujen avulla (UK Government, 2024). Jotkut tutkijat ehdottavat lisäksi, että kysyntäpuolen rajoituksia voitaisiin räätälöidä tietyille sektoreille tai toiminnoille, joilla on korkeat jäännöspäästöt (Rickels ym., 2021).

Määrällisten rajoitusten lisäksi teknologisen hiilenpoiston sovellusaloille ehdotettu rajoituksia. Esimerkiksi Ecologic Institute (Meyer-Ohlendorf ym., 2023a) ehdottaa, että BECCS-teknologian käyttö tulisi rajoittaa ainoastaan jätteistä peräisin olevan biomassan hyödyntämiseen johtuen sen useista ekosysteemeihin kohdistuvista haitallisista vaikutuksista. European Academies Science Advisory Council (EASAC, 2022) on puolestaan suositellut, että biomassan käyttö BECCS-teknologiaan liittyen tulisi rajoittaa nopeasti kasvaviin kasveihin, joita viljellään käyttämättömällä tai heikentyneellä maalla, sekä rajallisiin määriin metsätähteitä, jotka muutoin hajoaisivat nopeasti paikan päällä ja joiden hyödyntäminen on yhteensopivaa luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen kanssa. On myös esitetty, että laajempi bioenergia- ja biomassapolitiikan uudistaminen EU:ssa on välttämätön edellytys bioenergian sovellusten, mukaan lukien BECCS:n, laajentamiselle (CONCITO, 2023). Sen sijaan ERCST (2025b) ehdottaa, että hiilenpoistohankkeita tulisi arvioida tapauskohtaisesti määrällisten tai laadullisten rajoitusten asettamisen sijaan. Arvioinnin tulisi sen mukaan perustua tiukkoihin kirjanpitosääntöihin, biomassan kestävyyskriteereihin sekä hiilenpoistosertifiointikehyksen määrittelemiin laatustandardeihin.

Teknologisten hiilinielujen integroimisen päästökauppaan katsotaan edellyttävän päästöoikeuksien tarjonnan mukauttamista, jotta järjestelmän ympäristötehokkuus ja päästövähennystavoitteiden uskottavuus säilyisivät (Sandbag, 2025). Jos teknologiset hiilinielut sisällytettäisiin päästökauppaan lisäksi päästöoikeuksina, seurauksena olisi päästökaton kasvu. Lisäksi useat toimijat ovat korostaneet tarvetta selkeille vastuusäännöksille tilanteissa, joissa poistomenetelmät eivät toimi odotetusti (esim. La Hoz Theuer ja Olarte, 2023; Schuett, 2024). Toisaalta on myös esitetty, että CCS-direktiivi (2009/31/EY) hiilidioksidin geologisesta varastoinnista kattaisi myös BECCS- ja DACCS-teknologioista mahdollisesti aiheutuvat vuodot, sillä sen tulkitaan edellyttävän, että vuodot kompensoidaan luovuttamalla vastaava määrä päästökaupan päästöoikeuksia (Rickels ym., 2021).

Teknologisten hiilinielujen sisällyttämistä päästökauppaan on vastustettu erityisesti sillä perusteella, että niiden käyttö saattaisi johtaa varsinaisten päästövähennysten korvaamiseen tai lykkäämiseen. Lisäksi näiden teknologioiden saatavuuteen ja kustannuksiin liittyvä epävarmuus herättää huolta niiden päästökauppaan integroinnin ennaikaisuudesta ja riskialttiudesta. On vaadittu, että pysyvien hiilenpoistojen on kehityttävä riittävän pitkälle ja kyettävä osoittamaan todellisia, laajamittaisia nettopoistohyötyjä, ennen kuin niiden sisällyttämistä päästökauppaan voidaan harkita (Sandbag, 2025). Burke ja Gambhir (2022) ovat puolestaan kyseenalaistaneet, riittääkö päästökauppajärjestelmän hiilen hinta yksin kannustamaan tarvittavaan innovaatioon ja kustannusten alenemiseen hiilenpoistoteknologioissa. Heidän mukaansa ennen kuin tällaiset teknologiat integroidaan päästökauppajärjestelmään, tulisi olla käytössä erillisiä mekanismeja, jotka edistävät innovaatioita ja alentavat kustannuksia. Carbon Market Watchin (De Simone, 2025) mukaan vaihtoehtoisena ratkaisuna voisi olla päästökauppajärjestelmän tuottojen osittainen ohjaaminen pysyvien hiilenpoistojen

rahoittamiseen ilman, että teknologiset hiilinielut sisällytettäisiin itse päästökauppaan. Lisäksi on ehdotettu erillisen päästökaupan perustamista teknologisille hiilinieluille (ks. esim. Burke ja Gambhir, 2022). EU:n ilmastopaneeli (ESABCC, 2025b) puolestaan esittää, että tällaiset erilliset hiilenpoistomarkkinat voitaisiin tarvittaessa integroida epäsuorasti päästökauppajärjestelmään välittäjäorganisaation kautta.

2.9.2 ETS1- ja ETS2 -järjestelmien yhdistäminen

Eräs EU:n vuoden 2030 jälkeistä ilmastoarkkitehtuuria koskevassa keskustelussa esitetyistä uudistuksista koskee ETS1- ja ETS2 -päästökauppajärjestelmien yhdistämistä.

EU:n ilmastopaneeli (ESABCC, 2024) on esittänyt, että kahden erillisen päästökauppajärjestelmän ylläpitäminen saattaa luoda vääristymiä ja haitallisia kannustimia. Esimerkiksi liikenne- ja rakennussektorien sähköistämistä pyritään edistämään sisällyttämällä fossiiliset polttoaineet ETS2:n piiriin. Sähköistymiskehitystä saattaa kuitenkin jarruttaa se, että sähkö kuuluu ETS1:n piiriin, jossa päästöoikeuden hinta on nykyisellään korkeampi kuin komission matalaksi arvioima ohjehinta ETS2:n päästöoikeudelle.

Muut toimijat näkevät ETS1- ja ETS2 -järjestelmien yhdistämisen keinona lisätä päästöoikeuksien saatavuutta ja päästövähennysmahdollisuuksia, mikä voisi lyhyellä aikavälillä parantaa markkinoiden likviditeettiä ja vähentää hintavaihteluita (ks. esim. Elkerbout ym., 2024). Lisäksi järjestelmien yhdistäminen nähdään suotavana kehityksenä teknisten hiilinielujen liittämässä päästökauppaan, sillä se mahdollistaisi yhden kattavan hiilen hinnan sekä päästövähennyksille että hiilenpoistoille (Edenhofer ym., 2023).

Ehdotukseen liittyy kuitenkin haasteita. ETS2 -järjestelmän toimeenpanosta ei toistaiseksi ole kokemuksia, sillä järjestelmän on tarkoitus käynnistyä nykytiedon valossa vasta vuonna 2028. Päästökauppajärjestelmien yhdistäminen ennen kuin ETS2:ssa on saatu riittävästi kokemusta voisi heikentää ETS1-järjestelmän tehokkuutta.

Myös järjestelmien väliset merkittävät erot tekevät niiden yhdistämisestä käytännössä haastavaa: kun ETS1 kohdistuu noin 10 000 suuripäästöiseen laitokseen, ETS2 -järjestelmän piirissä päästöjen vähentäminen ulottuu satoihin miljooniin yksilöihin, joista jokainen vastaa pienistä päästölähteistä (Meyer-Ohlendorf ym., 2023b). Päästölähteiden hajautuneisuuden lisäksi järjestelmien piiriin kuuluvien sektoreiden päästövähennyskustannukset ovat erilaiset, samoin kuin käytettävissä olevien vaihtoehtojen ja tiedon määrä.

ETS2 eroaa ETS1 -järjestelmästä myös siten, että päästöoikeuden hinta vaikuttaa selkeämmin kansalaisten arkeen liikkumisen ja lämmityksen kustannusten kautta. Tämä lisää poliittista painetta pitää päästöoikeuden hinta maltillisena ETS2:ssa. Jos päästöoikeuden hinta muodostuisi ETS2:ssa matalammaksi kuin ETS1:ssä, saattaisi päästökauppajärjestelmien yhdistäminen olla poliittisesti hankalaa. Hintakehitys ETS2:ssa on kuitenkin edelleen epävarmaa: Euroopan komission alkuperäinen ehdotus (2021) arvioi päästöoikeuden hinnaksi 48–80 euroa, mutta muiden tutkimusten mukaan hinta voisi nousta jopa yli 300 euroon (mm. Abrell ym., 2024; Günther ym., 2025; Rickels ym., 2023).

Lisäksi vaikka ETS2:n päästöjen sisällyttäminen yhteiseen järjestelmään lisäisi päästöoikeuksien tarjontaa ja voisi alkuvaiheessa vähentää hintavaihteluita, sen sektoreilla saavutettavat suhteellisen rajalliset päästövähennykset saattaisivat lopulta pahentaa likviditeettiongelmaa (ks. Elkerbout ym., 2024; Carbon Market Watch, 2025). Tämä johtuu siitä, että kasvanut kysyntä päästöoikeuksista heikentäisi ETS1 -järjestelmän alaisten sektoreiden mahdollisuuksia hankkia oikeuksia markkinoilta ja nostaisi hintaa.

Pidemmillä aikavälillä erillisten päästökauppajärjestelmien ylläpitäminen kuitenkin heikentää politiikan kustannustehokkuutta, sillä se ei kannusta vähentämään päästöjä siellä, missä se olisi edullisinta (ESABCC, 2024). Yksi päästökauppajärjestelmä ja yksi hiilen hinta tekisivät järjestelmästä myös vähemmän monimutkaisen ja helpommin ymmärrettävän, mikä parantaisi luottamusta ja sitoutumista siihen (Meyer-Ohlendorf ym., 2023b). Vaihtoehtoina ovat esimerkiksi yhden yhtenäisen päästökauppajärjestelmän luominen (yhteisellä päästökatoalla, hiilen hinnalla ja hallintojärjestelyillä) sekä asteittaisemmat ratkaisut, kuten päästöoikeuksien kaupankäynnin salliminen kahden järjestelmän välillä, jolloin niiden hinnat voisivat vähitellen lähentyä toisiaan (ESABCC, 2024).

2.9.3 Päästökaupan laajentaminen

EU:n vuoden 2030 jälkeistä ilmastoarkkitehtuuria koskevassa keskustelussa on ollut esillä myös erilaisia päästökaupan laajentamiseen liittyviä vaihtoehtoja. Näitä ovat esimerkiksi:

- kolmannen päästökauppajärjestelmän (ETS3) luominen joko maatalouden tai laajemmin koko AFOLU-sektorin päästöille;
- maatalouden tai muiden uusien sektoreiden liittäminen nykyisiin päästökauppajärjestelmiin; ja
- päästökaupan maantieteellinen laajentaminen.

2.9.3.1 MAATALOUDEN PÄÄSTÖKAUPPA ETS3

Ilmastotoimien edistämiseksi maataloussektorilla on ehdotettu kolmannen päästökauppajärjestelmän (ETS3) perustamista.

EU:n ilmastopaneelin (ESABCC, 2024) mukaan EU:n tulisi ryhtyä valmistelemaan päästökauppajärjestelmän laajentamista maatalous-, elintarvike- ja LULUCF-sektoreille. Lisäksi päästökauppaa ehdotetaan täydennettäväksi muilla ohjauskeinoilla, kuten yhteisen maatalouspolitiikan uudistamisella ja kestävämpiä ruokavaloita tukevilla toimilla.

Muiden toimijoiden käymässä keskustelussa on ollut esillä kolme erilaista päästökaupmamallia maatalouden päästöjen vähentämiseksi (ks. esim. Euroopan komissio, 2023; ERCST, 2025c):

- maatilojen päästökauppajärjestelmä, joka kattaa maatilojen kasvihuonekaasupäästöt ja kohdistuu kaikkiin maatalouden toimijoihin (*on-farm ETS*);
- maatalouden arvoketjun ylävirran päästökauppajärjestelmä, joka kohdistuu panostuotantoon, kuten lannoite- ja rehuteollisuuteen, ohjaten näitä kehittämään vähäpäästöisempiä tuotteita ja vähentämään epäsuorasti tilojen päästöjä (*upstream ETS*); ja
- arvoketjun alavirran päästökauppajärjestelmä, joka kattaa jalostettujen maataloustuotteiden kasvihuonekaasupäästöt, jakaen kustannuksia ja vastuuta tasaisemmin koko arvoketjuun (*downstream ETS*).

Lisäksi on ehdotettu, että maatalouden päästökaupan velvoittamat toimijat voisivat täyttää osan päästövelvoitteistaan hankkimalla CRCF-asetuksen mukaisia hiiliviljely-yksiköitä (Euroopan komissio, 2023; McDonald ym., 2025). ERCST (2024) on esimerkiksi ehdottanut mallia, jossa arvoketjun alkupään teollisuuslaitoksille ja loppupään tuottajille asetettaisiin päästökauppavelvoitteita, kun taas viljelijät voisivat osallistua vapaaehtoisille markkinoille tuottamalla hiiliviljely-yksiköitä, joita päästökaupan piiriin kuuluvat toimijat voisivat hankkia. Tässä mallissa viljelijöillä olisi mahdollisuus myydä tuottamiaan yksiköitä, mikä palkitsisi heitä päästövähennyksistä sekä siirtymästä kohti nettonollaa ja kestävämpiä viljelykäytäntöjä. ERCST katsoo, että malli voisi lisätä järjestelmän hyväksyttävyyttä tarjoamalla viljelijöille uusia tulonlähteitä. Lisäksi on ehdotettu, että myös muut päästökauppajärjestelmän velvoittamat toimijat maataloussektorin ulkopuolella voisivat hankkia

hiiliviljely-yksiköitä (Verschuuren ym., 2024). Ecologic Institute ja Öko-Institut (McDonald ym., 2025) kuitenkin huomauttavat, että hiiliviljely-yksiköiden sisällyttäminen päästökauppaan olisi riskialtista, sillä niihin liittyy merkittäviä pysyvyyteen ja lisäisyyteen liittyviä ongelmia. Huolena on myös, että toimijat saattaisivat turvautua tällaisiin yksiköihin omien päästöjensä kompensoimiseksi sen sijaan, että ne vähentäisivät päästöjään suoraan. Uusien sektoreiden liittäminen nykyisiin päästökauppajärjestelmiin

Kokonaan uuden järjestelmän sijaan on myös ehdotettu maatalouden päästöjen sisällyttämistä olemassa oleviin päästökauppajärjestelmiin eli ETS1 tai ETS2 -järjestelmiin (ks. esim. Scheffler ja Wiegmann, 2024; ERCST, 2024). Jäsenvaltiot voivat kansallisesti laajentaa ETS2 soveltamisalan kattavuutta sisältämään maatalouden energiakäytön päästöjä, kuten Suomi on tehnyt (HE 119/2024). Muiden päästöjen osalta päästökaupan laajennukseen liittyy kuitenkin riskejä, sillä maatalouden päästöt poikkeavat muista sektoreista sekä lähteiltään että päästövähennysmahdollisuuksiltaan. Ilman sektorikohtaisia mukautuksia järjestelmä saattaisi aiheuttaa haitallisia tulonjakovaikutuksia, joita maatalouden toimijat pitäisivät epäoikeudenmukaisina. Maatalouden päästövähennysten todentaminen on myös luonteeltaan hyvin erilaista fossiilisten polttoaineiden päästöihin tai teollisuuden prosessipäästöihin verrattuna. Lisäksi on esitetty, että muita sektoreita, kuten kunnallinen jätteenpolttolaitos (ja kaatopaikat), sisällytettäisiin ETS1 -järjestelmän piiriin (ERCST 2024). Euroopan komissiolla on päästökauppadirektiivin perusteella velvollisuus harkita järjestelmän laajentamista jätteenpoltoon vuoteen 2026 mennessä, tavoitteena ottaa ala mukaan vuodesta 2028 alkaen.

2.9.3.2 MAANTIETEELLINEN LAAJENTAMINEN

Vaikka päästökaupan maantieteellisestä laajentamisesta ei ole tehty konkreettisia ehdotuksia, Pariisin sopimuksen 6.2 artikla tarjoaisi tälle oikeudelliset puitteet. EU:n ja Sveitsin päästökauppajärjestelmät on jo linkitetty toisiinsa. Lisäksi toukokuussa 2025 EU ja Iso-Britannia sopivat uudessa strategisessa kumppanuudessaan päästökauppajärjestelmiensä linkittämisestä (Euroopan komissio, 2025f). Linkitetystä päästökauppajärjestelmästä voi koitua hyötyjä, kuten kustannustehokkaampien päästövähennysmahdollisuuksien hyödyntäminen, pienentynyt hiilivuodon riski järjestelmien välillä sekä lisääntynyt markkinoiden likviditeetti (Holtsmark ja Midttømme, 2021; ICAP, 2023). Toisaalta linkitys edellyttää järjestelmien harmonisointia ja luottamusta eri toimijoiden kesken.

2.9.4 Kansainvälisten ilmastoyksiköiden kytkeminen päästökauppaan

EU:n vuoden 2030 jälkeistä ilmastoarkkitehtuuria koskevaan keskusteluun liittyy kiinteästi myös kysymys siitä miten kansainväliset markkinamekanismi ja Pariisin sopimuksen 6 artiklan kytketään EU:n ilmastoarkkitehtuuriin. Sen yksityiskohdat jäävät tämän raportin ulkopuolelle ja niitä käsitellään hankkeen seuraavassa, vuonna 2027 valmistuvassa raportissa.

Pariisin sopimuksen 6 artikla luo oikeudelliset puitteet osapuolten väliselle vapaaehtoiselle yhteistyölle sopimuksen hillintätavoitteiden saavuttamiseksi. Sopimuksen 6.2 artikla sisältää mahdollisuuden sopia päästövähennysten ja -poistumien siirroista maiden välillä kansallisesti määriteltujen panosten toteuttamiseksi. Artikla koskee kansainvälisten hillintätulosten (*Internationally Transferred Mitigation Outcomes, ITMOs*) eli ilmastoyksiköiden siirtoja. Sen sijaan 6.4 artikla keskittyy päästöjä vähentäviin ilmastohankkeisiin ja luo perustan kansainvälisten hillintätulosten sertifiointimekanismille, *Paris Agreement Crediting Mechanismille* (PACM). Tämä mekanismi mahdollistaa kaupankäynnin ilmastoyksiköillä, jotka on tuotettu hankkeissa, jotka täyttävät kansainvälisesti sovitut säännöt.

Eurooppalaisen ilmastolain (2021/1119) mukaan EU:n vuosia 2030 ja 2050 koskevat ilmastotavoitteet toteutetaan Euroopan sisäisin toimin. Sen 2.1 artikla määrittelee tavoitteeksi, että:

”Unionin laajuiset unionin oikeudessa säännellyt kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat on tasapainotettava unionissa viimeistään vuoteen 2050 mennessä siten, että nettopäästöt vähennetään nolnaan kyseiseen ajankohtaan mennessä, ja unioni pyrkii sen jälkeen saavuttamaan negatiiviset päästöt”

Lisäksi 4.1 artiklan mukaan:

”Jotta 2 artiklan 1 kohdassa asetettu ilmastoneutraaliustavoite voidaan saavuttaa, vuoteen 2030 ulottuvana sitovana unionin ilmastotavoitteena on kasvihuonekaasujen nettopäästöjen (päästöt poistumien vähentämisen jälkeen) vähentäminen unionin sisäisesti vähintään 55 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä.”

Sen sijaan 2040-tavoitteen osalta on joulukuussa 2025 alustavasti sovittu Pariisin sopimuksen 6 artiklan mukaisten joustojen käytöstä. Eurooppalaisen ilmastolain muuttamista koskevien kolmikantaneuvottelujen lopputuloksena sovittiin, että 90 prosentin päästövähennystavoitteeseen voidaan sisällyttää kansainvälisten markkinamekanismien käyttöä rajatusti: 85 prosenttia päästövähennyksistä on toteuduttava EU:n sisäisin toimin, ja enintään viisi prosenttia voidaan kattaa kansainvälisiltä markkinoilta hankittavilla ilmastoyksiköillä. Tämä on kuitenkin huomattava lisäys komission alun perin ehdottamaan kolmeen prosenttiin (Euroopan komissio, 2025c). Viiden prosentin osuus tarkoittaa sitä, että EU:n päästöt voisivat vuonna 2040 olla 50 prosenttia suuremmat kuin jos ilmastoyksiköitä ei käytettäisi (Graichen ym., 2025a). Tämä nostaa esiin kysymyksen siitä, miten Pariisin sopimuksen 6 artikla kytketään EU:n ilmastoarkkitehtuuriin ja millaisia mahdollisia lisäkreitteerejä EU asettaa ulkomailta ostettaville ilmastoyksiköille.

EU:lla on vuoden 2004 nk. Linkkidirektiivin (2004/101/EY) kautta kertynyttä aiempaa kokemusta kansainvälisten markkinamekanismien kytkemisestä ETS1 -järjestelmään. Sen avulla vuoden 1997 Kioton pöytäkirjan ns. hankemekanismit liitettiin EU:n päästökauppajärjestelmään. Tällaisia mekanismeja olivat teollisuusmaiden välinen yhteistoteutus (*Joint Implementation, JI*) ja puhtaan kehityksen mekanismi (*Clean Development Mechanism, CDM*). Tavoitteena oli alentaa päästökaupasta eurooppalaisille yrityksille aiheutuvia kustannuksia. Kokemukset järjestelystä olivat kuitenkin enimmäkseen huonoja. Kansainväliset ilmastoyksiköt yhdistettynä finanssikriisiin ja päästöoikeuksien ylitarjontaan johtivat päästöoikeuksien hinnan romahtamiseen ja huonolaatuisten ilmastoyksiköiden virtaan EU:n päästömarkkinoille.

Tätä taustaa vasten komissio totesi eurooppalaisen ilmastolain muuttamista koskevassa lainsäädäntöaloitteessaan, että ”nämä kansainväliset hyvitykset eivät saisi vaikuttaa vaatimusten noudattamiseen EU:n hiilimarkkinoilla” (Euroopan komissio, 2025c). Linjausta on tulkittu siten, että Pariisin sopimuksen 6 artiklan mukaisia kansainvälisiä ilmastoyksiköitä ei kytkettäisi suoraan EU:n päästökauppajärjestelmään, vaan ne liitettäisiin EU:n ilmastoarkkitehtuuriin jollain muulla tavoin.

Myös neuvosto ja parlamenttiehdottivat selvennettäväksi, ettei kansainvälisiä ilmastoyksiköitä voida käyttää päästökaupan velvoitteiden täyttämiseen (Euroopan unionin neuvosto, 2025; Euroopan parlamentti, 2025). Tämä rajaisi ilmastoyksiköiden käytön päästökaupan ulkopuolisiin sektoreihin, joita nykyisin säännellään taakanjakoasetuksella sekä LULUCF-asetuksella (Kulovesi ja Oberthür, 2025b). Yksityiskohdat määritellään kuitenkin vasta 2040-tavoitteen toteuttamista koskevassa täytäntöönpanolainsäädännössä, josta komission odotetaan antavan esitykset vuoden 2026 loppuun mennessä. Joidenkin tulkintojen mukaan ilmastoyksiköiden suora liittäminen päästökauppaan ei olisi täysin poissuljettu mahdollisuus (ks. esim. Leisinger, 2025). Kysymyksestä ei myöskään ole mainintaa kolmikantaneuvottelujen tuloksena alustavasti sovitussa tekstissä koskien eurooppalaisen ilmastolain muuttamista.

EU:n ilmastopaneeli julkaisi toukokuussa 2025 raportin, jossa todetaan yksiselitteisesti, että ”kansainvälisiä hyvityksiä ei suositella käytettäväksi korvaamaan kotimaisia päästövähennyksiä 2040-tavoitteen saavuttamisessa” (ESABCC, 2025b). Raportin mukaan ilmastoyksiköiden käyttäminen tavoitteen täyttämässä edes osittain voisi ohjata resursseja pois välttämättömistä investoinneista EU:n infrastruktuuriin, osaamiseen ja innovaatioihin. Lisäksi EU:n ilmastopaneeli varoittaa, että kansainvälisiin ilmastoyksiköihin liittyy merkittäviä riskejä hiilimarkkinoiden ja ympäristön eheyden kannalta. Näihin riskeihin kuuluvat muun muassa epävarmuudet lisäisyydestä sekä haasteet luotettavan raportoinnin, seurannan ja todentamisen (MRV) varmistamisessa.

Muut toimijat ovat ilmaisseet huolensa päästökaupan ja Pariisin sopimuksen 6 artiklan yhdistämiseen liittyen:

”Ilmastoyksiköiden sisällyttäminen päästökauppajärjestelmään muodostaa vakavan riskin. 6 artiklan mukaisten yksiköiden tai heikkolaatuisten hiilenpoistojen, kuten biohiilen, sisällyttäminen voisi heikentää päästökaupan ympäristöllistä eheyttä ja tehokkuutta. Näitä instrumentteja ei tulisi pitää vaihtoehtona päästöoikeusmarkkinoiden paineiden lieventämiseksi”. Graichen ym. (2025b)

”On olemassa riski, että epävarma mahdollisuus ‘halpoin’ ulkomaisiin päästövähennyksiin vähentää investointeja EU:n sisäisiin päästövähennyksiin.” Zachmann (2024)

”Kansainvälisten ilmastoyksiköiden sisällyttäminen ETS-järjestelmään tuhoaisi sen kovalla työllä saavutetun eheyden, joka tuottaa päästöjen hinnoittelun kautta riittävän kannustimen hiilineutraaliuteen, ja ohjaisi investoinnit EU:n ulkopuolelle.” Carbon Market Watch (2025)

Vallitseva näkemys onkin, ettei ilmastoyksiköitä tulisi hyödyntää päästökaupan velvoitteiden täyttämiseen, mikä vastaa myös Suomen valtion virallista kantaa:

”Valtioneuvosto hyväksyy komission ehdotuksen Pariisin sopimuksen 6 artiklan mukaisten korkealaatuisten ilmastoyksiköiden käytöstä. Yksiköitä ei valtioneuvoston näkemyksen mukaan tulisi kuitenkaan käyttää EU:n päästökaupan velvoitteiden täyttämiseen, jotta EU:n päästökauppa ohjaa päästövähennyksiin sekä uusien päästöjä vähentävien teknologioiden, kuten teknologisten nielujen, käyttöön EU:n sisäisesti.” Valtioneuvosto (2025)

Päästökaupan ja 6 artiklan yhdistämistä on kuitenkin myös tuettu erityisesti siksi, että päästökauppaan mahdollisesti liitettävien teknologisten hiilinielujen nähdään keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä olevan sidoksissa kansainvälisiin ilmastoyksiköihin (ks. esim. Delbeke, 2024; ERCST, 2025a). Niiden katsotaan luovan markkinoita hiilenpoistoteknologioille, edellyttäen että yksiköiden käyttöä ohjaavat tiukat MRV- ja pysyvyyssstandardit sekä selkeät kelpoisuusvaatimukset.

Bartin ja Martins Baratan (2025b) mukaan kansainvälisten ilmastoyksiköiden käyttöönotto ETS1:ssä voisi tarjota keinon hallita jäännöspäästöjä sekä lieventää markkinoiden likviditeettiongelmia. ETS2:ssa se puolestaan voisi toimia keinona hillitä järjestelmän ennakoituja kustannuksia ja siten suojata sitä mahdolliselta perumiselta, viivästyttämiseltä tai vesittämiseltä. He ehdottavat keskitetyn varantomekanismin käyttöönottoa, jonka avulla hyvityksiä vapautettaisiin markkinoille vain silloin, kun se on tarpeen. Myös Elinkeinoelämän keskusliitto (2025) tukee rajallista ilmastoyksiköiden käyttöä molempien päästökauppojen velvoitteiden täyttämiseksi.

3. EU:N ILMASTOPOLITIIKAN SKENAARIOIDEN TARKASTELU PÄÄSTÖKAUPPAMALLILLA

Kuten edellä esitetty analyysi EU:n ilmastopolitiikan vuoden 2030 jälkeisestä arkkitehtuurista osoitti, keskeiset kysymykset liittyvät teknologisten nielujen liittämiseen päästökauppaan, päästökauppojen ETS1 ja ETS2 yhdistämiseen ja kansainvälisten ilmastoyksiköiden rooliin arkkitehtuurissa. Tässä osiossa tarkastellaan päästökauppamallin avulla neljää eri skenaariota EU:n ilmastopolitiikan arkkitehtuurille. Nämä skenaariot on esitelty taulukossa 2, ja niiden yksityiskohtaisempi kuvaus sekä tulokset on esitelty tarkemmin alaluvuissa. Mallinnuksen tavoitteena on ymmärtää EU:n 2030-luvun ilmastopolitiikan taloudellisia vaikutuksia Suomessa ja muualla EU:ssa sekä arkkitehtuurivaihtoehtojen vaikutusta päästökehitykseen.

Skenaario 1: Nykypolitiikan jatko. EU:n ilmastopolitiikan nykyinen arkkitehtuuri säilyy siten, että jako päästökauppa-, taakanjako- ja maankäyttösektoreihin pysyy muuttumattomana. Päästökaupat ETS1 ja ETS2 jatkavat erillisinä järjestelminä niin, että nykysääntöjä jatketaan periodille 2031–2040 ja vuosittain jaettavat päästöoikeudet vähenevät nykyisten lineaaristen vähennyskertoimien mukaisesti. Teknologisia hiilinieluja tai kansainvälisiä ilmastoyksiköitä ei liitetä päästökauppajärjestelmään.

Skenaario 2: Teknologiset hiilinielut päästökauppaan. Teknologiset hiilinielut liitetään ETS1:een siten, että negatiivisten päästöjen tuottaminen luo markkinoille lisää päästöoikeuksia. Maankäyttösektorin nielut pysyvät järjestelmän ulkopuolella. Tarkastelemme myös nielujen tuomista ETS2:een sekä erilaisia sääntöjä ja rajoitteita niiden vaihdannalle. Kansainväliset ilmastoyksiköt pysyvät päästökaupan ulkopuolella.

Skenaario 3: Päästökauppojen yhdistäminen. ETS1 ja ETS2 yhdistetään yhdeksi päästökauppajärjestelmäksi vuonna 2035 siten, että yhdistämisestä ilmoitetaan vuonna 2030 ja päästöoikeuksien vaihdannaisuus sektoreiden välillä sallitaan. Taakanjakosektorille jää tällöin lähinnä maatalouden päästöjä, jolloin jäljelle jäävä taakanjakosektori yhdistetään maankäyttösektorin kanssa uudeksi AFOLU-sektoriksi. Teknologisia hiilinieluja tai kansainvälisiä ilmastoyksiköitä ei liitetä päästökauppajärjestelmään.

Skenaario 4: Kansainväliset ilmastoyksiköt päästökauppaan. Kansainvälisiä ilmastoyksiköitä sallitaan käytettäväksi ETS1:ssä siten, että niiden käyttöä on rajoitettu 3 prosenttiyksikköön vuoden 2040 tavoitteesta (noin 140 Mt). ETS1 -sektorin yritykset voivat hyödyntää näitä yksiköitä päästökauppavelvoitteissaan ilman, että se vähentää liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia. Teknologiset nielut pysyvät päästökaupan ulkopuolella.

Päästökauppajärjestelmien osalta päästökehitystä mallinnetaan nykyainsäädännön mukaisesti. Muiden sektoreiden päästökehitys perustuu Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) sekä Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja -skenaariot -hankkeen (KEITO) lisätoimiskenaarioihin (WAM, With Additional Measures). Missään skenaariossa yksin päästökaupan muutokset eivät riitä 90 prosentin päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi vuodelle 2040, jolloin tarvittavat lisätoimet tulee jyvittää muille sektoreille (ETS2:n ulkopuolinen taakanjakosektori, maankäyttösektori, teknologiset hiilinielut tai kansainväliset ilmastoyksiköt). Huomioitavaa on, että päästökauppojen osalta mallinnetaan vain rakenteellisia muutoksia, mutta lisätoimia olisi mahdollista tehdä myös päästökaupoissa esimerkiksi jyrkentämällä lineaarista vähennyskerrointa. Lähtökohta kuitenkin on, että kaikissa neljässä skenaariossa vuoden 2040 tavoite saavutetaan, joten ne ovat siltä osin vertailukelpoisia. Kumulatiiviset päästöt sekä vaikutukset Suomen päästöihin ja talouteen kuitenkin vaihtelevat eri skenaarioiden välillä.

Taulukko 2. EU:n ilmastopolitiikan arkkitehtuuri skenaarioissa 1–4.

	Päästökauppasektori	Taakanjakosektori	Maankäyttösektori
Skenaario 1: Nyky politiikan jatko	ETS1	ETS2	LULUCF
Skenaario 2: Teknologiset nielut päästökauppaan	ETS1 Teknologiset nielut	ETS2 Muu taakanjakosektori	LULUCF
Skenaario 3: Päästökauppojen yhdistäminen	ETS1 + ETS2	AFOLU-sektori: Muu taakanjakosektori LULUCF	AFOLU-sektori: Muu taakanjakosektori LULUCF
Skenaario 4: Kansainväliset ilmastoyksiköt päästökauppaan	ETS1 Kansainväliset ilmastoyksiköt	ETS2 Muu taakanjakosektori	LULUCF

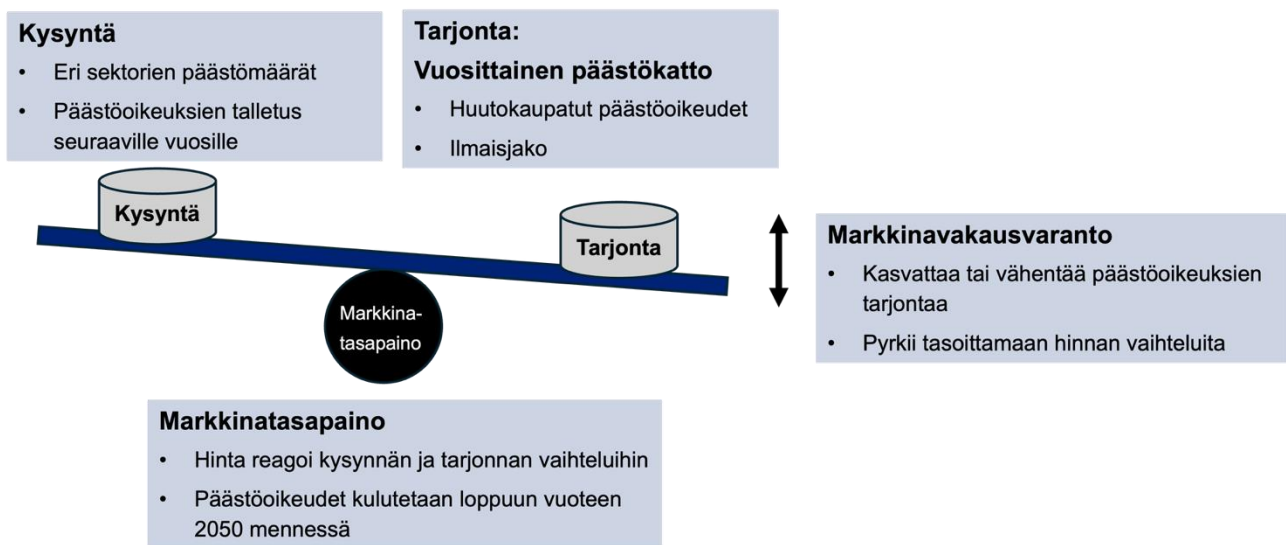
3.1 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1.1 Päästökaupamalli

Tässä raportissa käytetään EU:n laajuista päästömarkkinaa kuvaavaa mallia, joka vastaa perusrakenteeltaan Gerlaghin ym. (2021) esittämää mallia, joka perustuu sektorikohtaisiin hintajoustoihin. Mallia ovat aiemmin käyttäneet mm. Seppänen ym. (2022). Tässä raportissa mallia on laajennettu ja kalibroitu vastaamaan mahdollisia ilmastopolitiikan arkkitehtuurimuutoksia vuoden 2030 jälkeen. Mallin avulla voidaan arvioida päästökaupan mahdollisten muutosten ilmasto- ja talousvaikutuksia Suomessa ja muualla EU:ssa.

Mallissa päästöoikeuden hinta muodostuu oikeuksien tarjonnan ja kysynnän perusteella. Koska yritykset voivat tallettaa oikeuksia myöhempää käyttöä varten, päästöoikeuden odotettu hinta nousee vuosittain diskonttokoron verran niin kutsutun Hotellingin säännön (1931) mukaisesti. Malli tuottaa päästöoikeuden lähtöhinnan siten, että kyseisellä hintapolulla toteutuva kysyntä vastaa tarjontaa, ja talletetut päästöoikeudet käytetään loppuun viimeistään vuonna 2050. Päästöoikeuksien vuotuinen tarjonta määräytyy nykyisten sääntöjen (Direktiivi 2003/87/EY, Päätos (EU) 2015/1814) puitteissa liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien lukumäärän ja toimivan markkinavakausvarannon perusteella.

Päästöoikeuksien tarjonnan ollessa niiden kysyntää suurempaa oikeuksia talletetaan, ja vastaavasti kysynnän ollessa tarjontaa suurempaa talletettuja oikeuksia käytetään kysynnän kattamiseksi. Jos talletettujen oikeuksien lukumäärä kasvaa suureksi, oikeuksia siirretään markkinoilta pois markkinavakausvarantoon. Jos ETS1:n markkinavakausvaranto kasvaa suureksi, sinne säilöttyjä oikeuksia mitätöidään. Tästä syystä ETS1:n päästökatto, joka määrittää päästökauppasektorin kumulatiiviset päästöt, määräytyy markkinatoimijoiden käyttäytymisen perusteella. ETS2:n markkinavakausvarannosta ei mitätöidä oikeuksia, jolloin ETS2:n päästökatto määräytyy komission liikkeelle laskemien päästöoikeuksien mukaisesti. Markkinavakausvarannon merkitystä markkinatasapainon muodostumisessa on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2. Markkinavakaushvarannon merkitys markkinatasapainon muodostumisessa.

Taloudellisen analyysin kannalta keskeistä on ymmärtää, miten rationaaliset ja eteenpäin katsovat toimijat käyttäytyvät päästömarkkinoilla. Päästöoikeuksien kysyntä perustuu yritysten päästövähennyskustannuksiin: jos päästövähennyksien toteuttaminen on yritykselle kalliimpaa kuin päästöoikeuksien käyttäminen, yritys käyttää päästöoikeuksia. Yritykset voivat myös tallettaa oikeuksia myöhempää käyttöä varten, ja ne muuttavat käyttäytymistään, jos päästömarkkinoilla tapahtuu muutoksia. Tällä on vaikutusta päästöoikeusmarkkinan dynamiikan kannalta: jos esimerkiksi komissio ilmoittaa laskevasa tulevaisuudessa liikkeelle odotettua enemmän päästöoikeuksia, rationaaliset ja eteenpäin katsovat toimijat ymmärtävät, että tämän lupauksen toteutuessa niukkuus päästöoikeuksista hellittää hieman. Tällöin päästöoikeuden hinta laskee välittömästi. Tämä tekee päästöoikeuksien tallettamisesta vähemmän kannattavaa, jolloin yritykset mieluummin käyttävät päästöoikeuksia aiemmin kuin tallettavat niitä. Kun päästöoikeuksien tallettaminen vähenee, vastaavasti markkinavakaushvarantoon siirrettävien oikeuksien määrä vähenee. Tämä puolestaan vähentää päästöoikeuksien mitätöintejä ja siten kasvattaa kumulatiivisia päästöjä enemmän, mitä liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien lukumäärän kasvun perusteella voisi intuitiivisesti päätellä.

Taloudellisen analyysin tavoitteena on ymmärtää EU:n 2030-luvun ilmastopolitiikan taloudellisia vaikutuksia Suomessa ja muualla EU:ssa. Keskeisimmät taloudelliset kysymykset liittyvät uusien sektoreiden, teknologisten hiilinielujen ja kansainvälisten ilmastoyksiköiden liittämiseen osaksi päästökauppajärjestelmää. Uusien sektoreiden kannalta olennaista on se, miten voimakkaasti ne reagoivat päästöoikeuden hintaan. Päästöoikeuden hinnan vaikutusta arvioidaan sektorikohtaisten hintajoustopojen avulla. Hintajousto kuvaa sitä, kuinka paljon päästöjä aiheuttavan hyödykkeen hinnan suhteellinen kasvu vähentää suhteellisesti sen kysyntää. Koska muutokset kysynnässä eivät aina ole välittömiä, otamme huomioon sekä lyhyen aikavälin (kulutuksen vähentäminen) että pitkän aikavälin (teknologian kehittyminen) hintajoustopojen. Teknologisten nielujen osalta raportissa keskitytään BECCS-teknologialla tuotettuihin poistoyksiköihin, joiden kannalta on keskeistä ymmärtää BECCS:n tuotantokustannuksia ja varastointikapasiteetin kehittymistä.

Malli on kalibroitu seuraavasti:

- Sektorikohtaiset päästöoikeuksien teoreettiset maksimikysynät (ts. päästöt, kun päästöoikeuden hinta on nolla) on määritetty ETS1 -sektorille toteutuneiden päästöjen (EEA, 2025b) avulla ja ETS2 -sektorille WAM-skenaarioiden (EEA, 2025c; KEITO, 2025) mukaisesti. Sektorikohtaiset hintaherkkyydet perustuvat joko suoraan kirjallisuudessa esitettyihin joustoihin tai niistä johdettuihin arvioihin.
- Päästöoikeuksien kysynnän suhteelliset muutokset ajassa on kalibroitu siten, että EU:n yleisessä päästökaupassa (ETS1) vuonna 2025 hinnaksi tulee 72 €/tCO₂ perustuen toteutuneisiin huutokauppoihin (EEX, 2025), ja polttoaineen jakelijoiden päästökaupassa (ETS2) vuonna 2028 lähtöhinnaksi tulee 89,25 €/tCO₂ perustuen erityisesti futuurien hintaan (ICE, 2025).
- Teknologisten nielujen tarjonta on Suomen osalta sovitettu VTT:n tuottamaan arvioon BECCS:n rajakustannuksista perustuen kirjallisuuteen (Kujanpää ym., 2023; Kujanpää ym., 2024). Muun Euroopan tarjonta on skaalattu Suomen tarjonnasta siten, että teknologisten nielujen tarjonta vastaa arvioita koko EU:n BECCS-tuotantokapasiteetista (ESABCC, 2025b).

Päästökaupamallin kuvaus ja kalibrointi on esitetty tarkemmin raportin liitteissä.

3.1.2 Skenaarioiden taustaoletukset

Tässä raportissa ei ole erikseen mallinnettu päästökehitystä taakanjako- ja maankäyttösektorille (taulukko 3). Jotta nettopäästöt olisi mahdollista laskea päästökaupamallinnusten pohjalta, on taakanjako- ja maankäyttösektorin päästökehityksen kuitenkin oletettu noudattavan WAM-skenaarioita (EEA, 2025a; EEA, 2025c; KEITO, 2025). Taakanjakosektorin päästöistä on eroteltu vuonna 2028 ETS2:n piiriin siirtyvät sektorit, jotka mallinnetaan erikseen. Tällöin jäljelle jäävällä taakanjakosektorilla päästövähennysten oletetaan jatkuvan muualla EU:ssa vuosien 2020–2027 tahtiin, eli keskimäärin noin 2,2 prosentilla vuodessa. Suomessa päästövähennysten oletetaan jatkuvan KEITO:n WAM-skenaarion mukaisesti. Vertailutasona nettopäästövähennyksille on käytetty EU:n nettopäästöjen 4726 Mt tasoa vuonna 1990 (EEA, 2025d).

Taulukko 3. Mallintamattomien sektoreiden päästökehitysten taustaoletukset skenaarioissa 1–4.

Sektori	EU	Suomi	Huomioita
Taakanjako-sektori (pl. ETS2)	Päästöjen oletetaan vähenevän vuoden 2027 jälkeen WAM-skenaarion (EEA, 2025c) mukaisesti 2,2 % vuodessa.	KEITO:n WAM-skenaarion (2025) mukaisesti, aukot täytetty lineaarisesti.	EU:lle oletettu ETS2 sisältää tieliikenteen, rakennukset sekä 58 % ETS1:n ulkopuolisesta teollisuudesta (Rickels ym., 2023). Suomelle oletettu ETS2 sisältää tieliikenteen, rakennukset, työkoneet sekä muut prosessit ja tuotteet.
Maankäyttö-sektori	WAM-skenaarion (EEA, 2025a) mukaisesti	KEITO:n WAM-skenaarion (2025) mukaisesti.	Skenaariossa 2 oletetaan, että teknologiset nielut eivät vaikuta maankäyttösektorin nieluun. BECCS tuottaa päästöjen poistumia vain, jos siihen käytetty biomassa ei heikennä maankäyttösektorin nielua.

Huutokauppatulojen ja yritysten päästöoikeusostojen laskennassa on tehty nykylainsäädännön mukaisia oletuksia. Hiilirajamekanismin vaikutus päästöoikeuksien ilmaisjakoon ETS1:ssä on huomioitu siten, että ilmaisjako vähenee asetuksen (EU) 2023/956 kattamilla sektoreilla vuodesta 2026 alkaen ja lakkaa kokonaan vuonna 2034. Hiilirajamekanismin ulkopuolisille sektoreille oletetaan, että päästöoikeuksien ilmaisjako jatkuu ETS1:ssä nykylainsäädännön mukaisesti. ETS2:ssa ilmaisjakoa ei ole, vaan kaikki päästöoikeudet huutokaupataan. Laskennassa on otettu huomioon päästöoikeuksien siirrot markkinavakausvarannosta sekä huutokauppatulojen rahastointi. Lisäksi on oletettu, että Suomen osuudet ETS1:n ja ETS2:n huutokauppatuloista säilyvät nykylainsäädännön mukaisina. Laskenta sisältää epävarmuuksia liittyen mm. päästöoikeuden hintakehitykseen, ilmaisjaon tulevaisuuteen ETS1:ssä sekä huutokauppatulojen jakoon jäsenmaiden ja EU:n rahastojen välillä.

3.2 SKENAARIO 1: NYKYPOLITIIKAN JATKO

Skenaario 1 kuvaa nykyisen lainsäädännön (Direktiivi 2003/87/EY, Päätös (EU) 2015/1814) mukaista tilannetta, jossa on kaksi erillistä päästökauppaa. ETS1 kattaa raskaan teollisuuden, energiantuotannon sekä meri- ja lentoliikenteen, ja ETS2 vuodesta 2028 alkaen tieliikenteen, erillislämmityksen ja ETS1:n ulkopuolista pienteollisuutta. Todellisuudessa jäsenvaltiot voivat lisätä ETS2:een myös muita taakanjakoasetuksen alaisia sektoreita (ns. opt-in), mutta tarkkoja maakohtaisia tietoja ei ole vielä saatavilla. Tätä mahdollisuutta ei siksi tarkastella tässä raportissa, vaan kaikkien jäsenmaiden oletetaan tuovan ETS2:n piiriin samat sektorit.

Energian ja teollisuuden osalta viimeiset päästöoikeudet jaetaan ETS1:ssä vuonna 2039 ja lento- ja meriliikenteen osalta vuonna 2045, minkä jälkeen yritykset voivat vielä käyttää itse tallettamiaan ja markkinavakausvarannosta vapautuvia päästöoikeuksia. Näiden talletettujen oikeuksien ansioista päästöjä syntyy vielä etenkin meri- ja lentoliikenteessä, vaikka uusia oikeuksia ei jaeta markkinoille. Päästöoikeuksien mitätöinti ETS1:n markkinavakausvarannosta jatkuu vuoteen 2035 asti, ja markkinavakausvarannosta vapautuu markkinoille oikeuksia yhteensä 400 Mt vielä vuosina 2040–2043. Viimeiset päästöoikeudet lasketaan liikkeelle ETS2:ssa vuonna 2043, jonka jälkeen päästöjä aiheutuu vielä vuoteen 2047 asti talletettujen päästöoikeuksien turvin. ETS2:n markkinavakausvarannosta vapautuu markkinoille oikeuksia yhteensä 220 Mt vuosina 2028–2030 ja vielä yhteensä 380 Mt vuosina 2041–2044.

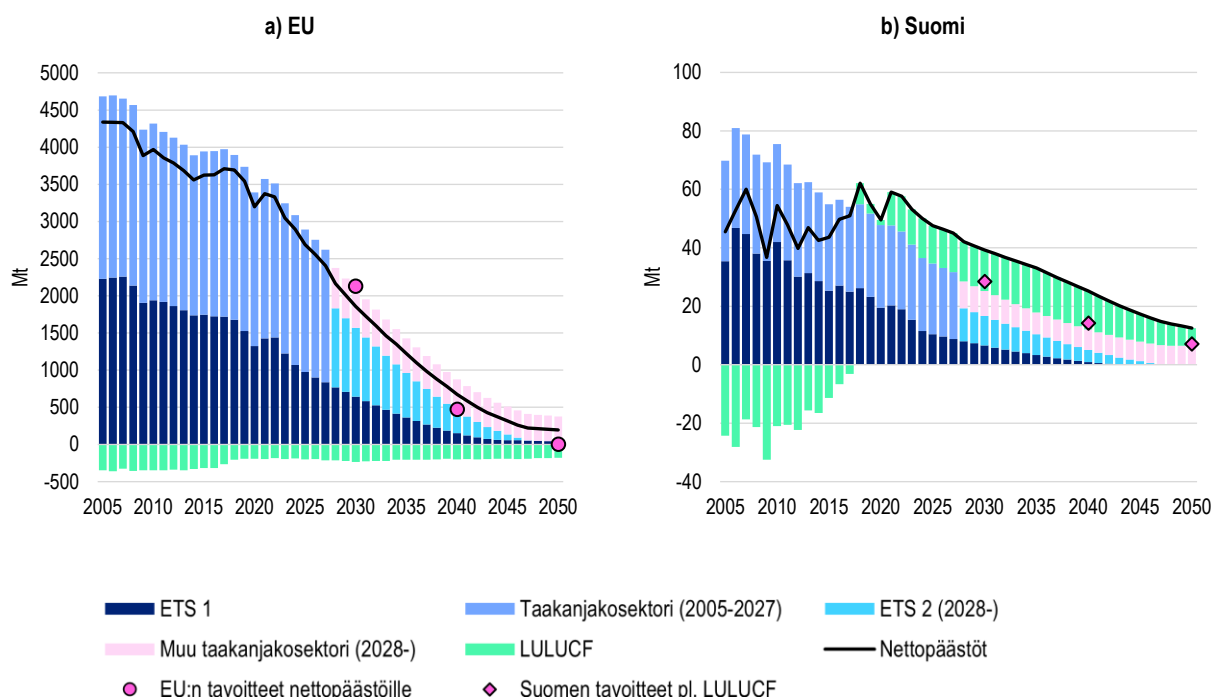
3.2.1 ILMASTOTAVOITTEIDEN SAAVUTTAMINEN

Kuvassa 3 esitetään skenaarion 1 mukainen päästökehitys EU:lle (paneeli a) ja Suomelle (paneeli b). EU:n päästöt jatkavat laskuaan, mikä johtuu erityisesti siitä, että ETS1:n ja ETS2:n lineaariset vähennyskertoimet vähentävät liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää. ETS1 -sektorin päästöt vuonna 2040 ovat EU:ssa 153 Mt. Ennen tätä ETS1 -sektori saavuttaa vuoden 2030 tavoitteensa, eli 62 prosentin vähennyksen vuoden 2005 tasoon verrattuna, kun sektorin päästöt vähenevät 71 prosenttia. ETS2:n käynnistyttyä vuonna 2028 sektorin päästöt alkavat vähentyä aiempaa nopeammin, ja vuonna 2040 ETS2 -sektorin päästöt ovat 304 Mt. Taakanjakosektori, johon ETS2 -sektori edelleen vuonna 2030 luetaan, saavuttaa vuoden 2030 tavoitteensa vähentää päästöjä 40 prosenttia verrattuna vuoden 2005 tasoon, sillä päästöt vähenevät 41 prosenttia. Tavoitteen saavuttaminen riippuu kuitenkin pitkälti siitä, miten ETS2 alkaa käynnistyttyään vähentämään päästöjä liikenteessä, rakennusten lämmityksessä ja pienteollisuudessa.

Yhteenlaskettuna päästökaupat sekä WAM-skenaarion mukaiset toimet muulla taakanjakosektorilla ja maankäyttösektorilla riittävät vähentämään EU:n nettopäästöjä 85,7 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna. Lisätoimien tarve vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi on tällöin 203 Mt eli 4,3

prosenttia vuoden 1990 tasosta. Jos EU hyödyntää kansainvälisiä ilmastoyksiköitä 5 prosenttiyksikön verran, 90 prosentin tavoite täyttyy.

Päästökaupat ja KEITO:n WAM-skenaarion mukaiset vähennykset muulla taakanjakosektorilla riittävät täyttämään Suomen ilmastolain tavoitteen (80 % päästöjen vähennys vrt. 1990 tasoon, pl. LULUCF) vuodelle 2040, jolloin päästöt ovat 12,1 Mt ilman maankäyttösektoria, mikä vastaa 83,0 prosentin vähennyistä vuoden 1990 tasosta. Metsänielun muuttuminen päästölähteeksi kuitenkin estää ilmastolain mukaisen hiilineutraaliustavoitteen toteutumisen 2035, jolloin nettopäästöt ovat 33,1 Mt. Suomi ei täytä EU:n asettamaa velvoitetta vähentää taakanjakosektorin päästöjä 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon, vaan päästöt vähenevät 46 prosenttia.



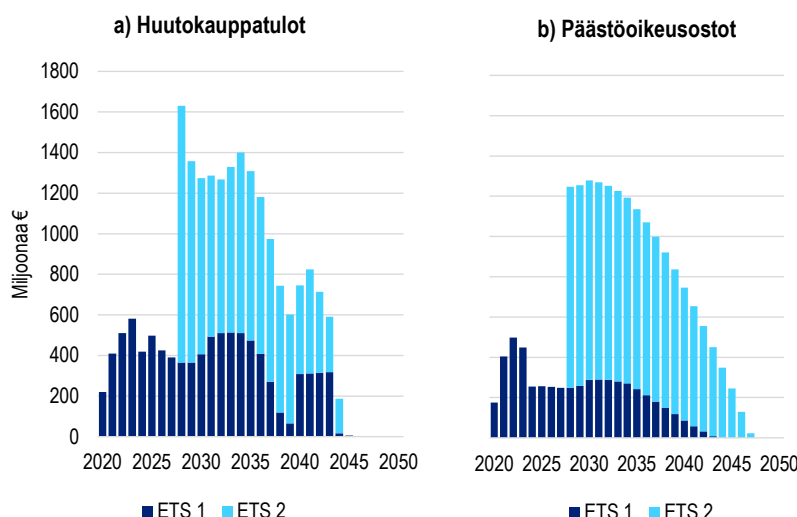
Kuva 3. a) EU:n ja b) Suomen päästökehitys 2020–2050 skenaariossa 1.

3.2.2 TALOUDELLISET VAIKUTUKSET SUOMELLE

Kuvassa 4 esitetään skenaarion 1 taloudellisia vaikutuksia Suomelle huutokauppatuloina valtiolle (paneeli a) ja yritysten päästöoikeusostoina (paneeli b). Huutokauppatulot jyvitetään Suomelle osana koko EU:n huutokauppatuloja vakio-osuuden mukaan, jonka oletetaan säilyvän nykyisellään koko tarkastelun ajan. Huutokauppatulot ovat viime vuosina nousseet päästöoikeuden hinnan noustessa ja ilmaisjaon vähentyessä.

Suomen ETS1 -sektorin huutokauppatulojen ennustetaan pysyvän vakaasti noin 400 miljoonassa eurossa vuodessa aina 2030-luvun loppupuolelle saakka. Vaikka oikeuksia lasketaan liikkeelle aiempaa vähemmän, huutokaupattavien oikeuksien osuus kasvaa asteittain hiilirajamekanismin tullessa voimaan ja päästöoikeuksien hinta kasvaa. Tämän jälkeen liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrän väheneminen aiheuttaa hetkellisen laskun tuloissa. Päästöoikeuksien vapauttaminen ETS1:n markkinavakaussuunnitelmasta kuitenkin nostaa huutokauppatulot takaisin noin 300 miljoonaan euroon vuosiksi 2040–2043, jonka jälkeen ETS1:n huutokauppatulot putoavat nopeasti nolleen vuodesta 2046 alkaen. Päästökauppatuloihin ennustetaan huomattavaa kasvua vuonna 2028, kun ETS2

päästöoikeuksien huutokaupat alkavat. Ensimmäisinä vuosinaan ETS2 tuo Suomelle huutokauppatuloja mallinnuksen mukaan noin miljardi euroa vuosittain, jolloin Suomen huutokauppatulot ovat yhteensä päästökaupoista korkeimmillaan 1,6 miljardia euroa vuonna 2028. Tämän jälkeen liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien väheneminen laskee myös ETS2:sta saatavia huutokauppatuloja, mutta ne pysyvät merkittävänä tulonlähteenä 2040-luvulle asti. Nämä ennusteet perustuvat ETS2 osalta vuoden 2025 futuurimarkkinoiden hintoihin, mutta hintoihin ja huutokauppatuloihin liittyy merkittävää epävarmuutta.



Kuva 4. a) Huutokauppatulot Suomen valtiolle ja b) suomalaisten yritysten päästöoikeusostot skenaariossa 1.

Päästöoikeuksien ostoista suomalaisille yrityksille aiheutuvat kustannukset ovat huutokauppatuloja pienempiä varsinkin ETS1 -sektorilla, jossa Suomi hyötyy verrattain suuresta ilmaisjaoista. Suomalaisyrittysten ennustetaan ostavan päästöoikeuksia ETS1:ssä 2030-luvun taitteessa noin 200 miljoonalla eurolla vuosittain, laskien nopeasti nollaan vuoteen 2044 mennessä. ETS2:n alkuvuosina suomalaisyrittysten ennustetaan hankkivan päästöoikeuksia noin miljardin euron edestä, mitä selittää se, että ETS2:ssa ei ole ilmaisjakoa, vaan kaikki oikeudet huutokaupataan. ETS2 -sektorilla Suomen päästöt laskevat hieman muuta EU:ta hitaammin johtuen jo valmiiksi korkeasta hintaohjauksen tasosta ja muuta EU:ta korkeammasta jakeluvaihtoehdosta erityisesti liikenteessä. Rahavirtoja tarkasteltaessa Suomi hyötyy päästökaupoista keräten tuloja ulkomaalaisilta saastuttajilta. Tämä rahavirtalaskelma ei kuitenkaan kata kaikkia kansantaloudellisia vaikutuksia, joihin tulisi sisällyttää myös päästöjen vähentämisestä aiheutuvat kustannukset.

3.3 SKENAARIO 2: TEKNOLOGISET HIILINIELUT PÄÄSTÖKAUPPAAN

Skenaariossa 2 teknologiset hiilinielut liitetään ETS1:een siten, että BECCS:llä tuotetut poistoyksiköt lisäävät päästöoikeuksien määrää, ja yritykset saavat käyttää poistoyksiköitä kattamaan koko kysyntänsä päästöoikeuksille. Poistoyksiköt tuodaan ETS1:een, joka on niille luonteva paikka koska se sisältää jo fossiilisperäisen hiilen talteenoton ja varastoinnin (CCS) ja BECCS:n kannalta keskeiset teollisuudenalat ovat olleet siinä mukana. Vaihtoehtoisesti poistoyksiköt voivat olla päästöoikeuksia

korvaavia, tai teknologiset nielut voidaan liittää ETS2:een. Skenaarion tulosten tarkastelun jälkeen tarkastellaan myös näitä muita liittämistapoja.

Käytännössä teknologisten hiilinielujen tuottaja, esimerkiksi BECCS:iä tuottava yritys, voi luoda päästöoikeuksia vastaavia poistoyksiköitä ja myydä niitä joko suoraan tai välittäjän kautta päästökaupan piirissä oleville yrityksille. Päästöoikeuden hinta muodostaa hiilen talteenotolle ja varastoinnille voimakkaan kannustimen, jolloin tuotetun teknologisen nielun koko kasvaa nopeasti päästöoikeuden hinnan ylittäessä teknologisten nielujen kustannuksen. Mallinnuksessa teknologisia nieluja aletaan tuottamaan vasta päästöoikeuden hinnan noustessa tarpeeksi korkealle, eli vasta 2030-luvun loppupuolella. Päästöoikeuden odotettu hinta todennäköisesti ohjaa tutkimus- ja kehitystoimintaa jo tätä aiemmin.

Koska päästöoikeuksina käytettävien poistoyksiköiden enimmäismäärä on sidottu päästöoikeuksien kysyntään, teknologisen nielun koko alkaa pienentyä 2040-luvun loppupuolella. Tämä johtuu siitä, että ETS1 -sektorin vähenevät päästöt eivät enää synnytä riittävän suurta kysyntää poistoyksiköille. Tällöin siis teknologisia nieluja oltaisiin valmiita ja kykeneviä tuottamaan enemmän kuin niille on ETS1:ssä tarve. Kysymys siitä, kuka maksaisi päästökaupasektorin ulkopuolella tuotetun teknologisen nielun, jätetään skenaariossa avoimeksi, ja taloudellisessa analyysissä keskitytään ainoastaan päästökauppajärjestelmän sisällä tapahtuviin asioihin.

3.3.1 ILMASTOTAVOITTEIDEN SAAVUTTAMINEN

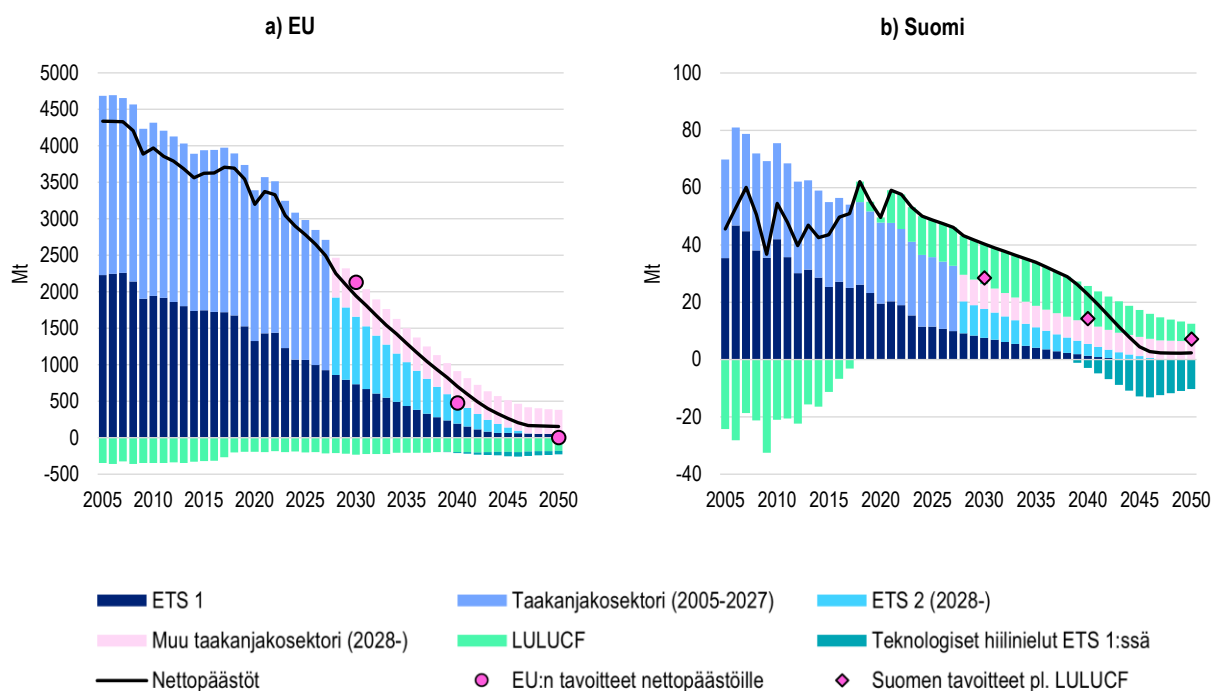
Kuvassa 5 esitetään skenaarion 2 mukainen päästökehitys EU:lle (paneeli a) ja Suomelle (paneeli b). ETS1 -järjestelmän päästöoikeuden hinnalla teknologiset nielut eivät ole vielä kannattavia 2030-luvun alussa. Päästökauppaan liitettynä niitä aletaan tuottaa vasta, kun päästöoikeuden hinta ylittää teknologisten nielujen tuottamisen kustannuksen. Vuonna 2040 teknologisen nielun koko EU:ssa on 13 Mt, joten teknologiset hiilinielut ovat melko pienessä roolissa vuoden 2040 tavoitteen saavuttamisessa. Teknologisten hiilinielujen merkitys kuitenkin kasvaa nopeasti 2040-luvulla, ja niiden koko on vuosikymmenen puoliväliin mennessä jo 61 Mt. Vuodesta 2046 eteenpäin päästöoikeuksien kysyntä ei enää riitä ylläpitämään teknologista nielua, sillä ETS1 -sektorin päästöt laskevat BECCS:n potentiaalia pienemmäksi. Tällöin, jos teknologista nielua halutaan vielä ylläpitää tai kasvattaa, täytyy sen rahoituksen tulla muista lähteistä, kuten jäsenvaltioilta tai EU:n yhteisistä varoista. Vaihtoehtona voisi olla myös muokata päästökauppaa siihen suuntaan, että 2040 jälkeen se luo kysyntää teknologisille hiilinieluille.

ETS1 -sektorin päästöt kasvavat skenaarioon 1 verrattuna (kuva 4), sillä poistoyksiköt vähentävät niukkuutta päästöoikeuksista 2040-luvulla. Tämä madaltaa päästöoikeuden hintapolkua ja heikentää päästökaupan ohjausvaikutusta jo 2020-luvun lopulta lähtien. Tästä huolimatta ETS1 -sektori saavuttaa vuoden 2030 tavoitteensa (62 % päästövähennys vrt. vuoteen 2005) päästöjen vähentyessä 67 prosenttia. ETS1 -sektorin päästöt ovat 192 Mt vuonna 2040 ja teknologisten nielujen negatiiviset päästöt huomioiden 179 Mt. Taakanjakosektorilla päästöt vähenevät skenaarion 1 tapaan: vuoden 2030 tavoite saavutetaan (41 % vähennys vrt. vuoteen 2005) ja vuonna 2040 ETS2 -sektorin päästöt ovat 304 Mt.

Yhteenlaskettuna päästökaupat, teknologiset nielut sekä WAM-skenaarion mukaiset toimet muulla taakanjakosektorilla ja maankäyttösektorilla riittävät vähentämään EU:n nettopäästöjä 85,2 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna. Lisätoimien tarve vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi on tällöin 229 Mt eli 4,8 prosenttia vuoden 1990 tasosta, mikä on 26 Mt enemmän kuin nykypolitiikalla. Jos EU hyödyntää kansainvälisiä ilmastoyksiköitä 5 prosenttiyksikön verran, 90 prosentin tavoite täyttyy. EU:n kumulatiiviset nettopäästöt vuosilta 2025–2050 kasvavat 2,8 prosenttia nykypolitiikkaan verrattuna.

Suomen osalta teknologisten nielujen liittäminen päästökauppaan tuo isoja muutoksia. Vuonna 2040 Suomessa tuotetun teknologisen nielun koko on 2,9 Mt. Päästökauppaan Suomessa tuotettujen poistoyksiköiden määrä on enimmillään 13,2 Mt vuonna 2046, jonka jälkeen teknologinen nielu taittuu laskuun myös Suomessa, kun ETS1 -sektorin puhdistuminen vähentää poistoyksiköiden kysyntää. Tarkastelujakson lopussa vuonna 2050 Suomen teknologinen nielu on kooltaan 10,2 Mt. KEITO:n WAM-skenaariossa BECCS-investointeja tehdään Suomessa noin 3 Mt vuoteen 2040 ja 14 Mt vuoteen 2050 mennessä, eli mallinnuksen tulokset ovat suuruusluokaltaan linjassa KEITO:n skenaarioiden kanssa.

Kuten koko EU:n osalta, myös Suomen päästöt kasvavat tässä skenaariossa hieman 2030-luvulla nykypolitiikkaan verrattuna päästöoikeuden hinnan laskiessa. Päästökaupat, teknologiset nielut ja KEITO:n WAM-skenaarion mukaiset vähennykset muulla taakanjakosektorilla riittävät täyttämään Suomen ilmastolain tavoitteet vuodelle 2040, jolloin päästöt ovat 12,6 Mt ilman maankäyttösektoria, mikä vastaa 82,4 prosentin vähennystä vuoden 1990 tasosta. Vuonna 2035 Suomen nettopäästöt ovat 34,0 Mt, jolloin ilmastolain mukainen vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoite ei toteudu. 2040-luvun alussa nopeasti kasvava teknologinen nielu vie Suomea lähemmäs hiilineutraalisuutta, mutta Suomen nettopäästöt ovat edelleen 2,3 Mt tarkastelujakson lopussa vuonna 2050. Skenaarion 1 tavoin Suomi ei täytä EU:n asettamaa velvoitetta vähentää taakanjakosektorin päästöjä 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon, vaan päästöt vähenevät 46 prosenttia.



Kuva 5. a) EU:n ja b) Suomen päästökehitys 2020–2050 skenaariossa 2.

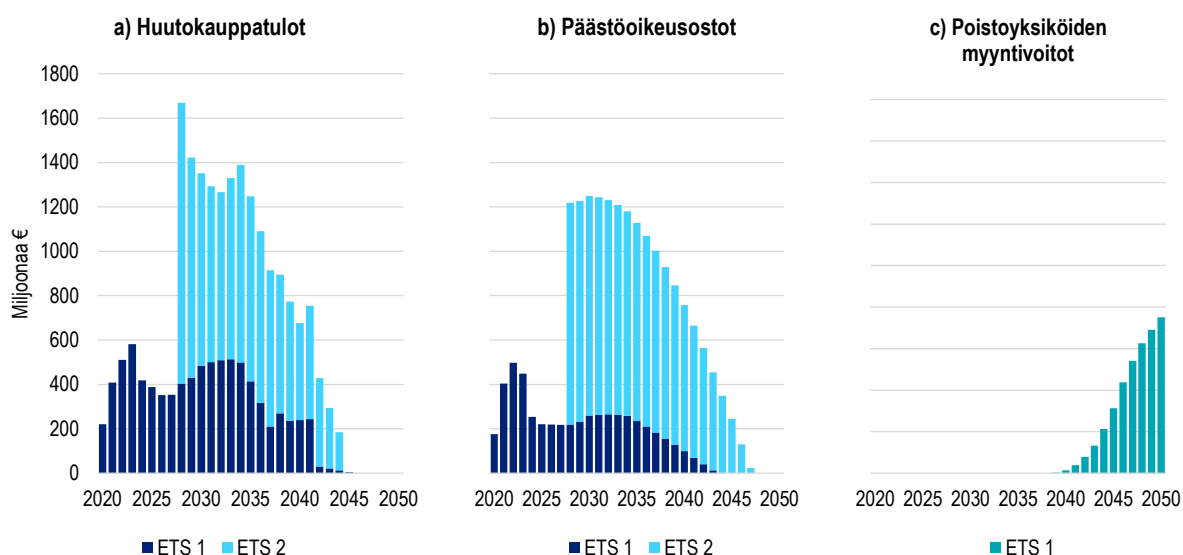
Huomioitavaa on, että bioperäisen hiilen talteenotto ja varastointi vähentää nettopäästöjä vain, jos käytetyn biomassan kestävyys turvataan ja luonnon hiilinielut pidetään riittävällä tasolla. Näin ollen teknologisten nielujen käyttöönoton yhteydessä maankäyttösektorille tarvitaan ohjauskeinoja, jotka takaavat metsien kestäväen käytön (ESABCC, 2025b). Maankäyttösektorin nielun oletetaan tässä

raportissa kehittyvän EEA:n ja KEITO:n WAM-skenaarioiden mukaisesti siten, että BECCS ei vaikuta siihen heikentävästi. Suomen KEITO:n WAM-skenaariossa on kuitenkin oletettu erityisen korkea runkopuun hakkuukertymä (noin 80 Mm³/vuosi), jonka seurauksena LULUCF-sektori säilyy päästölähteenä ainakin vuoteen 2050 asti. Ilman tasapainottavia ohjauskeinoja, kuten metsälain uudistusta tai hiilivuokrajärjestelmää, on uhkana, että korkea hakkuutaso ja siihen yhdistetyt teknologiset nielut heikentävät maankäyttösektorin nielua. Komission ehdotus BECCS:n sertifiointikriteereistä julkaistiin CRCF:n alaisena asetuksena helmikuussa 2026 (Euroopan komissio, 2026). Lisäksi BECCS:iin kohdistuvat uusiutuvan energian direktiivin kestävyyskriteerit sekä epäsuorasti LULUCF-sektorin tuleva säättely ja ohjauskeinot. On mahdollista, että näistä kriteereistä muodostuu myöhemmin uhka BECCS:n kestävyydelle Suomessa, mikäli maankäyttösektorin nielun tilannetta ei merkittävästi paranneta.

3.3.2 TALOUDELLISET VAIKUTUKSET SUOMELLE

Kuvassa 6 esitetään Suomen valtion saamat huutokauppatulot (paneeli a), suomalaisten yritysten päästöoikeuksien ostot (paneeli b) ja poistoyksiköiden myyntivoitot Suomeen (paneeli c). Nykypolitiikkaan verrattuna (kuva 5) huutokauppatulot laskevat hieman, koska poistoyksiköt laskevat ETS1:n päästöoikeuksien hintaa. Myös suomalaisten yritysten päästöoikeusostoista aiheutuvat kustannukset pienenevät hieman nykypolitiikkaan verrattuna. Suhteellisesti tämä muutos on kuitenkin vähäisempi kuin huutokauppatuloissa, koska päästöoikeuksien kysyntä kasvaa.

Suomeen saadaan lisäksi voittoa poistoyksiköiden myynnistä ETS1:ssä jopa yli 700 miljoonaa euroa vuodessa 2040-luvun loppuun mennessä. On kuitenkin huomattava, että näihin potentiaalsiin voittoihin ja päästöoikeuden hintaan liittyy merkittävä riski, joka todennäköisesti vaikuttaa yritysten investointihalukkuuteen ja saattaa lykätä biogeenisen hiilen talteenottoon ja varastointiin liittyviä investointeja.

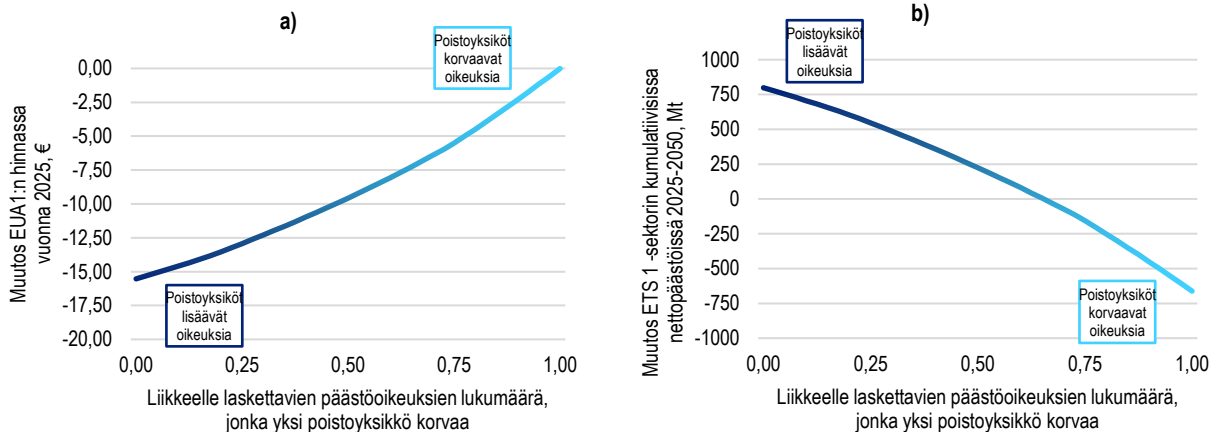


Kuva 6. a) Huutokauppatulot Suomen valtiolle, b) suomalaisten yritysten päästöoikeusostot ja c) poistoyksiköiden myyntivoitot Suomeen skenaariossa 2. Poistoyksiköiden myyntivoitoissa on otettu huomioon ainoastaan ETS1:n päästöoikeuksiksi myydyt yksiköt, ei päästökaupan ulkopuolella tuotettuja yksiköitä.

3.3.3 TEKNOLOGISTEN NIELUJEN ERI LIITTÄMISTAPOJEN VERTAILUA

Skenaariossa 2 teknologisilla hiilinieluilla tuotetut poistoyksiköt eivät vähennä liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää lainkaan, vaan ne täysimääräisesti lisäävät päästöoikeuksia markkinoilla. Yritykset saavat hankkia niitä kattamaan kaikki päästönsä. Tällä tavalla liitettynä teknologiset nielut laskevat päästöoikeuden hintaa, mutta myös kasvattavat nettopäästöjä. Nielut voidaan kuitenkin lisätä päästökauppaan myös siten, että päästökauppaan tuodut poistoyksiköt korvaavat joko kokonaan tai osittain liikkeelle laskettavia oikeuksia. Kun teknologisilla hiilinieluilla tuotetut poistoyksiköt korvaavat päästöoikeuksia täysimääräisesti, päästökatto pysyy määrällisesti samana, mutta koska se koostuu osittain poistoyksiköistä, nettopäästöt vähenevät.

Kuvan 7 paneelin a perusteella päästöoikeuden hinta laskee noin 16 €/tCO₂ teknologisten nielujen liittämisen seurauksena. Vaikka teknologisia nieluja tuotetaan vasta tulevaisuudessa, se vähentää yritysten tarvetta tallettaa päästöoikeuksia ja sitä kautta laskee päästöoikeuden hintaa jo aiemmin. Tällä on vaikutuksia myös päästöihin. Kuvan 8 paneelista b nähdään, että ETS1 -sektorin kumulatiiviset nettopäästöt vuosilta 2025–2050 ovat sitä pienemmät mitä enemmän poistoyksiköt korvaavat liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia. Kun poistoyksiköt lisäävät täysimääräisesti päästöoikeuksien määrää, ETS1 -sektorin kumulatiiviset nettopäästöt vuosilta 2025–2050 kasvavat 791 Mt nykypolitiikkaan verrattuna. Matalampi päästöoikeuden hinta vähentää yritysten tallettamien päästöoikeuksien määrää, mikä johtaa pienempään markkinavakausvarannon kokoon, oikeuksien vähäisempään mitätöintiin ja siten suurempaan efektiiviseen päästökattoon. Kun poistoyksiköt lisätään päästöoikeuksiin täysimääräisesti, efektiivinen päästökatto kasvaa enemmän kuin poistoyksiköitä syntyy, mikä lisää ETS1 -sektorin kumulatiivisia nettopäästöjä.

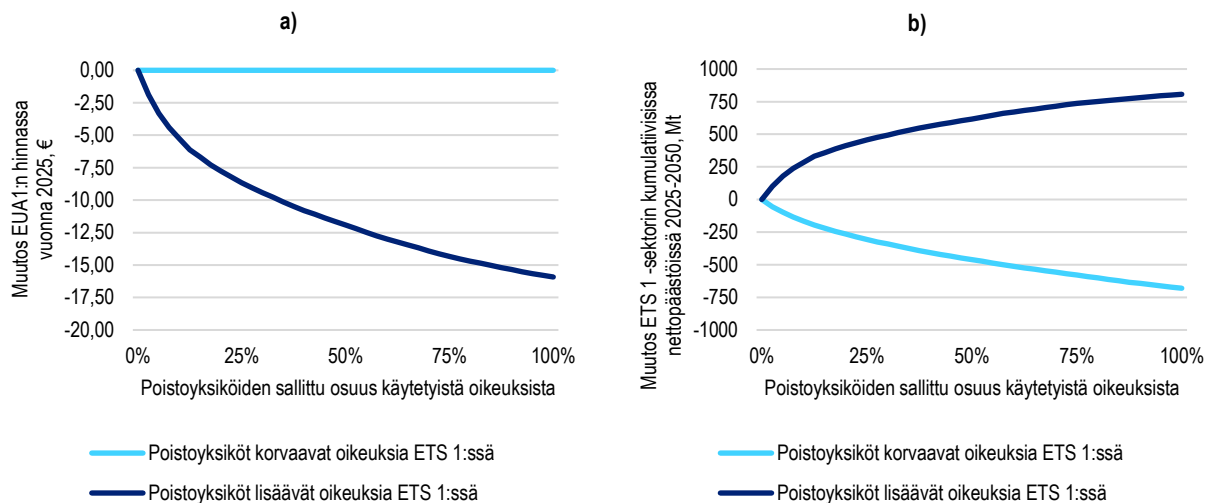


Kuva 7. Muutokset a) EUA1:n hinnassa vuonna 2025 ja b) ETS1-sektorin kumulatiivisissa nettopäästöissä 2025–2050 parametrin γ eri arvoilla. Parametri γ määrittää, kuinka paljon liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia yksi poistoyksikkö korvaa. Kun $\gamma = 0$, poistoyksiköt eivät vähennä liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää lainkaan, ts. ne lisäävät oikeuksien määrää täysimääräisesti. Kun $\gamma = 1$, poistoyksiköt vähentävät liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia, ts. ne korvaavat oikeuksia täysimääräisesti.

Vastaavasti kuvan 7 paneelista b) nähdään, että kun poistoyksiköt vähentävät täysimääräisesti liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää, ETS1 -sektorin kumulatiiviset nettopäästöt vuosilta 2025–2050 vähenevät 670 Mt nykypolitiikkaan nähden. Tämä selittyy sillä, että kun poistoyksiköt korvaavat täysimääräisesti oikeuksia, päästökatto ei muutu, jolloin odotettavissa oleva niukkuus päästöoikeuksista

pysyy samana kuin nykypolitiikalla. Tällöin myöskään päästöoikeuden hinnassa (kuva 8a) ja siten myöskään efektiivisessä päästökatoissa ei tapahdu muutoksia. Koska osa oikeuksista on luotu negatiivisilla päästöillä, ETS1 -sektorin kumulatiiviset nettopäästöt laskevat saman verran kuin päästöoikeuksia korvataan poistoyksiköillä.

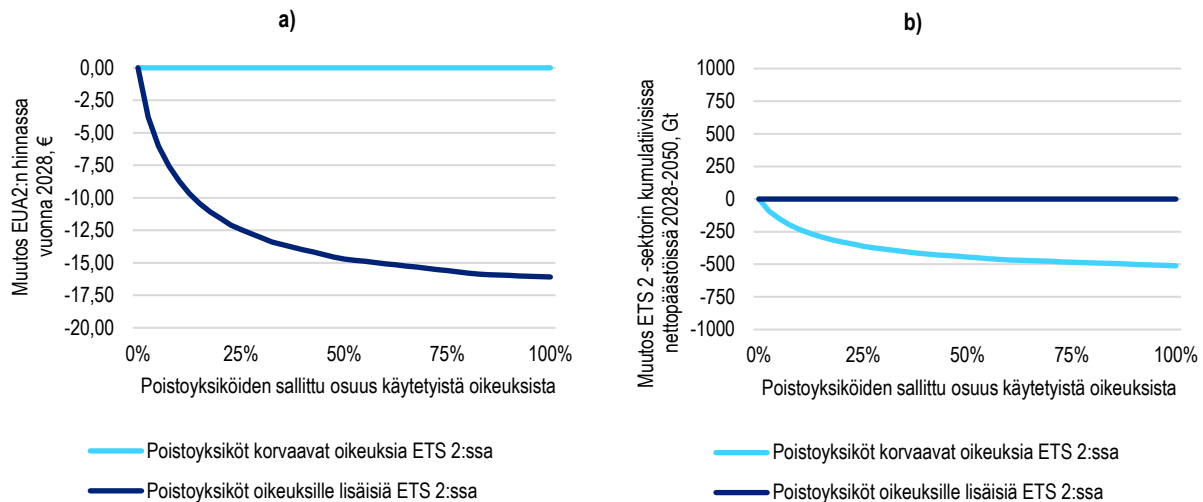
Poistoyksiköiden käyttöä voidaan rajoittaa myös määrittämällä enimmäisosuus niille päästöille, joita vastaan yritykset voivat luovuttaa poistoyksiköitä. Ilman rajoitusta yritykset voivat palauttaa poistoyksiköitä kattamaan jopa niiden kaikki päästöt. Jos poistoyksiköiden enimmäisosuutta päästöistä rajoitetaan, tulee yritysten palauttaa osaa päästöistään vastaava osuus komission liikkeelle laskemilla päästöoikeuksilla. Kuvan 8 paneelista a) nähdään, että kun poistoyksiköt lisäävät oikeuksia täysimääräisesti, päästöoikeuden hinta laskee nopeasti yritysten voidessa kattaa yhä suuremman osan kysynnästään poistoyksiköillä. Kuvan 8 paneelista b) nähdään, että kun poistoyksiköt lisäävät oikeuksia täysimääräisesti, kumulatiiviset nettopäästöt kasvavat nopeasti, kun poistoyksiköitä sallitaan enemmän. Kun poistoyksiköt korvaavat oikeuksia, on vaikutus päinvastainen: kun poistoyksiköitä sallitaan enemmän, ETS1 -sektorin kumulatiiviset nettopäästöt laskevat.



Kuva 8. Muutokset a) päästöoikeuden hinnassa vuonna 2025 ja b) ETS1 -sektorin kumulatiivisissa nettopäästöissä 2027–2050 parametrin θ eri arvoilla, kun poistoyksiköt joko korvaavat tai lisäävät oikeuksia. Parametri θ määrittää, kuinka paljon poistoyksiköitä sallitaan käyttää päästökaupassa kunakin vuonna suhteessa oikeuksien kysyntään.

Poistoyksiköt on teknisesti mahdollista liittää ETS1:n sijaan ETS2:een. Kuvan 9 paneelista a) nähdään, että tällöin ETS2 päästöoikeuden hinta laskee noin 16 €/tCO₂ eli vaikutukset ovat samankaltaisia kuin ETS1:n tapauksessa. Kun poistoyksiköt korvaavat täysimääräisesti oikeuksia, päästöoikeuden lähtöhinta vuodelle 2027 pysyy aina samana riippumatta poistoyksiköiden sallitusta määrästä. Kun poistoyksiköt lisäävät täysimääräisesti oikeuksia, päästöoikeuden hinta laskee nopeasti, kun poistoyksiköitä sallitaan käytettäväksi ETS2:ssa enemmän. Päästöoikeuden hintaa on mahdollista laskea näin 16 euroa. Kuvan 9 paneelista b) nähdään, että ETS2 -sektorin kumulatiiviset nettopäästöt eivät kasva, vaikka poistoyksiköt lisäisivät päästöoikeuksia. Tämä johtuu siitä, että ETS1:stä poiketen ETS2:ssa oikeuksia ei mitätöidä markkinavakausvarannosta, jolloin oikeuksien tarjonnan lisääminen poistoyksiköillä kasvattaa päästöjä aina yhtä paljon kuin teknologiset hiilinielut tuottavat negatiivisia päästöjä. Tällöin päästökatto kasvaa aina yhtä paljon kuin poistoyksiköitä sallitaan käytettäväksi.

ETS2:n kumulatiivisia nettopäästöjä on kuitenkin mahdollista laskea jopa 512 Mt nostamatta päästöoikeuden hintaa, jos poistoyksiköt korvaavat päästöoikeuksia markkinalla.



Kuva 9. Muutokset a) päästöoikeuden hinnassa vuonna 2028 ja b) ETS2 -sektorin kumulatiivisissa nettopäästöissä 2028–2050 parametrin θ eri arvoilla, kun poistoyksiköt joko korvaavat tai lisäävät oikeuksia. Parametri θ määrittää, kuinka paljon poistoyksiköitä sallitaan käyttää päästökaupassa kunakin vuonna suhteessa oikeuksien kysyntään.

Taulukko 4. Yhteenveto teknologisten nielujen eri liittämistapojen vaikutuksista ja niiden vertailua suhteessa nykypolitiikan mukaiseen perusuraan (skenaario 1). (+) tarkoittaa, että poistoyksiköt lisäävät oikeuksia, ja vastaavasti (-) tarkoittaa, että poistoyksiköt korvaavat oikeuksia. Kaikissa tapauksissa poistoyksiköitä sallitaan käytettäväksi päästöoikeuksina kattamaan kaiken päästöoikeuksien kysynnän.

	Nykypolitiikka	ETS1 +	ETS1 -	ETS2 +	ETS2 -
Nettopäästövähennys ilman lisätoimia (vrt. 1990)	85,7 %	85,2 %	86,6 %	85,9 %	86,6 %
Tarvittavat lisätoimet vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi	203 Mt	228 Mt	161 Mt	196 Mt	160 Mt
EU:n kumulatiiviset nettopäästöt 2025–2050	28,7 Gt	29,6 Gt	28,1 Gt	28,7 Gt	28,2 Gt
Annualisoidut huutokauppatulot Suomen valtiolle 2025–2050	873 milj. €	849 milj. €	809 milj. €	771 milj. €	843 milj. €
Annualisoidut päästöoikeusostot suomalaisille yrityksille 2025–2050	795 milj. €	782 milj. €	795 milj. €	679 milj. €	795 milj. €
Annualisoidut poistoyksiköiden myyntivoitot Suomeen päästökaupasta 2025–2050	0 €	90 milj. €	226 milj. €	67 milj. €	164 milj. €
EUA1-oikeuden hinta vuonna 2040	150 €	117 €	150 €	150 €	150 €
EUA2-oikeuden hinta vuonna 2040	160 €	160 €	160 €	131 €	160 €

Taulukossa 4 on esitetty tarkemmin näiden liittämistapojen vaikutuksia vertaillen niitä nykypolitiikan mukaiseen perusuraan (skenaario 1). Taulukosta nähdään, että skenaario 2 kuvaa ilmastotavoitteiden kannalta huonointa mahdollista tapaa liittää teknologiset nielut osaksi päästökauppaa, kun poistoyksiköitä sallitaan ETS1:ssä runsaasti ja ne kasvattavat päästökattoa. Tässä skenaariossa päästökaupan kustannuspaine kevenee, mutta teknologisia nieluja tuotetaan heikomman kannustimen vuoksi vähemmän, ja EU:n kumulatiiviset nettopäästöt kasvavat. Jos taas teknologiset nielut liitetään ETS1:een siten, että poistoyksiköt korvaavat oikeuksia, ETS1 -sektorin kumulatiiviset nettopäästöt laskevat ja lisätoimien tarve vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi vähenee. ETS2:ssa korkeampi päästöoikeuden hinta luo teknologisille hiilinieluille vahvemman taloudellisen kannustimen kuin ETS1:ssä. Tämän vuoksi lisätoimien tarve vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi on pienempi kuin silloin, kun nielut liitetään ETS1:een.

3.4 SKENAARIO 3: PÄÄSTÖKAUPPOJEN YHDISTÄMINEN

Skenaariossa 3 erilliset päästökaupat (ETS1 ja ETS2) yhdistetään yhteiseksi päästömarkkinaksi. Yhdistämisestä ilmoitetaan vuonna 2030 ja yhdistäminen tapahtuu vuonna 2035. Tässä skenaariossa oletetaan, että ETS1:ssä ennen yhdistämistä talletetut päästöoikeudet ovat käyttökelpoisia yhdistämisen jälkeen myös ETS2 -sektorin yrityksille ja päinvastoin. Ennen yhdistämistä päästöoikeuden hinta on ETS2:ssa korkeampi kuin ETS1:ssä, eli ETS1 -sektorilla ennakoidaan päästöoikeuden hinnan nousua, jolloin yritykset tallettavat päästöoikeuksia aiempaa enemmän tietäen, että ETS2 -sektorin yritykset ovat halukkaita ostamaan niitä yhdistämisen jälkeen. Vastaavasti ETS2 -sektorilla ennakoidaan päästöoikeuden hinnan laskua, jolloin yritykset tallettavat päästöoikeuksia aiempaa vähemmän tietäen, että ne saavat hankittua tulevaisuudessa lisää päästöoikeuksia ETS1 -sektorin yrityksiltä.

Yhdistetyn ETS:n säännöt ja markkinavakaussvarannon toimintaperiaatteet määrittelevät pitkälti sen, mihin uusi hintapolku tarkalleen asettuu, mutta myös yhdistämisen ja siitä ilmoittamisen ajoituksella on merkitystä. Useimmissa tapauksissa päästöoikeuden hintapolku asettautuu yhdistetyssä ETS:ssä johonkin ETS1:n ja ETS2:n hintapolkujen välimaastoon. Joissain tapauksissa hintapolku voi kuitenkin asettautua jopa ETS1:n hintapolkua matalammalle tai ETS2:n hintapolkua korkeammalle tasolle, jos yhdistäminen johtaa päästöoikeuksien huomattavasti vähäisempään tai suurempaan mitätöintiin. Tässä skenaariossa päädytään hintapolulle, joka asettautuu lähemmäs ETS2:n hintapolkua (erilliset hinnat vuonna 2040 ETS1:ssä 150 € ja ETS2:ssa 160 €, yhdistetyssä ETS:ssä 159 €). Yhdistetyn ETS:n säännöt ja markkinavakaussvarannon toimintaperiaatteet on kuvattu tarkemmin liitteissä.

Viimeiset päästöoikeudet lasketaan liikkeelle yhdistetyssä päästökaupassa vuonna 2045, jonka jälkeen päästöt jatkuvat vielä talletettujen päästöoikeuksien turvin. Markkinavakaussvaranto on tyhjennetty jo ennen tätä, kun vuosina 2041–2044 markkinoille vapautuu varannosta oikeuksia yhteensä 610 Mt edestä. Yhdistetyn ETS-sektorin päästöt eivät kuitenkaan nollaannu vuoteen 2050 mennessä, vaan lento- ja meriliikenteen päästöt jatkuvat, joskin pienempinä kuin nykypolitiikalla.

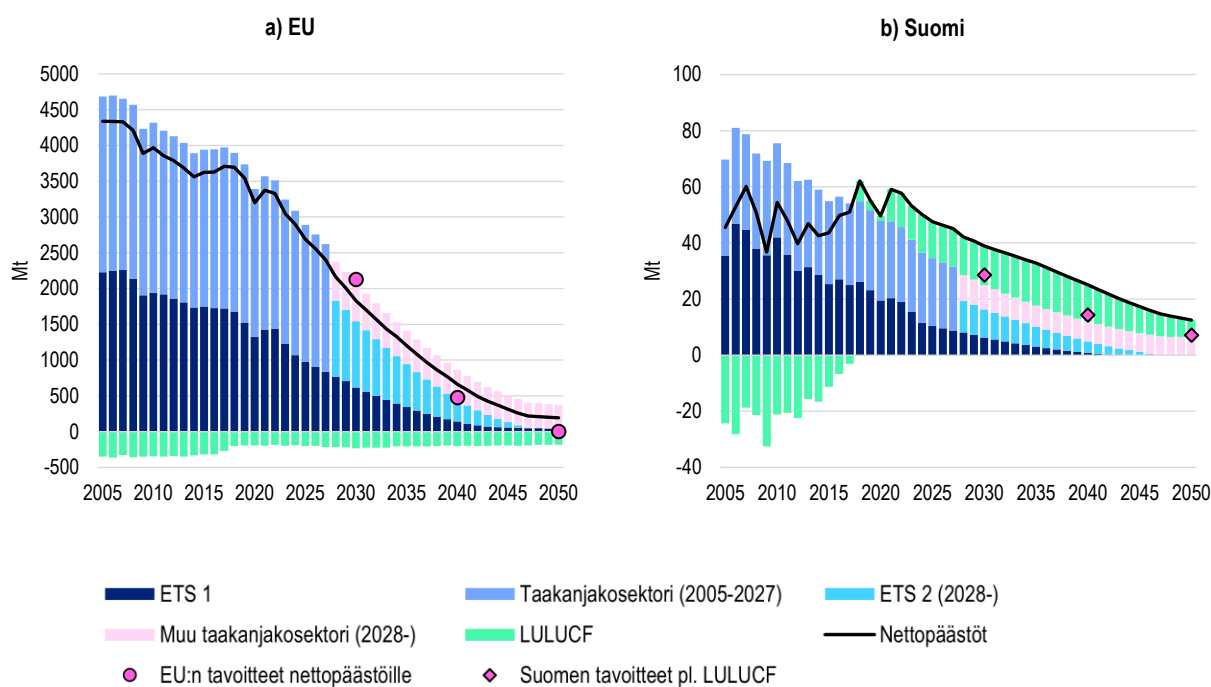
3.4.1 ILMASTOTAVOITTEIDEN SAAVUTTAMINEN

Kuvassa 10 esitetään skenaarion 3 mukainen päästökehitys EU:lle (paneeli a) ja Suomelle (paneeli b). Selkeyden ja vertailukelpoisuuden vuoksi ETS1- ja ETS2 -sektorit on pidetty kuvassa erillään, vaikka päästökaupat yhdistyvät vuonna 2035. Ennen tätä ETS1 -sektori saavuttaa vuoden 2030 tavoitteensa 62 prosentin vähennyksestä verrattuna vuoden 2005 tasoon, kun päästöt laskevat 72 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Taakanjakosektori, johon ETS2 -sektori edelleen luetaan, saavuttaa vuoden 2030 tavoitteensa vähentää päästöjä 40 prosenttia verrattuna vuoden 2005 tasoon, päästöjen laskiessa 41 prosenttia. ETS1 -sektorin päästöt vuonna 2040 ovat 141 Mt eli 12 Mt vähemmän kuin nykypolitiikalla. ETS2 -sektorin päästöt vuonna 2040 ovat 305 Mt, joka on 1 Mt enemmän kuin

nykypolitiikalla. Yhteensä päästökauppasektoreilla päästöjä aiheutuu vuonna 2040 nykypolitiikkaan verrattuna 11 Mt vähemmän. ETS1 -sektorin kumulatiiviset päästöt vuosilta 2025–2050 ovat 249 Mt pienemmät kuin nykypolitiikalla, mutta ETS2 -sektorin kumulatiiviset päästöt kasvavat nykypolitiikkaan verrattuna 11 Mt. Näin ollen päästökauppasektoreiden kumulatiiviset päästöt vähenevät yhteensä 239 Mt nykypolitiikkaan verrattuna.

Yhteenlaskettuna päästökaupat sekä WAM-skenaarion mukaiset toimet muulla taakanjakosektorilla ja maankäyttösektorilla riittävät vähentämään EU:n nettopäästöjä 86 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna. Lisätoimien tarve vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi on tällöin 192 Mt eli 4 prosenttia vuoden 1990 tasosta, mikä on 11 Mt vähemmän kuin nykypolitiikalla. Jos EU hyödyntää kansainvälisiä ilmastoyksiköitä 5 prosenttiyksikön verran, 90 prosentin tavoite täyttyy. EU:n kumulatiiviset nettopäästöt vuosilta 2025–2050 vähenevät 0,8 prosenttia nykypolitiikkaan verrattuna.

Päästökaupat ja KEITO:n WAM-skenaarion mukaiset vähennykset muulla taakanjakosektorilla riittävät täyttämään Suomen ilmastolain tavoitteet vuodeksi 2040, jolloin päästöt ovat 12 Mt ilman maankäyttösektoria, mikä vastaa 83,1 prosentin vähennystä vuoden 1990 tasosta. Maankäyttösektorin muuttuminen päästölähteeksi kuitenkin estää ilmastolain mukaisen vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitteen toteutumisen, jolloin nettopäästöt ovat 32,9 Mt. Suomi ei täytä EU:n asettamaa velvoitetta vähentää taakanjakosektorin päästöjä 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon, vaan päästöt vähenevät 46 prosenttia.



Kuva 10. a) EU:n ja b) Suomen päästökehitys 2020–2050 skenaariossa 3.

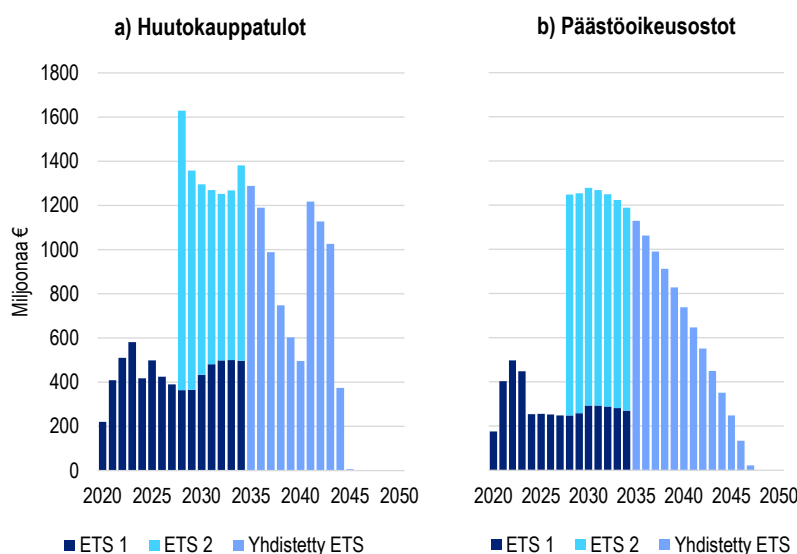
3.4.2 TALOUDELLISET VAIKUTUKSET SUOMELLE

Kuvassa 11 esitetään skenaarion 3 taloudellisia vaikutuksia Suomelle; huutokauppatuloina valtiolle (paneeli a) ja yritysten päästöoikeusostoina (paneeli b). Päästökauppojen yhdistämisvuodesta 2035 alkaen huutokauppatuloja ja päästöoikeusostoja ei ole eritelty sektoreittain ETS1:n ja ETS2:n välillä.

Skenaariossa oletetaan, että Suomi saa myös yhdistämisen jälkeen huutokauppatuloista vakio-osuuden kuten se on ETS1:ssä ja ETS2:ssa saanut. Samalla oletetaan, että yhdistämisen jälkeen ilmaisjako jatkuu entisellään ETS1 -sektorin yrityksille, ja että ETS2 -yrityksille ilmaisjakoa ei ole.

Valtion huutokauppatulot ja päästöoikeusostot kehittyvät aluksi skenaarion 1 tavoin (kuva 5), kun markkinoilla ei ole ennen vuotta 2030 tietoa päästökauppojen yhdistämisestä. Kun vuonna 2030 ilmoitetaan, että päästökaupat yhdistetään vuonna 2035, sekä ETS1:n että ETS2:n huutokauppatulot laskevat hieman nykypolitiikkaan verrattuna. ETS1:n osalta lasku johtuu siitä, että vaikka päästöoikeuden hinta nousee, päästöoikeuksia siirretään enemmän markkinavakausvarantoon, mikä vähentää tuloja. Vastaavasti ETS2:n tulojen lasku selittyy päästöoikeuden hinnan laskulla. Väliaikainen notkahdus tuloissa kuitenkin korjaantuu 2040-luvun alussa, kun markkinavakausvarannosta vapautuu suuri määrä oikeuksia, joista saadaan nykypolitiikan mukaiseen ETS1:n päästöoikeuden hintaan nähden korkeampi hinta.

Suomalaisyritysten päästöoikeusostot vähenevät sekä ETS1:n että ETS2:n osalta. ETS1-sektorin osalta tämä selittyy yritysten suurella hintaherkkyydellä: ne vähentävät päästöoikeuksien kysyntää suhteellisesti enemmän kuin päästöoikeuden hinta nousee. ETS2 -sektorin yritykset puolestaan lisäävät päästöoikeuksien kysyntää, mutta ETS2 -sektori yritysten kustannukset vähenevät, koska päästöoikeuden hinta laskee suhteellisesti enemmän. Kokonaisuudessaan siis Suomen huutokauppatulot kasvavat ja suomalaisten yritysten päästöoikeuksien ostoista aiheutuvat kustannukset pienenevät nykypolitiikkaan verrattuna.



Kuva 11. a) Huutokauppatulot Suomen valtiolle ja b) suomalaisten yritysten päästöoikeusostot skenaariossa 3.

3.4.3 ILMOITUS- JA YHDISTÄMISVUODEN VAIKUTUS

Skenaariossa 3 on oletettu, että päästökauppojen yhdistäminen tapahtuu vuonna 2035, ja että yhdistymisestä ilmoitetaan vuonna 2030, minkä on arvioitu olevan poliittisesti realistinen aikataulu. Yhdistäminen voitaisiin kuitenkin tehdä myös muina ajanhetkinä, ja siitä voitaisiin ilmoittaa jo ennen ETS2:n käynnistymistä. Tässä luvussa vertaillaan eri ilmoitus- ja yhdistämisvuosien vaikutusta päästömarkkinoihin ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseen. Kaikissa tapauksissa on oletettu ETS1:n ja

ETS2:n nykyainsäädännöstä johdetut samat säännöt yhdistetylle päästökaupalle ja sen markkinavakausvarannon toimintaperiaatteille. Yhdistetyn päästökaupan säännöt on kuvattu tarkemmin liitteessä 6.7.

Taulukossa 5 esitetään ilmoitus- ja yhdistämisvuosien asettamisen vaikutus päästökauppasektorin päästöihin ja lisätoimien tarpeeseen vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi. Mallinnetuista tapauksista nähdään, että mitä aiemmin päästökauppojen yhdistämisestä ilmoitetaan, sitä vähemmän kumulatiivisia päästöjä aiheutuu. Tämä johtuu siitä, että kun markkinoilla on tieto päästökauppojen tulevasta yhdistymisestä, ETS1 -sektorin yritykset alkavat ennakoida päästöoikeuden korkeampaa hintaa. Tällöin ne käyttävät itse vähemmän ja tallettavat enemmän päästöoikeuksia, jotta voisivat myöhemmin myydä niitä ETS2 -sektorin yrityksille. Tämä tehostaa markkinavakausvarannon toimintaa ja lisää päästöoikeuksien mitätöintiä. Skenaario 3 näyttää, että mitä aiemmin markkinat saavat tiedon päästökauppojen yhdistymisestä, sitä enemmän päästöt vähenevät. Jos ilmoitusta päästökauppojen yhdistämisestä lykätään niin myöhään, että yritysten muuttunut talletuskäyttäytyminen ei ehdi vaikuttaa markkinavakausvarannon toimintaan, yhdistämisellä ei ole vaikutusta päästökehitykseen, vaikkakin se muuttaa päästöoikeuksien allokaatiota ETS1- ja ETS2 -sektoreiden välillä.

Taulukko 5. Tarvittavat lisätoimet EU:n vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi, kun päästökauppajärjestelmien yhdistäminen toteutetaan eri ilmoitus- ja yhdistämisvuosilla (nykypolitiikalla 203 Mt). Suluissa kumulatiivisten nettopäästöjen 2025–2050 muutos nykypolitiikkaan verrattuna.

		Yhdistämisvuosi 2030	Yhdistämisvuosi 2035	Yhdistämisvuosi 2040
Ilmoitusvuosi	2025	200 Mt (-145 Mt)	192 Mt (-374 Mt)	200 Mt (-138 Mt)
	2030	200 Mt (-77 Mt)	192 Mt (-239 Mt)	201 Mt (-62 Mt)
	2035	-	190 Mt (-141 Mt)	203 Mt (0 Mt)

Toinen mielenkiintoinen havainto liittyy yhdistämisvuoden valintaan. Mallinnetuista tapauksista päästökauppojen yhdistämisen kannalta paras vuosi on 2035, sillä se tuottaa aina vähemmän päästöjä kuin aikaisempi tai myöhäisempi yhdistäminen. Tämä johtuu siitä, että päästökauppojen yhdistäminen voi vähentää päästöjä kahdella mekanismilla: 1) aikaisesta ilmoittamisesta johtuvan ETS1:n markkinavakausvarannon tehostumisen kautta tai 2) kun alun perin ETS2:ssa liikkeelle laskettuja oikeuksia päätyy mitätöitäväksi yhdistetyn päästökaupan markkinavakausvarannosta. Jälkimmäinen mekanismi ei realisoidu, jos yhdistämistä lykätään niin myöhään, että päästöoikeuksien mitätöinti on jo ehtinyt lakata, tai jos alun perin ETS2:ssa liikkeelle laskettujen oikeuksien mitätöinti estetään yhdistetyssä päästökaupassa muilla keinoin. Aikainen yhdistäminen vastaavasti lisää alun perin ETS2:ssa liikkeelle laskettujen oikeuksien mitätöintiä, mutta tällöin aiemmin kuvatut ETS1:n markkinavakausvarannon tehostumisesta aiheutuvat hyödyt jäävät pienemmiksi.

Päästökehityksen kannalta optimaalisen yhdistämisvuoden löytäminen vaatii siis tasapainottelua näiden kahden mekanismin välillä. Ohjenuoraksi voidaan kuitenkin sanoa, että jos yhdistämisellä haetaan ilmastopolitiikan kustannustehokkuuden vahvistamisen lisäksi myös suurempia päästövähennyksiä, kannattaa päästökauppojen yhdistämisestä ilmoittaa mahdollisimman pian ja lykätä varsinaista yhdistämistä lähemmäs 2030-luvun puoliväliä. Tällöin päätöksentekijöille ja yrityksille on ehtinyt kertyä tietoa ja osaamista myös ETS2 -markkinan toiminnasta, mikä on hyödyksi politiikan suunnittelussa.

3.5 SKENAARIO 4: KANSAINVÄLISET ILMASTOYKSIKÖT PÄÄSTÖKAUPPAAN

Skenaariossa 4 kansainväliset ilmastoyksiköt liitetään ETS1:een siten, että yksiköt kasvattavat päästöoikeuksien kokonaismäärää. Joulukuussa 2025 käydyissä neuvotteluissa parlamentti, komissio ja neuvosto sopivat, että EU voi hyödyntää kansainvälisiä ilmastoyksiköitä vuoden 2040 tavoitteen saavuttamiseksi enintään 5 prosenttiyksikön verran. Tässä skenaariossa päästökaupassa käytettävien kansainvälisten ilmastoyksiköiden enimmäismäärä on asetettu vastaamaan 3 prosenttiyksikköä EU:n vuoden 1990 tasoon verrattuna, jolloin enimmillään 2 prosenttiyksikköä jää käytettäväksi päästökauppasektorin ulkopuolella.

Kolmikantaneuvottelujen jälkeenkin on vielä epäselvää, miten kansainvälisten ilmastoyksiköiden käyttö asemoituu EU:n ilmastopolitiikan arkkitehtuurissa. Tässä skenaariossa oletetaan, että kansainväliset ilmastoyksiköt tuodaan ETS1:een. ETS1:ssä on aiemmin ollut käytössä vastaavanlaisia joustoja, kun yritysten sallittiin vuosina 2008–2012 käyttää Kioton pöytäkirjan mukaisia sertifioituja päästövähennyksiä sen sijaan, että ne olisivat kattaneet kaikki päästönsä päästöoikeuksilla. Tällöin sertifioidut päästövähennykset vähensivät päästöoikeuksien kysyntää ja olivat siten osasyynä päästöoikeuksien matalalle hinnalle 2010-luvulla. Osalla jäsenmaista ja eturyhmistä voi olla poliittista tahtoa tuoda kansainvälisiä ilmastoyksiköitä päästökauppasektorille, jotta vältetään korkeita kustannuksia ja päästövähennyksiä näillä sektoreilla. Huomioitavaa on, että ETS1:ssä ei ollut vuosina 2008–2012 nykyisen kaltaista markkinavakausvarantoa, jonka vaikutuksesta päästökatto muodostuu markkinalla päästöoikeuksien kysynnän perusteella. Tästä syystä kansainvälisten ilmastoyksiköiden liittämällä päästökauppaan olisi erilaiset vaikutukset markkinan dynamiikkaan kuin vuosina 2008–2012. Skenaarion tulosten tarkastelun jälkeen tarkastellaan lyhyesti myös kansainvälisten ilmastoyksiköiden muita liittämistapoja ja osoitetaan, että skenaariossa 4 käytetty liittämistapa on ilmastotavoitteiden saavuttamisen kannalta haitallinen.

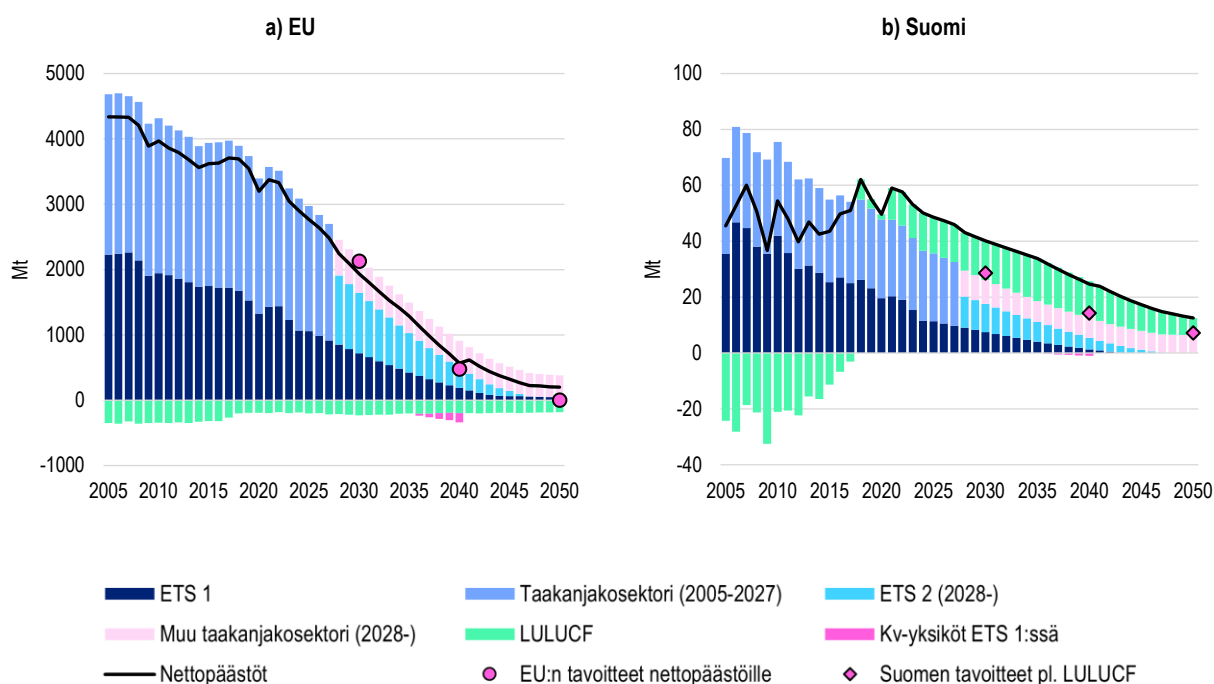
3.5.1 ILMASTOTAVOITTEIDEN SAAVUTTAMINEN

Kuvassa 12 esitetään skenaarion 4 mukainen päästökehitys EU:lle (paneeli a) ja Suomelle (paneeli b). ETS1 -sektorin päästöt kasvavat skenaarioon 1 verrattuna, koska kansainväliset ilmastoyksiköt hellittävät niukkuutta päästöoikeuksista 2030-luvun lopulla madaltaen päästöoikeuden hintapolkua ja heikentäen siten päästökaupan ohjausvaikutusta heti 2020-luvun lopulta alkaen. ETS1 -sektorin päästöt ovat 188 Mt vuonna 2040 ja kansainväliset ilmastoyksiköt huomioiden 46 Mt. Ennen tätä ETS1 -sektori saavuttaa vuoden 2030 tavoitteensa, eli 62 prosentin vähennyksen vuoden 2005 tasoon verrattuna, sillä päästöjen arvioidaan laskevan 68 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Skenaarioiden 1 ja 2 tapaan myös tässä skenaariossa ETS2 -sektorin päästöt ovat 304 Mt vuonna 2040. Ennen tätä taakanjakosektorilla päästöt laskevat 41 prosenttia vuoteen 2030 mennessä, jolloin tavoite 40 prosentin päästövähennyksestä vuoteen 2005 verrattuna saavutetaan.

Yhteenlaskettuna päästökaupat ja WAM-skenaarion mukaiset toimet muulla taakanjakosektorilla ja maankäyttösektorilla riittävät vähentämään EU:n sisäisiä nettopäästöjä 85 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna. Kansainväliset ilmastoyksiköt huomioiden nettovähennys on 88 prosenttia. Lisätoimien tarve on tällöin 96 Mt eli 2 prosenttia vuoden 1990 tasosta, mikä on 107 Mt vähemmän kuin nykypolitiikalla. Huomioitavaa on, että koska tässä skenaariossa kansainvälisiä ilmastoyksiköitä on jo käytetty 3 prosenttiyksikköä ETS1:ssä, niitä jää jäljelle vain 2 prosenttiyksikköä käytettäväksi muualla. 90 prosentin tavoite kuitenkin täyttyy, jos EU hyödyntää kansainvälisiä ilmastoyksiköitä 5 prosenttiyksikön verran. EU:n kumulatiiviset nettopäästöt vuosilta 2025–2050 kasvavat 2,5 prosenttia nykypolitiikkaan verrattuna.

Kansainvälisten ilmastoyksiköiden liittäminen päästökauppaan on Suomen osalta vaikutuksiltaan vähäinen, koska ETS1 -sektorin ennustetaan puhdistuvan Suomessa vauhdilla 2030-luvulla, ja on

oletettu, että kansainvälisten ilmastoyksiköiden yrityskohtainen enimmäismäärä on sidottu päästöoikeuksien kysyntään. Siksi vuonna 2040 Suomessa nojattaisiin kansainvälisiin ilmastoyksiköihin vain 1,0 Mt verran, mikä on verrattain vähäisesti muihin jäsenmaihiin nähden. Kuten koko EU:n osalta, myös Suomen päästöt kasvavat tässä skenaariossa 2030-luvun alussa. Päästökaupat, kansainväliset ilmastoyksiköt ja KEITO:n WAM-skenaarion mukaiset vähennykset muulla taakanjakosektorilla riittävät täyttämään Suomen ilmastolain tavoitteet vuodeksi 2040, jolloin päästöt ovat 12,5 Mt ilman maankäyttösektoria ja kansainvälisiä ilmastoyksiköitä, mikä vastaa 82,5 prosentin vähennystä vuoden 1990 tasosta. Vuonna 2035 Suomen nettopäästöt ovat 33,9 Mt, jolloin ilmastolain mukainen vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoite ei toteudu. Muiden skenaarioiden tavoin Suomi ei täytä EU:n asettamaa velvoitetta vähentää taakanjakosektorin päästöjä 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon, vaan päästöt vähenevät 46 prosenttia.



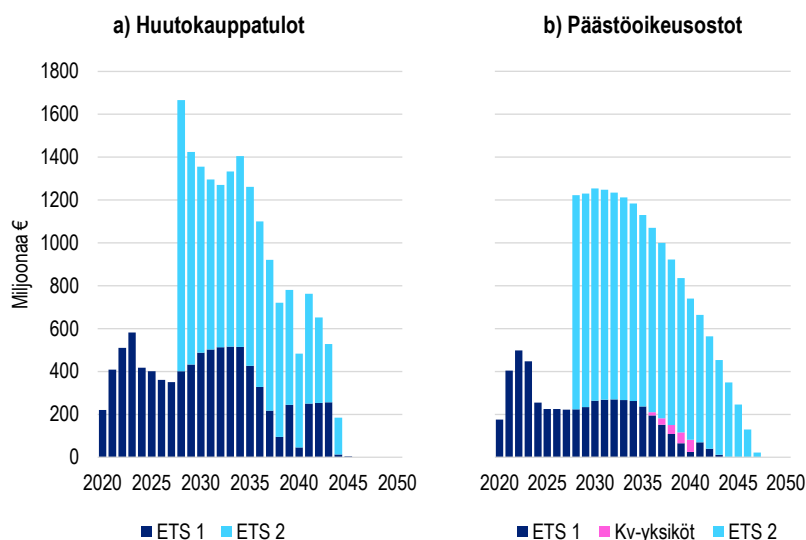
Kuva 12. a) EU:n ja b) Suomen päästökehitys 2020–2050 skenaariossa 4.

3.5.2 TALOUDELLISET VAIKUTUKSET SUOMELLE

Kuvassa 13 esitetään skenaarion 4 taloudellisia vaikutuksia Suomelle; huutokauppatuloina valtiolle (paneeli a) ja yritysten päästöoikeusostoina (paneeli b). Nykypolitiikkaan verrattuna (kuva 5) huutokauppatulot laskevat hieman, koska kansainväliset ilmastoyksiköt laskevat ETS1:n päästöoikeuden hintaa. Vastaavasti myös päästöoikeuksien ostoista suomalaisille yrityksille aiheutuvat kustannukset ovat hieman pienemmät kuin nykypolitiikalla, mutta suhteellisesti tämä muutos on pienempi kuin huutokauppatuloissa, koska päästöoikeuksien kysyntä kasvaa hinnan laskiessa.

Kuvan 13 paneelista b nähdään, että vuosina 2036–2040 suomalaisyritykset hankkivat kasvavissa määrin kansainvälisiä ilmastoyksiköitä, enimmillään noin 60 miljoonalla eurolla vuodessa. Tällöin oletetaan, että hankittavien yksiköiden hinta on päästöoikeuden hintaa matalampi tai korkeintaan yhtä suuri päästöoikeuden hinnan kanssa. Kansainvälisten ilmastoyksiköiden ostoista aiheutuvat kustannukset voivat kuitenkin jäädä paljon kuvattua matalammaksi, jos niitä on tarjolla huomattavasti

päästöoikeuksia matalampaan hintaan. Historiallisesti näin on ollut ja näin arvioidaan olevan myös jatkossa (mm. Swedish Energy Agency, 2022). Toteutuvat kustannukset riippuvat kuitenkin siitä, millaiset kriteerit EU asettaa kansainvälisille ilmastoyksiköille. Tiukemmat kriteerit tarkoittavat laadukkaampia hankkeita ja siten korkeampia kustannuksia, ja vastaavasti löyhemmät kriteerit laskevat kustannuksia.



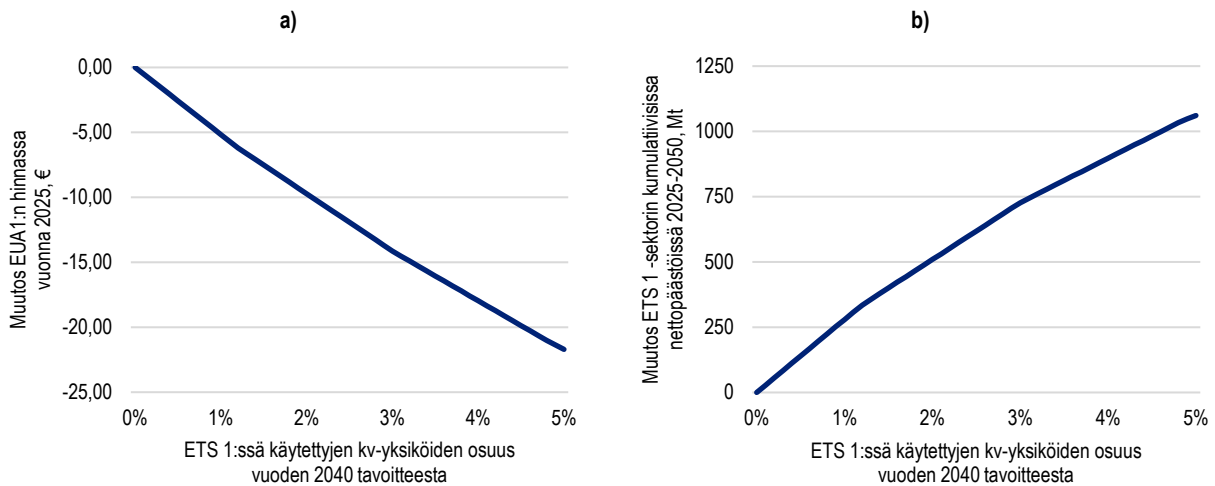
Kuva 13. a) Huutokauppatulot Suomen valtiolle ja b) suomalaisten yritysten päästöoikeusostot skenaariossa 4. Paneelissa b on kuvattu kansainvälisten ilmastoyksiköiden ostojen enimmäismäärä.

3.5.3 KANSAINVÄLISTEN ILMASTOYKSIKÖIDEN ERI LIITTÄMISTAPOJEN VERTAILUA

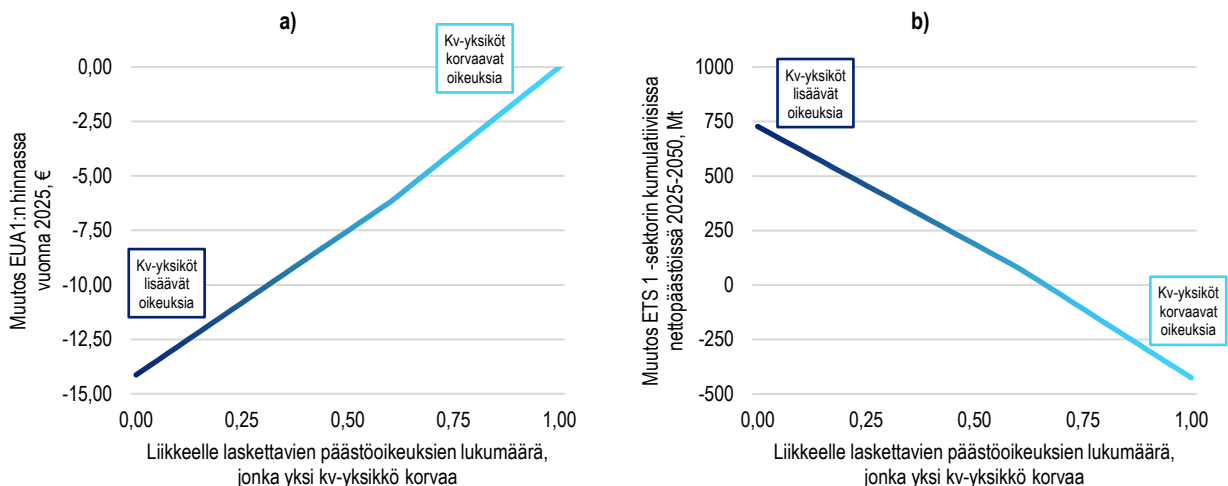
Skenaariossa 4 päästökaupassa käytettävien kansainvälisten ilmastoyksiköiden määrä vastaa 3 prosenttiyksikköä vuoden 2040 tavoitteesta (noin 140 Mt), mutta käytettävä yksiköiden määrä voisi olla joko pienempi tai suurempi. Kuvan 14 paneelista a nähdään, että kun kansainväliset ilmastoyksiköt eivät vähennä liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää, yksiköiden määrän kasvattaminen laskee nopeasti päästöoikeuden hintaa. Kansainvälisten ilmastoyksiköiden salliminen jo kolmella prosenttiyksiköllä laskee päästöoikeuden hintaa välittömästi 14 eurolla, koska yritykset tallettavat vähemmän päästöoikeuksia tulevaisuutta varten. Sallitun määrän kasvattaminen viiteen prosenttiyksikköön laskisi hintaa jopa yli 20 euroa. Vastaavasti ETS1 -sektorin päästöt kasvavat nopeasti siten, että kansainvälisten ilmastoyksiköiden salliminen 3 prosenttiyksiköllä kasvattaa ETS1 -sektorin kumulatiivisia nettopäästöjä 715 Mt vuosilta 2025–2050 markkinavakausvarannon toiminnan kautta.

ETS1:ssä käytettävien kansainvälisten ilmastoyksiköiden ei kuitenkaan tarvitse kasvattaa päästökattoa, vaan ne voivat korvata päästöoikeuksia, jos uusien päästöoikeuksien määrää samanaikaisesti vähennetään. Kuvasta 15 nähdään, että ETS1 -sektorin kumulatiiviset nettopäästöt vuosilta 2025–2050 pysyvät nykypolitiikan mukaisella tasolla, jos yhtä ETS1 -sektorilla käytettävää kansainvälistä ilmastoyksikköä kohti liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää vähennetään noin 0,66 yksiköllä. Jos kansainväliset ilmastoyksiköt vähentävät täysimääräisesti liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia, ETS1 -sektorin kumulatiiviset nettopäästöt laskevat 426 Mt eli saman verran kuin kansainvälisiä ilmastoyksiköitä käytetään. Tällöin päästöoikeuden hinta pysyy samana, mutta yritysten kustannukset

voivat laskea, jos kriteerien mukaisia kansainvälisiä ilmastoyksiköitä on saatavilla päästöoikeuksia matalampaan hintaan.



Kuva 14. Muutokset a) päästöoikeuden hinnassa vuonna 2025 ja b) ETS1 -sektorin kumulatiivisissa nettopäästöissä 2027–2050 parametrin η eri arvoilla. Parametri η kuvaa ETS1:ssä käytettyjen kansainvälisten ilmastoyksiköiden osuutta EU:n vuoden 2040 tavoitteesta.



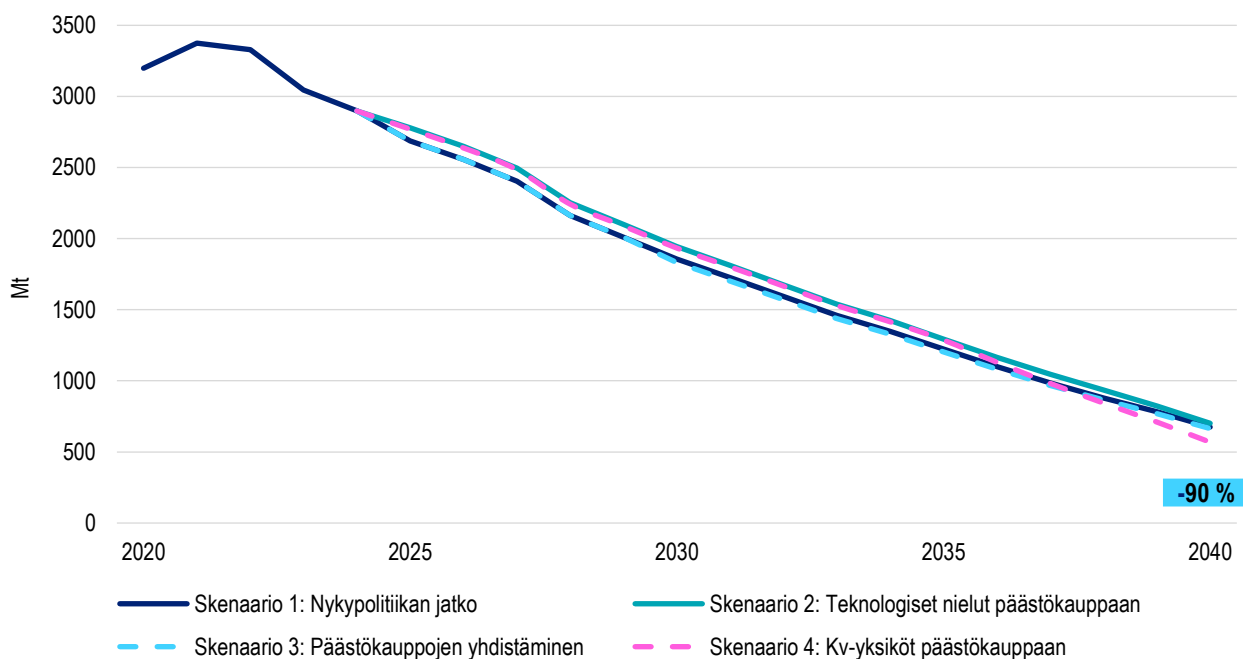
Kuva 15. Muutokset a) päästöoikeuden hinnassa vuonna 2025 ja b) ETS1 -sektorin kumulatiivisissa nettopäästöissä 2025–2050 parametrin σ eri arvoilla. Parametri σ määrittää, kuinka paljon liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia yksi ETS1:ssä käytetty kansainvälinen ilmastoyksikkö korvaa. Kun $\sigma = 0$, kansainväliset ilmastoyksiköt eivät vähennä liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää lainkaan, ts. ne lisäävät oikeuksien määrää täysimääräisesti. Kun $\sigma = 1$, yksiköt vähentävät liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia, ts. ne korvaavat oikeuksia täysimääräisesti.

Kansainvälisten ilmastoyksiköiden eri liittämistapojen vaikutukset ETS1 -sektorin päästöihin ja päästöoikeuden hintaan ovat siis samankaltaisia kuin teknologisilla hiilinieluilla (kts. kuvat 7 ja 8). Kummassakin tapauksessa joko vähennetään niukkuutta päästöoikeuksista, jolloin päästöoikeuden hinta laskee ja päästöt kasvavat, tai mukautetaan liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää, jolloin päästöoikeuden hinta pysyy samana ja päästöt laskevat. Kansainväliset ilmastoyksiköt on siis mahdollista tuoda myös ETS1:een siten, että ne eivät kasvata päästöjä, kunhan liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia vastaavasti vähennetään. Huomioitavaa kuitenkin on, että kansainväliset

ilmastoyksiköt kilpailisivat päästökauppaan liitettynä EU:n sisällä tuotettuja teknologisia hiilinieluja vastaan.

3.6 YHTEENVETO SKENAARIOISTA

Kuvassa 16 esitetään skenaarioiden 1–4 mukaiset ennustetut EU:n nettopäästökehitykset vuoteen 2040 saakka, jolloin EU:n tavoitteena on 90 prosentin nettopäästövähennys vuoden 1990 tasoon verrattuna. Kaikki skenaariot johtavat ilman lisätoimia 85–88 prosentin nettopäästövähennyksiin EU:ssa. Päästöt ovat kauttaaltaan suurimmat skenaariossa 2, jossa sekä kumulatiiviset nettopäästöt että lisätoimien tarve on suurin. Skenaario 3 tuottaa nykypolitiikkaa (skenaario 1) hieman nopeampia päästövähennyksiä, ja kumulatiiviset nettopäästöt ovat tässä skenaariossa kaikkein pienimmät. Skenaariossa 4 päästövähennykset ovat alussa nykypolitiikkaa (skenaario 1) hitaampia, mutta kansainvälisten ilmastoyksiköiden käyttö painaa päästöuraa voimakkaasti alaspäin vuodesta 2036 alkaen.



Kuva 16 EU:n nettopäästöjen kehitys eri skenaarioissa vuosina 2020–2040.

Taulukosta 6 kuitenkin nähdään, että skenaarioissa 1–3, joissa kansainvälisiä ilmastoyksiköjä käytetään päästökauppasektorin ulkopuolella, päästään suurempaan nettopäästövähennykseen kuin skenaariossa 4. Kumulatiiviset nettopäästöt kasvavat nykypolitiikkaan verrattuna skenaarioissa 2 ja 4, joissa päästöoikeuksille lisäisillä poistoyksiköillä ja kansainvälisillä ilmastoyksiköillä hellitetään niukkuutta päästöoikeuksista ETS1:ssä. Skenaarioissa 2 ja 4 matalampi päästöoikeuden hinta ETS1:ssä laskee valtion saamia huutokauppatuloja nykypolitiikkaan verrattuna, mutta myös vastaavasti vähentävät yritysten päästöoikeusostoista aiheutuvia kustannuksia. Skenaario 3 tuottaa vähiten kumulatiivisia nettopäästöjä ja kansainväliset ilmastoyksiköt huomioiden vie EU:ta lähimmäs vuoden 2040 tavoitteen saavuttamista. Lisäksi päästökauppojen yhdistäminen skenaariossa 3 kasvattaa valtion huutokauppatuloja ilman, että yritysten kustannukset kasvavat.

Suomi saavuttaa kaikissa skenaarioissa ilmastolain mukaisen vuoden 2040 tavoitteen vähentää päästöjä 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta pois lukien maankäyttösektorin päästöt. Suomi ei missään skenaariossa saavuta ilmastolain mukaista hiilineutraaliutta vuonna 2035 ilman merkittäviä kansallisia lisätoimia johtuen maankäyttösektorin muuttumisesta päästölähteeksi, vaan hiilineutraaliuden saavuttaminen viivästyy kaikissa skenaarioissa. Suomi jää kaikissa skenaarioissa EU:n asettamasta veloitteesta vähentää taakanjakosektorin päästöjä 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon, päästövähennyksen jäädessä 46 prosenttiin.

Taulukko 6. Yhteenveto skenaarioista 1–4.

	1 Nykypolitiikan jatko	2 Teknologiset nielut ETS1:een	3 Päästökauppojen yhdistäminen	4 Kv-yksiköt ETS1:een
EU:n sisäinen nettopäästövähennys vuonna 2040 vrt. vuoden 1990 tasoon (ml. 5 %-yks. kv-ilmastoyksiköitä)	85,7 % (90,7 %)	85,2 % (90,2 %)	86,0 % (91,0 %)	85,0 % (90,0 %)
EU:n kumulatiiviset nettopäästöt ilman lisätoimia 2025–2050 (vrt. skenaarioon 1)	28,7 Gt	29,6 Gt (+2,8 %)	28,5 Gt (-0,8 %)	29,5 Gt (+2,5 %)
Suomen nettopäästöt vuonna 2035	33,1 Mt	34,0 Mt	32,9 Mt	33,9 Mt
Suomen päästövähennys (pl. LULUCF) vuonna 2040 vrt. vuoden 1990 tasoon	83,0 %	82,4 %	83,1 %	82,5 %
Annualisoidut huutokauppatulot Suomen valtiolle 2025–2050	873 milj. €	849 milj. € ²	903 milj. €	854 milj. €
Annualisoidut päästöoikeusostot suomalaisille yrityksille 2025–2050	795 milj. €	782 milj. €	793 milj. €	775 milj. €

Jotta EU-tason ilmastopolitiikka tukisi paitsi EU:n vuoden 2040 tavoitteen saavuttamisessa myös Suomen etenemistä kohti omia kansallisia tavoitteitaan, voidaan skenaarioiden tuloksia tulkitsemalla sanoa, että EU:n tulisi 1) yhdistää päästökaupat siten, että siitä ilmoitetaan mahdollisimman pian ja lykätä yhdistämistä 2030-luvun puoliväliin, 2) liittää teknologiset nielut osaksi päästökauppajärjestelmää siten, että markkinoille tuotetut poistoyksiköt vähentävät liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia, ja 3) pitää kansainväliset ilmastoyksiköt päästökauppajärjestelmän ulkopuolella.

3.7 SUOMEN KANSALLISEN ILMASTOPOLITIIKAN SUUNNITTELU JA YHTEENSOVITTAMINEN EU:N ILMASTOPOLITIIKAN KANSSA

Skenaarioiden 1–4 mukaisilla päästövähennyksillä Suomi tulee jäämään kansallisen ilmastolain mukaisesta hiilineutraalisuustavoitteesta vuonna 2035 noin 33–34 Mt. Suomi kuitenkin saavuttaa ilmastolain vuoden 2040 tavoitteen vähentää päästöjä 80 prosenttia maankäyttösektori pois lukien verrattuna vuoden 1990 tasoon. Mallinnuksen mukaan Suomen päästövähennykset yltyvät 82–83 prosenttiin vuonna 2040. Tästä näkökulmasta Suomi voi haluta kansallisesti saavuttaa myös tätä matalamman päästötason. Mallinnusten mukaan EU-tasolla päästöt vähenevät vuoteen 2040 mennessä 81–82 prosenttia maankäyttösektori pois lukien.

² Lisäksi riippuen poistoyksikkömarkkinan järjestelyistä joko Suomen valtio tai suomalaiset yritykset saavat annualisoituna 90 milj. € voittoa poistoyksiköiden myynnistä ETS1:ssä.

Kun Suomi suunnittelee ja toteuttaa omaa kansallista ilmastopolitiikkaa 2030-luvulle, on toimia haettavissa jaotellusti seuraavista kohteista.

1. ETS1 -sektori: Lisätoimet päästöjen vähentämiseksi, EUA1-oikeuksien mitätöinti.
2. Taakanjakosektori: Lisätoimet ETS2:n alaisilla sektoreilla tai muulla taakanjakosektorilla, EUA2-oikeuksien mitätöinti.
3. Pysyvät poistot: Teknologisten hiilinielujen tuottaminen.
4. Maankäyttösektori: Toimet erityisesti metsämaan nielun vahvistamiseksi.

Tämän raportin mallinnusten mukaan vuonna 2035 Suomen päästöt ovat 17,6–18,7 Mt ilman maankäyttösektoria. Pysyvien poistojen potentiaali on siihen mennessä varsin rajallinen, KEITO:n WAM-skenaariota mukaan 1,8 Mt. Vastaavasti maankäyttösektori on vuonna 2035 KEITO:n WAM-skenaariossa 15,3 Mt päästölähde. Vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi päästöjen on oltava yhtä suuret poistojen kanssa. Hiilineutraalisuustavoitteen saavuttaminen on siis mahdollista vain, jos maankäyttösektorin nieluja vahvistetaan. Tarvittavien maankäyttösektorin toimien laajuus riippuu siitä, miten paljon päästöjä kyetään vähentämään toisaalla. On kuitenkin huomioitava, että jos toimia sysätään liiaksi päästökauppa- ja taakanjakosektoreille, ilmastopolitiikan kustannustehokkuus kärsii ja hiilineutraalisuuden tavoittelusta tulee kalliimpaa. Siksi maankäyttösektorin nielujen vahvistaminen ei ole ainoastaan edellytys hiilineutraalisuuden saavuttamiseksi, vaan se myös parantaa ilmastopolitiikan kustannustehokkuutta.

Vuonna 2040 Suomen päästöt ovat tämän raportin mallinnusten mukaan päästökauppa-sektorilla 0,8–1,4 Mt ja taakanjakosektorilla 11,2 Mt. ETS2 kattaa silloin noin 37 prosenttia Suomen taakanjakosektorin päästöistä, jotka ovat mallinnusten mukaan noin 4,1 Mt. Muun taakanjakosektorin päästöt vähenevät hitaammin, ja ne ovat KEITO:n WAM-skenaariota mukaan 7,1 Mt vuonna 2040. ETS2:n ulkopuolinen taakanjakosektori vastaa siis 58 prosenttia Suomen kaikista päästöistä maankäyttösektori pois lukien. Päästöjen vähentyessä kustannustehokkuuden merkitys kasvaa, sillä uusien päästövähennysten toteuttaminen on aiempaa vaikeampaa. Jos Suomi päättäisi nostaa ilmastolain tavoitettaan vuodelle 2040 EU-tason kunnianhimoa vastaavaksi tai korkeammaksi, olisi kustannustehokkuuden näkökulmasta todennäköistä, että edullisimmat päästövähennykset löytyisivät ETS2:n ulkopuoliselta taakanjakosektorilta, jossa päästöjen hinnoittelu on vaihtelevaa.

Tarkastellaan seuraavaksi, miten Suomen kansallista ilmastopolitiikkaa voidaan suunnitella EU:n ilmastopolitiikan kanssa yhteensopivaksi siten, että Suomessa tehtävät päästövähennykset edistävät myös EU-tason tavoitteiden saavuttamista.

3.7.1 LISÄTOIMET PÄÄSTÖKAUPPASEKTORILLA

Markkinavakaushavainnointitoiminnasta johtuen ETS1:n päästökatto on endogeeninen, eli lopullinen päästötaso ei määräydy ainoastaan komission liikkeelle laskemien päästöoikeuksien määrän perusteella, vaan markkinoilla syntyvän päästöoikeuksien kysynnän ja tallettamisen mukaan. Tämä johtuu markkinavakaushavainnointitoiminnasta ja sieltä tehtävistä päästöoikeuksien mitätöinneistä. Kansallisten lisätoimien vaikutukset EU-tason päästöihin riippuvat siitä, miten lisätoimet vaikuttavat markkinavakaushavainnointitoiminnasta dynamiikkaan. Lisätoimet voivat joko vähentää tai lisätä päästöjä riippuen niiden ajoituksesta ja siitä, kohdistuvatko lisätoimet päästöoikeuksien kysyntään vai tarjontaan.

Suomi voi pyrkiä vähentämään päästöjä päästökauppa-sektorin kanssa päällekkäisillä toimilla. Tällainen toimi voisi olla esimerkiksi kansallisen hiilidioksidiveron korottaminen. Jos ylimääräiset päästövähennykset ajoittuvat niille vuosille, jolloin oikeuksia vielä siirretään markkinavakaushavainnointitoimintaan (mallinnuksissa näin tapahtuu 2033–2035 asti), kysynnän vähenemisestä johtuva ylijäämä päästöoikeuksista siirtyy markkinavakaushavainnointitoimintaan, jolloin nämä oikeudet voidaan mitätöidä.

Tulevaisuuden niukkuus päästöoikeuksista ei muutu, jolloin myöskään päästöoikeuden hinnassa ei tapahdu muutoksia, minkä vuoksi kysyntä päästöoikeuksista ei kasva toisaalla. Näin ollen niin kutsuttua vesisänkyvaikutusta ei tapahdu, vaan Suomessa toteutetut ylimääräiset päästövähennykset vähentävät päästöjä aidosti myös EU-tasolla (Perino, 2018; Gerlagh ym. 2021).

Tilanne voi muuttua, jos ylimääräisiä päästövähennyksiä tehdään vasta sen jälkeen, kun oikeuksien siirtäminen markkinavakausharjoitukseen on lakannut. Jos on etukäteen tiedossa, että ylimääräisiä päästövähennyksiä tehdään myöhemmin, markkinat alkavat ennakoita lievempää niukkuutta oikeuksista. Tällöin päästöoikeuden hinta laskee, jolloin päästöoikeuksien kysyntä kasvaa toisaalla jo ennen lisätoimien toteutumista. Jos kasvava kysyntä johtaa siihen, että markkinavakausharjoituksesta mitätöidään vähemmän päästöoikeuksia, voivat kansalliset lisätoimet pahimmillaan lisätä EU-tason kokonaispäästöjä. Suomen osalta huoli vesisänkyvaikutuksesta on kuitenkin vähäinen, koska Suomen päästökauppa-sektorin puhdistuminen tapahtuu pääosin jo ennen kuin oikeuksien siirtäminen markkinavakausharjoitukseen lakkaa (vuonna 2035 päästöt ovat mallinnuksen mukaan enää 3,1–4,2 Mt). Tästä syystä ETS1 -sektorilla voi tehdä lisätoimia ilman, että päästöjen kasvu toisaalla on todennäköistä.

Suomen on myös mahdollista jättää huutokauppaamatta osa päästöoikeuksista ja mitätöidä ne (Böhringer ja Fischer, 2023). Tällöin vaikutukset ovat päinvastaisia. Jos Suomi mitätöi oikeuksia siinä vaiheessa, kun niitä vielä siirretään markkinavakausharjoitukseen, heijastuvat Suomen ylimääräiset mitätöinnit suoraan varannosta mitätöitävien oikeuksien määrään, jolloin päästöt eivät vähene EU-tasolla. Vastaavasti, jos Suomi mitätöi oikeuksia vasta sitten, kun oikeuksien siirtäminen markkinavakausharjoitukseen on lakannut, eivät Suomen tekemät mitätöinnit korvaa varannosta tehtäviä mitätöintejä. Tällöin Suomen tekemät mitätöinnit vähentävät päästöjä aidosti EU-tasolla. Jos markkinat alkavat jo aiemmin ennakoita suurempaa niukkuutta päästöoikeuksista, voivat päästöt vähentyä EU-tasolla moninkertaisesti mitätöintiin verrattuna.

3.7.2 LISÄTOIMET TAAKANJAKOSEKTORILLA

Nykylainsäädännön mukaan ETS2:n päästökatto olisi ETS1:n tapaan endogeeninen, mutta johtuen siihen tehtävistä muutoksista (Euroopan komissio, 2025d), päästökatto tulee olemaan eksogeeninen. Toisin sanoen ETS2 -sektorin kumulatiiviset päästöt määräytyvät markkinoille laskettavien päästöoikeuksien mukaan. Vaikka päästöoikeuksien kysyntä vähenisi jollain yksittäisellä sektorilla, päästöt eivät vähene EU-tasolla, koska nämä päästöoikeudet käytettäisiin jossain muualla. Näin ollen ETS2:ssa vesisänkyvaikutus on täydellinen.

Suomi voi päättää tehdä liikennesektorilla lisätoimia, jotka vähentävät ETS2-päästöoikeuksien kysyntää. Tällainen toimi voisi olla esim. jakeluvelvoitteen korottaminen yli aiemmin sovitun tason. Suhteellinen niukkuus päästöoikeuksista vähenee, kun niiden kysyntä vähenee tarjonnan pysyessä muuttumattomana. Tällöin päästöoikeuden hinta laskee. Näin ollen Suomessa haluttu päästövähennys ei tapahdukaan täysimääräisesti EU-tasolla: päästöt vähenevät Suomen liikennesektorilla, mutta ne siirtyvät päästökaupparjestelmän myötä muihin maihin ja muille sektoreille. Toisaalta matalampi päästöoikeuden hinta voi kasvattaa järjestelmän hyväksyttävyyttä, eli päällekkäinen ohjaus pitää ETS2 päästöoikeuden hinnan matalalla. Jos haluttaisiin varmistaa päällekkäisen ohjauksen täysi vaikutus EU-tasolla, tulisi ETS2 oikeuksia vastaavasti mitätöidä. Koska ETS2:n päästökatto on ETS1:stä poiketen eksogeeninen, mitätöintiä ajoituksella ei ole väliä lopputuloksen kannalta, vaan päästöt vähenevät aina EU-tasolla mitätöintiin verran.

ETS2:n ulkopuolisella taakanjakosektorilla tällaista yllä kuvattua vesisänkyvaikutusta ei ole. Koska ETS2:n päästöoikeuden hinnan odotetaan asettuvan verrattain korkealle, olisi ilmastopolitiikan hyväksyttävyyden kannalta suositeltavaa hakea taakanjakosektorin päästövähennyksiä myös muualta

taakanjakosektorilta. Toisaalta päästövähennysten kustannustehokkuuden kannalta on suositeltavaa edistää laajaa ja yhtenäistä päästöjen hinnoittelua, jolloin Suomen kannattaa hyödyntää päästökaupan mukaista hiilen hinnoittelua mahdollisimman laajasti eri sektoreilla.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Päästöjen hinnoittelu edistää päästövähennysten kustannustehokkuutta. Kustannustehokkuuden merkitys korostuu, kun EU:n ja Suomen ilmastotavoitteet kiristyvät ja helpoimmin toteutettavat päästövähennykset on jo tehty. Päästöjen hinnoittelun laajentaminen joko päästökauppaa laajentamalla tai verotuksen tai tukien avulla edistää ilmastopolitiikan kustannustehokkuutta.

Päästökauppajärjestelmät kattavat EU:ssa vuonna 2028 noin 80 prosenttia päästöistä, mutta päästökaupan ulkopuolisten sektoreiden merkitys kasvaa kohti vuotta 2040 siirryttäessä.

Päästökauppojen ulkopuolinen taakanjakosektori kattaa vuonna 2040 noin puolet EU-tason päästöistä, ellei niissä oteta käyttöön WAM-skenaariota tehokkaampia ohjauskeinoja.

Päästökauppa luo päästöille hinnan ja sitä kautta yrityksille kannustimen vähentää päästöjään. Jos yritykset onnistuvat vähentämään päästöjään, ne voivat joissain tapauksissa jopa hyötyä päästökaupasta joko ilmaisjaon kautta tai jos päästöoikeuden hinta siirtyy osin lopputuotteen, kuten sähkön, hintaan (Bushnell ym., 2013; Colmer ym., 2025). Samoin yksittäinen maa voi hyötyä päästökaupasta, jos sen päästöt vähenevät muita nopeammin. Suomen päästökauppasektorin (ETS1) päästöt ovat vähentyneet muuta unionia nopeammin, mutta Suomen huutokauppatulot määräytyvät vakio-osuutena koko EU:n huutokauppatuloista. Suomi hyötyy päästökaupasta, koska valtiolle kertyvät huutokauppatulot eivät vähene samaa tahtia kuin suomalaisyritysten päästöihin perustuvat päästöoikeusostot ja niistä aiheutuvat kustannukset.

Teknologiset hiilinielut kannattaa tuoda päästökauppaan varoen. Teknologiset hiilinielut voidaan lisätä päästökauppaan antamalla nieluja tuottajille mahdollisuus luoda poistoyksiköitä, joita saastuttavat yritykset voivat ostaa ja käyttää päästöoikeuksien tavoin. Päästökauppaan liitettyinä teknologisia nieluja aletaan tuottamaan vasta, kun päästöoikeuden hinta on noussut riittävän korkealle. Mallinnusten perusteella näin tapahtuisi vasta 2030-luvun lopulla. Alkuvaiheessa teknologisia nieluja voisi olla syytä tukea kansallisesti esimerkiksi tarjouskilpailuilla jaettavien tukien tai hiilen hintatakuusopimusten (*carbon contracts for difference*) avulla, kun päästöoikeuden hinta ei toimi riittävänä kannustimena investoinneille ja riski päästöoikeuden hinnan vaihtelusta voi hidastaa investointeja.

Teknologisten hiilinielujen liittämällä voi olla kahdenlaisia vaikutuksia päästöihin toteuttamistavasta riippuen. Jos teknologiset hiilinielut liitetään päästökauppaan siten, että niitä ei huomioida liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrässä, ne laskevat mallinnuksen perusteella päästöoikeuden hintaa noin 16 €/tCO₂. Tällöin yritykset tallettavat vähemmän päästöoikeuksia, mikä heikentää markkinavakaussuorituksen tehokkuutta ja kasvattaa päästöjä. Jos sen sijaan EU vähentää liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää samassa suhteessa kuin nieluja ennakoidaan järjestelmän piiriin tulevan, päästöoikeuden hinta ei laske, vaan teknologiset nielut laskevat kokonaispäästöjä. Toinen vaihtoehto on rajata teknologisten nielujen tuottamien poistoyksiköiden käyttöä yritys- tai toimipaikkatasolla, ja mahdollisesti kohdentaa niiden sallittu käyttö valituille sektoreille.

Teknologisissa hiilinieluissa tulee käyttää like-for-like -periaatetta siten, että päästökauppaan kuuluvia fossiilipäästöjä korvataan vain pysyvillä hiilenpoistoilla, eli hiilidioksidin suoralla talteenotolla (DACCS) ja bioperäisen hiilidioksidin talteenotolla ja varastoinnilla (BECCS). Suomalaisilla yrityksillä on merkittävä potentiaali erityisesti bioperäisen hiilidioksidin talteenotolle, ja teknologisten nielujen liittäminen päästökauppaan luo näin ollen yrityksille kannustimen ja mahdollisen tulonlähteen. Tämä

potentiaali toteutuu kuitenkin vain, jos Suomi täyttää teknologisille hiilinieluille määritettävät kestävyyskriteerit, missä suhteessa BECCS:n osalta tärkeää roolia näyttelee biomassan kestävyys. Suomen tuleekin varmistaa biomassan kestävyys ottamalla käyttöön tarvittavat maankäyttösektorin ohjauskeinot, joilla taataan maankäyttösektorin palaaminen päästölähteestä hiilinieluksi.

Pitkällä aikavälillä tulisi pyrkiä päästökauppajärjestelmien yhdistämiseen. EU:n yleinen päästökauppa (ETS1) ja jakelijoiden päästökauppa (ETS2) toimivat erillisinä järjestelminä vuodesta 2028 alkaen. Tämä on alkuvaiheessa perusteltua, jotta opitaan ETS2 -markkinan toiminnasta vaarantamatta samalla ETS1:n toimivuutta. Pitkällä aikavälillä hintaero järjestelmien välillä kuitenkin heikentää kustannustehokkuutta, eikä järjestelmien eriyttämisestä ole enää merkittävää hyötyä. Tällöin järjestelmät tulisi yhdistää sallimalla päästöoikeuksien käyttäminen vapaasti molempiin järjestelmiin kuuluvien sektoreiden välillä. Yhdistäminen todennäköisesti nostaisi ETS1:n päästöoikeuden hintaa ja vahvistaisi siten kannustimia teollisuuden päästövähennyksille, ja vastaavasti laskisi ETS2:n päästöoikeuden hintaa ja edistäisi järjestelmän hyväksyttävyyttä.

Yhdistäminen voitaisiin toteuttaa 2030-luvun puolivälissä. Jos yhdistämisestä kommunikoidaan etukäteen, alkavat päästöoikeuksien hinnat todennäköisesti yhdenmukaistua nopeasti. Tämä lisäisi politiikan kustannustehokkuutta jo ennen kuin varsinainen yhdistäminen tapahtuu. Lisäksi yhdistäminen vähentäisi kokonaispäästöjä nopeammin tehostamalla ETS1:n markkinavakausvarannon toimintaa, kun ETS1 -sektorin yritykset lisäisivät oikeuksien tallettamista myydäkseen niitä myöhemmin korkeampaan hintaan ETS2 -sektorin yrityksille. On myös mahdollista, että alun perin ETS2:ssa liikkeelle laskettuja päästöoikeuksia tulisi mitätöidä yhdistetyssä päästökaupassa, mikä vähentäisi päästöjä entisestään.

Kansainvälisiä ilmastoyksiköitä ei tule liittää päästökauppaan. EU on päättänyt sallia kansainvälisten ilmastoyksiköiden käytön enintään 5 prosenttiyksikön verran osana ilmastotavoitteen saavuttamista. Lähtökohtaisesti EU:n tulisi saavuttaa 90 prosentin nettopäästövähennystavoitteensa unionin sisäisin toimin. Analyysit osoittavat, että lähempänä 95 prosenttia oleva päästövähennystavoite yhdistettynä kansainväliseen ilmastoyhteistyöhön lisäisi tavoitteen globaalia oikeudenmukaisuutta, mutta 90–95 prosentin päästövähennys ei täysin vastaa EU:n globaalisti oikeudenmukaista tavoitetta (ESABCC, 2024; Suomen Ilmastopaneeli, 2023).

Jos kansainvälisiä ilmastoyksiköitä kuitenkin halutaan käyttää, tulisi EU:n käyttää vain korkealaatuisia yksiköitä ja luoda oma järjestelmä niiden laadun varmistamiseksi. Kansainvälisiä ilmastoyksiköitä ei tule liittää päästökauppaan. Kaikkien kansainvälisten ilmastoyksiköiden (5 %-yks. vuoden 1990 tasosta) liittäminen laskisi päästöoikeuden hintaa mallinnusten mukaan yli 20 €/tCO₂, mikä vähentäisi teollisuuden kannustimia päästövähennyksiin merkittävästi. Tällainen hintavaikutus havaittiin aiemmin vuosina 2008–2012, kun EU salli käyttää Kioton pöytäkirjan mukaisia päästövähennysyksiköitä päästökauppajärjestelmässä. Lisäksi kansainväliset ilmastoyksiköt todennäköisesti syrjäyttäisivät kalliimpia teknologisia hiilinieluja, ja siten päästöoikeuden hinnan aleneminen heikentäisi kannustimia teknologisten hiilinielujen tuottamiselle.

Kansallisilla toimilla on yhä merkittävä rooli. EU:n ilmastopolitiikka ja 90 prosentin päästövähennystavoite muodostavat jäsenmaille ilmastopolitiikan minimitason. Jäsenmaat voivat vapaaehtoisesti tähdätä myös kunnianhimoisempiin päästövähennyksiin. Skenaarioiden perusteella Suomen päästöt ilman maankäyttösektoria laskevat vuoteen 2035 mennessä 17–19 Mt tasolle, mutta maankäyttösektorin vuoksi Suomi jää selvästi hiilineutraaliustavoitteestaan. Sen sijaan Suomen ilmastolain päästövähennystavoite vuodelle 2040 (80 % vrt. 1990 tasoon, pl. LULUCF) näyttää EU:n vuoden 2040 tavoitteen ja mallinnettujen skenaarioiden valossa matalalta.

Kansallisia päästövähennyksiä yli EU:n ilmastopolitiikan ja -tavoitteiden voidaan saavuttaa eri sektoreilla. Kustannustehokkaimmat toimet löytyvät maankäyttösektorilta, ja hiilineutraaliustavoitteen

saavuttamiseksi maankäyttösektori on saatava selväksi hiilinieluksi. Päästökauppa-sektorilla (ETS1) tehdyt päästövähennykset vähentävät nyky säännöillä päästöjä aidosti myös EU-tasolla markkinavakausvarannon toiminnan kautta. Vaikutus ei ole välttämättä ole täysimääräinen, mutta sitä voi kasvattaa mitätöimällä päästöoikeuksia. Taakanjakosektorilla tehtävät jakelijoiden päästökaupan (ETS2) kanssa päällekkäiset toimet puolestaan eivät vähennä EU-tason päästöjä, ellei päästöoikeuksia samalla mitätöidä. Näin ollen kansalliset lisätoimet kannattaa päästövähennysten turvaamiseksi suunnata päästökaupan ulkopuoliselle taakanjakosektorille.

5. LÄHTEET

- Abrell, J., Bilici, S., Blesl, M., Fahl, U., Kattelman, F., Kittel, L., ... & Siegle, J. (2024). Optimal allocation of the EU carbon budget: A multi-model assessment. *Energy Strategy Reviews*, 51, 101271.
- Ahlvik, L., ja Liski, M. (2022). Global externalities, local policies, and firm selection. *Journal of the European Economic Association*, 20(3), 1231-1275.
- Ahlvik, L., ja Vainio, M. (2024). Hiilidioksidin hinnoittelu uudelle tasolle EU: n päästökauppajärjestelmän laajentuessa. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 120(4).
- Ahlvik, L., ja van den Bijgaart, I. (2024). Screening green innovation through carbon pricing. *Journal of Environmental Economics and Management*, 124, 102932.
- Bart, I., ja Barata, P. M. (2025a). Importing international carbon credits to the EU: How to make it work? *EDF Europe*. <https://www.edfeurope.org/news/2025/17/10/importing-international-carbon-credits-eu-how-make-it-work>
- Bart, I. ja Barata, P. M. (2025b). International Credits in the EU: Strategic Choices & Practical Implementation [Raportti]. *Environmental Defense Fund*. <https://library.edf.org/AssetLink/2n17m6t1u02e5qekwsy3s6j5igo3ok2q.pdfja>
- Beck, U. ja Kruse-Andersen, P. K. (2020). Endogenizing the cap in a cap-and-trade system: assessing the agreement on EU ETS phase 4. *Environmental and Resource Economics*, 77(4), 781-811.
- Burke, J. ja Gambhir, A. (2022). Policy incentives for greenhouse gas removal techniques: The risks of premature inclusion in carbon markets and the need for a multi-pronged policy framework. *Energy and Climate Change*, 3, 100074.
- Bushnell, J. B., Chong, H. & Mansur, E. T. (2013). Profiting from regulation: Evidence from the European carbon market. *American Economic Journal: Economic Policy*, 5(4), 78-106.
- Böhringer, C., ja Fischer, C. (2023). Tax, kill or bill: An analysis of unilateral CO2 price floor options in multilateral emissions trading systems. *Journal of Environmental Economics and Management*, 119, 102816.
- Carbon Market Watch (2025). Fit for 2040: Adding international carbon credits and carbon removals will undermine EU ETS contribution to climate target. *Carbon market watch policy brief*, June 2025. <https://carbonmarketwatch.org/wp-content/uploads/2025/06/Fit-for-2040-Policy-Brief.pdf>
- Colmer, J., Martin, R., Muûls, M. & Wagner, U. J. (2025). Does pricing carbon mitigate climate change? Firm-level evidence from the European Union Emissions Trading System. *Review of Economic Studies*, 92(3), 1625-1660.
- CONCITO. (2023). The potential and risks of carbon dioxide removal based on carbon capture and storage in the EU. *Raportti*. <https://concito.dk/files/media/document/The%20potential%20and%20risks%20of%20carbon%20dioxide%20removal%20based%20on%20carbon%20capture%20and%20storage%20in%20the%20EU%2028.06.2022.pdf>

Dechezleprêtre, A., Nachtigall, D., & Venmans, F. (2023). The joint impact of the European Union emissions trading system on carbon emissions and economic performance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 118, 102758.

Delbeke, J. (2024). How the EU can support carbon pricing at global level. *Florence School of Transnational Governance*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c5be5313-0774-11ef-a251-01aa75ed71a1/language-en>

De Simone, F. (2025). What does proposed EU 2040 target mean for climate action? *Carbon Market Watch*. <https://carbonmarketwatch.org/2025/07/04/what-does-proposed-eu-2040-target-mean-for-climate-action/> Haettu 4.7.2025.

Dupont, C., Moore, B., Boasson, E. L., Gravey, V., Jordan, A., Kivimaa, P., Kulovesi, K., Kuzemko, C., Oberthür, S., Panchuk, D., Rosamond, J., Torney, D., Tosun, J. & von Homeyer, I. (2024). Three decades of EU climate policy: Racing toward climate neutrality? *WIREs Climate Change*, 15(1), e863. <https://doi.org/10.1002/wcc.863>

Edenhofer, O., Franks, M., Kalkuhl, M., & Runge-Metzger, A. (2023). On the Governance of Carbon Dioxide Removal – A Public Economics Perspective. *CESifo*. https://www.ifo.de/DocDL/cesifo1_wp10370.pdf

Elinkeinoelämän keskusliitto. (2025). EU ilmastolain muuttaminen ja 2040 ilmastotavoite, U 37/2025 vp. *Eduskunnan ympäristövaliokunnan kuuleminen* 9.9.2025. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2025-AK-34215.pdf>

Energiavirasto. (2025). Päästökaupan huutokauppatulot Suomessa 409,8 miljoonaa euroa vuonna 2025. <https://energiavirasto.fi/-/paastokaupan-huutokauppatulot-suomessa-409-8-miljoonaa-euroa-vuonna-2025> Haettu 3.2.2026.

Elkerbout, M., Burtraw, D., Löfgren, Å. & Zetterberg, L. (2024). Transatlantic cues: How the United States and European Union influence each other's climate policies. *Resources for the Future, report* No. 24-19. https://media.rff.org/documents/Report_24-19_2.pdf

ERCST (2024) Future emissions trading in the EU: Coverage analysis. Authors: Marcu, A., López Hernández J.F., Maratou, A., Nouallet, P., Varricchio, M., Bonfiglio, E. & Caruana, N. *European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition, ERCST publication*. <https://ercst.org/future-of-emissions-trading-in-the-eu-coverage-analysis/>

ERCST (2025a). Future of emissions trading in the EU: Carbon dioxide removals (CDRs). Authors: Marcu, A., Nouallet, P., Caruana, N., Varricchio, M. *European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition, Report*. <https://ercst.org/report-future-of-emissions-trading-in-the-eu-carbon-dioxide-removals-cdrs/>

ERCST (2025b). Policy Brief: Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) in the EU – Challenges and Opportunities. Authors: Marcu, A. and Varricchio, M. *European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition, Policy brief*. https://ercst.org/wp-content/uploads/2025/06/20250306-Policy-Brief_BECCS-FINAL.pdf

ERCST (2025c). Future of emissions trading in the EU: Agriculture ETS. Authors: Marcu, A., Caruana, N., & Nouallet, P. *European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition, ERCST report no 5*. <https://ercst.org/futureofemissionstradinintheeuagricultureets/>

Euroopan komissio (2021). Commission Staff Working Document: Impact assessment accompanying the document Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757 (SWD(2021) 601 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD:2021:601:FIN>

Euroopan komissio (2023). Pricing agricultural emissions and rewarding climate action in the agri-food value chain. *Publications Office of the European Union*. <https://data.europa.eu/doi/10.2834/200>

Euroopan komissio (2024). Komission tiedonanto – Kierrossa olevien päästöoikeuksien kokonaismäärän vuonna 2023 julkaiseminen direktiivillä 2003/87/EY perustettuun Euroopan unionin päästökauppajärjestelmään liittyvän markkinavakausvarannon tarkoituksia varten (C/2024/3415). *Euroopan unionin virallinen lehti*, C, 3.6.2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=OJ:C_202403415

Euroopan komissio (2025a). Chapter 1 – Climate action: advances and challenges. In EU Climate Action Progress Report 2025. *European Commission*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/progress-climate-action/eu-climate-action-progress-report-2025/chapter-1-climate-action-advances-and-challenges_en

Euroopan komissio (2025b). Komission tiedonanto – Vuonna 2024 kierrossa olleiden päästöoikeuksien kokonaismäärän julkaiseminen markkinavakausvarannon tarkoituksia varten EU:n päästökauppajärjestelmän puitteissa (C/2025/3180). *Euroopan unionin virallinen lehti*, C, 4.6.2025. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A52025XC03180>

Euroopan komissio (2025c). Ehdotus: Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus puitteiden vahvistamisesta ilmastoneutraaliuden saavuttamiseksi annetun asetuksen (EU) 2021/1119 muuttamisesta. (COM(2025) 524 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A52025PC0524>

Euroopan komissio (2025d). Ehdotus: Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös päätöksen (EU) 2015/1814 muuttamisesta siltä osin kuin on kyse markkinavakausvarannosta rakennusten ja tieliikenteen aloilla ja muilla aloilla. (COM(2025) 738 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025PC0738&qid=1764851587714>

Euroopan komissio (2025e). Remarks by Commissioner Hoekstra at the ENVI Council (SPEECH/25/2469). https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/speech_25_2469/SPEECH_25_2469_EN.pdfhttps://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/speech_25_2469/SPEECH_25_2469_EN.pdf

Euroopan komissio (2025f). A renewed agenda for European Union – United Kingdom cooperation: Common Understanding. *Euroopan komission tiedote*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_25_1267

Euroopan komissio (2025g). Weekly oil bulletin: Price developments. https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/weekly-oil-bulletin_en#price-developments. Haettu 26.9.2025.

Euroopan komissio (2025h). EU:n päästökauppajärjestelmä meriliikenteelle, ilmailulle ja kiinteille laitoksille sekä markkinavakausvarannon tarkastelu. <https://ec.europa.eu/info/law/better->

[regulation/have-your-say/initiatives/14549-Meriliikennetta-ilmailua-ja-kiinteita-laitoksia-koskevan-EUn-paastokauppajärjestelman-seka-markkinavakaushavaranon-uudelleentarkastelu](#) fi Haettu 3.2.2026.

Euroopan komissio (2026). Supplementing Regulation (EU) 2024/3012 of the European Parliament and of the Council by establishing the certification methodologies for permanent carbon removals activities. EU 2026/0553. https://climate.ec.europa.eu/document/download/96845e08-0311-45b4-b6c0-7040e31d9cd0_en?filename=C_2026_553_1_EN_ACT_part1_v5.pdf

Euroopan parlamentti (2025). Framework for achieving climate neutrality. Amendments adopted by the European Parliament on 13 November 2025 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EU) 2021/1119 establishing the framework for achieving climate neutrality. P10_TA(2025)0262. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-10-2025-0262_EN.pdf

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2003). Direktiivi 2003/87/EY kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmän toteuttamisesta Euroopan unionissa. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 275, 25.10.2003, s. 32–46. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32003L0087>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2004). Direktiivi 2004/101/EY kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmän toteuttamisesta yhteisössä annetun direktiivin 2003/87/EY muuttamisesta Kioton pöytäkirjan hankemekanismin osalta. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 338, 13.11.2004, s. 18–23. <http://data.europa.eu/eli/dir/2004/101/oj>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2009). Direktiivi 2009/31/EY hiilidioksidin geologisesta varastoinnista. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 140, 5.6.2009, s. 114–135. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/31/oj>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2015). Päätös (EU) 2015/1814 markkinavakaushavaranon perustamisesta unionin kasvihuonekaasupäästöjen kauppajärjestelmään. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 264, 9.10.2015, s. 1–5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32015D1814>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2018). Asetus (EU) 2018/1999 energiaunionin ja ilmastotoimien hallinnosta. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 328, 21.12.2018, s. 1–77. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018R1999-20231120>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2023a). Asetus (EU) 2023/1805 uusiutuvien ja vähähiilisten polttoaineiden käytöstä meriliikenteessä sekä direktiivin 2009/16/EY muuttamisesta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 234, 22.9.2023, s. 48–100. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32023R1805>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2023b). Asetus (EU) 2023/2405 tasapuolisten toimintaedellytysten varmistamisesta kestäväälle lentoliikenteelle (ReFuelEU Aviation -aloite) *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 2023/2405, 30.10.2023, s. 1–130. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj?locale=fi>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2023c). Direktiivi (EU) 2023/959 kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmän toteuttamisesta unionissa annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2003/87/EY ja markkinavakaushavaranon perustamisesta unionin kasvihuonekaasupäästöjen kauppajärjestelmään ja sen toiminnasta annetun päätöksen (EU) 2015/1814 muuttamisesta. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 130, 16.5.2023, s. 134–198. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32023L0959>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2023d). Direktiivi (EU) 2023/2413 direktiivin (EU) 2018/2001, asetuksen (EU) 2018/1999 ja direktiivin 98/70/EY muuttamisesta uusiutuvien energialähteiden käytön osalta sekä direktiivin (EU) 2015/652 kumoamisesta. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 295, 31.10.2023, s. 1–110. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj?locale=fi>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2024). Asetus (EU) 2024/3012 pysyvää hiilenpoistoa, hiiliviljelyä ja hiilen varastointia tuotteisiin koskevasta unionin sertifiointikehyksen perustamisesta. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 2024/3012, 6.12.2024, s. xx-xx. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32024R3012>

Euroopan parlamentti ja neuvosto (2025). Asetus (EU) 2025/2083 asetuksen (EU) 2023/956 muuttamisesta rajalle perustetun hiilidioksidipäästöjen säätömekanismin yksinkertaistamisen ja vahvistamisen osalta. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L-sarja, 8.10.2025. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=OJ%3AL_202502083

Euroopan unionin neuvosto (2025). Outcome of proceedings: Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EU) 2021/1119 establishing the framework for achieving climate neutrality – General approach (*Doc. 14960/25*). <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14960-2025-INIT/en/pdf>

European Academies Science Advisory Council (EASAC) (2022). Forest bioenergy update: BECCS and its role in integrated assessment models. *Commentary*, 02/2022. https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Negative_Carbon/EASAC_BECCS_Commentary_2022_WEB_final.pdf

European Court of Human Rights (ECHR) (2024). Verein KlimaSeniorinnen Schweiz and Others v. Switzerland [GC], *App. No. 53600/20*. <https://hudoc.echr.coe.int/eng/?i=002-14304>

European Energy Exchange (EEX) (2025). EEX EUA Primary Auction Spot Prices. *EEX market data*. <https://www.eex.com/en/market-data/market-data-hub/environmentals/eex-eua-primary-auction-spot-download>

European Environment Agency (EEA) (2024). Greenhouse gas emissions from transport in the EU, by transport mode and scenario. *EEA analysis and data*, published 04/11/2024. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-transport/greenhouse-gas-emissions-from>

European Environment Agency (EEA) (2025a). Greenhouse gas emissions from land use, land use change and forestry in Europe. *EEA indicator analysis*, published 06/11/2025. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-land>

European Environment Agency (EEA) (2025b). EU Emissions Trading System (ETS) data viewer. *EEA dashboard*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/emissions-trading-viewer-1-dashboards?activeTab=265e2bee-7de3-46e8-b6ee-76005f3f434f>

European Environment Agency (EEA) (2025c). Progress towards national greenhouse gas emissions targets in Europe. *EEA Indicator analysis*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/progress-towards-national-greenhouse-gas>

European Environment Agency (EEA) (2025d). Total net greenhouse gas emission trends and projections in Europe. *EEA Indicator analysis*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/total-greenhouse-gas-emission-trends>

European Scientific Advisory Board on Climate Change (ESABCC) (2023). Scientific advice for the determination of an EU-wide 2040 climate target and a greenhouse gas budget for 2030–2050. *Catalogue No. TH-03-23-229-EN-N*; DOI:10.2800/609405. <https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/scientific-advice-for-the-determination-of-an-eu-wide-2040>

European Scientific Advisory Board on Climate Change (ESABCC) (2024). Towards EU climate neutrality: Progress, policy gaps and opportunities. *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2800/216446>

European Scientific Advisory Board on Climate Change (ESABCC) (2025a). Scientific advice for amending the European Climate Law: Setting climate goals to strengthen EU strategic priorities. *Publications Office of the European Union*. DOI: 10.2800/1978453

European Scientific Advisory Board on Climate Change (ESABCC) (2025b). Scaling up carbon dioxide removals: Recommendations for navigating opportunities and risks in the EU. *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2800/3253650>

Eurostat (2025). Gas prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards). *Eurostat data table*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_202/default/table?lang=en

Fageda, X., ja Teixidó, J. J. (2022). Pricing carbon in the aviation sector: Evidence from the European emissions trading system. *Journal of Environmental Economics and Management*, 111, 102591.

Gerlagh, R., Heijmans, R. J., & Rosendahl, K. E. (2021). An endogenous emissions cap produces a green paradox. *Economic Policy*, 36(107), 485-522.

Graichen, J., Gores, S., Böttcher, H., Schumacher, K., Kasten, P. & Schneider, L. (2025a). The EU's 2040 climate target. *Öko-Institut*. <https://www.oeko.de/en/publications/the-eus-2040-climate-target/>

Graichen, J., Skribbe, R., Gores, S., Lauer, S. & Hennenberg, K. (2025b). The EU ETS and the 2040 climate target. *Oeko-Institut report*. <https://www.oeko.de/en/publications/the-eu-ets-and-the-2040-climate-target/>

Günther, C., Pahle, M., Govorukha, K., Osorio, S., & Fotiou, T. (2025). Carbon prices on the rise? Shedding light on the emerging second EU Emissions Trading System (EU ETS2). *Climate Policy*, 1-12.

Hotelling, H. (1931). The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137–175.

Holtmark, K., ja Midttømme, K. (2021). The dynamics of linking permit markets. *Journal of Public Economics*, 198, 104406.

Ilmastolaki 10.6.2022/423. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2022/423>

International Carbon Action Partnership (ICAP) (2023). Linking emissions trading systems: ETS Brief #4. *ICAP report*. https://icapcarbonaction.com/system/files/document/icap_briefs-en-brief-4.pdf

Intercontinental Exchange (ICE) (2025). EUA 2 Futures Pricing. *ICE Market data*.

<https://www.ice.com/products/83048353/EUA-2-Futures/data?marketId=8322696&span=1>

Karlsson, J. (2025). Carbon Taxation, Firm Performance, and Labor Demand. *Working Paper*, University of Gothenburg, Department of Economics.

<https://jimmykarlsson.com/Climate%20Policy%20and%20Labor%20Market%20Inequality.pdf>

Koljonen, T. (Ed.), Soimakallio, S. (Ed.), Silfver, T. (Ed.), Kivinen, M. (Ed.), Aakkula, J., Aittoniemi, E., Arola, T., Faehnle, M., Forsberg, T., Forsius, M., Haakana, M., Hirvelä, H., Honkatukia, J., Ikkala, L., Jarva, J., Karhinen, S., Karvonen, T., Karvosenoja, N., Kivimaa, P., ... Vähäkuopus, T.

(2025). Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – keskipitkän aikavälin vaikutusarviot. *VTT Technical Research Centre of Finland*. VTT Technology No. 442.

<https://doi.org/10.32040/2242-122X.2025.T442>

Kujanpää, L., Koponen, K., Linjala, O., Mäkikouri, S., & Arasto, A. (2023). Teknologisten hiilinielujen mahdollisuudet ja niiden edistäminen Suomessa. *Suomen ilmastopaneelin raportti*

5/2023. <https://doi.org/10.31885/9789527457283>

Kujanpää, L., Linjala, O., & Mäkikouri, S. (2024). *Outlook of CO₂ logistics in Finland for CCUS. Public summary report*, The Bioenergy Association of Finland. https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2024/10/PUBLIC-SUMMARY-REPORT-CO2-LOGISTICS_Bioenergiary-VTT-04-10-2024.pdf

Kulovesi, K., Mähönen, M., & Laininen, J. (2024). Ilmasto-oikeus. *Alma Insights*.

La Hoz Theuer, S., ja Olarte, A. (2023). Emissions trading systems and carbon capture and storage: Mapping possible interactions, technical considerations, and existing provisions. *Berlin: International Carbon Action Partnership*.

https://icapcarbonaction.com/system/files/document/La%20Hoz%20Theuer%20%26%20Olarte%20%282023%29.%20ETSs%20and%20CCS_ICAP.pdf

Laki biopolttoöljyn käytön edistämisestä 23.9.2019/418. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2019/418>

Laki fossiilisen polttoaineen jakelun päästökaupasta 30.12.2024/1066.

<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2024/1066>

Laki uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä 13.4.2007/446.

<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2007/446>

Leisinger, C. (2025). The ENVI Council has finally cleared the way for the #2040 target. *LinkedIn-julkaisu*, 7.11.2025. <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7391868802717614080/>

Martin, R., Muûls, M., De Preux, L. B., & Wagner, U. J. (2014). Industry compensation under relocation risk: A firm-level analysis of the EU emissions trading scheme. *American Economic Review*, 104(8), 2482-2508.

McDonald, H., Gardiner, J., Scheid, A., Siemons, A., Fallasch, F., Scheffler, M. & Wiegmann, K. (2025). Temporary carbon units from carbon farming and EU agri-food climate policy. Assessment of risks, opportunities, and alternatives for promoting carbon farming. *Ecologic Institut & Öko-Institut*.

<https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2025/Temporary-carbon-units-from-carbon-farming-and-EU-agri-food-climate-policy-50216.pdf>

Meyer-Ohlendorf, N. (2023a). Making Carbon Removals a Real Climate Solution: How to Integrate carbon removals into EU climate policies. *Ecologic Institute, Berlin*.
https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2023/50139_CDR_Framework_Report.pdf

Meyer-Ohlendorf, N., Kocher, D., Graichen, J. & Gores, S. (2023b). EU 2040 climate architecture: Target designs and framework options – Discussing design options for the EU 2040 climate framework. *Ecologic Institute, Berlin*. <https://www.ecologic.eu/19470>

Mundaca, G., Strand, J., & Young, I. R. (2021). Carbon pricing of international transport fuels: Impacts on carbon emissions and trade activity. *Journal of environmental economics and management*, 110, 102517.

Oberthür, S., and Kulovesi, K. (2025). Accelerating the EU's climate transformation: The European Green Deal's Fit for 55 Package unpacked. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 34(1), 7-22.

Osorio, S., Tietjen, O., Pahle, M., Pietzcker, R. C., & Edenhofer, O. (2021). Reviewing the Market Stability Reserve in light of more ambitious EU ETS emission targets. *Energy Policy*, 158, 112530.

Perino, G. (2018). New EU ETS Phase 4 rules temporarily puncture waterbed. *Nature Climate Change*, 8(4), 262-264.

Rickels, W., Proelß, A., Geden, O., Burhenne, J., & Fridahl, M. (2021). Integrating carbon dioxide removal into European emissions trading. *Frontiers in Climate*, 3, 690023.

Rickels, W., Rischer, C., Schenuit, F., & Peterson, S. (2023). Potential efficiency gains from the introduction of an emissions trading system for the buildings and road transport sectors in the European Union (No. 2249). *Kiel Working Paper*.

Sandbag (2025). Simulating CDR in the EU ETS: The risks of premature integration. Authors: Woods, D., Assous, A., Barré, C., and Nettelstroth, C. *Sandbag report, 07/2025*. https://sandbag.be/wp-content/uploads/Sandbag_2025_Simulating-CDR-in-the-EU-ETS.pdf

Scheffler, M. ja Wiegmann, K. (2024). EU 2040 climate target: The role of agriculture. *Oeko-Institut report*. <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/project/2024/60028-EU2040-Sector-Paper-agriculture.pdf>

Schuetz, L. (2024). Permanence and liability: Legal considerations on the integration of carbon dioxide removal into the EU emissions trading system. *Transnational Environmental Law*, 13(1), 87-110.

Seppänen, A., Ahlvik, L., Weaver, S. & Ollikainen, M. (2022). Tieliikenteen kansallisen päästökaupan toteuttaminen ja vaikutukset. *Ilmastopaneelin raportti 4/2022*. <https://doi.org/10.31885/9789527457146>

Seppälä, J., Liimatainen, H., Viri, R., Suomalainen, E., Ollikainen, M., Weaver, S., Markkanen, J., Ahlvik, L., Karttunen, M., Hänninen, O., Halonen, J. I. (2024). Tieliikenteen päästövähennystoimet ja niiden vaikutukset. *Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2024*. <https://doi.org/10.31885/9789527457313>

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://doi.org/10.31885/9789527457344>

Suomen ilmastopaneeli (2023). VN/6348/2019 Ilmastopaneelin lausunto EU:n vuoden 2040 ilmastotavoitteen asettamisesta. *Ympäristöministeriö*, 4.9.2023 Saatavilla: https://ilmastopaneeli.fi/hallinta/wpcontent/uploads/2024/03/Asiantuntijalausunto_Ilmastopaneeli_VN-6348-2019_EU-2040.pdf

Swedish Energy Agency. (2022). Pricing of verified emission reduction units under Article 6 of the Paris Agreement. *Energimyndigheten* Report No. ER 2022:13. https://www.energimyndigheten.se/4a4d79/globalassets/klimat--miljo/internationella-klimatinsatser/sea-pricing-study_final.pdf

Tilastokeskus (2025a). Liikenteen energiankulutus, 1990–2024. *Tilastokeskuksen tietokantataulukko*. PxWeb. https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehk/statfin_ehk_pxt_12sz.px/

Tilastokeskus (2025b). Polttonesteiden keskihintoja, kuukausitiedot, 2002M01–2025M08. *Tilastokeskuksen tietokantataulukko*. PxWeb. https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khi/statfin_khi_pxt_11xx.px

Tilastokeskus (2025c). Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2023: National Inventory Document under the UNFCCC and Paris Agreement. *Statistics Finland* 15.4.2025. https://stat.fi/media/uploads/tup/khkinv/fi_nid_un_2023_2025-04-15.pdf

UK Government (2024). Integrating greenhouse gas removals in the UK Emissions Trading Scheme: Consultation. *Consultation outcome*, 23/05/2024. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/664df92b993111924d9d39f8/integrating-ggrs-in-the-ukets-consultation.pdf>

Valtioneuvosto (2025). Valtioneuvosto päätti Suomen kannan Euroopan komission ehdotukseen ilmastotavoitteeksi vuodelle 2040. *Valtioneuvoston tiedote*, 04/09/2025. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/valtioneuvosto-linjasi-kantojaan-euroopan-komission-ehdotukseen-ilmastotavoitteeksi-vuodelle-2040>

Verschuuren, J., Fleurke, F., & Leach, M. C. (2024). Integrating agricultural emissions into the European Union emissions trading system: legal design considerations. *Sustainability*, 16(12), 5091.

Zachmann, G. (2024). The precarious promise of the Paris Agreement's Article 6. *Verkoartikkeli, Bruegel*, 05/12/2024. <https://www.bruegel.org/first-glance/precarious-promise-paris-agreements-article-6>

6. LIITTEET

Liitteissä kuvataan raportissa käytetty aineisto ja päästökauppamalli, jolla kuvataan nykyainsäädännön mukaisia päästökauppoja (skenaario 1) ja niiden mahdollisia muutoksia (skenaariot 2–4).

6.1 PÄÄSTÖKAUPPAMALLIN PERUSDYNAMIIKKA

Päästökauppamalli vastaa perusdynamikaltaan Gerlaghin ym. (2021) esittelemää mallia. Mallin dynamiikkaa kuvaavat yhtälöt on kuvattu taulukossa 7.

Taulukko 7. Päästökauppamallin perusdynamiiikan kuvaus.

Kuvaus	Yhtälö	Huomioita
Vuosittain liikkeelle laskettavat oikeudet	$S_t = \sum_i S_{i,t}$	Oikeudet vähenevät lineaarisen vähennyskertoimen ja muiden sääntöjen mukaisesti
Kysyntä	$D_t = \sum_i D_{i,t}$	Sektorikohtaisten kysyntäfunktioiden parametrit kuvattu taulukossa 8
Markkinavakausvaranto	$M_t = M_{t-1} + M_t^{in} - M_t^{out} - I_t$	ETS1:ssä $M_{2024} = 808,744844^3$, ETS2:ssa $M_{2026} = 600^4$
Talletetut oikeudet (TNAC)	$B_t = B_{t-1} + S_t - D_t - M_t^{in} + M_t^{out}$	ETS1:ssä $B_{2024} = 1148,049585^5$ ja $B_{2050} = 0$, ETS2:ssa $B_{2027} = 0$ ja $B_{2050} = 0$
Päästöoikeuden hinta	$\tau_t = \tau_{t-1} \times (1 + \delta)$	ETS1:ssä $\tau_{2025} = 72^6$, ETS2:ssa $\tau_{2028} = 89,25^7$, molemmissa $\delta = 0,05$

6.2 DISKONTTOKORON JA KALIBROINTIPISTEIDEN VALINTA

Päästöoikeudet voidaan rinnastaa niukkana resurssina uusiutumattomiin luonnonvaroihin, jolloin Hotellingin sääntöä (1931) on mahdollista soveltaa päästöoikeuksien hintapolulle. Päästöoikeuden hinta kasvaa tällöin joka vuosi diskonttokoron verran. Diskonttokoron valinta on kriittistä tulosten kannalta: pieni diskonttokorko tuottaa enemmän päästöoikeuksien mitätöintejä

³ Lähde: Euroopan komission tiedonanto C/2024/3415

⁴ Lähde: Päättös (EU) 2015/1814

⁵ Lähde: Euroopan komission tiedonanto C/2025/3180

⁶ Arvioitu tammikuun ja marraskuun 2025 välillä toteutuneen keskihinnan (EEX, 2025) perusteella.

⁷ Arvioitu futuurien hinnan (ICE, 2025) ja aiempien mallinnusten (mm. Günther ym., 2025) perusteella.

markkinavakaushvarannosta ja siten vähemmän päästöjä, kun taas korkean diskonttokoron käyttäminen vähentää mitätöintiä ja kasvattaa päästöjä. Tämä efekti on havaittu myös eri tutkimusten välillä (Osorio ym., 2021). Tässä raportissa on käytetty 5 % diskonttokorkoa, joka vastaa tasoltaan muuta kirjallisuutta (mm. Beck ja Kruse-Andersen, 2020; Gerlagh ym., 2021). Futuurimarkkinoiden hintakehitys tukisi pienemmän diskonttokoron käyttöä, mutta toisaalta korkeampi diskonttokorko heijastelisi paremmin markkinoihin liittyvää epävarmuutta, jolloin 5 % toimii eräänlaisena kompromissina näiden kahden näkökulman välillä.

Sektorikohtaiset kysyntäfunktiot on kalibroitu siten, että malli tuottaa päästöoikeuksille halutun lähtöhinnan. ETS1:n kalibroitipiste, 72 € vuonna 2025, perustuu vuonna 2025 toteutuneiden huutokauppojen keskihintaan (EEX, 2025). ETS2:n kalibroitipisteen valinta sisältää suuria epävarmuuksia. Futuurikauppaa on käyty toukokuusta 2025 alkaen, mutta volyymi on ollut pientä ja hinta vaihdellut huomattavasti. Futuurien hinta laski voimakkaasti lokakuussa 2025, kun ETS2:een tehtävistä muutoksista ilmoitettiin (Euroopan komissio, 2025e). Kalibroitipisteeksi on kuitenkin valittu vakaa 85 € hinta kesältä 2025, josta diskonttotekijällä kerrottuna saadaan hinnaksi 89,25 € vuodelle 2028. Lokakuussa 2025 tapahtunut äkillinen muutos futuurien hinnassa on siis jätetty huomiotta, koska ETS2:n lähtöhintaan liittyy edelleen suuria epävarmuuksia ja aiemmat mallinnukset (mm. Abrell ym., 2024; Günther ym., 2025; Rickels ym., 2023) tukevat korkeampaa EUA2:n hintaa.

6.3 MARKKINAVAKAUSHVARANNON TOIMINTAPERIAATTEET

ETS1:ssä ja ETS2:ssa on markkinavakaushvarannot, joiden tarkoituksena on säännellä kierrossa olevien päästöoikeuksien määrää (TNAC, *Total Number of Allowances in Circulation*) ja hillitä siten päästöoikeuden markkinahinnan vaihtelua. Markkinavakaushvarannon pääasiallinen vaikutus on kuitenkin erilainen kahden päästökaupan välillä. ETS1:ssä markkinavakaushvaranto vähentää kierrossa olevia päästöoikeuksia ja nostaa näin oikeuden hintaa. ETS2:ssa vaikutus on päinvastainen, sillä markkinavakaushvaranto lisää oikeuksia markkinoilla ja laskee oikeuden hintaa.

ETS1:n markkinavakaushvarannon toimintaperiaatteet ovat päätöksen 2015/1814 mukaisesti seuraavat:

- Kun $TNAC \leq 400$ Mt, varannosta vapautetaan oikeuksia (M^{out}) huutokaupattavaksi 100 Mt.
- Kun $833 \text{ Mt} < TNAC \leq 1096$ Mt, varantoon siirretään oikeuksia (M^{in}) TNAC:n ja 833 Mt kynnysarvon erotuksen verran. Kun $TNAC > 1096$ Mt, varantoon siirretään oikeuksia 24 % (12 % vuodesta 2030) TNAC:n koosta.
- Varannosta mitätöidään oikeudet (I), jotka ylittävät 400 Mt kynnysarvon.

ETS2:n markkinavakaushvarannon toimintaperiaatteet ovat päätöksen 2015/1814 mukaisesti seuraavat:

- Kun $TNAC < 210$ Mt, varannosta vapautetaan oikeuksia (M^{out}) 100 Mt.⁸ Lisäksi jos päästöoikeuden hinta ylittää 45 € vuosina 2028–2030, varannosta vapautetaan oikeuksia huutokaupattavaksi 40 Mt.⁹
- Kun $TNAC > 440$ Mt, varantoon siirretään oikeuksia (M^{in}) 100 Mt.

⁸ Tämän lisäksi komissio on esittänyt (Euroopan komissio, 2025d), että varannosta vapautettaisiin oikeuksia myös TNAC:n ollessa välillä 210–260 Mt. Tätä ei ole kuitenkaan otettu mallinnuksessa huomioon.

⁹ Direktiivissä 2003/87/EY kynnysarvo on sidottu vuoden 2020 eurooppalaiseen kuluttajahintaindeksiin. Tätä ei kuitenkaan ole otettu mallissa huomioon, koska kynnysarvo ylittyy joka tapauksessa reilusti. Vapautus on 20 Mt kerrallaan, ja se on mahdollista tehdä kaksi kertaa vuodessa. Mallissa oletetaan tapahtuvan niin.

- Mitätöintiä (I) ei tehdä.¹⁰

6.4 PÄÄSTÖOIKEUKSIEN TARJONTA

Oletetaan, ettei lineaarisiin vähennyskerroimiin tehdä muutoksia, vaan päästöoikeuksia lasketaan markkinoille vuosittain direktiivin 2003/87/EY mukaisesti.

ETS1:ssä lineaarinen vähennyskerroin on 4,3 % vuoteen 2027 asti ja 4,4 % vuodesta 2028 alkaen. Vuonna 2025 liikkeelle lasketaan yhteensä 1322 miljoonaa päästöoikeutta. Kiinteiden laitosten osalta viimeiset päästöoikeudet lasketaan liikkeelle vuonna 2038, mutta uusia oikeuksia lasketaan liikkeelle vielä 2040-luvulla lento- ja meriliikenteen osalta vuosiin 2043 ja 2045 saakka.

ETS2:ssa lineaarinen vähennyskerroin on 5,38 %. Vuonna 2028 liikkeelle lasketaan 1266 miljoonaa päästöoikeutta, mikä sisältää direktiivin 2003/87/EY mukaisen 30 % lisäyksen ensimmäiselle vuodelle. Tätä lisäystä vastaava määrä vähennetään vuosina 2030–2032 liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrästä. Viimeiset päästöoikeudet lasketaan liikkeelle vuonna 2043.

6.5 PÄÄSTÖOIKEUKSIEN KYSYNTÄ

Päästöoikeuksien kysyntää mallinnetaan sektorikohtaisilla lineaarisilla kysyntäfunktioilla, jotka riippuvat ajasta ja päästöoikeuden hinnasta.

Oletetaan, että päästöjä aiheuttavan hyödykkeen kysyntäfunktio on muotoa $\hat{Q} = \hat{a} - \hat{b}p$, missä $\hat{a}$ on kysyntä tuotteen hinnan ollessa nolla, $\hat{b}$ on hintaherkkyys ja p tuotteen hinta. Tällöin hyödykkeen hintajousto on $\varepsilon = -\hat{b}p/(\hat{a} - \hat{b}p)$, josta ratkaistuna hintaherkkyys on $\hat{b} = \hat{a}\varepsilon/p(\varepsilon - 1)$. Kun tämä sijoitetaan takaisin kysyntäfunktioon, saadaan $\hat{Q} = \hat{a} - p\hat{a}\varepsilon/p(\varepsilon - 1)$. Oletetaan, että hyödykkeen yksikkökohtaiset päästöt ovat ρ , ja että päästöoikeuden hinta heijastuu täysimääräisesti hyödykkeen hintaan. Nyt hyödykkeen kysyntää vastaava päästöoikeuksien kysyntä voidaan ilmaista muodossa

$$\rho\hat{Q} = \rho \left[\hat{a} - \frac{\hat{a}\varepsilon}{p(\varepsilon - 1)} (p + \rho\tau) \right].$$

Järjestelemällä yhtälö uudellaan saadaan

$$\rho\hat{Q} = \rho \left[\frac{\hat{a}}{1 - \varepsilon} - \frac{\hat{a}\varepsilon}{p(\varepsilon - 1)} \rho\tau \right].$$

Kun päästöjä ei hinnoitella, päästöt ovat $a = \rho\hat{a}/(1 - \varepsilon)$. Hintaherkkyys päästöjen hinnalle on $b = |\varepsilon|p/\rho$. Merkitään $\rho\hat{Q} = Q$. Näin päästöoikeuksien kysyntäfunktio, huomioiden kysynnän suhteellinen muutos ajan suhteen, voidaan esittää muodossa

$$Q(t, \tau) = (a - b_t a \tau)(1 + c t),$$

jossa a on päästöoikeuksien kysynnän teoreettinen maksimi (ts. päästöt, kun oikeuden hinta on nolla), t aika, b_t hintaherkkyys ajanhetkellä t , τ päästöoikeuden hinta ja c kysynnän suhteellinen muutos ajassa.

¹⁰ Päätöksen 2015/1814 mukaisesti kaikki varannossa olevat oikeudet tulisi mitätöidä vuonna 2030. Kuitenkin oletetaan, Euroopan parlamentin ja neuvoston ehdotuksen (Euroopan komissio, 2025d) mukaisesti tätä mitätöintiä ei tulla tekemään.

Sektorikohtaiset kysyntäfunktiot on kalibroitu kirjallisuuteen pohjautuvien arvioiden sekä saatavilla olevan datan perusteella. Sektorikohtaisten kysyntäfunktioiden parametrit on kuvattu taulukossa 8.

Taulukko 8. Päästöoikeuksien kysyntäfunktioiden parametriarvot.

Parametri	Arvo	Lähde
$a_{energia\ ja\ teollisuus\ ROE}$	1288,60	Omat laskelmat perustuen EEA:n dataan (2025a)
$a_{energia\ ja\ teollisuus\ FIN}$	16,29	Omat laskelmat perustuen EEA:n dataan (2025a)
$a_{lentoliikenne}$	65,94	Omat laskelmat perustuen EEA:n dataan (2025a)
$a_{meriliikenne}$	89,36	Omat laskelmat perustuen EEA:n dataan (2025a)
$a_{liikenne\ ROE}$	654,39	Omat laskelmat perustuen EEA:n WAM-skenaarioon (2025c)
$a_{liikenne\ FIN}$	8,98	Omat laskelmat perustuen KEITO:n WAM-skenaarioon (2025)
$a_{rakennukset\ ROE}$	409,17	Omat laskelmat perustuen EEA:n WAM-skenaarioon (2025c)
$a_{rakennukset\ FIN}$	1,19	Omat laskelmat perustuen KEITO:n WAM-skenaarioon (2025)
$a_{pienteollisuus\ ROE}$	150,52	Omat laskelmat perustuen EEA:n WAM-skenaarioon (2025c)
$a_{pienteollisuus\ FIN}$	3,04	Omat laskelmat perustuen KEITO:n WAM-skenaarioon (2025)
$b_{energia\ ja\ teollisuus\ ROE}$	0,00451571	Gerlagh ym. (2021)
$b_{energia\ ja\ teollisuus\ FIN}$	0,00451571	Gerlagh ym. (2021)
$b_{lentoliikenne}$	0,00130956	Fageda ja Teixidó (2022), Colmer ym. (2025)
$b_{meriliikenne}$	0,001625	Mundaca ym. (2021)
$b_{pienteollisuus\ ROE}$	0,00451571	Gerlagh ym. (2021), Karlsson (2025), Colmer ym. (2025)
$b_{pienteollisuus\ FIN}$	0,00451571	Gerlagh ym. (2021), Karlsson (2025), Colmer ym. (2025)
$\varepsilon_{liikenne\ ROE}^{ST}$	0,2	Oma arvio perustuen Seppäsen ym. (2022) raporttiin
$\varepsilon_{liikenne\ ROE}^{LT}$	1	Oma arvio perustuen Seppäsen ym. (2022) raporttiin
$\varepsilon_{liikenne\ FIN}^{ST}$	0,2	Oma arvio perustuen Seppäsen ym. (2022) raporttiin
$\varepsilon_{liikenne\ FIN}^{LT}$	1	Oma arvio perustuen Seppäsen ym. (2022) raporttiin
$\varepsilon_{rakennukset\ ROE}^{ST}$	0,2	Oma arvio perustuen Seppäsen ym. (2022) raporttiin
$\varepsilon_{rakennukset\ ROE}^{LT}$	1	Oma arvio perustuen Seppäsen ym. (2022) raporttiin
$\varepsilon_{rakennukset\ FIN}^{ST}$	0,2	Oma arvio perustuen Seppäsen ym. (2022) raporttiin
$\varepsilon_{rakennukset\ FIN}^{LT}$	1	Oma arvio perustuen Seppäsen ym. (2022) raporttiin
$c_{energia\ ja\ teollisuus\ ROE}$	-0,051397	Kalibroitu tuottamaan vuoden 2025 keskihinnan (EEX, 2025)
$c_{energia\ ja\ teollisuus\ FIN}$	-0,051397	Kalibroitu tuottamaan vuoden 2025 keskihinnan (EEX, 2025)
$c_{lentoliikenne}$	-0,01711	Omat laskelmat perustuen asetukseen 2023/2405 ja perusuraan (EEA, 2024)
$c_{meriliikenne}$	-0,02621	Omat laskelmat perustuen asetukseen 2023/1805 ja perusuraan (EEA, 2024)
$c_{liikenne\ ROE}$	-0,04926	Kalibroitu tuottamaan futuurien mukaisen hinnan (ICE, 2025)
$c_{liikenne\ FIN}$	-0,04930	Oma arvio perustuen KEITO:n (2025) WAM-skenaarioon
$c_{rakennukset\ ROE}$	-0,04926	Kalibroitu tuottamaan futuurien mukaisen hinnan (ICE, 2025)
$c_{rakennukset\ FIN}$	-0,05140	Oma arvio perustuen KEITO:n (2025) WAM-skenaarioon
$c_{pienteollisuus\ ROE}$	-0,04926	Kalibroitu tuottamaan futuurien mukaisen hinnan (ICE, 2025)
$c_{pienteollisuus\ FIN}$	0,02160	Oma arvio perustuen KEITO:n (2025) WAM-skenaarioon

6.5.1 Energiantuotanto ja teollisuus

Hintaherkkyys perustuu Gerlaghin ym. (2021) tutkimukseen, ja sen oletetaan pysyvän vakiona. Teoreettinen maksimikysyntä on määritetty erikseen Suomelle ja muulle EU:lle. Tähän on hyödynnetty hintaherkkyyttä, vuoden 2024 toteutunutta päästöoikeuden keskihintaa (EEX, 2025) sekä sektorikohtaisia päästöjä (EEA, 2025b). Kysynnän suhteellinen muutos on kalibroitu siten, että malli tuottaa vuoden 2025 hinnaksi 72 €¹¹.

6.5.2 Meriliikenne

Hintaherkkyys on johdettu Mundacan ym. (2021) tutkimuksen tuloksista. Teoreettisen maksimikysynnän määrittämiseen on hyödynnetty hintaherkkyyttä, vuoden 2024 toteutunutta päästöoikeuden keskihintaa (EEX, 2025) sekä sektorikohtaisia päästöjä (EEA, 2025b). Kysynnän suhteellinen muutos on kalibroitu yhdistämällä FuelEU Maritime -sääntelyn vaikutus (Asetus (EU) 2023/1805) päästöjen perusuraan (EEA, 2024). Meriliikenne liitetään asteittain päästökaupan piiriin vuodesta 2024 alkaen siten, että alan toimijoiden on luovutettava päästöoikeuksia 40 % varmennetuista päästöistä vuonna 2024, 70 % vuonna 2025, ja vuodesta 2026 lähtien kaikille varmennetuille päästöille.

6.5.3 Lentoliikenne

Hintaherkkyys on johdettu Fagedan ja Teixidón (2022) sekä Colmerin ym. (2025) tutkimusten tuloksista. Teoreettisen maksimikysynnän määrittämiseen on hyödynnetty hintaherkkyyttä, vuoden 2024 toteutunutta päästöoikeuden keskihintaa (EEX, 2025) sekä sektorikohtaisia päästöjä (EEA, 2025b). Kysynnän suhteellinen muutos on kalibroitu yhdistämällä ReFuelEU Aviation -sääntelyn (Asetus (EU) 2023/2405) vaikutus päästöjen perusuraan (EEA, 2024).

6.5.4 Liikenne, rakennukset ja pienteollisuus (ETS2)

Muun Euroopan sektorikohtaiset teoreettiset maksimikysynät perustuvat WAM-skenaarioon (EEA, 2025c). Taakanjakosektorin päästöjen oletetaan jakautuvan eri sektoreiden kesken samassa suhteessa kuin vuoden 2024 toteutuneet päästöt. Koko EU:n päästöistä on vähennetty Suomelle erikseen määritellyt osuudet. ETS2:n pienteollisuuden oletetaan kattavan 58 % taakanjakosektorin teollisuudesta (Rickels ym., 2023). Liikenteen ja erillislämmityksen hintaherkkyydet on määritetty polttoaineiden hiilidioksidipitoisuuden¹², jakeluvelvoitteiden¹³, hinnan¹⁴ sekä kirjallisuuden (Seppänen ym., 2022) avulla arvioitujen yleisten hintajoustojen avulla. Pienteollisuuden hintaherkkyys oletetaan samaksi kuin ETS1 -sektorin teollisuudella (Colmer ym., 2025; Karlsson, 2025). Hintajouston oletetaan kasvavan lineaarisesti vuodesta 2025 siten, että se saavuttaa pitkän aikavälin arvonsa 15 vuodessa, vuoteen 2040 mennessä.

Suomen sektorikohtaiset teoreettiset maksimikysynät on määritetty KEITO:n (2025) WAM-skenaariosta siten, että sektorikohtaiset päästöt vähenevät vuodesta 2025 vuoteen 2027 lineaarisesti

¹¹ Arvioitu toteutuneen keskihinnan (EEX, 2025) perusteella.

¹² Arvioitu painotettuna keskiarvona Suomessa vuosina 2020–2024 toteutuneiden käyttövoimaosuuksien perusteella (Tilastokeskus, 2025a) siten, että moottoribensiinin hiilidioksidipitoisuus on 2,34 kg/l ja dieselin 2,60 kg/l. Estimaatti edustavalle polttoaineelle on näin 2,51 kg/l. Muun Euroopan rakennusten lämmityspolttoaineeksi oletettu maakaasu, jonka hiilidioksidipitoisuus on 55,3 kg/GJ.

¹³ Suomen liikenteelle ja rakennuksille oletettu nykyisen lainsäädännön (446/2007, 418/2019) mukaiset jakeluvelvoitteet. Muun Euroopan liikenteelle oletettu, että RED III -muutosdirektiivin (2023/2413) mukainen 29 % jakeluvelvoite toteutuu jo vuodesta 2028 alkaen.

¹⁴ Suomen liikenteelle arvioitu 1,80 €/l ja rakennuksille 1,30 €/l (Tilastokeskus, 2025b). Muun Euroopan liikenteelle arvioitu 1,50 €/l (Euroopan komissio, 2025g) ja rakennuksille 30 €/GJ (Eurostat, 2025).

kulmakertoimella, joka määräytyy vuosina 2020–2025 tehdyistä vähennyksistä. Suomen pienteollisuuden päästöjen katsotaan koostuvan työkoneiden sekä muiden prosessien ja tuotteiden päästöistä. Kysynnän suhteellinen muutos on kalibroitu erikseen Suomen liikenteelle, rakennuksille ja pienteollisuudelle siten, että vuonna 2040 sektoreiden päästöt vastaavat KEITO:n (2025) WAM-skenaarion päästöjä (liikenne 2,91 Mt, rakennukset 0,32 Mt ja pienteollisuus 2,05 Mt), 105 € päästöoikeuden hinnalla.

Muun EU:n liikenteen, erillislämmityksen ja pienteollisuuden osalta kysynnän suhteellinen muutos on oletettu samaksi eri sektoreilla. Se on kalibroitu siten, että malli tuottaa päästöoikeuden hinnaksi 89,25 € vuonna 2028¹⁵.

6.6 POISTOYKSIKÖT

Teknologiset hiilinielut voidaan ottaa osaksi päästökaupparamallia. Teknologisten hiilinielujen tarjonta on tässä tarkastelussa rajattu BECCS:iin, sillä sen tuotantokustannukset on arvioitu merkittävästi matalammiksi kuin DACCS:lla (mm. ESABCC, 2025b). BECCS:lla tuotettujen poistoyksiköiden tarjontaa kuvataan erikseen Suomelle ja muulle EU:lle. Poistoyksiköiden tarjontafunktio on muotoa:

$$CRC(\tau, t) = \max \left\{ [c_0 + c_t(t - n)] \left[d + \frac{k-d}{1 + \left(\frac{\tau}{\tau'}\right)^z} \right], 0 \right\}.$$

Suomen tarjontafunktio on sovitettu VTT:n tuottamaan arvioon BECCS:n rajakustannuksista perustuen kirjallisuuteen (Kujanpää ym., 2023; Kujanpää ym., 2024), ks. kuva 17. Parametrit on esitelty taulukossa 9. Muun EU:n tarjontafunktio on muodostettu skaalaamalla Suomen tarjontafunktio siten, että koko EU:n BECCS-tuotantokapasiteetti vastaa vuonna 2050 konservatiivisesti arvioitua 120 Mt maksimikapasiteettia, joka on määritetty alaraja-arvioiden (ESABCC, 2025b) keskiarvona. Tarjontafunktioiden aikariippuvaisessa osassa oletetaan, että BECCS:n tuotantokapasiteetti kasvaa asteittain vuodesta 2030 alkaen. Oletetaan, että tuotantokapasiteetti on alussa 4 % maksimista ja kasvaa 4,8 %-yksikköä vuodessa saavuttaen täyden kapasiteetin vuonna 2050.

Poistoyksiköiden käyttöä päästöoikeuksina rajoitetaan kunakin vuonna suhteessa päästöoikeuksien kysyntään siten, että

$$CRC_{ETS}(\tau, t) = \min\{CRC(\tau, t), \theta \times D(\tau, t)\}, 0 \leq \theta \leq 1.$$

Koska poistoyksiköiden tarjontaa kuvataan erillisillä tarjontafunktioilla Suomelle ja muulle EU:lle, on mahdollista mallintaa myös poistoyksiköiden tuottamisesta aiheutuvia taloudellisia vaikutuksia erikseen Suomelle. Tätä varten oletetaan, että päästöoikeuksina käytettävistä poistoyksiköistä tuotetaan Suomessa osuus, joka vastaa Suomen osuutta koko EU:n BECCS-tuotantokapasiteetista. Tällöin Suomessa tuotetuista poistoyksiköistä sallitaan käytettäväksi päästöoikeuksina

$$CRC_{ETS\,FIN}(\tau, t) = \min \left\{ CRC_{FIN}(\tau, t), \theta \times D(\tau, t) \times \frac{d_{FIN}}{d_{FIN} + d_{ROE}} \right\}.$$

Poistoyksiköt voidaan liittää päästökauppaan äärimmillään kahdella eri tavalla (Rickels ym., 2021):

- 1) Poistoyksiköt korvaavat nykysääntöjen puitteissa liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia, jolloin markkinoilla olevien päästöoikeuksien määrä ei muutu. Päästökatto on siis mukautettu.

¹⁵ Arvioitu joulukuulle 2027 myytävien futuurien hintojen (ICE, 2025) perusteella.

- 2) Poistoyksiköt lisätään nykysääntöjen puitteissa liikkeelle laskettaviin päästöoikeuksiin, jolloin markkinoilla olevien päästöoikeuksien määrä kasvaa. Päästökatto on siis mukauttamaton.

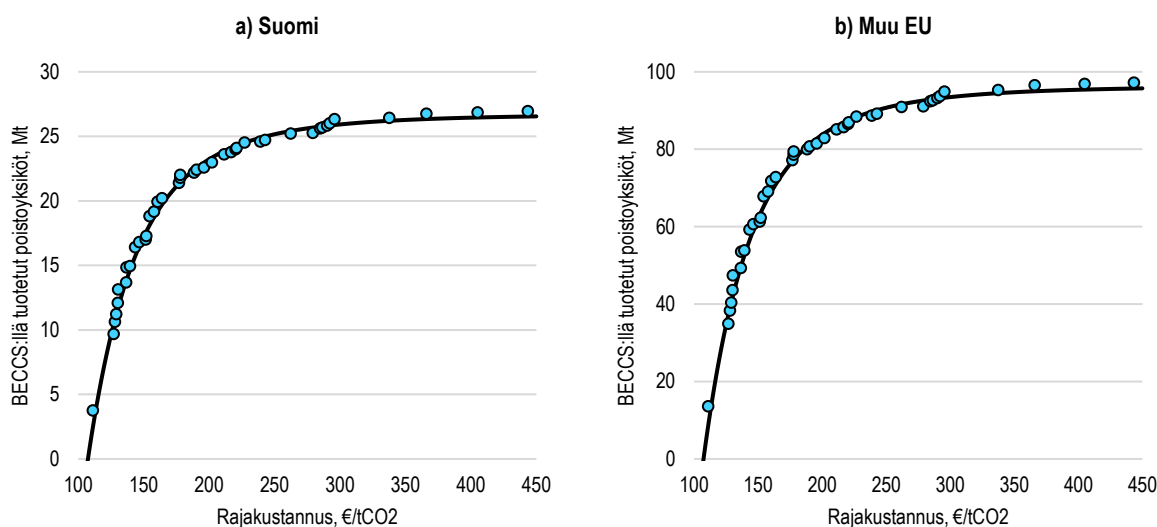
Skenaariossa 2 on kuvattu näistä jälkimmäisen tavan, mukauttamattoman päästökaton (ts. $\gamma = 0$), vaikutuksia päästömarkkinan toimintaan. Sitä, miten päästökauppaan lisättävät poistoyksiköt vaikuttavat päästöoikeuksien kokonaistarjontaan, voidaan kuvata yleisesti yhtälöllä

$$S_t^{tot} = S_t + (1 - \gamma) \times CRC_{ETS}(t, \tau), 0 \leq \gamma \leq 1.$$

Tällöin TNAC:n dynamiikka muuttuu siten, että

$$B_t = B_{t-1} + MSR_t^{out} - MSR_t^{in} + S_t^{tot} - D_t.$$

Sillä, miten poistoyksiköt on liitetty osaksi päästöoikeuksien tarjontaa, on merkittäviä vaikutuksia päästömarkkinoiden toimintaan. Tämä johtuu siitä, että EU:n päästökauppajärjestelmissä efektiivinen päästökatto muodostuu endogeenisesti. Kun poistoyksiköt lisätään päästöoikeuksiin ($\gamma = 0$), niukkuus päästöoikeuksista vähenee ja siten päästöoikeuden hinta laskee. Tämä vähentää päästöoikeuksien tallettamista ja pienentää markkinavakausvarannon kokoa. Jos markkinavakausvarannosta mitätöidään oikeuksia sen koon perusteella (kuten ETS1:ssä), päästöoikeuksien mitätöinti vähenee, jolloin efektiivinen päästökatto kasvaa enemmän kuin päästökauppajärjestelmään tuotavien poistoyksiköiden verran. Tässä tapauksessa päästökauppajärjestelmän kumulatiiviset nettopäästöt kasvavat. Jos markkinavakausvarannosta ei mitätöidä päästöoikeuksia (kuten ETS2:ssa oletetaan tapahtuvan), efektiivinen päästökatto kasvaa vain päästökauppajärjestelmään tuotavien poistoyksiköiden verran, jolloin päästökauppajärjestelmän kumulatiiviset nettopäästöt eivät muutu. Kun poistoyksiköt korvaavat oikeuksia ($\gamma = 1$), niukkuus päästöoikeuksista ei muutu ja siten päästöoikeuden hinta pysyy samana. Näin ollen myöskään yritysten talletuskäyttäytymisessä ja markkinavakausvarannon koossa ei tapahdu muutoksia. Myös mitätöintien määrä pysyy samana, jolloin efektiivinen päästökatto ei muutu. Tässä tapauksessa päästöoikeusjärjestelmän kumulatiiviset nettopäästöt kuitenkin laskevat, koska osa efektiivisestä päästökatoista katetaan poistoyksiköillä.



Kuva 17. BECCS:lla tuotettujen poistoyksiköiden rajakustannus a) Suomessa ja b) muualla EU:ssa.

Taulukko 9. Poistoyksiköiden tarjontafunktion parametriarvot.

Parametri	Kuvaus	Arvo
d_{ROE}	Poistoyksiköiden tarjonta muualta EU:sta, kun $\tau \rightarrow \infty$	96,3839
d_{FIN}	Poistoyksiköiden tarjonta Suomesta, kun $\tau \rightarrow \infty$	26,7303
k_{ROE}	Poistoyksiköiden tarjonta muualta EU:sta, kun $\tau \rightarrow -\infty$	-311,9528
k_{FIN}	Poistoyksiköiden tarjonta Suomesta, kun $\tau \rightarrow -\infty$	-78,8012
r_{ROE}	Päästöoikeuden hinta, jolla poistoyksiköiden tarjonta muualta EU:sta on $\frac{k_{ROE}+d_{ROE}}{2}$	77,8461
r_{FIN}	Päästöoikeuden hinta, jolla poistoyksiköiden tarjonta Suomesta on $\frac{k_{FIN}+d_{FIN}}{2}$	80,0880
z_{ROE}	Muun EU:n poistoyksiköiden tarjontakäyrän jyrkkyys, kun $\tau = r_{ROE}$	3,6387
z_{FIN}	Suomen poistoyksiköiden tarjontakäyrän jyrkkyys, kun $\tau = r_{FIN}$	3,6836
c_{2030}	Poistoyksiköiden suhteellinen tuotantokapasiteetti vuonna 2030	0,04, kun $t < 2050$, muuten 1
c_t	Poistoyksiköiden suhteellisen tuotantokapasiteetin kasvu vuodessa	0,048, kun $t < 2050$, muuten 0
n	Vuosi, jolloin poistoyksiköt liitetään osaksi päästökauppaa	2030
θ	Osuus päästöoikeuksien kysynnästä, jonka verran poistoyksiköitä sallitaan käytettäväksi päästöoikeuksina	0,9995 ¹⁶
γ	Liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien lukumäärä, jonka yksi päästöoikeutena käytettävä poistoyksikkö korvaa	0

On kuitenkin huomioitavaa, että jos poistoyksiköt korvaavat oikeuksia, jossain vaiheessa päästökauppajärjestelmään päästettävien poistoyksiköiden määrä voi ylittää päästöoikeuksien kokonaistarjonnan eli $CRC_{ETS}(t, \tau) > S_t^{tot}$. Tällaisessa tilanteessa $S_t < 0$, jolloin komissio laskee liikkeelle negatiivisen määrän päästöoikeuksia. Mielekkäämmän ilmaistuna komissio muuttuu tällöin päästöoikeuksien tarjoajasta niiden kysyjäksi, jolloin sen on ostettava osa tuotetuista poistoyksiköistä itselleen. Skenaariossa 2 tällaista ongelmaa ei tule vastaan, joten tämän kysymyksen tarkastelu jätetään näiltä osin avoimeksi.

6.7 PÄÄSTÖKAUPPOJEN YHDISTÄMINEN

Päästökaupat voidaan yhdistää siten, että päästöoikeuksia sallitaan käytettäväksi yli nykyisten sektorirajojen ja erilliset markkinavakausvarannot liitetään yhdeksi varannoksi. Oletetaan, että vuonna 2030 ilmoitetaan ETS1:n ja ETS2:n yhdistyvän vuonna 2035. Tällöin ajetaan kaksi mallinnusta peräkkäin: 1) erilliset perusmallinnukset ETS1:lle ja ETS2:lle siihen asti, kunnes päästömarkkinoiden

¹⁶ Skenaariossa 2, kun $\gamma = 0$, täytyy olla $\theta < 1$. Jos $\theta = 1$, yritykset kuluttavat päästöoikeudet loppuun aikaisin. TNAC:n ollessa nolla Hotellingin sääntö ei päde, jolloin päästöoikeuden hinta ei enää seuraa samaa polkua. Ero on tekninen eikä siten tulosten kannalta olennainen, mutta mallinnuksen kannalta välttämätön.

yhdistämisestä ilmoitetaan, ja 2) perusmallinnuksista saatuja lähtöarvoja käytetään yhdistyvän päästömarkkinan mallintamiseksi.

Yhdistymisessä arbitraasin oletetaan olevan täydellistä, informaation symmetristä ja transaktiokustannusten nolla. Tältä pohjalta voidaan olettaa, että ETS1:n ja ETS2:n päästöoikeuksien hinnat konvergoituvat välittömästi, kun päästömarkkinoiden yhdistämisestä ilmoitetaan, ja yhdistämisen jälkeen päästöoikeuden hinta jatkaa samalla Hotellingin säännön mukaisella hintapolulla. Todellisuudessa hinnat todennäköisesti muuttuisivat yhdistämisilmoituksen jälkeen hitaammin – futuurihinnat hieman huutokauppahintoja nopeammin.

Oletetaan, että yhteisessä päästökaupassa oikeuksia lasketaan liikkeelle saman verran kuin erillisissä päästökaupoissa laskettaisiin. Oletetaan markkinavakausvarannon toimintaperiaatteiksi seuraavat:

- Varannot toimivat erillisissä päästökaupoissa nykysäännöillä vuoteen 2034 asti. Vuonna 2035 varannot yhdistetään.
- Kun $TNAC < 610$ Mt, varannosta vapautetaan oikeuksia huutokaupattavaksi 200 Mt.¹⁷
- Kun $1273 \text{ Mt} < TNAC < 1536 \text{ Mt}$, varantoon siirretään oikeuksia $TNAC:n$ ja 1273 Mt kynnysarvon erotuksen verran.¹⁸
- Kun $TNAC > 1536 \text{ Mt}$, varantoon siirretään oikeuksia 24 % (12 % vuodesta 2030) $TNAC:n$ koosta.
- Varannosta mitätöidään oikeudet, jotka ylittävät 610 Mt kynnysarvon.

Muutoin malli vastaa perusdynamikaltaan malleja erillisille päästökaupoille.

Mallia voidaan muuttaa helposti siten, että päästömarkkinat yhdistetään aiemmin tai myöhemmin (esim. vuonna 2030 tai 2040). Tällöin ETS1:n ja ETS2:n $TNAC:t$ ja markkinavakausvarannot pidetään erillään yhdistämisvuoteen saakka, jolloin ne liitetään yhteen. Mallia voidaan muuttaa myös siten, että markkinat saavat informaation päästökauppojen yhdistämisestä joko aiemmin tai myöhemmin (esim. vuonna 2025, 2035 tai 2040). Tällöin ajetaan kaksi mallinnusta peräkkäin: 1) erilliset perusmallinnukset ETS1:lle ja ETS2:lle siihen asti, kunnes päästömarkkinoiden yhdistämisestä ilmoitetaan, ja 2) perusmallinnuksista saatuja lähtöarvoja käytetään yhdistyvän päästömarkkinan mallintamiseksi. Muita muutoksia malliin ei näissä tapauksissa tehdä.

6.8 KANSAINVÄLISET ILMASTOYKSIKÖT

Kansainväliset ilmastoyksiköt (*international carbon credits*) voidaan ottaa osaksi mallia. Arvioissa (mm. Swedish Energy Agency, 2022) kansainvälisten ilmastoyksiköiden hinta on matala verrattuna EU:n päästöoikeuksien hintaan. Tämän nojalla oletetaan, ettei kansainvälisten ilmastoyksiköiden kysyntä ole riippuvainen päästöoikeuden hinnasta. Kun yksiköiden käyttöä rajoitetaan, niitä käytetään päästöoikeuden hinnasta riippumatta niille sallittu enimmäismäärä.

Joulukuussa 2025 käydyissä kolmikantaneuvotteluissa parlamentti, neuvosto ja komissio sopivat, että EU tulee hyödyntämään kansainvälisiä ilmastoyksiköitä osana vuoden 2040 tavoitteen saavuttamista enintään 5 prosenttiyksikön verran. Käytettävien ilmastoyksiköiden enimmäismäärä nousee lineaarisesti vuodesta 2036 alkaen, mutta ilmastoyksiköiden käytöstä ei ole selkoa vuoden 2040 jälkeen. Oletetaan kuitenkin, että kansainvälisiä ilmastoyksiköitä käytetään ainoastaan vuosina 2036–2040. Parlamentin ja komission kantana on ollut, että kansainvälisiä ilmastoyksiköitä ei tulisi liittää päästökauppajärjestelmään. Skenaariossa 4 kuitenkin tarkastellaan seurauksia päinvastaiselle

¹⁷ Kynnysarvo määritelty ETS1:n (400 Mt) ja ETS2:n (210 Mt) kynnysarvojen summana.

¹⁸ Kynnysarvot määritelty ETS1:n (833 Mt, 1096 Mt) ja ETS2:n (440 Mt) kynnysarvojen summana.

politiikalle, jossa kansainvälisiä ilmastoyksiköitä käytetään laskemaan päästöoikeuden hintaa ETS1:ssä siten, että niiden enimmäismäärä vastaa 3 prosenttiyksikköä EU:n vuoden 2040 tavoitteesta. Päästökaupassa käytettävien ilmastoyksiköiden enimmäismäärää voidaan kuvata seuraavalla yhtälöllä:

$$ICC_t = \eta \times \frac{t-2035}{5} \times E_{1990}, \text{ kun } t \in [2036, 2040], \text{ muutoin } ICC_t = 0.$$

Kuten poistoyksiköiden kohdalla vastaavasti kuvattiin, myös kansainväliset ilmastoyksiköt voidaan lisätä päästökauppaan äärimmillään kahdella eri tavalla: 1) kansainväliset ilmastoyksiköt vähentävät markkinoilla nykysääntöjen puitteissa liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia, jolloin markkinoilla olevien oikeuksien määrä ei muutu, tai 2) kansainväliset ilmastoyksiköt eivät vähennä liikkeelle laskettavia päästöoikeuksia, jolloin markkinoilla olevien oikeuksien määrä kasvaa. Skenaariossa 4 on kuvattu näistä jälkimmäisen tavan (ts. $\sigma = 0$) vaikutuksia, mutta kansainvälisten ilmastoyksiköiden vaikutusta päästöoikeuksien kokonaistarjontaan voidaan kuvata yleisesti seuraavalla yhtälöllä:

$$S_t^{tot} = S_t + (1 - \sigma) \times ICC_t, 0 \leq \sigma \leq 1.$$

Näin ollen myös TNAC:n dynamiikka muuttuu siten, että

$$B_t = B_{t-1} + MSR_t^{out} - MSR_t^{in} + S_t^{tot} - D_t.$$

Muita muutoksia malliin ei tässä skenaariossa tehdä. Parametrit on kuvattu taulukossa 10.

Taulukko 10. Kansainvälisten ilmastoyksiköiden tarjontafunktion parametrien kuvaus.

Parametri	Kuvaus	Arvo
η	Päästökaupassa sallittujen kansainvälisten ilmastoyksiköiden osuus vertailutasosta	0,03
E_{1990}	Vertailutaso, EU:n nettopäästöt vuonna 1990	4726
σ	Liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien lukumäärä, jonka yksi päästöoikeutena käytettävä kansainvälinen ilmastoyksikkö korvaa	0