

HALLITUSTENVÄLINEN ILMASTONMUUTOSPANEELI (IPCC)

ILMASTONMUUTOS 2014:

ILMASTONMUUTOKSEN HILLINTÄ

YHTEENVETO PÄÄTÖKSENTEKIJÖILLE

Kolmannen työryhmän osuus hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin viidennessä arviointiraportissa

Tämän päätöksentekijöille tarkoitetun yhteenvedon alkuperäinen englanninkielinen teksti on virallisesti hyväksytty IPCC:n kolmannen työryhmän istunnossa Berliinissä huhtikuussa 2014. Yhteenveto esittää IPCC:n virallisesti hyväksymän lausunnon ilmastomuutoksen hillinnästä.

Kirjoittajat:

Ottmar Edenhofer (Saksa), Ramón Pichs-Madruga (Kuuba), Youba Sokona (Mali), Shardul Agrawala (Ranska), Igor Alexeyevich Bashmakov (Venäjä), Gabriel Blanco (Argentiina), John Broome (UK), Thomas Bruckner (Saksa), Steffen Brunner (Saksa), Mercedes Bustamante (Brasilia), Leon Clarke (USA), Felix Creutzig (Saksa), Shobhakar Dhakal (Nepal / Thaimaa), Navroz K. Dubash (Intia), Patrick Eickemeier (Saksa), Ellie Farahani (Kanada), Manfred Fischedick (Saksa), Marc Fleurbaey (Ranska), Reyer Gerlagh (Hollanti), Luis Gómez-Echeverri (Kolumbia / Itävalta), Sujata Gupta (Intia / Filippiinit), Jochen Harnisch (Saksa), Kejun Jiang (Kiina), Susanne Kadner (Saksa), Sivan Kartha (USA), Stephan Klasen (Saksa), Charles Kolstad (USA), Volker Krey (Itävalta / Saksa), Howard Kunreuther (USA), Oswaldo Lucon (Brasilia), Omar Masera (Meksiko), Jan Minx (Saksa), Yacob Mulugetta (UK / Etiopia), Anthony Patt (Itävalta / Sveitsi), Nijavalli H. Ravindranath (Intia), Keywan Riahi (Itävalta), Joyashree Roy (Intia), Roberto Schaeffer (Brasilia), Steffen Schlömer (Saksa), Karen Seto (USA), Kristin Seyboth (USA), Ralph Sims (Uusi-Seelanti), Jim Skea (UK), Pete Smith (UK), Eswaran Somanathan (Intia), Robert Stavins (USA), Christoph von Stechow (Saksa), Thomas Sterner (Ruotsi), Taishi Sugiyama (Japani), Sangwon Suh (Korea / USA), Kevin Chika Urama (Nigeria / UK), Diana Ürge-Vorsatz (Unkari), David Victor (USA), Dadi Zhou (Kiina), Ji Zou (Kiina), Timm Zwickel (Saksa)

Avustavat kirjoittajat:

Giovanni Baiocchi (UK / Italia), Helena Chum (USA / Brasilia), Jan Fuglestvedt (Norja), Helmut Haberl (Itävalta), Edgar Hertwich (Norja/ Hollanti), Elmar Kriegler (Saksa), Joeri Rogelj (Sveitsi / Belgia), H.-Holger Rogner (Saksa), Michiel Schaeffer (Hollanti), Steven J. Smith (USA), Detlef van Vuuren (Hollanti), Ryan Wiser (USA)

Suomenkielisen käännöksen ovat laatineet VTT:ltä erikoistutkija Laura Sokka (laura.sokka@vtt.fi) ja emeritustutkimusprofessori Ilkka Savolainen (ilkka.savolainen@outlook.com). Kuvien käsittelyssä ovat avustanut VTT:ltä graafiset suunnittelijat Sisko Mäensivu ja Tuomo Hokkanen.

Englanninkielinen yhteenveto on saatavissa IPCC:n verkkosivulta (<http://www.ipcc.ch>). Tälle verkkosivulla julkaistaan myös täydelliset versiot kaikkien kolmen työryhmän raporteista.

Päivitetty 7.5.2015

SUOMENNOKSEN ESIPUHE:

Tämän suomennoksen tavoitteena on ollut tuottaa ymmärrettävä teksti kunnioittaen kuitenkin samalla alkuperäistä tekstiä. Myös ensimmäisen työryhmän päätöksentekijöiden yhteenvedon suomennoksessa on seurattu samaa tavoitetta.

Suomennoksessa on erityisesti painotettu sujuvan tekstin aikaansaamista. Kukin kappale on käsitelty kokonaisuutena ja sen viesti on sijoitettu vastaavaan kohtaan suomennoksessa. Englanninkielisiä lauserakenteita ei ole välttämättä seurattu sujuvuuden saavuttamiseksi.

Tämä suomennos on muodollisesti epävirallinen. Esimerkiksi virallisissa kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa ja käyttötarkoituksissa, joihin voi liittyä oikeudellisia seuraamuksia, on syytä käyttää pohjana alkuperäistä englanninkielistä tekstiä. Suomenkielinen teksti on tarkoitettu yleisölle, jota kiinnostaa raportin asiasisältö (mm. poliitikot, tiedotusvälineet, virkamiehet, yksittäiset kansalaiset).

HUOM! Tähän versioon voidaan tehdä vielä yksittäisiä muutoksia, kun puutteita löydetään.

Sisällys

SPM.1 Johdanto.....	5
SPM.2 Lähestymistapoja ilmastonmuutoksen hillintään.....	6
SPM.3 Kasvihuonekaasujen varantojen ja virtojen kehitys sekä niihin vaikuttavat tekijät	8
SPM.4 Hillintäpolut ja -toimet kestävän kehityksen yhteydessä.....	12
SPM.4.1 Pitkän aikavälin hillintäpolut.....	12
SPM.4.2 Sektorikohtaiset ja sektorienväliset hillintäpolut ja -toimet	23
SPM.4.2.1 Sektorienväliset hillintäpolut ja -toimet	23
SPM.4.2.2 Energian tuotanto	26
SPM.4.2.3 Energian loppukäyttötoimialat	28
SPM.4.2.4 Maatalous, metsätalous ja muu maankäyttö (AFOLU).....	31
SPM.4.2.5 Asutuskeskukset, infrastruktuuri ja aluesuunnittelu.....	33
SPM.5 Hillintäpolitiikat ja instituutiot.....	34
SPM.5.1 Toimialoittaiset ja kansalliset politiikat	34
SPM.5.2 Kansainvälinen yhteistyö.....	38

SPM.1 Johdanto

Kolmannen työryhmän osaraportti IPCC:n viidennessä arviointiraportissa (AR5) arvioi kirjallisuutta, joka käsittelee ilmastonmuutoksen hillinnän luonnontieteellisiä, teknologisia, ympäristöllisiä, taloudellisia ja yhteiskunnallisia näkökulmia. Raportti perustuu IPCC:n neljänteen arviointiraporttiin (AR4), uusiutuvia energialähteitä ja ilmastonmuutoksen hillintää käsittelevään erikoisraporttiin (SRREN) sekä aiempiin raportteihin, ja sisältää niiden jälkeen ilmestynyttä uutta tutkimusta ja tuloksia. Raportti arvioi myös hillintävaihtoehtoja hallinnon eri tasoilla ja eri talouden toimialoilla sekä hillintäpolitiikkojen yhteiskunnallisia vaikutuksia, mutta ei suosittele mitään tiettyä hillintävaihtoehtoa.

Tämä yhteenveto päätöksentekijöille mukailee kolmannen työryhmän osaraportin rakennetta. Tekstiä tukevat useat lihavoidut johtopäätökset, jotka yhdistettynä muodostavat tiiviin yhteenvedon. Raportin luvut sekä teknillinen yhteenveto muodostavat pohjan tälle yhteenvedolle päätöksentekijöille. Viitteet alalukuihin on merkitty hakasulkuihin.

Tämän osaraportin, kuten kahden muunkin osaraportin, tulosten luotettavuuden aste perustuu kirjoittajien arvioihin raportin perustana olevasta tieteellisestä tiedosta, ja se ilmaistaan laadullisena luotettavuuden asteena (hyvin matalasta hyvin korkeaan), sekä, jos mahdollista, tilastomatematisesti mitattuna todennäköisyytenä (asteikko ulottuu erittäin epävarmasta käytännöllisesti katsoen varmaan). Luottamus tietyn tuloksen pätevyteen perustuu näytön tyyppiin, määrään, laatuun ja johdonmukaisuuteen (esim. lähtötiedot, mekanismien ymmärrys, teoria, mallit, asiantuntija-arviot) ja yksimielisyyden asteeseen¹. Tuloksen epävarmuutta koskevat todennäköisyysarviot perustuvat havaintojen tilastolliseen analyysiin, mallituloksiin tai molempiin edellä mainittuihin sekä asiantuntija-arvioon². Tietyissä tilanteissa havainnot on myös ilmaistu tosiasioina ilman epävarmuuden kuvausta. Tämän tiivistelmän kappaleissa lihavoidulla merkittyjen tulosten luotettavuutta, näyttöä ja yksimielisyyttä koskevat ilmaisut pätevät kappaleen seuraaviin lauseisiin, ellei muuta ole sanottu.

¹ Saatavilla olevan näytön kuvaamiseen on käytetty seuraavia yhteenvetotermejä: rajoitettu, keskitason tai vankka näyttö. Luottamuksen taso on ilmaistu viidellä määreellä: hyvin alhainen, alhainen, keskitason, korkea ja hyvin korkea, ja kirjoitettu kursiivilla, esim. *keskitason luottamus*. Tietyn näytön ja yksimielisyyden ilmaisulle voidaan määrittää eri luottamuksen tasoja, mutta kasvava näyttö ja yksimielisyyden taso korreloivat kasvavan luottamuksen kanssa. Lisätietoja varten, kts. *Guidance note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on consistent treatment of uncertainties*.

² Seuraavia käsitteitä on käytetty ilmaisemaan tuloksen tai seurauksen arvioitua todennäköisyyttä: käytännöllisesti katsottuna varma 99 - 100 % todennäköisyys, hyvin todennäköinen 90 - 100 %, todennäköinen 66 - 100 %, suunnilleen yhtä todennäköinen kuin ei 33 - 66 %, epätodennäköinen 0 - 33 %, hyvin epätodennäköinen 0 - 10 %, poikkeuksellisen epätodennäköinen 0 - 1 %. Lisäkäsitteitä (todennäköisempi kuin ei >50 - 100 %, ja epätodennäköisempi kuin todennäköinen 0 - <50 %) voidaan myös käyttää sopivissa tilanteissa. Arvioitu todennäköisyys kirjoitetaan kursiivilla, esim. *hyvin todennäköinen*.

SPM.2 Lähestymistapoja ilmastonmuutoksen hillintään

Ilmastonmuutoksen hillinnällä tarkoitetaan ihmisen toimia kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämiseksi tai niiden nielujen lisäämiseksi. Hillintä ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen edistävät YK:n Ilmastonmuutosta koskevan puitesopimuksen (UNFCCC) toisen artiklan tavoitetta:

Tämän yleissopimuksen ja siihen liittyvien sopimuspuolten konferenssin hyväksymien oikeudellisten asiakirjojen perimmäisenä tavoitteena on yleissopimuksen asiaankuuluvien määräysten mukaisesti saada aikaan kasvihuonekaasujen pitoisuuksien vakiintuminen ilmakehässä sellaiselle tasolle, ettei ihmisen toiminnasta aiheudu vaarallista häiriötä ilmastojärjestelmässä. Tämä taso tulisi saavuttaa aikavälillä, joka sallii ekosysteemien sopeutua ilmastonmuutokseen luonnollisella tavalla, varmistaa ettei elintarviketuotanto ole uhatuna ja mahdollistaa kestävä taloudellisen kehityksen. (Käännöksen lähde: Finlex, http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1994/19940061/19940061_2)

Luonnontieteen ja muiden tieteenalojen systemaattisten menetelmien tulokset voivat tuottaa tietoa ilmastopolitiikoille. [1.2, 2.4, 2.5, Laatikko 3.1]

Kestävä kehitys ja tasa-arvo luovat perustan ilmastopolitiikkojen arviointiin. Ne myös korostavat tarvetta huomioida ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit³. Ilmastonmuutoksen vaikutusten rajoittaminen on välttämätöntä, jotta voidaan saavuttaa kestävä kehitys ja tasa-arvo sekä poistaa köyhyys. Samalla kuitenkin jotkut hillintätoimet voivat vaarantaa oikeuden edistää kestävä kehitys sekä toimet köyhyyden poistamiseksi ja tasa-arvon saavuttamiseksi. Siksi ilmastopolitiikkojen kokonaisvaltaisen arvioinnin täytyy tarkastella kehityspolkuja ja niitä määrittäviä tekijöitä laajemmin kuin pelkästään ilmastonmuutoksen hillinnän ja sopeutumisen kannalta. [4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]

Tehokasta hillintää ei saavuteta mikäli yksittäiset toimijat edistävät omia etujaan toisistaan riippumatta. Maailmanlaajuisesti ilmastonmuutos on luonteeltaan yhteistyöongelma, koska useimmat kasvihuonekaasut kertyvät pitkäaikaisesti ja sekoittuvat maailmanlaajuisesti. Siksi kunkin toimijan (esim. yksilön, yhteisön, yrityksen, valtion) päästöt vaikuttavat kaikkiin muihin toimijoihin⁴. Siten kansainvälistä yhteistyötä tarvitaan päästöjen tehokkaaseen vähentämiseen ja muihin ilmastonmuutokseen liittyviin kysymyksiin vaikuttamiseen [1.2.4, 2.6.4, 3.1, 4.2, 13.2, 13.3]. Lisäksi ilmastonmuutoksen hillintää tukeva tutkimus ja kehitys luo tietoa, jota voidaan käyttää myös muiden ongelmien ratkaisuun. Kansainvälisellä yhteistyöllä voi olla rakentava rooli tiedon ja ympäristömyötäisten teknologioiden kehittämisessä, leviämisessä ja siirtämisessä [1.4.4, 3.11.6, 11.8, 13.9, 14.4.3].

Tasa-arvo-, oikeus- ja oikeudenmukaisuuskysymykset nousevat esiin hillinnän ja sopeutumisen yhteydessä⁵. Maiden historialliset ja tulevat vaikutukset kasvihuonekaasujen kertymiseen ilmakehään ovat erilaisia. Maiden olosuhteet ja haasteet ovat myös erilaisia, ja niillä on erilaiset edellytykset hillintään ja sopeutumiseen. Tulokset viittaavat siihen, että oikeudenmukaisina pidetyt ratkaisut voivat johtaa tehokkaampaan yhteistyöhön. [3.10, 4.2.2, 4.6.2].

³ Kts. WGII, AR5 SPM.

⁴ Yhteiskuntatieteissä tätä kutsutaan "yhteishyödykeongelmaksi". Koska tuota käsitettä käytetään yhteiskuntatieteissä, sillä ei ole mitään tiettyä vaikutusta laillisiin järjestelyihin tai toimienjakokriteereille.

⁵ Kts. näiden kysymysten selvennys FAQ 3.2:sta. Oikeutta käsittelevä filosofinen kirjallisuus sekä muu kirjallisuus voi myös selvittää näitä kysymyksiä [3.2, 3.3, 4.6.2].

Moniin ilmastonmuutoksen hillintää koskevan päätöksenteon osa-alueisiin liittyy arvovalintoja ja eettisiä pohdintoja. Nämä osa-alueet ulottuvat siitä, kuinka paljon hillintää tarvitaan vaarallisen ilmastonmuutoksen estämiseksi valintoihin tiettyihin hillintään ja sopeutumiseen liittyvien ohjauskeinojen välillä. Sosiaalisia, taloudellisia ja eettisiä analyysejä voidaan käyttää tuottamaan tietoa arvovalintojen tueksi ja ne saattavat huomioida erilaisia arvoja, mukaan lukien ihmisen hyvinvointi-, kulttuuri- ja luontoarvoja. [3.4, 3.10].

Muun muassa taloudellista arviointia käytetään yleisesti tuottamaan tietoa ilmastopolitiikkojen suunnitteluun. Taloudellisen arvioinnin käytännön välineitä ovat kustannus-hyötyanalyysi, kustannus-tehokkuusanalyysi, monikriteerianalyysi ja odotetun hyödyn teoria [2.5]. Näiden menetelmien puutteet on kuvattu hyvin [3.5]. Yhteiskunnan hyvinvointifunktioihin perustuvat etiikan teoriat viittaavat siihen, että tulonjaollisia painotuksia, jotka huomioivat rahan erilaisen arvon eri ihmisille, pitäisi soveltaa hyötyjen ja haittojen rahamääräisiin arvioihin [3.6.1, laatikko TS.2]. Tulonjaollista painotusta ei usein ole sovellettu ilmastopolitiikkojen eri ihmisille tietynä aikana aiheuttamien vaikutusten vertailuun. Sitä on kuitenkin yleisesti käytetty eri aikoina tapahtuvien vaikutusten vertailuun (tunnetaan diskonttauksena) [3.6.2].

Ilmastopolitiikat kytkeytyvät muihin yhteiskunnallisiin tavoitteisiin ja saattavat aiheuttaa oheishyötyjä tai haitallisia sivuvaikutuksia. Nämä kytkennät, jos niitä hallitaan hyvin, voivat samalla vahvistaa perusteita ryhtyä ilmastotoimiin. Hillintä ja sopeutuminen voivat vaikuttaa positiivisesti tai negatiivisesti muiden yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseen. Näitä tavoitteita ovat esimerkiksi terveys, ruokaturva, luonnon monimuotoisuus, paikallisen ympäristön laatu, energian saatavuus, elinkeinot ja oikeudenmukainen kestävä kehitys. Ja toisin päin: muihin yhteiskunnallisiin tavoitteisiin kohdistuvat ohjauskeinot voivat vaikuttaa hillintään ja sopeutumiseen liittyvien tavoitteiden saavuttamiseen. [4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8] Nämä vaikutukset voivat olla merkittäviä, vaikkakin joskus vaikeasti mitattavissa, erityisesti hyvinvointivaikutusten kannalta [3.6.3]. Tämä monitavoitenäkökulma on tärkeä myös siksi, että se auttaa tunnistamaan alueita, joilla useita tavoitteita edistävien ohjauskeinojen tukeminen on vankalla pohjalla [1.2.1, 4.2, 4.8, 6.6.1].

Erilaisten riskien ja epävarmuuksien pohdinta voi tuottaa tietoa ilmastopolitiikalle. Riskeistä ja epävarmuuksista osa on vaikeasti mitattavissa, etenkin tapahtumat, joilla on pieni todennäköisyys, mutta toteutuessaan suuri vaikutus. Neljännen arviointiraportin jälkeen tieteellinen kirjallisuus on tarkastellut ilmastonmuutoksen, sopeutumisen ja hillintätapojen riskejä. Hillinnän hyötyjen tarkka arviointi huomioi kaikki mahdolliset ilmastonmuutoksen vaikutukset, mukaan lukien ne, joilla on suuret seuraukset, mutta pieni todennäköisyys toteutua. Hillinnän hyödyt saatetaan muuten aliarvioida (*korkea luotettavuus*) [2.5, 2.6, laatikko 3.9]. Hillintätoimien valintaan vaikuttavat myös monien yhteiskunnallis-taloudellisten muuttujien epävarmuudet, mukaan lukien talouden kasvuvauhti ja teknologian kehitys (*korkea luotettavuus*) [2.6, 6.3].

Ilmastopolitiikan suunnitteluun vaikuttaa se kuinka yksilöt ja organisaatiot mieltävät riskit ja epävarmuudet, ja miten he ottavat ne huomioon. Ihmiset käyttävät usein yksinkertaistettuja sääntöjä tehdessään päätöksiä, esimerkiksi suosivat vallitsevaa tilannetta. Yksilöt ja organisaatiot eroavat siinä, miten vakavasti ne välttävät riskiä ja miten ne painottavat toimien lyhyen ja pitkän aikavälin seurauksia [2.4]. Ohjauskeinojen suunnittelua voidaan parantaa käyttämällä menetelmiä, jotka ottavat huomioon luonnontieteellisiin, yhteiskunnallis-taloudellisiin ja teknologisiin järjestelmiin liittyvät riskit ja epävarmuudet, sekä päätöksentekoprosessit, havainnot, arvot ja varallisuudet.

SPM.3 Kasvihuonekaasujen varantojen ja virtojen kehitys sekä niihin vaikuttavat tekijät

Ihmisen toiminnasta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt (KHK-päästöt) ovat jatkaneet kasvuaan vuodesta 1970 vuoteen 2010. Kymmenvuotiskasvun yli laskettu kasvu on voimistunut jakson loppua kohden (*korkea luotettavuus*). Huolimatta ilmastonmuutoksen hillintäpolitiikkojen määrän kasvusta, vuosittaiset kasvihuonekaasupäästöt kasvoivat keskimäärin 1 gigatonnin hiilidioksidiekvivalenttia (GtCO₂ekv) (2,2 %) vuodessa vuosien 2000 ja 2010 välillä. Vuosien 1970 ja 2000 välillä päästöt kasvoivat keskimäärin 0,4 GtCO₂ekv vuodessa (1,3 %) (kuva SPM.1)^{6,7}. Vuodesta 2000 vuoteen 2010 ihmisen aiheuttamat kokonaiskasvihuonekaasupäästöt olivat korkeimmillaan ihmisen historian aikana: 49 GtCO₂ekv/v. vuonna 2010. Kansainvälinen talouskriisi vuosina 2007/2008 laski päästöjä vain väliaikaisesti. [1.3, 5.2, 13.3, 15.2.2, laatikko TS.5, kuva 15.1].

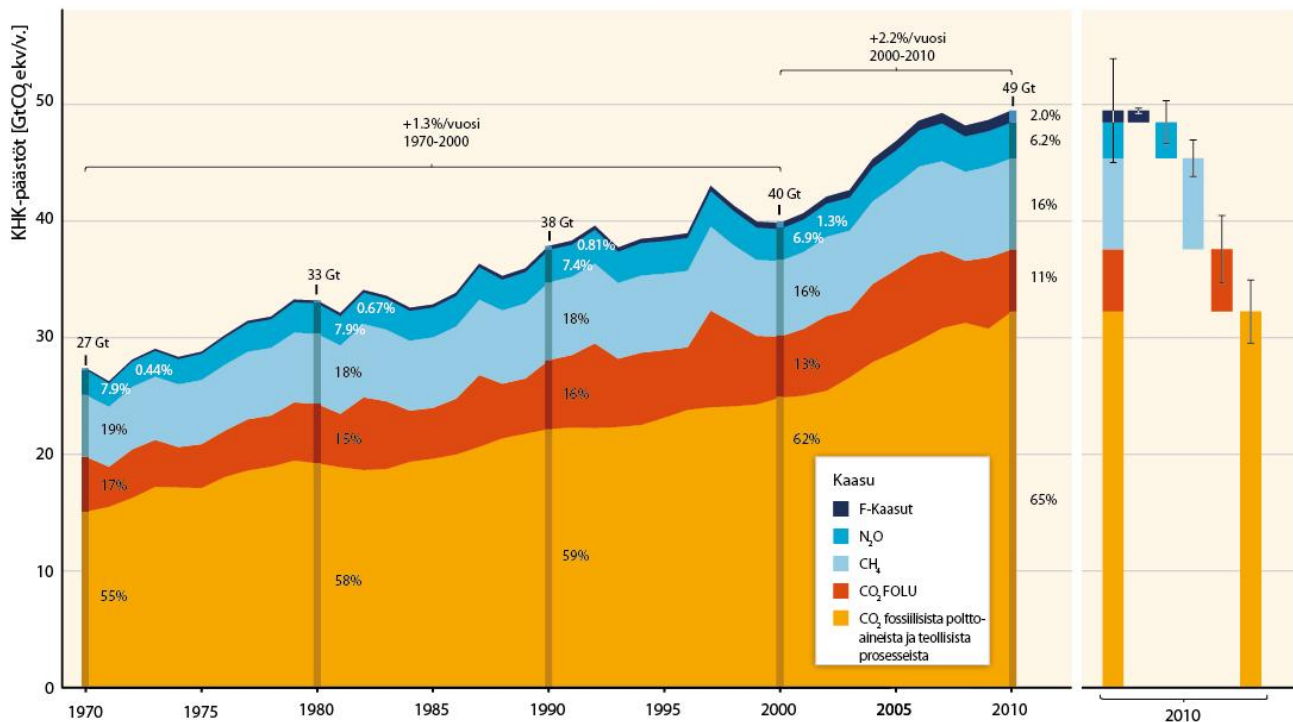
Fossiilisista polttoaineista ja teollisista prosesseista peräisin olevat hiilidioksidipäästöt aiheuttivat noin 78 % kasvihuonekaasupäästöjen kokonaiskasvusta vuodesta 1970 vuoteen 2010. Niiden osuus oli samanlainen vuosien 2000 - 2010 kasvusta (*korkea luotettavuus*). Fossiilisista polttoaineista aiheutuneet hiilidioksidipäästöt olivat 32 (±2,7) GtCO₂/v. vuonna 2010, ja kasvoivat edelleen noin 3 % vuodesta 2010 vuoteen 2011, ja noin 1-2 % vuodesta 2011 vuoteen 2012. Vuoden 2010 kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä (49±4,5 GtCO₂ekv) hiilidioksidi on tärkein ihmisen aiheuttama kasvihuonekaasu. Sen osuus oli 76 % (38±3,8 GtCO₂ekv/v) vuonna 2010. 16 % (7,8±1,6 GtCO₂) päästöistä oli peräisin metaanista (CH₄), 6,2 % (3,1±1,9 GtCO₂ekv/v) typpioksiduulista (N₂O) ja 2 % (1,0±0,2 GtCO₂ekv./v) fluoratuista kasvihuonekaasuista (kuva SPM.1). Vuodesta 1970 alkaen noin 25 % ihmisen aiheuttamista vuosittaisista kasvihuonekaasupäästöistä on ollut muita kasvihuonekaasuja kuin hiilidioksidia.⁸ [1.2, 5.2]

⁶ Läpi koko tämän yhteenvedon, kasvihuonekaasupäästöt on painotettu 100 vuoden aikajännettä käyttävillä kasvihuonekaasupotentiaaleilla (GWP100), jotka perustuvat IPCC:n toiseen arviointiraporttiin. Kaikilla painotusmenetelmillä on rajoituksia ja epävarmuuksia eri päästöjen vaikutusten/seurausten arvioimisessa. [3.9.3, Box TS.5, Annex II.2.9, WG1 AR5 SPM].

⁷ Tässä yhteenvedossa historiallisten kasvihuonekaasupäästötietojen epävarmuudet on raportoitu käyttäen 90 % epävarmuusvälejä, ellei toisin ole ilmoitettu. Kasvihuonekaasupäästötasot pyöristettiin kahden merkitsevän numeron tarkkuuteen läpi koko yhteenvedon.

⁸ Tässä raportissa muita kasvihuonekaasuja kuin hiilidioksidia, ml. fluorattuja kasvihuonekaasuja, koskevat tiedot on otettu EDGAR-tietokannasta (Liite II.9), joka kattaa Kioton pöytäkirjan ensimmäiseen velvoitekauteen sisältyneet yhdisteet.

Ihmisen toiminnasta peräisin olevat kasvihuonekaasupäästöt kaasuyhmittäin 1970-2010



Kuva SPM.1 Ihmisen aiheuttamat vuosittaiset kasvihuonekaasupäästöt (GtCO₂ekv/v) 1970 - 2010 kaasuttain ryhmiteltynä: CO₂ fossiilisten polttoaineiden poltosta ja teollisista prosesseista; CO₂ metsätaloudesta ja muusta maankäytöstä (FOLU); metaani (CH₄); typpioksiduuli (N₂O); Kioton pöytäkirjaan sisältyvät fluoratut kaasut⁸ (F-kaasut). Kuvan oikealla puolella vuoden 2010 kasvihuonekaasupäästöt on jaettu näihin kaasuihin sekä lisätty epävarmuudet (90 % luottamusväli), joita kuvaavat virhejanat. Epävarmuudet kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärässä on johdettu luvussa 5 kuvatuista yksittäisiä kaasuja koskevista arvioista [5.2.3.6]. Maailman fossiilisten polttoaineiden poltosta peräisin olevat CO₂-päästöt tunnetaan 8 % epävarmuudella (90 % luottamusväli). Metsätaloudesta ja muusta maankäytöstä peräisin olevien hiilidioksidipäästöjen epävarmuudet ovat hyvin suuria, noin ±50 %. Metaanipäästöjen epävarmuudeksi on arvioitu 20 %, typpioksiduulipäästöjen 60 % ja F-kaasujen 20 %. Vuosi 2010 on viimeisin vuosi, jolle päästöttilastot ja epävarmuusarviot olivat saatavissa kaikille näille kaasuille raportin määräaikaan mennessä. Päästöt on muunnettu CO₂-ekvivalenteiksi käyttäen IPCC:n toisen arviointiraportin GWP₁₀₀-kertoimia⁶. Metsätalouden ja muun maankäytön (FOLU) päästöt koostuvat metsä- ja turvepalojen ja turpeen hajoamisen hiilidioksidipäästöistä, jotka vastaavat likimain luvussa 11 kuvattua FOLU-sektorin netto-hiilidioksidivirtaa. Keskimääräinen kasvunopeus eri ajanjaksoina on merkitty aaltosuluilla. [Kuva 1.3, kuva TS.1]

Noin puolet vuosien 1750 - 2010 kumulatiivisista hiilidioksidipäästöistä on tapahtunut viimeisten 40 vuoden aikana (*korkea luotettavuus*). Kumulatiiviset päästöt fossiilisten polttoaineiden poltosta, sementintuotannosta ja soihdutuksesta vuodesta 1750 vuoteen 1970 olivat 420±35 GtCO₂. Vuonna 2010 kumulatiiviset päästöt olivat kolminkertaistuneet ollen 1300±110 GtCO₂ (kuva SPM.2). Kumulatiiviset hiilidioksidipäästöt metsätaloudesta ja muusta maankäytöstä (FOLU)⁹ vuodesta 1750 olivat 490±180 GtCO₂ vuonna 1970 ja 680±300 GtCO₂ vuonna 2010. [5.2]

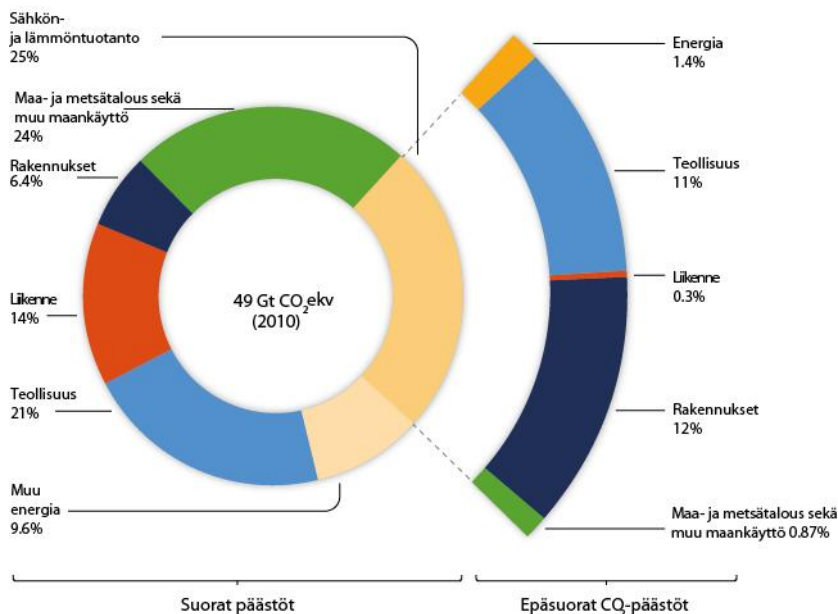
Vuosittaiset ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasujen päästöt ovat kasvaneet 10 GtCO₂ekv vuosien 2000 ja 2010 välillä. Tämä kasvu aiheutui suoraan energiantuotanto- (47 %), teollisuus- (30 %), liikenne- (11 %)

⁹ Metsätalous ja muu maankäyttö (*Forestry and Other Land Use, FOLU*) – käytetään myös nimitystä LULUCF (maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous) - on maatalous, metsätalous ja muu maankäyttö -sektorin alaluokka. Se kuvaa ihmisen suoraan aiheuttamia maankäytön, maankäytön muutoksen ja metsätalouden kasvihuonekaasupäästöjä ja poistoja, lukuun ottamatta maataloustoimiin liittyviä kasvihuonekaasujen päästöjä ja poistoja.

ja rakennustoimialoilta (3 %) (*keskimääräinen luotettavuus*). Rakennus- ja teollisuustoimialojen osuus kasvaa, kun huomioidaan epäsuorat päästöt (*korkea luotettavuus*). Vuodesta 2000 lähtien kasvihuonekaasupäästöt ovat kasvaneet kaikilla toimialoilla, lukuun ottamatta maa- ja metsätaloutta sekä muuta maankäyttöä. Vuoden 2010 kokonaispäästöistä, 49 ($\pm 4,5$) GtCO₂ekv, 35 % (17 GtCO₂ekv) oli peräisin energiantuotannosta, 24 % (12 GtCO₂ekv, nettopäästöt) maa- ja metsätaloudesta sekä muusta maankäytöstä, 21 % (10 GtCO₂ekv) teollisuudesta, 14 % (7,0 GtCO₂ekv) liikenteestä ja 6,3 % (3,2 GtCO₂ekv) rakennuksista. Kun sähkön- ja lämmöntuotannon päästöt kohdennetaan energian loppukäyttävälle toimialoilta (ns. epäsuorat päästöt), teollisuuden osuus maailman kasvihuonekaasupäästöistä kasvaa 31 prosenttiin ja rakennusten 19 prosenttiin (kuva SPM.2). [7.3, 8.2, 9.2, 10.3, 11.2]

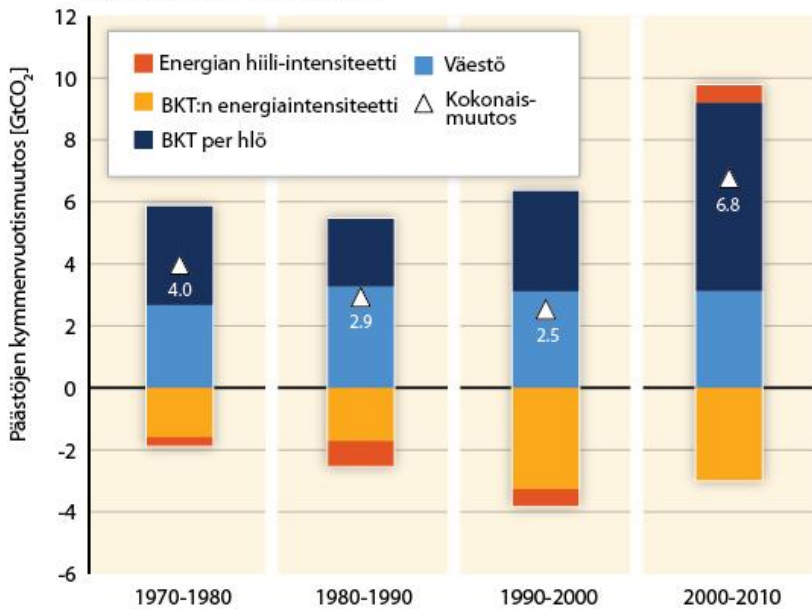
Maailmanlaajuisesti talouden ja väestön kasvu ovat edelleen tärkeimmät syyt fossiilisten polttoaineiden poltosta aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen kasvuun. Väestönkasvun vaikutus pysyi suunnilleen samana vuosien 2000 ja 2010 välillä kuin kolmena aiempaa vuosikymmenenä kun taas talouskasvun vaikutus on kasvanut jyrkästi (*korkea luotettavuus*). Vuosien 2000 ja 2010 välillä molemmat em. tekijät kumosivat energiatehokkuuden paranemisesta saadut päästövähennykset (kuva SPM.3). Maailman energiantuotannon hiili-intensiteetin pitkään jatkunut lasku on kääntynyt päinvastaiseen suuntaan johtuen hiilen lisääntyneestä käytöstä suhteessa muihin energialähteisiin. [1.3, 5.3, 7.2, 14.3, TS.2.2]

Kasvihuonekaasupäästöt talouden toimialoittain



Kuva SPM.2 Ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt (GtCO₂ekv/v) toimialoittain yhteensä. Sisempi kehä kuvaa viiden toimialan osuutta (% ihmisen aiheuttamista kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä) suorista kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2010. Ulompi kehä kuvaa sähkön- ja lämmöntuotannon päästöjen kohdentumista eri toimialoilta energian loppukäytön mukaan. "Muu energia" viittaa kaikkiin muihin energiantuotantosektorin kasvihuonekaasupäästölähteisiin (ks. tarkempi kuvaus liitteestä II [A.II.9.1]). Päästöt maa- ja metsätalous sekä muu tö -toimialalta (AFOLU) sisältävät CO₂-päästöt metsä- ja turvepaloista sekä turpeen hajoamisesta, jotka vastaavat suunnilleen luvussa 11 kuvattua FOLU-alasektorin nettohiilidioksidivirtaa. Päästöt on muunnettu CO₂-ekvivalenteiksi käyttäen IPCC:n toisen arviointiraportin GWP100-kertoimia⁶. Toimialojen kuvaukset löytyvät liitteestä II.9. [Kuva 1.3a, Kuva TS.3 a/b].

Fossiilista polttoaineista peräisin olevien kokonaishiilidioksidipäästöjen muutoksen dekomponointi



Kuva SPM.3 Fossiilisten polttoaineiden poltosta aiheutuvien globaalien vuosittaisten kokonaishiilidioksidipäästöjen hajottaminen vuosikymmenittäin neljään ohjaavaan tekijään: väestöön, tuloihin (BKT) henkeä kohden, BKT:n energiaintensiteettiin ja energian hiili-intensiteettiin. Pylvään osat kuvaavat kunkin yksittäisen tekijän muutoksia kun muut tekijät pysyvät vakiona. Kolmiot kuvaavat päästöjen kokonaismuutosta. Päästöjen muutos kullakin vuosikymmenellä on ilmoitettu gigatonnina ($\text{GtCO}_2/\text{v.}$) hiilidioksidipäästöjä per vuosi. Tulot on muutettu yhteismitalliseksi käyttäen ostovoimakorjausta. [Kuva 1.7]

Ilman uusia toimia kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemiseksi nyt käytössä olevien lisäksi, päästöjen odotetaan jatkavan kasvuaan johtuen maailman väestön ja talouden kasvusta. Perusuraskenaariot (eli kehityskäytännöt, joissa ei ole uusia päästöjen hillintätoimia) johtavat maailman keskilämpötilan nousuun 3,7 - 4,8 asteella vuoteen 2100 mennessä verrattuna esiteolliseen aikaan¹⁰ (alue perustuu muutoksen ilmasto-vasteen mediaaniin (transient climate response, TCR): vaihteluväli 2,5 - 7,8 astetta kun huomioidaan ilmastonepävarmuus, ks. taulukko SPM.1)¹¹ (korkea luotettavuus) Tätä arviointiraporttia varten kerätyt skenaariot kuvaavat kokonaissäteilypakotetta ja sisältävät kasvihuonekaasut, alailmakehän otsonin, hiukkaset ja heijastuvuuden (albedo) muutoksen. Perusuraskenaariot (skenaariot, joissa ei ole mukana lisätoimia päästöjen rajoittamiseksi) ylittävät 450 miljoonasosaa (ppm) CO_2ekv vuoteen 2030 mennessä. Vuoteen 2100 mennessä ne saavuttavat pitoisuustason 750:n ja yli 1300:n ppm CO_2ekv välillä. Tämä vastaa ilmakehän pitoisuustasoa RCP6.0 ja RCP8.5 päästöpoluissa vuonna 2100¹². Vertailun vuoksi todettakoon, että

¹⁰ Maailman pisimmän pintalämpötila-aikasarjan mukaan lämpötilan muutos vuosien 1850 - 1900 keskiarvon ja AR5 vertailujakson (1986 - 2005) keskiarvon välillä on 0,61 °C (5-95 % luottamusväli: 0,55 - 0,67 °C) [WG1 AR5 SPM.E]. Tätä muutosta käytetään tässä tiivistelmässä arviona pintalämpötilassa esiteollisen ajan (vuotta 1750 edeltävä aika) jälkeen tapahtuneessa pintalämpötilan muutoksessa.

¹¹ Ilmaston epävarmuus kuvaa 5. ja 95. prosenttipisteitä taulukossa SPM.1 esitetyissä ilmastomallilaskelmissa.

¹² Tätä arviointiraporttia varten kerättiin avoimella haulla noin 300 perusuraskenaariota ja 900 hillintäskenaariota järjestelmämallintajilta ympäri maailmaa. Nämä skenaariot täydentävät ns. edustavan pitoisuuksien kehityskulunskenaarioita (Representative Concentration Pathways) (RCP:t, ks. WGIII AR5 sanasto). RCP:t on nimetty sen mukaan mikä niiden kuvaama kokonaissäteilypakote vuonna 2100 suhteessa vuoteen 1750 on: RCP2.6:ssa 2,6 Wattia per neliometri (W m^{-2}), RCP4.5:ssä 4,5 W m^{-2} , RCP6.0:ssa 6,0 W m^{-2} ja RCP8.5:ssä 8,5 W m^{-2} . Tätä arviointia varten kerätyt skenaariot kattavat hieman laajemman vuoden 2100 pitoisuusvälin kuin neljä RCP-skenaariota.

CO₂ekv pitoisuuden vuonna 2011 on arvioitu olevan 430 ppm (epävarmuusväli 340 - 520 ppm)¹³. [6.3, laatikko TS.6; WG1 AR5 kuva SPM.5, WGI 8.5, WGI 12.3]

SPM.4 Hillintäpolut ja -toimet kestäväen kehityksen yhteydessä

SPM.4.1 Pitkän aikavälin hillintäpolut

Lukuisat skenaariot ovat yhteensopivia eri hillintätasojen kanssa. Nämä skenaariot kattavat erilaisia teknologia- sekä käyttäytymisvaihtoehtoja ja niillä on erilaisia ominaispiirteitä ja vaikutuksia kestäväen kehitykseen. Tätä arvioita varten on kerätty noin 900 hillintäskenaariota tietokantaan, joka perustuu julkaisuihin integroituihin malleihin¹⁴. Skenaariot ulottuvat ilmakehän vuoden 2100 pitoisuustasosta 430 ppm CO₂ekv yli tason 720 ppm CO₂ekv, mikä vastaa säteilypakotetasoja välillä RCP2.6 ja RCP6.0 vuonna 2100. Myös tämän alueen ulkopuolisia skenaarioita arvioitiin mukaan lukien eräitä skenaarioita, joissa pitoisuus vuonna 2100 oli alle 430 ppm CO₂ekv (näiden skenaarioiden pohdintaa on alla). Hillintäskenaariot kytkeytyvät laajaan alueeseen teknologisia, sosioekonomisia ja institutionaalisia kehityspolkuja, mutta epävarmuuksien ja mallien rajoitusten takia kehityskulut tämän alueen ulkopuolella ovat mahdollisia (kuva SPM.4, ylempi kuva). [6.1, 6.2, 6.3, TS3.1, Laatikko TS.6]

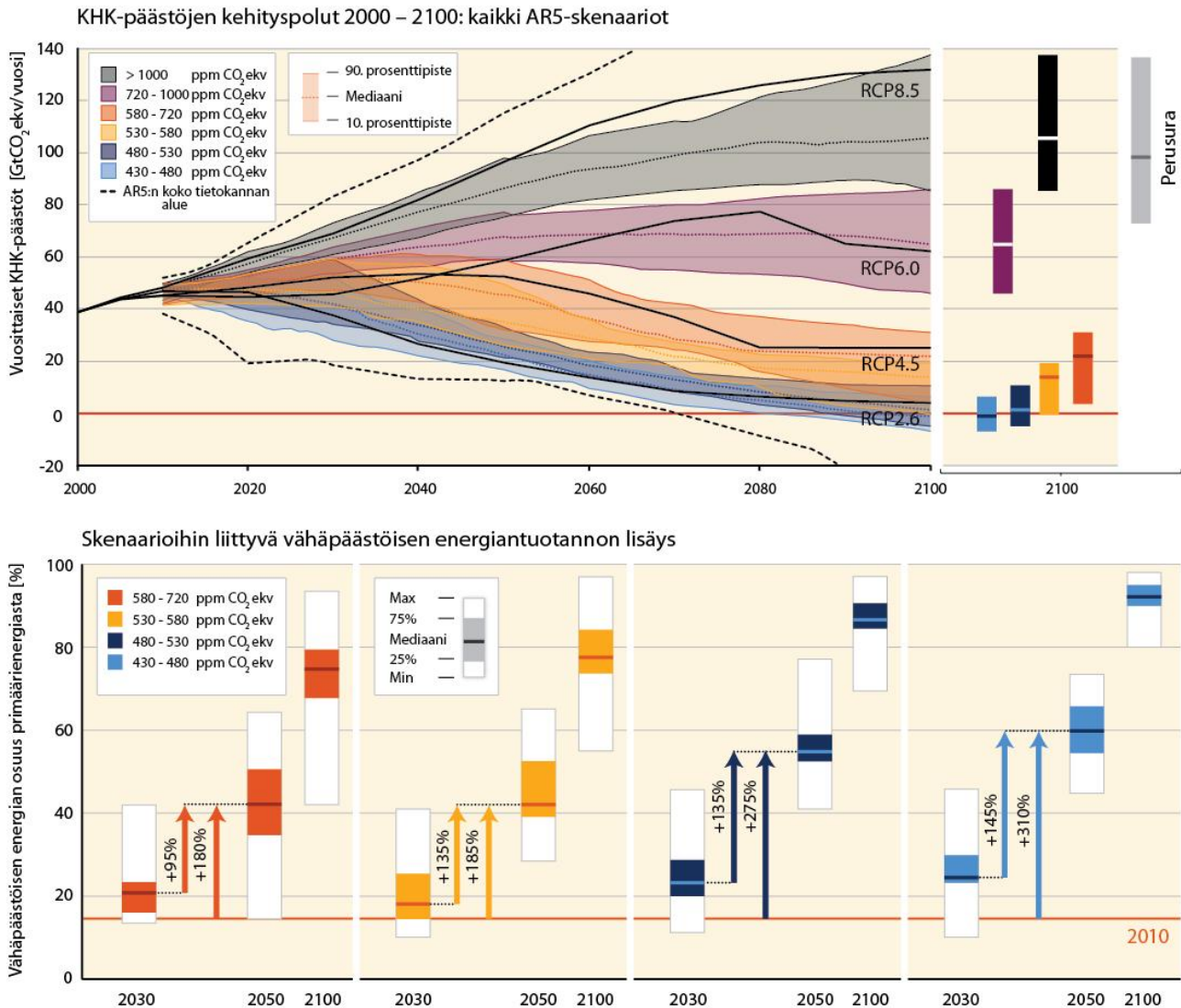
Hillintäskenaarioita, joissa on todennäköistä, että ihmisen toiminnasta seuraavista KHK-päästöistä aiheutuva lämpötilan muutos voidaan rajoittaa alle kahteen asteeseen esiteolliseen tasoon nähden, voidaan luonnehtia vuoden 2100 ilmakehän pitoisuudella noin 450 ppm CO₂ekv (*korkea luotettavuus*). On todennäköisempää, että pitoisuustason 500 ppm CO₂ekv hillintäskenaariot pystyvät kuin eivät pystyisi rajoittamaan lämpötilan nousun 2 asteeseen esiteollisesta ajasta, jolleivät ne tilapäisesti ylitä pitoisuustasoa 530 ppm CO₂ekv ennen vuotta 2100. Jos näin käy, ne ovat likimain yhtä todennäköisiä kuin eivät saavuttamaan tavoitteen¹⁵. Skenaariot, jotka saavuttavat vuoteen 2100 mennessä pitoisuustason väliltä 530 – 650 ppm CO₂ekv, ovat epätodennäköisempiä kuin todennäköisempiä pitämään lämpötilan muutoksen alle kahdessa asteessa esiteolliseen aikaan nähden. On epätodennäköistä, että noin 650 ppm CO₂ekv vuonna 2100 saavuttavat skenaariot rajoittavat lämpötilan nousun alle kahteen asteeseen esiteolliseen aikaan nähden.

¹³ Perustuu WGI-osaraportissa esitettyyn arvioon ihmisen aiheuttamasta kokonaissäteilypakotteesta vuonna 2011 suhteessa vuoteen 1750 (2,3 W m⁻², epävarmuusväli 1,1 - 3,3 W m⁻²). [WGI AR5, kuva SPM.5, WGI 8.5, WGI 12.3]

¹⁴ Pitkän aikavälin skenaariot, joita arvioidaan WGIII:ssä, on tehty enimmäkseen laajoilla integroiduilla malleilla, jotka kuvaavat monia hillintäpolkujen keskeisiä ominaispiirteitä vuosisadan puoliväliin ja kauemmaksiin. Nämä mallit kytkevät monia tärkeitä ihmisen järjestelmiä (esim. energia, maatalous ja maankäyttö, talous) fyysikaalisiin prosesseihin, jotka liittyvät ilmastonmuutokseen (esim. hiilen kierto). Mallit pyrkivät kuvaamaan kustannustehokkaita ratkaisuja, jotka minimoivat hillintätavoitteiden saavuttamisen taloudelliset kokonaiskustannukset, ellei malleja ole erityisesti pakotettu käyttäytymään toisella tavalla. Mallit ovat yksinkertaistettuja kuvauksia erittäin monimutkaisista todellisen maailman prosesseista. Skenaariot, joita mallit tuottavat, perustuvat epävarmoihin kehitysarvioihin keskeisistä tapahtumista ja muutosajureista kattaen usein sata vuotta. Yksinkertaistusten ja oletusten erojen takia eri malleista tai saman mallin eri versioista saatavat tulokset voivat erota toisistaan. Lisäksi kaikkien mallien tulokset voivat erota huomattavasti todellisuudessa toteutuvasta kehityksestä. [Laatikko TS.7, 6.2]

¹⁵ Hillintäskenaariot, mukaan lukien ne, jotka 2100 saavuttavat pitoisuuden 550 ppm CO₂ekv tai korkeamman tason, voivat ylittää vuoden 2100 ilmakehän CO₂ekv-pitoisuustason ennen laskemistaan tavoitellulle alemmalle tasolle. Tällainen pitoisuustason ylitys merkitsee vähemmän päästöjen hillintää lyhyellä aikavälillä ja nopeampaa ja suurempia päästöjen vähentämisiä pitkällä aikavälillä. Pitoisuustason ylitys lisää todennäköisyyttä ylittää annettu lämpötilan nousun rajoite. [6.3, Taulukko SPM.1]

Hillintäskenaariot, joissa lämpötilan nousu on todennäköisemmin kuin ei vähemmän kuin 1,5 astetta suhteessa esiteolliseen aikaan nähden, ovat luonnehdittavissa vuoden 2100 pitoisuudella alle 430 ppm CO₂ekv. Lämpötila saavuttaa korkeimman arvonsa vuosisadan aikana ja laskee sitten näissä skenaarioissa. Todennäköisyyttä koskevat ilmaisut muista lämpötilan muutoksen tasoista voidaan lukea taulukosta SPM.1. [6.3, Laatikko TS.6]



Kuva SPM.4 Maailman KHK-päästöjen [Gt CO₂ekv /vuosi] kehityspolut perusura- ja hillintäskenaarioissa erilaisille pitkän aikavälin pitoisuustasoille (yläkuva) ja näihin liittyvät vähäpäästöisen energian lisäysvaatimukset (prosenttia primäärienergiasta) hillintäskenaarioissa vuosille 2030, 2050 ja 2100 verrattuna vuoden 2010 tasoon (alakuva). Ylä- ja alakuvissa ei ole esitetty skenaarioita, joissa teknologioiden saatavuutta on rajoitettu. Lisäksi alakuvassa ei ole mukana skenaarioita, jotka olettavat ulkopuolelta annetun päästön hinnan kehityksen. [kuva 6.7, kuva 7.16]

Taulukko SPM.. WGIII:n AR5-raporttia varten koottujen ja arvioitujen skenaarioiden keskeiset ominaispiirteet. Kaikista parametreista on esitetty 10. ja 90. prosenttipiste.^{1,2}

Pitoisuus v. 2100 [CO2ekv]	Alaluokka	RCP-sken. suhteellinen asema ⁵	Kumulatiiviset CO2-päästöt ³ [Gt CO2]		CO2ekv-päästöjen muutos verrattuna vuoteen 2010 [%] ⁴		Lämpötilan muutos (suhteessa jaksoon 1850 – 1900) ^{5,6}					
			2011...2050	2011...2100	2050	2100	2100 lämpötilan muutos [C] ⁷	Todennäköisyys olla yltämättä lämpötilan nousua tällä vuosisadalla ⁸				
								1,5°C	2,0°C	3,0°C	4,0°C	
<430	Vain rajoittunut määrä yksittäisiä mallitutkimuksia on selvittänyt pitoisuustasoa alle 430 ppm CO2ekv											
450 (430...480)	Koko alue ^{1,10}	RCP2.6	550...1300	630...1180	-72...-41	-118...-78	1,5...1,7 (1,0...2,8)	Epätodennäköisempää kuin todennäköistä	Todennäköistä	Todennäköistä	Todennäköistä	
500 (480...530)	Ei tason 530 ppm CO2ekv ylitystä		860...1180	960...1430	-57...-42	-107...-73	1,7...1,9 (1,2...2,9)		Todennäköisempää kuin ei			
	Tason 530 ppm CO2ekv ylitys		1130...1530	990...1550	-55...-25	-114...-90	1,8...2,0 (1,2...3,3)		Likimain yhtä todennäköistä kuin ei			
550 (530...580)	Ei tason 580 ppm CO2ekv ylitystä		1070...1460	1240...2240	-47...-19	-81...-59	2,0...2,2 (1,4...3,6)		Epätodennäköistä			Epätodennäköisempää kuin todennäköistä ¹²
	Tason 580 ppm CO2ekv ylitys		1420...1750	1170...2100	-16...+7	-183...-86	2,1...2,3 (1,4...3,6)					
(580...650)	Koko alue	RCP4.5	1260...1640	1870...2440	-38...+24	-134...-50	2,3...2,6 (1,5...4,2)		Epätodennäköistä			Todennäköisempää kuin ei
(650...720)	Koko alue		1310...1750	2570...3340	-11...+17	-54...-21	2,6...2,9 (1,8...4,5)					
(720...1000)	Koko alue	RCP6.0	1570...1940	3620...4990	+18...+54	-7...+72	3,1...3,7 (2,1...5,8)		Epätodennäköistä ¹¹			Epätodennäköisempää kuin todennäköistä
>1000	Koko alue	RCP8.5	1840...2310	5350...7010	+52...+95	+74...+178	4,1...4,8 (2,8...7,8)	Epätodennäköistä ¹¹	Epätodennäköistä	Epätodennäköisempää kuin todennäköistä		

1 Skenaarioiden 430 – 480 ppm CO₂ekv 'koko alue' vastaa näiden skenaarioiden luokan 10. – 90. prosenttipisteiden aluetta esitettynä taulukossa 6.3.

2 Perusuraskenaariot (katso SPM.3) jaetaan yli 1000 ja 750 – 1000 ppm CO₂ekv -luokkiin. Viimeksi mainittu luokka sisältää myös hillintäskenaarioita. Viimeksi mainitun luokan perusuraskenaariot saavuttavat vuonna 2100 lämpötilanmuutoksen 2,5 – 5,8 astetta yli esiteollisen tason. Yhdessä perusuraskenaarioiden yli 1000 ppm CO₂ekv kanssa tämä johtaa kokonaislämpötila-alueeseen 2,5 – 7,8 astetta (alue perustuu muutoksen ilmastovasteen mediaaniin 3,7 – 4,8 astetta) perusuraskenaarioille molemmissa pitoisuusluokissa.

3 Tässä esitetyt kumulatiivisia CO₂:n päästöarvioita voidaan verrata WGI:ssä esitettyyn arvioon 515 [445 – 585] Gt C (1890 [1630 – 2150] Gt CO₂), joka kuvaa historiallisia kumulatiivisia päästöjä vuodesta 1870 vuoteen 2011 [kohta WGI 12.5]. Huom. kumulatiiviset päästöt on tässä esitetty kahdelle eri aikavälille (2011 – 2050 ja 2011 – 2100), kun taas kumulatiiviset päästöt WGI:ssä on esitetty kokonaispäästöinä RCP-skenaarioille (2012 – 2100) tai kokonaispäästöinä, joilla lämpötilan nousu jää alle rajoitteen tietyllä todennäköisyydellä. [WGI Taulukko SPM.3, WGI SPM.E.8]

4 Maailman päästöt vuonna 2010 ovat 31 % vuoden 1990 päästöjä suuremmat (tässä raportissa esitettyjen aiempien KHK-päästöjen arvioiden mukaisesti). CO₂ekv-päästöt sisältävät Kioton pöytäkirjan kaasut (CO₂, CH₄, N₂O ja F-kaasut).

5 WGIII:ssä tehty arvio sisältää suuren määrän tieteellisessä kirjallisuudessa julkaistuja skenaarioita eikä ole siis rajoittunut RCP-skenaarioihin. Ilmakehän CO₂ekv-pitoisuuden ja ilmastovaikutusten arvioimiseksi näissä skenaarioissa on käytetty MAGICC-mallia todennäköisyyspohjaisella tavalla (katso liite II). MAGICC-mallin tulosten ja WGI:ssä käytettyjen mallien tulosten vertailemiseksi katso kohta WGI 12.4.1.2 ja kohta 12.4.8 sekä 6.3.2.6. Erot WGI:n SPM:n taulukko.2:en johtuvat muun muassa erosta vertailuvuodesta (1986 – 2005 vs. 1850 – 1900 tässä raportissa), erosta laskentavuodesta (2081 - 2100 vs. 2100 tässä raportissa), simulaatiotavasta (CMIP5-pitoisuudet lähtötietona vs. MAGICC-malli päästöt lähtötietona tässä raportissa) ja laajemmasta joukosta skenaarioita (RCP:t vs. tässä raportissa kaikki WGIII:n tietokannan skenaariot).

6 Lämpötilan muutos on laskettu vuodelle 2100, mikä ei ole suoraan verrattavissa tasapainolämpötilaan, joka on raportoitu AR4:ssä (Table 3.5, luku 3 WGIII). Koskien vuoden 2100 lämpötila-arvioita muutoksen ilmastovaste (transient climate response TCR) on merkittävin järjestelmän huomioiva ominaisuus. MAGICC:lla saatu 90 prosentin epävarmuusalue TRC:lle on 1,2 – 2,6 °C (mediaani 1,8 °C). Tämä on verrattavissa CMIP5:llä saatuu (WGI 9.7) 90 prosentin TRC-alueeseen 1,2 – 2,4 °C ja arvioituu todennäköiseen alueeseen 1 – 2,5 °C, jolle on osoitettu useita perusteita IPCC:n AR5:n WGI-raportissa (Laatikko 12.2 luvussa 12.5).

7 Lämpötilan muutos vuonna 2100 esitetään MAGICC-laskelmien mediaaniarviona, mikä kuvaa kunkin luokan päästöpolkujen eroja. Suluisissa oleva lämpötilan muutoksen alue sisältää myös hiilen kierrosta ja ilmastojärjestelmästä aiheutuvan epävarmuuden niin kuin se on kuvattu MAGICC-mallissa (katso 6.3.2.6 lisää yksityiskohtia). Lämpötilatiedot verrattuna 1850 – 1900 vertailujaksoon laskettiin ottamalla huomioon kaikki arvioitu lämpeneminen vuoteen 1986 – 2005 saakka lisäämällä 0,61 °C perustuen HadCRUT4:ään (katso WGI taulukko SPM.2).

8 Tämän taulukon arvio perustuu todennäköisyyksiin, jotka on laskettu MAGICC:llä ottaen huomioon kaikki WGIII:n skenaariot, ja lisäksi WGI:n arvioon epävarmuuksista, joita ei ole otettu huomioon ilmastomalleissa. Tämän vuoksi ilmaisut ovat yhdenmukaisia WGI:n ilmaisujen kanssa, jotka perustuvat CRP-skenaarioiden CMIP5-ajoihin ja arvioituihin epävarmuuksiin. Näin ollen todennäköisyysilmaisut heijastavat erilaisia perusteluita pohjautuen molempiin WG:hin. Tätä WGI:n menetelmää sovellettiin myös välialueen pitoisuustason skenaarioihin, joita vastaavia CMIP5-ajoja ei ollut saatavissa. Todennäköisyyden arviot ovat vain suuntaa antavia (6.3) ja seuraavat likimain ilmaisuja, joita on käytetty WGI:n SPM:ssä lämpötila-arvioille: *todennäköinen* (likely) 66 – 100 %; *todennäköisempi kuin ei* (more likely than not) 50 – 100 %; *likimain yhtä todennäköinen kuin ei* (about as likely as not) 33 – 66 %; *epätodennäköinen* (unlikely) 0 – 33 %; Lisäksi on käytetty ilmaisua *epätodennäköisempi kuin todennäköinen* (more unlikely than likely) 0 – 50 %.

9 CO₂ekv-pitoisuus sisältää säteilypakotteen kaikista KHK:sta mukaan lukien halogenoidut kaasut ja alailmakehän otsonin, hiukkasten ja heijastuvuuden muutokset (laskettuna kokonaissäteilypakotteen avulla, joka on arvioitu MAGICC-ohjelman yksinkertaisella hiilenkierto- ja ilmastomallilla).

10 Suurin osa skenaarioista tässä luokassa ylittää tilapäisesti luokan rajan 480 ppm CO₂ekv pitoisuuden.

11 Tämän luokan skenaarioille ei mikään CMIP5-ajo (WGI AR5: luku 12, taulukko 12.3) eikä mikään MAGICC-ajo (6.3) jää alle vastaavan lämpötilatason. Tästä huolimatta "epätodennäköinen" ilmaisu annetaan heijastaen epävarmuutta, jota ei ole kuvattu nykyisissä ilmastomalleissa.

12 Skenaariot 580 – 650 ppm CO₂ekv luokassa sisältävät sekä pitoisuusylärajan tilapäisesti ylittäviä skenaarioita että skenaarioita, jotka eivät ylitä pitoisuusylärajaa (kuten RCP4.5). Jälkimmäisen tyyppin skenaarioihin pätee yleisesti *epätodennäköisempi kuin todennäköisempi* -ilmaisu pysyä kahden asteen tavoitteessa, kun taas ensimmäisen tyyppin skenaarioissa niitä koskeva ilmaisu on *epätodennäköinen* pysyminen kahden asteen tavoitteessa.

Skenaariot, jotka rajoittavat pitoisuuden noin tasolle 450 ppm CO₂ekv vuoteen 2100 mennessä ja joissa *todennäköisesti* lämpötilan muutos pysyy alle kahdessa asteessa esiteolliseen aikaan nähden, sisältävät huomattavia vähennyksiä ihmisen toiminnan aiheuttamissa KHK-päästöissä vuosisadan puoliväliin mennessä. Vähennykset seuraavat laajoista muutoksista energijärjestelmissä ja mahdollisesti maankäytössä (*korkea luotettavuus*). Näille skenaarioille on luonteenomaista 40 – 70 % vuotta 2010 alhaisemmat maailmanlaajuiset KHK-päästöt¹⁶ vuonna 2050 sekä lähes nollapäästöisyys tai vieläkin alemmat päästöt vuonna 2100. Skenaarioissa, jotka saavuttavat tason 500 ppm CO₂ekv vuoteen 2100 mennessä, vuoden 2050 päästötaso on 25 – 55 % alempi kuin vuonna 2010. Skenaarioissa, jotka saavuttavat tason 550 ppm CO₂ekv, päästöt ovat 5 % ylemmät tai 45 % alemmat kuin vuoden 2010 päästötaso globaalisti (taulukko SPM.1). Maailmanlaajuisesti skenaariot, jotka saavuttavat tason 450 ppm CO₂ekv, ovat myös luonnehdittavissa vuoteen 2050 mennessä nopealla energiatehokkuuden paranemisella, kolmin- tai lähes nelinkertaistuvalla nolla- tai vähäpäästöisen energiantuotannon osuudella. Vähäpäästöisyys perustuu uusiutuvaan energiaan, ydinenergiaan ja fossiiliseen energiaan varustettuna hiilidioksidin talteenotolla ja varastoinnilla (carbon dioxide capture and storage CCS) tai bioenergiaan, jossa myös käytetään CCS-tekniologiaa (BECCS) (kuva SPM.4, alempi osa). Näissä skenaarioissa esitetään laaja alue maankäytön muutoksia kuvastaen erilaisia oletuksia bioenergian tuotannon laajuudesta, metsityksestä ja metsien hävityksen vähentämisestä. Kaikki päästöt energiasta ja maankäytön muutoksista vaihtelevat alueiden välillä¹⁷. Skenaariot, joissa päädytään korkeampiin pitoisuuksiin, sisältävät samanlaisia mutta hitaammin tapahtuvia muutoksia. Toisaalta skenaariot, joissa rajoitetaan alempiin pitoisuuksiin, vaativat nopeita muutoksia. [6.3, 7.11]

Hillintäskenaariot, jotka päätyvät noin tasolle 450 ppm CO₂ekv vuonna 2100, sisältävät tyypillisesti ilmakehän pitoisuustason tilapäisen ylityksen kuten myös monet skenaariot, jotka saavuttavat tason 500 – 550 ppm CO₂ekv vuonna 2100. Riippuen ylityksen määrästä nämä ylitysskenaariot tyypillisesti tukeutuvat BECCS:n ja metsityksen laajaan käyttöön vuosisadan toisella puoliskolla. Näiden menetelmien käytettävyyden ja laajuuden, samoin kuin muiden hiilidioksidin poistoteknologioiden ja -menetelmien (carbon dioxide removal CDR) mahdollisuudet ovat epävarmoja. Lisäksi CDR-tekniologioihin ja -menetelmiin liittyy vaihtelevin määrin haasteita ja riskejä (katso kohta SPM 4.2)¹⁸ (*korkea luotettavuus*). CDR on myös laajassa käytössä monissa skenaarioissa kompensoimassa jäljellä olevat päästöt sektoreilla, joilla hillintä on kalliimpaa, vaikka näissä skenaarioissa ei olisi pitoisuustason ylitystä. BECCS:in, metsityksen tai muiden CDR-tekniologioiden tai menetelmien käytön mahdollisuuksista laajassa mittakaavassa on olemassa epävarmuutta. [2.5, 6.3, 6.9.1, kuva 6.7, 7.11, 11.3]

Cancúnin lupauksen pohjalta arvioidut vuoden 2020 globaalit päästötasot eivät sovi yhteen sellaisten kustannustehokkaiden pitkän aikavälin hillintäpolkujen kanssa, joilla likimain *yhtä todennäköisesti kuin*

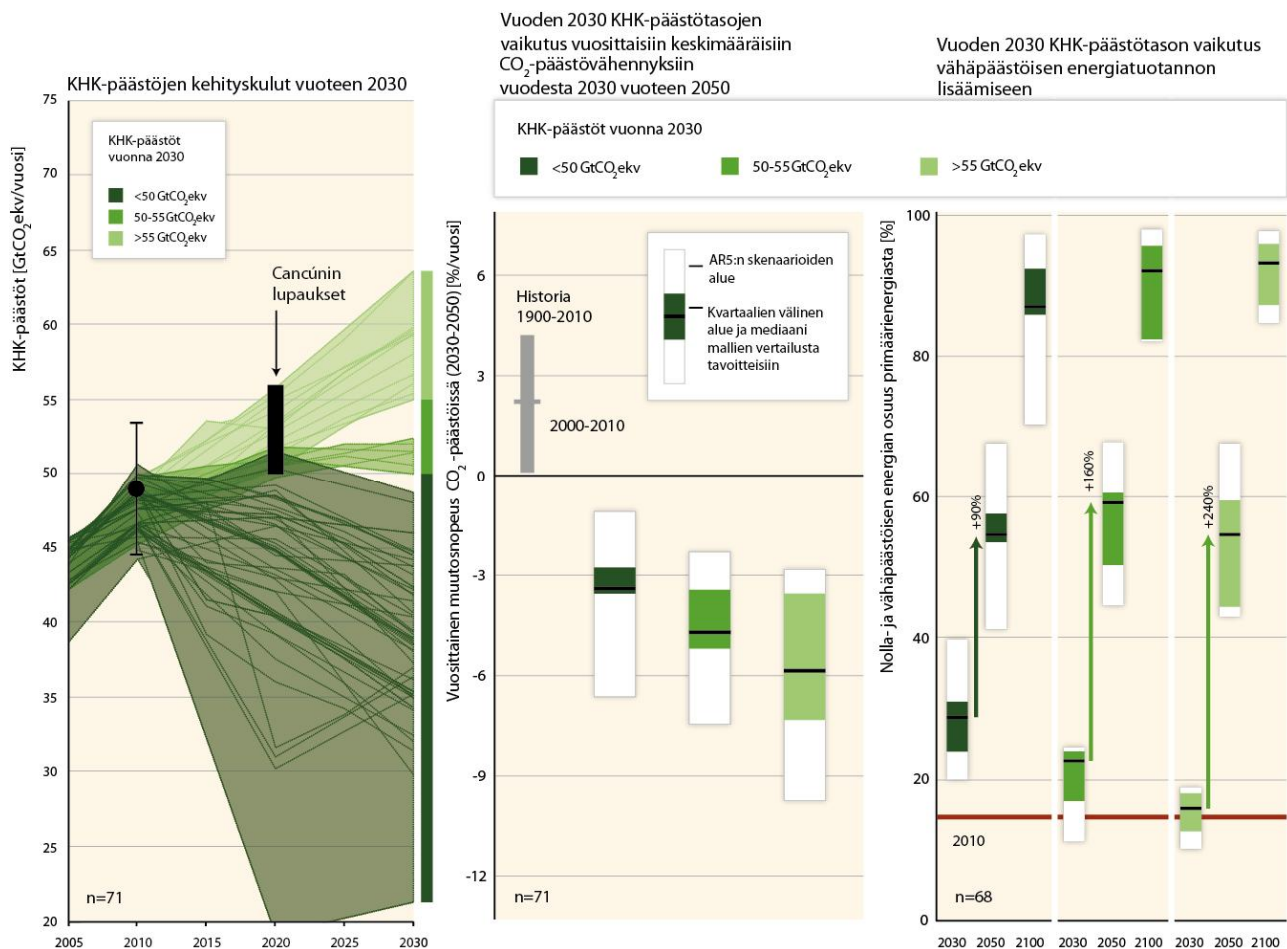
¹⁶ Tämä vaihtelualue eroaa alueesta, joka on esitetty samanlaiselle pitoisuusluokalle AR4:ssä (50 - 85 % alempi kuin 2000 koskien vain CO₂:ta). Ero johtuu muun muassa siitä, että AR5-raportti on arvioinut oleellisesti suurempaa määrää skenaarioita kuin AR4 ja tarkastellut kaikkia KHK:ita. Lisäksi suuri osa uusista skenaarioista sisältää hiilidioksidin talteenottotekniologioita (CDR, katso alla). Muut eroa aiheuttavat tekijät sisältävät vuoden 2100 pitoisuustasojen käytön vakautustasojen asemesta ja vertailuvuoden siirron vuodesta 2000 vuoteen 2010. Skenaariot, joissa on korkeahkot päästöt vuonna 2050, ovat luonnehdittavissa suureholla turvautumisella CDR-tekniologioihin vuosisadan puoliväliin jälkeen.

¹⁷ Kansallisella tasolla muutosta pidetään tehokkaimpana, kun se heijastaa maan näkemyksiä ja paikallisen tason näkemyksiä sekä lähestymistapoja saavuttaa kestävä kehitys kansallisten olosuhteiden ja painotusten mukaisesti [6.4, 11.8.4, WGII AR5 SPM].

¹⁸ WGI:n mukaan CDR-menetelmien globaaleja mahdollisuuksia rajoittavat biogeokemialliset ja teknologiset seikat. On riittämättömästi tietoa arvioida, kuinka paljon CO₂-päästöistä voitaisiin osaksi kompensoida vuosisadan mittakaavassa. CDR-menetelmillä on maailmanlaajuisia sivuvaikutuksia ja pitkän aikavälin seurauksia. [WGI AR5 SPM.E.8]

ei kyettäisiin rajoittamaan lämpötilan muutos kahteen asteeseen esiteolliseen aikaan nähden (vuoden 2100 pitoisuudet noin 450 – 500 ppm CO₂ekv), mutta ne eivät sulje pois mahdollisuutta saavuttaa tämä tavoite (*korkea luotettavuus*). Tavoitteen saavuttaminen vaatisi huomattavia vähennyksiä vuoden 2020 jälkeen. Cancúnin lupaukset ovat likimain yhteensopivia kustannustehokkaiden skenaarioiden kanssa, joissa *todennäköisesti* pystytään pitämään lämpötilannousu alle kolmessa asteessa esiteolliseen aikaan nähden. [6.4, 13.13, kuvat TS.11, TS.13]

Jos hillintätoimia viivytetään nykyhetkestä vuoteen 2030, arvioidaan siirtymisen alhaisiin pitkän aikavälin päästötasoihin vaikeutuvan oleellisesti ja kaventavan sellaisten vaihtoehtojen määrää, joilla lämpötilan muutos voidaan pitää alle kahdessa asteessa esiteolliseen aikaan nähden (*korkea luotettavuus*). Kustannustehokkaat hillintäskenaariot, jotka vähintään *yhtä todennäköisesti kuin eivät* rajoittavat lämpötilan muutoksen kahteen asteeseen esiteolliseen aikaan nähden (vuoden 2100 pitoisuus välillä 450 – 500 ppm CO₂ekv), sisältävät vuonna 2030 tyypillisesti välillä 30 – 50 Gt CO₂ekv olevat vuosittaiset KHK-päästöt (kuvassa SPM.5 vasemmalla). Skenaarioissa, joissa vuosittaiset KHK-päästöt ovat yli 55 Gt CO₂ekv vuonna 2030, päästövähennysten nopeus on oleellisesti suurempi vuodesta 2030 vuoteen 2050 (kuvassa SPM.5 keskellä), vähäpäästöisen energian käytön lisäys on paljon nopeampaa (kuvassa SPM.5 oikealla), turvautuminen CDR-tekniologioihin pitkällä aikavälillä laajempaa ja muutosvaiheen ja pitkän ajan taloudelliset vaikutukset mitattavampia. (taulukko SPM.2, oranssi alue). Näiden lisääntyneiden hillintää koskevien haasteiden vuoksi monet mallit, joissa vuosittaiset päästöt vuonna 2030 ovat korkeampia kuin 55 Gt CO₂ekv, eivät pystyneet tuottamaan skenaarioita, joilla saavutettaisiin pitoisuustasot, joissa likimain *yhtä todennäköisesti kuin ei* lämpötilan muutos tulisi pysymään alle kahdessa asteessa esiteolliseen aikaan nähden. [6.4, 7.11, kuvat TS.11, TS.13]



Kuva SPM.5 Vuoden 2030 päästötason (vasen kuva) vaikutukset CO₂-päästöjen vähentämisenopeuteen vuodesta 2030 vuoteen 2050 (keskikuva) ja vähäpäästöisen energian käytön laajentamiseen vuodesta 2030 vuoteen 2050 ja 2100 (oikea kuva) hillintäskenaarioissa, joissa päädytään likimain pitoisuustasolle 450 – noin 500 (430 – 530) ppm CO₂ekv vuonna 2100. Skenaariot on ryhmitelty vuoden 2030 erilaisten päästötason mukaan (väritetty erilaisilla vihreän sävyillä). Vasen kuva näyttää KHK-päästöjen (Gt CO₂ekv) kehityskulut, jotka johtavat näille tasoille. Musta pylväs kuvaa Cancúnin lupauksen perusteella KHK-päästöjen arvioidun epävarmuusvälin. Keskellä oleva kuva osoittaa keskimääräisen vuosittaisen CO₂-päästöjen vähentämisenopeuden jaksolla 2030 – 2050. Kuvassa tarkastellaan mediaania ja kvartiilien välistä aluetta sekä koko WGIII:n AR5:n skenaariotietokantaa jaoteltuna vuoden 2030 päästötason mukaan. Aiemmat päästönopeuden muutokset on näytetty harmaalla. Oikealla olevan kuvan nuolet näyttävät, millä voimakkuudella nolla- ja vähäpäästöistä energiantuotantoa on lisättävä vuodesta 2030 vuoteen 2050 riippuen erilaisista vuoden 2030 KHK-päästötasoista. Nolla- ja vähäpäästöinen energiantuotanto sisältävät uusiutuvan energian, ydinenergian ja fossiilisen energian, johon on liitetty hiilidioksidin erotus ja varastointi (CCS) tai bioenergia ja CCS (BECCS). Huom: Mukana ovat vain skenaariot, joissa on otettu huomioon kaikki käytettyjen mallien hillintäteknologiat perusoletuksilla. Sellaiset skenaariot on jätetty pois, joissa on suuret negatiiviset päästöt (>20 Gt CO₂-ekv/vuosi), joissa on ulkoisesti annettu päästön hinta tai joissa vuoden 2010 päästöt merkittävästi poikkeavat historiallisesta alueesta. [kuva 6.32, 7.16]

Arviot hillinnän kokonaiskustannuksista vaihtelevat laajasti ja ovat herkkiä mallin rakenteelle ja oletuksille sekä skenaarioiden määrittelylle mukaan lukien teknologioiden kuvaukset ja hillinnän ajoitus (*korkea luotettavuus*). Kustannustehokkaina perustapauksina makroekonomisten hillinnän kustannusten arvioinnissa on käytetty skenaarioita, joissa kaikki maailman maat aloittavat hillinnän heti ja joissa on yksi globaali hiilidioksidipäästön hinta ja kaikki keskeiset teknologiat ovat käytettävissä (taulukko SPM.2, harmaa osuus). Näillä oletuksilla hillintäskenaariot, joilla saavutetaan ilmakehän pitoisuustaso noin 450 ppm CO₂ekv

vuonna 2100, aiheuttavat vähenemistä maailman kulutuksessa – kun ei oteta huomioon hyötyjä vähentyneestä ilmastosta muuttumisesta eikä oheishyötyjä tai sivuhaittoja hillinnästä¹⁹. Tulosten mukaan vähennys maailman kulutuksessa vuonna 2030 on välillä 1 - 4 % (mediaani 1,7 %), vuonna 2050 välillä 2 – 6 % (mediaani 3,4 %) ja vuonna 2100 välillä 3 – 11 % (mediaani 4,8 %) suhteessa kulutukseen perusskenaarioissa, joissa kulutus kasvaa kaikkialla 300 – 900 % vuosisadan aikana. Nämä lukuarvot vastaavat vuosittaista kulutuksen kasvun vähenemää 0,04 – 0,14 (mediaani 0,06) prosenttiyksikköä keskimäärin koko vuosisadan suhteessa perusurakan kasvuun, joka on 1,6 – 3 % vuodessa. Kustannusalueen yläpäässä olevat arviot ovat malleista, jotka ovat suhteellisen joustamattomia saavuttamaan syviä päästöjen vähennyksiä, joita tarvitaan pitkällä aikavälillä saavuttamaan tavoitteet, tai malleista, jotka sisältävät oletuksia markkinoiden puutteellisuuksista. Nämä seikat nostavat yläpään arvioiden kustannuksia. Teknologioiden poisjäänti tai rajoittunut käytettävyys voi lisätä oleellisesti kustannuksia teknologiasta riippuen (taulukko SPM.2, oranssi osuus). Lisähillinnän viivästäminen nostaa edelleen kustannuksia keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä (taulukko SPM.2, sininen osuus). Monet mallit eivät voineet saavuttaa pitoisuustasoja noin 450 ppm CO₂ekv vuonna 2100, jos lisävähennyksiä viiväستetään huomattavasti tai jos keskeisten teknologioiden kuten bioenergian, CCS:n ja näiden yhdistelmän (BECCS) saatavuus on rajoitettu. [6.3]

Vain pieni määrä tutkimuksia on tarkastellut skenaarioita, jotka *todennäköisemmin rajoittaisivat kuin eivät rajoittaisi* lämpötilan muutoksen alle 1,5 asteen esiteolliseen aikaan nähden; näissä skenaariossa ilmakehän pitoisuuden tulisi olla alle 430 ppm CO₂ekv vuonna 2100 (*korkea luotettavuus*). Tämän tavoitteen arviointi on nykyisin vaikeaa, koska mitään yhdistettyä mallia ei ole käytetty tällaisten skenaarioiden tutkimiseen. Tätä tavoitetta selvittäviä tutkimuksia on vain rajoitettu määrä. Niiden tavoitetta vastaavia skenaariota luonnehtivat (1) välittömästi alkavat hillintätoimet, (2) kaikkien hillintäteknologioiden käytön nopea laajentaminen ja (3) matalan energiankysynnän polun kehittäminen²⁰. [6.3, 7.11]

¹⁹ Kokonaistaloudelliset kustannukset eri lämpötilatasoilla sisältäisivät hillintäkustannukset, hillinnän oheishyödyt, hillinnän kielteiset sivuvaikutukset, sopeutumiskustannukset ja vahingot ilmastosta. Hillinnän kustannuksia ja ilmastovahinkojen suuruusarvioita lämpötilatasoilla ei voida verrata arvioitaessa hillinnän kustannuksia ja hyötyjä. Pikemmin hillinnän taloudellisten kustannusten ja hyötyjen tarkastelun tulisi sisältää ilmastovahinkojen vähentäminen suhteessa hillitsemättömään ilmastomuutokseen.

²⁰ Näissä skenaarioissa kumulatiiviset CO₂-päästöt ovat välillä 680 – 800 GtCO₂ jaksolla 2011 – 2050 ja 90 – 310 GtCO₂ jaksolla 2011 – 2100. Maailmanlaajuiset CO₂ekv-päästöt vuonna 2050 ovat 70 – 95 % vuoden 2010 päästöjä pienemmät ja vuonna 2100 ne ovat 110 – 120 % vuoden 2010 päästöjä pienemmät.

Taulukko SPM.2 Maailmanlaajuiset hillintäkustannukset kustannustehokkaissa skenaarioissa ja arvioitu kustannusten lisääntyminen, jos oletetaan tiettyjen teknologioiden rajoittunut saatavuus tai lisähillintätoimien viivästyminen. Tämän taulukon kustannusarviot eivät ota huomioon vähentyneen ilmastonmuutoksen hyötyjä tai oheishyötyjä tai kielteisiä sivuvaikutuksia hillinnästä. Harmaat sarakkeet näyttävät kulutuksen vähenemisen vuosina 2030, 2050 ja 2100 (vaalean harmaa) sekä vuosittaisen kulutuksen kasvun vähenemän (harmaa) keskimäärin vuosisadan kuluessa kustannustehokkaissa skenaarioissa suhteessa perusuraan ilman ilmastopolitiikkaa¹. Oranssit sarakkeet näyttävät diskontattujen kustannusten² prosentuaalisen nousun vuosisadan yli laskettuna suhteessa kustannustehokkaihin skenaarioihin, jos teknologian käyttöä on rajoitettu suhteessa oletusarvoihin³. Siniset sarakkeet näyttävät hillintäkustannusten nousun aikaväleillä 2030 – 2050 ja 2050 – 2100 jos lisähillintätoimia viivästetään vuodesta 2020 vuoteen 2030, suhteessa skenaarioihin, joissa toimitaan välittömästi⁴. Nämä viivästynyttä hillintää kuvaavat skenaariot ryhmitellään päästötason mukaan (alle tai yli 55 Gt CO₂ekv vuonna 2030) ja kahden pitoisuusalueen mukaan (430 – 530 ppm CO₂ekv tai 530 – 650 ppm CO₂ekv vuonna 2100). Kaikissa numeroarvoissa skenaarionjoukon mediaani on esitetty ilman sulkua, alue 16. ja 84. prosenttipisteen välillä on esitetty suluissa ja skenaarioiden lukumäärä skenaariojoukossa on esitetty hakasuluissa⁵. [Kuvat. 12, TS.13, 6.21, 6.24, 6.25, Annex II.10]

	Kulutuksen väheneminen kustannustehokkaissa toimeenpanoskenaarioissa				Diskontattujen hillinnän kokonaiskustannusten kasvu skenaarioissa teknologioiden saatavuuden rajoittumisen takia				Keskipitkän ja pitkän ajan hillintäkustannusten kasvu vuoteen 2030 viivästyvien hillintätoimien takia			
	Kulutuksen aleneminen suhteessa perusuraan [%]			Kulutuksen vuosikasvun vähenemä [prosenttiyksikköä]	Diskontattujen hillintäkustannusten kasvu (2015-2100) suhteessa mallien perusoletuksiin teknologioiden saatavuudesta [%]				Hillintäkustannusten kasvu suhteessa välittömästi alkaviin hillintätoimiin [%]			
Pitoisuus v. 2100 [ppm CO ₂ ekv]	2030	2050	2100	2010-2100	Ei CCS:ää	Ydinvoimasta luopuminen	Rajoituttu aurinko / tuuli	Rajoituttu bioenergia	≤ 55 Gt CO ₂ ekv		≥ 55 Gt CO ₂ ekv	
									2030-2050	2050-2100	2030-2050	2050-2100
450 (430-480)	1,7 (1,0-3,7) [N: 14]	3,4 (2,1-6,2)	4,8 (2,9-11,4)	0,06 (0,04-0,14)	138 (29-297) [N: 4]	7 (4-18) [N: 8]	6 (2-29) [N: 8]	64 (44-78) [N: 8]	28 (14-50) [N: 34]	15 (5-59)	44 (2-78) [N: 29]	37 (16-82)
500 (480-530)	1,7 (0,6-2,1) [N: 32]	2,7 (1,5-4,2)	4,7 (2,4-10,6)	0,06 (0,03-0,13)								
550 (530-580)	0,6 (0,2-1,3) [N: 46]	1,7 (1,2-3,3)	3,8 (1,2-7,3)	0,04 (0,01-0,09)	39 (18-78) [N: 11]	13 (2-23) [N: 10]	8 (5-15) [N:10]	18 (4-66) [N: 12]	3 (-5-16) [N: 14]	4 (-4-11)	15 (3-32) [N: 10]	16 (5-24)
580-650	0,3 (0-0,9) [N: 16]	1,3 (0,5-2,0)	2,3 (1,2-4,4)	0,03 (0,01-0,05)								

1 Kustannustehokkaat skenaariot olettavat välittömän hillinnän kaikissa maissa ja yhden maailmanlaajuisen hiilidioksidipäästön hinnan eivätkä aseta lisärajoituksia teknologioille suhteessa mallien oletuksiin.

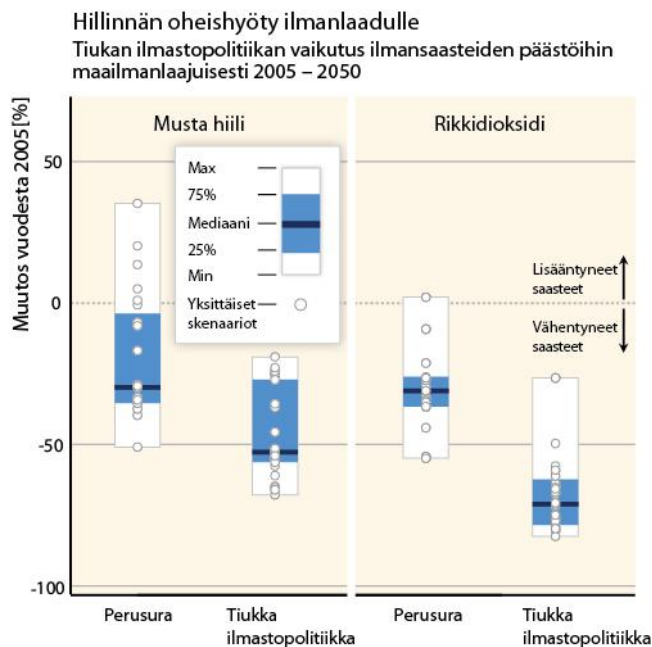
2 Kulutuksen menetyksen nettonykyarvon prosentuaalinen nousu ilmaistuna prosentteina perusuran kulutuksesta (skenaariot yleisistä tasapainomalleista) ja hillintäkustannukset prosentteina perusuran BKT:stä (skenaariot osittaistasapainomalleista) jaksolle 2015 – 2100 diskonttokorkona 5 % vuodessa.

3 Ei CCS: CCS:ää ei ole mukana näissä skenaarioissa. Ydinvoimasta luopuminen: Ei lisäydinvoimaa rakenteilla olevan lisäksi, olemassa olevia laitoksia käytetään käyttönsä loppuun. Rajoitettu aurinko /tuuli: Korkeintaan 20 % maailman vuosittaisesta sähköntuotannosta aurinko- ja tuulivoimasta. Rajoitettu bioenergia: Korkeintaan 100 EJ/vuosi nykyaikaista bioenergiaa vuosittain maailmassa (nykyaikaista bioenergiaa käytettiin lämpönä, sähkönä, yhdistettynä ja teollisuudessa noin 18 EJ/vuosi vuonna 2008 [11.13.5]).

4 Prosentuaalinen nousu diskonttaamattomissa hillintäkustannuksissa jaksolle 2030 – 2050 ja 2050 – 2100.

5 Alueen määrittävät skenaariot, jotka kattavat 16 ja 84. prosenttipisteen skenaariojoukosta. Mukaan on otettu vain skenaariot, joiden aikahorisontti ulottuu vuoteen 2100. Eräät mallit, jotka on otettu mukaan kustannusalueelle koskien pitoisuustasoa yli 530 ppm CO₂ekv, eivät voineet laskea skenaarioita alle 530 ppm CO₂ekv pitoisuustason tapauksissa, joissa oletetaan teknologioiden rajoitettu saatavuus tai viivästynyt hillintä.

Hillintäskenaariot, joissa pitoisuustaso on noin 450 tai 500 ppm CO₂ekv vuonna 2100, osoittavat alentuneita kustannuksia ilmanlaatu- ja energiavarmuustavoitteiden saavuttamisessa. Tästä aiheutuu merkittäviä oheishyötyjä ihmisten terveydelle, ekosysteemivaikutuksille, luonnonvarojen riittävyydelle ja energijärjestelmän joustavuudelle. Tarkastellut skenaariot eivät arvioineet muiden oheishyötyjen tai kielteisten sivuvaikutusten määriä (*keskitason luotettavuus*). Nämä skenaariot osoittavat, että luonnonvarojen riittävyys kansallisen energian kysynnässä sekä energian tarjonnan joustavuus paranevat, minkä seurauksena energijärjestelmät ovat vähemmän haavoittuvia hintojen heilahteluille ja toimitusten häiriöille. Hyödyt ilmansaasteiden suureen vähenemiseen liittyvistä vähentyneistä terveys- ja ekosysteemivaikutuksista, (kuva SPM.6), ovat erityisen voimakkaita siellä, missä nykyinen säännelty ja suunniteltu ilman saasteiden rajoittaminen on heikkoa. On olemassa laaja joukko muihin tavoitteisiin liittyviä oheishyötyjä ja kielteisiä sivuvaikutuksia ilmanlaadun ja energiavarmuuden lisäksi. Kaikkiaan oheishyötyjen mahdollisuudet energian loppukäyttöä koskevissa toimissa ylittävät kielteiset sivuvaikutukset, kun taas näyttö viittaa siihen, että näin ei liene kaikille energiantuotanto- ja AFOLU-toimille. [WGIII 4.8, 5.7, 6.3.6, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8, kuva TS.14, taulukko 6.7, taulukot TS.3 – TS.7, WGII 11.9]



Kuva SPM.6 Ilmansaasteiden päästötasot mustalle hiillelle (BC) ja rikkidioksidille (SO₂) vuonna 2050 suhteessa vuoteen 2005 (nollataso vastaa vuoden 2005 päästöjä). Perusuraskenaariota (ilman nykyisten KHK-päästöjen vähentämistoimien lisäksi tehtyjä toimia) verrataan skenaarioihin, joissa tehdään tiukkoja KHK-hillintätoimia, jotka vastaavat ilmakehän pitoisuustasojen 430 – 530 ppm CO₂ekv saavuttamista vuonna 2100. [kuva 6.33]

Ilmastopolitiikalla on laaja joukko mahdollisia kielteisiä sivuvaikutuksia ja oheishyötyjä sekä ulkoisvaikutuksia, joiden laajuutta ei ole arvioitu hyvin (*korkea luotettavuus*). Toteutuvatko sivuvaikutukset ja missä laajuudessa, on tapaus- ja paikkakohtaista, koska ne riippuvat politiikan toimeenpanon paikallisista olosuhteista, laajuudesta, kohdistumisesta ja nopeudesta. Tärkeitä esimerkkejä (asioista, joihin ilmastopolitiikalla voi olla vaikutuksia) ovat luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen, veden saatavuus, ruoan saannin varmuus, tulonjako, verotuksen tehokkuus, työvoiman tarjonta ja työllisyys, kaupunkien leviäminen sekä kehitysmaiden kasvun kestävyys. [Laitikko TS.11]

Hillintätoimet ja niihin liittyvät kustannukset vaihtelevat maiden välillä hillintäskenaarioissa. Kustannusten jakauma maiden välillä voi poiketa itse toimien jakaumasta (*korkea luotettavuus*). Globaalisti kustan-

nustehokkaissa skenaarioissa suurin osa hillintätoimista tapahtuu maissa, joissa on perusskenaarioissa suurimmat tulevaisuuden päästöt. Eräät tutkimukset, joissa on selvitetty tiettyjä toimienjakokehikkoja maailmanlaajuisten hiilidioksidimarkkinoiden yhteydessä, ovat arvioineet, että huomattavia globaaleja rahoitusvirtoja liittyy hillintäskenaarioihin, jotka johtavat ilmakehän pitoisuustasoihin noin 450 – 500 ppm CO₂ekv vuonna 2100. [Laatikko 3.5, 4.6, 6.3.6, taulukko 6.4, kuva 6.9, kuva 6.27, kuva 6.28, kuva 6.29, 13.4.2.4]

Hillintäpolitiikka voi vähentää fossiilisten polttoainevarojen arvoa ja pienentää fossiilisten polttoaineiden viejien tuloja, mutta alueiden ja polttoaineiden välillä on eroja (*korkea luotettavuus*). Useimpiin hillintäskenaarioihin liittyvät suurien viejien osalta alentuneet tulot hiili- ja öljykaupasta (*korkea luotettavuus*). Hillinnän vaikutus maakaasun vientituloihin on epävarmempi ja eräät tutkimukset osoittavat mahdollista lisäystä vientituloissa keskipitkällä aikavälillä noin vuoteen 2050 saakka (*keskitason luotettavuus*). CCS:n saataavuus vähentäisi hillinnän kielteisiä vaikutuksia fossiilisten polttoainevarojen arvoon (*keskitason luotettavuus*). [6.3.6, 6.6, 14.4.2]

SPM.4.2 Sektorikohtaiset ja sektorienväliset hillintäpolut ja -toimet

SPM.4.2.1 Sektorienväliset hillintäpolut ja -toimet

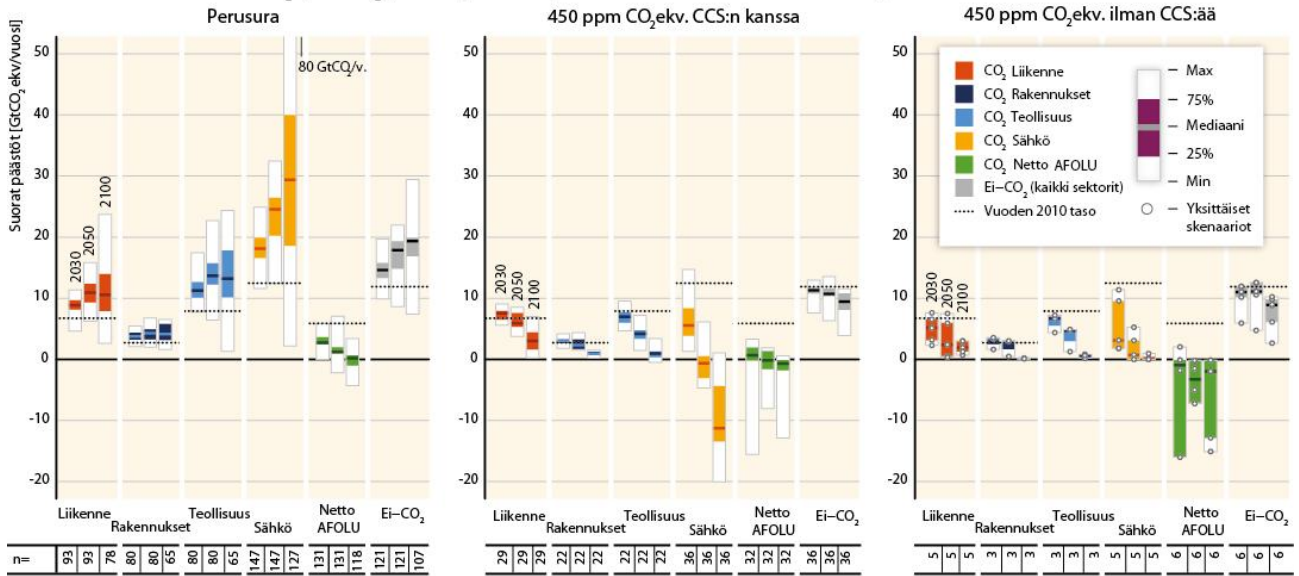
Perusuraskenaarioissa KHK-päästöjen arvioidaan kasvavan kaikilla sektoreilla paitsi AFOLU-sektorin netto-CO₂-päästöjen²¹ osalta (*vankka näyttö, keskitason yksimielisyys*). Energiantuotantosektorin oletetaan vastaisuudessaakin olevan suuri KHK-päästöjen lähde. Tämä sektori lopulta vastaa huomattavista lisääntyvän sähkön käytön päästöistä rakennus- ja teollisuussektoreilla. Perusuraskenaarioissa maatalouden KHK-päästöjen lasketaan kasvavan ei-CO₂-päästöjen osalta. Netto-CO₂-päästöt AFOLU-sektorilta alenevat ajan mittaan ja jotkin mallit arvioivat sektorin muodostuvan nettonieluksi vuosisadan lopulla (kuva SPM.7).²² [6.3.1.4, 6.8, kuva TS.15]

Infrastruktuurin kehitys ja pitkäikäiset tuotteet, jotka sitovat yhteiskunnat runsaspäästöisiin kehityspoluihin, voivat olla vaikeita tai hyvin kalliita muuttaa. Tämä vahvistaa varhaisen toiminnan tärkeyttä pyrittäessä voimakkaaseen ilmastomuutoksen hillintään (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Tämä lukkiutumisen riski on yhdistettävissä infrastruktuurin käyttöaikaan ja investointikustannusten suuruuteen sekä eroon päästöissä, joka voidaan saavuttaa vaihtoehtoisilla ratkaisuilla. Tämän seurauksena infrastruktuuriin ja maankäytön suunnitteluun liittyvää lukkiutumista on vaikeinta vähentää. Kuitenkin materiaalit, tuotteet ja infrastruktuuri, joilla on pitkä käyttöikä ja pienet päästöt yli elinkaaren, tekevät mahdolliseksi siirtymisen pienipäästöisille kehityspoluille, kun ne myös vähentävät päästöjä alhaisen materiaalin käytön takia. [5.6.3, 6.3.6.4, 9.4, 10.4, 12.3, 12.4]

²¹ Nettomääräiset AFOLU-sektorin CO₂-päästöt sisältävät CO₂-päästöt ja -poistumat AFOLU-sektorilta käsittäen metsätalouden ja eräissä arvioinneissa CO₂-nielut maatalousmailla.

²² Suurin osa ilmastomalleista, joissa on kuvattuna myös hiilen kierto ja jotka on arvioitu WGI:n AR5:ssä, osoittavat jatkuvaa maa-alueen hiilen kertymistä kaikissa RCP:issä vuoteen 2100 saakka, mutta muutamat mallit laskevat maa-alueen hiilen vähenevän ilmastomuutoksen ja maankäytön muutoksen yhdistetystä vaikutuksesta. [WGI AR5 SPM.E.7, WGI 6.4]

Suorat sektoreittaiset CO₂- ja ei-CO₂-päästöt perusura- ja hillintäskenaariossa CCS:n kanssa ja ilman

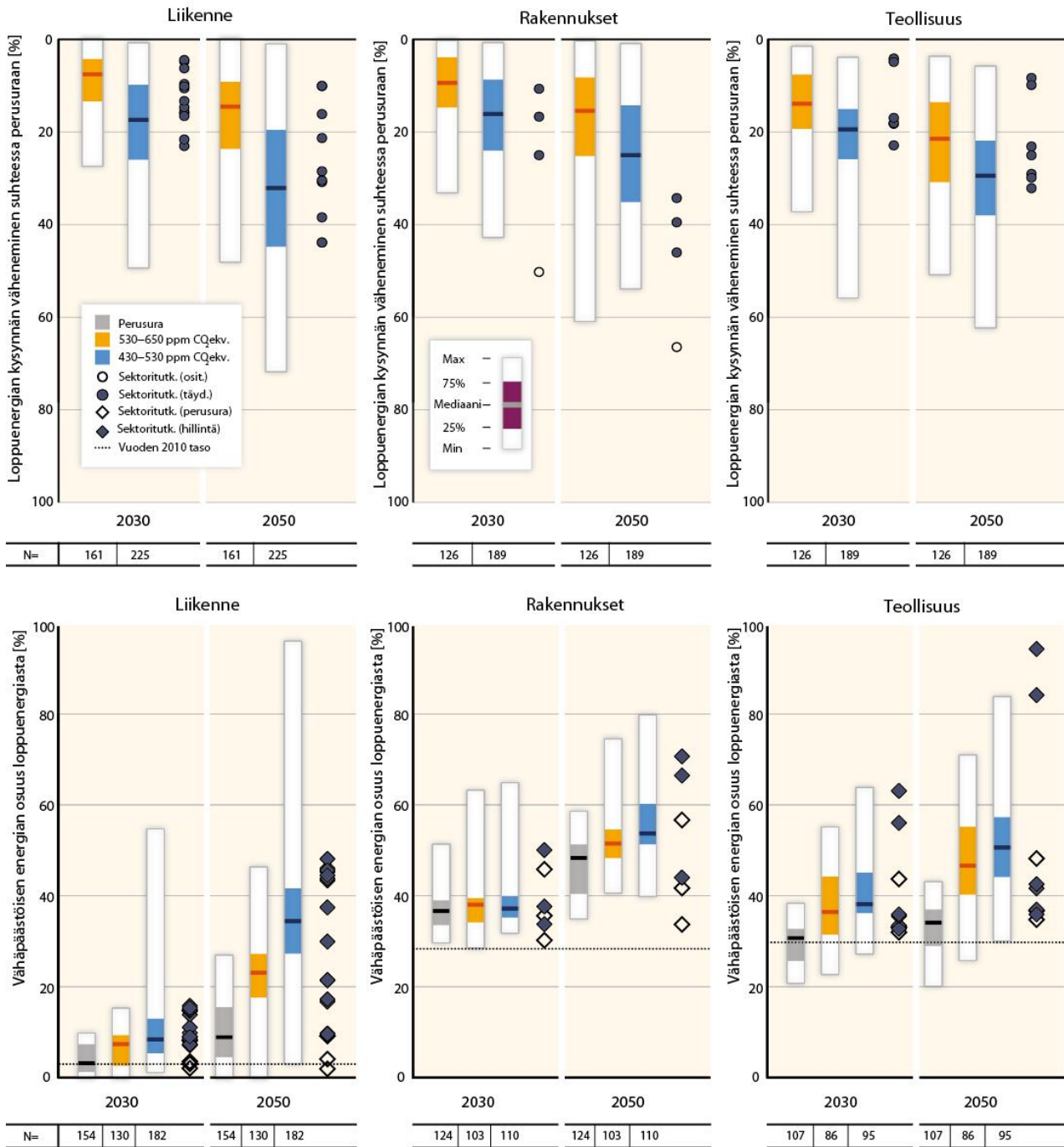


Kuva SPM.7 Suorat CO₂-päästöt sektoreittain ja kaikki Ei-CO₂-päästöt Kioton kaasuista yhteensä perusuraskenaarioissa (vasen kuva) ja hillintäskenaarioissa, joissa päädytään noin 450 (430 – 480) ppm CO₂ekv tasolle käyttäen CCS:ää (keskimmäinen kuva) tai ilman CCS:ää (oikea kuva). Luvut kuvien alareunassa kertovat huomioon otettujen skenaarioiden määrään. Tämä riippuu mallien sektorijaottelusta ja aikajänteestä. Huomaa, että monet mallit eivät pysty saavuttamaan 450 ppm CO₂ekv pitoisuustasoa vuonna 2100, jos CCS ei ole käytössä. Tämän seurauksena oikeassa kuvassa on vain vähän skenaarioita [kuvat 6.34 ja 6.35].

Hillintäskenaarioissa toimenpiteiden käyttöönoton nopeus energian tuotannossa ja käytössä sekä kehitys AFOLU-sektorilla kytkeytyvät vahvasti toisiinsa (*korkea luotettavuus*). Hillintätoimien jakautumiseen eri sektorien välillä vaikuttaa voimakkaasti BECCS:in ja laaja-alaisen metsityksen käytettävyys ja tehokkuus (kuva SPM.7). Näin on erityisesti skenaarioissa, joissa päädytään vuonna 2100 noin 450 ppm CO₂ekv pitoisuuteen. Hyvin suunnitellut järjestelmätason ja sektorienväliset rajat ylittävät hillintästrategiat ovat kustannustehokkaampia vähentämään päästöjä kuin keskittyminen yksittäisiin teknologioihin tai sektoreihin. Energijärjestelmän tasolla nämä hillintästrategiat sisältävät energiantuotantojärjestelmän KHK-intensiteetin alentamisen, siirtymisen vähäpäästöisiin energiamuotoihin (mukaan lukien vähäpäästöinen sähkö) ja energian kysynnän vähentämisen loppukulutussektoreilla vaarantamatta kehitystä (kuva SPM.8). [6.3.5, 6.4, 6.8, 7.11, taulukko TS.2]

Hillintäskenaariot, joilla päädytään noin 450 ppm CO₂ekv pitoisuuksiin vuonna 2100, osoittavat hyvin laajoja maailmanlaajuisia muutoksia energiantuotantosektorilla (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Näissä valituissa skenaarioissa maailman CO₂-päästöjen energiantuotantosektorilta arvioidaan vähenevän lähivuosikymmeninä, ja päästöille on tyypillistä 90 % tai suurempi vähentyminen vuoden 2010 tasosta vuosien 2040 ja 2070 välillä. Monissa näistä skenaarioista päästöjen arvioidaan vähenevän alle nollan tämän jälkeen. [6.3.4, 6.8, 7.1, 7.11]

Loppuenergian kysynnän väheneminen ja vähäpäästöisten energiamuotojen osuudet energian loppukäyttösektoreilla



Kuva SPM.8 Loppuenergian kysynnän väheneminen suhteessa perusuraan (ylärivi) ja vähäpäästöisten energiamuotojen osuudet loppuenergiasta (alarivi) liikenne-, rakennus- ja teollisuustoimialoilla vuosina 2030 ja 2050 kahdessa eri CO₂ekv-pitoisuustavoiteluokassa verrattuna sektorikohtaisiin tutkimuksiin arvioituina luvuissa 8 – 10. Kysynnän väheneminen näissä skenaarioissa ei vaaranna kehitystä. Vähäpäästöiset energiamuodot sisältävät sähkön, vedyn ja nestemäiset biopolttoaineet liikenteessä; sähkön rakennuksissa; sekä sähkön, lämmön, vedyn ja bioenergian teollisuudessa. Luvut kuvien alareunassa kertovat huomioon otettujen skenaarioiden määrän. Tämä riippuu mallien sektorijaottelusta ja aikajänteestä. [kuvat 6.37 ja 6.38]

Jotta voitaisiin vähentää energian kysyntää perusraskenaarioihin nähden vaarantamatta kehitystä, tehokkuuden parantamistoimet ja käyttäytymisen muutokset ovat keskeinen hillintästrategia skenaariois-

sa, joissa päädytään vuonna 2100 noin 450 tai 500 ppm CO₂ekv pitoisuustasolle, (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Lähiaikoina tapahtuvat vähennykset energian kysynnässä ovat tärkeä osa kustannustehokasta hillintästrategiaa. Ne antavat joustavuutta päästöintensiteetin vähentämisessä energiantuotantosektorilla, vähentävät alttiutta energian toimitusten riskeille, vähentävät lukkiutumista päästöintensiiviseen infrastruktuuriin ja niihin liittyy tärkeitä oheishyötyjä. Sekä yhdistetyt että sektorikohtaiset tutkimukset tarjoavat samanlaisia arvioita energian kysynnän vähenemisestä liikenne-, rakennus- ja teollisuustoimialoilla vuosille 2030 ja 2050 (kuva SPM.8). [6.3.4, 6.6, 6.8, 7.11, 8.9, 9.8, 10.10]

Käyttäytymisellä, elämäntavalla ja kulttuurilla on huomattava vaikutus energian käyttöön ja siihen liittyviin päästöihin. Näillä on myös suuria hillintämahdollisuuksia joillakin sektoreilla erityisesti täydentäessä teknologisia ja rakenteellisia muutoksia²³ 23 (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Päästöjä voidaan vähentää huomattavasti muuttamalla kulutustottumuksia (esim. liikkumisen tarvetta ja tapaa, energian käyttöä kotitalouksissa, valitsemalla pitkäkestoisia tuotteita) sekä muuttamalla ravintotottumuksia ja vähentämällä ruokajätteitä. Useat vaihtoehdot, mukaan lukien taloudelliset ja ei-taloudelliset kannusteet sekä tiedottaminen voivat helpottaa muutosten aikaansaamista. [6.8, 7.9, 8.3.5, 8.9, 9.2, 9.3, 9.10, laatikko 10.2, 10.4, 11.4, 12.4, 12.6, 12.7, 15.3, 15.5, taulukko TS.2]

SPM.4.2.2 Energian tuotanto

AR5:ssä tarkastelluissa perusskenaarioissa energiantuotantosektorin suorien CO₂-päästöjen arvioidaan lähes kaksinkertaistuvan tai jopa kolminkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoden 2010 tasoon 14,4 Gt CO₂/vuosi, ellei energiaintensiteetin paranemista voida merkittävästi kiihdyttää historiallisesta kehityksestä (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Viime vuosikymmenen aikana tärkeimmät päästöjen kasvuun vaikuttaneet tekijät olivat energian kysynnän kasvu ja hiilen osuuden kasvu maailman polttoaineiden kulutuksesta. Fossiilisten polttoaineiden saatavuus ei yksin riitä rajoittamaan CO₂ekv-pitoisuutta sellaisille tasoille kuin 450, 550 tai 650 ppm. [6.3.4, 7.2, 7.3, kuvat 6.15, SPM.2, SPM.7]

Sähköntuotannon KHK-päästöintensiteetin vähentäminen (sähköntuotannon dekarbonointi) on keskeinen tekijä kustannustehokkaissa hillintästrategioissa saavutettaessa alhaisia pitoisuuden vakautustasoja (430 – 530 ppm CO₂ekv); useimmissa integroitujen mallien skenaarioissa dekarbonointi tapahtuu nopeammin sähköntuotannossa kuin teollisuus-, rakennus- tai liikennesektorilla (*keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*). Suurimmassa osassa alhaisen vakautustason skenaarioita vähäpäästöisen sähköntuotannon osuus (koostuen uusiutuvasta energiasta (RE), ydinenergiasta ja CCS:stä) lisääntyy nykyisestä 30 prosentista yli 80 prosenttiin vuonna 2050, ja fossiilisiin polttoaineisiin perustuva sähköntuotanto ilman CCS:ää jää pois lähes kokonaan vuoteen 2100 mennessä. [6.8, 7.11, kuvat 7.14, TS.18, SPM.7]

AR4:n jälkeen monet uusiutuvan energian teknologiat ovat osoittaneet huomattavaa suorituskyvyn paranemista ja kustannusten laskua, ja kasvava määrä uusiutuvan energian teknologioita on saavuttanut kypsyytensä, jossa niitä voidaan käyttää laajassa mittakaavassa (*vankkaa näyttöä, korkea yksimielisyys*). Pelkässä sähköntuotannossa uusiutuva energia kattoi juuri yli puolet maailman uudesta, vuonna 2012 käytönotetusta sähköntuotantokapasiteetista. Suurin lisäys oli tuuli-, vesi ja aurinkovoimassa. Kuitenkin monet uusiutuvan energian teknologiat tarvitsevat yhä suoraa tai epäsuoraa tukea, jos niiden markkinaosuuk-

²³ Rakenteelliset muutokset viittaavat systeemin muutoksiin, joissa jotkut osat joko korvataan tai mahdollisesti vaihdetaan toisiin osiin (kts. WGIII AR5 sanasto).

sia lisätään; uusiutuvan energian teknologiapolitiikat ovat onnistuneet johtamaan viimeaikaiseen uusiutuvan energian kasvuun. Haasteet, jotka liittyvät uusiutuvan energian yhdistämiseen energijärjestelmään ja siihen liittyviin kustannuksiin, vaihtelevat riippuen teknologiasta, paikallisista olosuhteista ja olemassa olevan energijärjestelmän ominaisuuksista (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). [7.5.3, 7.6.1, 7.8.2, 7.12, taulukko 7.1]

Ydinenergia on kypsä vähäisten KHK-päästöjen peruskuormasähkön lähde, mutta sen osuus maailman sähköntuotannosta on ollut laskeva (vuodesta 1993). Ydinenergia voisi tuottaa suuremman osuuden matalapäästöisestä sähköstä, mutta siihen liittyy erilaisia esteitä ja riskejä (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Näihin kuuluvat: käytön riskit ja niihin liittyvät seikat, uraanikaivosten riskit, taloudelliset riskit ja sääntelyyn liittyvät riskit, ratkaisemattomat jätehuoltoasiat, huoli ydinaseiden leviämisestä, ja kielteinen julkinen mielipide (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Nykyisin tutkitaan uusia polttoainekiertoja ja reaktoriteknologioita, jotka voivat vastata joihinkin näistä kysymyksistä. Tutkimus- ja kehitystyö on edistynyt turvallisuus- ja jätehuoltoasioissa. [7.5.4, 7.8, 7.9, 7.12, kuva TS.19]

Energiantuotannon KHK-päästöjä voidaan vähentää merkittävästi korvaamalla nykyisiä maailman keskiarvoa vastaavia kivihiilivoimalaitoksia nykyaikaisilla, erittäin tehokkailla maakaasukäyttöisillä kombivoimalaitoksilla tai yhteistuotantona lämpöä ja sähköä tuottavilla laitoksilla, jos maakaasua on saatavissa ja sen tuotantoon sekä toimittamiseen liittyvät haihtuma- ja karkauspäästöt ovat pieniä tai rajoitettuja (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Hillintäskenaarioissa, joissa päästään noin 450 ppm CO₂ekv-pitoisuuteen vuonna 2100, maakaasupohjainen sähköntuotanto ilman CCS:ää toimii siltateknologiana, jota rakennetaan ennen maailman päästöjen suurimpia arvoja ja jonka käyttö vähenee nykytason alle vuoteen 2050 mennessä ja alenee edelleen vuosisadan toisella puoliskolla (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). [7.5.1, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12]

Hiilidioksidin erotus ja varastointi (CCS) -teknologiat voisivat vähentää fossiilisia polttoaineita käyttävien voimalaitosten elinkaarisia KHK-päästöjä (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Vaikka integroidun CCS-järjestelmän kaikki osat ovat olemassa ja käytössä nykyisin fossiilisten polttoaineiden tuotannossa ja jalostamisessa, CCS:ää ei ole vielä sovellettu suuren, käytössä olevan, kaupallisen, fossiilisella polttoaineella toimivan voimalaitoksen mittakaavassa. CCS:llä varustetut voimalaitokset voisivat toimia markkinoilla, jos tätä kannustetaan lainsäädännöllä, ja/tai jos ne tulevat kilpailukykyisiksi ilman CCS:ää toimivien laitosten kanssa. Tämä voisi olla mahdollista, jos lisäinvestoinnit ja lisääntyvät käyttökustannukset, jotka aiheutuvat osaksi hyötysuhteen alenemisesta, korvataan riittävän korkeilla päästön hinnoilla (tai suoralla taloudellisella tuella). CCS:n käyttöönottamiseksi laajassa mittakaavassa tarvitaan hyvin määriteltäviä säännöstöä koskien varastoinnin lyhyt- ja pitkäaikaisia vastuita sekä taloudellisia kannusteita. Esteet CCS-teknologioiden laajalle käyttöönotolle sisältävät huolenaiheet käytön turvallisuudesta, CO₂-varaston pitävyydestä ja kuljetuksen riskeistä. On olemassa yhä kasvava määrä kirjallisuutta siitä, kuinka varmistetaan CO₂-varastojen eheys, millaisia mahdollisia seurauksia CO₂-varaston aiheuttamasta paineen noususta on (kuten aiheutunut seismissyys) ja millaisia mahdollisia vaikutuksia on ihmisten terveyteen tai ympäristöön CO₂:lla, joka kulkeutuu pois ensisijaiselta sijoitusalueelta (*rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*). [7.5.5, 7.8, 7.9, 7.12, 11.13]

Bioenergian yhdistäminen CCS:ään tarjoaa mahdollisuuden energian tuotantoon, jolla on laajassa mittakaavassa negatiiviset päästöt. Sillä on suuri merkitys monissa alhaisen pitoisuuden skenaarioissa, vaikka asiaan sisältyy myös haasteita ja riskejä (*rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*). Nämä haasteet ja riskit liittyvät CCS-laitoksessa käytettävän biomassan laajamittaiseen tuotantoon, ja toisaalta myös itse CCS-teknologiaan. [7.5.5, 7.9, 11.13]

SPM.4.2.3 Energian loppukäyttötoimialat

Liikenne

Liikennesektorin osuus energian loppukäytöstä oli 27 % vuonna 2010. Sen suorat päästöt olivat 6,7 GtCO₂ samana vuonna. Päästöjen ennustetaan noin kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä perusurassa (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Maailman henkilö- ja rahtiliikenteen CO₂-päästöjen kasvu saattaisi osittain kumota tulevat päästöjen vähennystoimet, ml. parannukset polttoaineen hiili-intensiteetissä ja energia-intensiteetissä, infrastruktuurin kehittämisen, käyttäytymisen muutokset ja kokonaisvaltaisten politiikoiden toimeenpanon (*korkea luotettavuus*). Kaiken kaikkiaan liikenteen CO₂-päästöissä voitaisiin saavuttaa 15 - 40 % vähennys suhteessa perusuraan vuoteen 2050 mennessä (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). [Kuva TS.15, 6.8, 8.1, 8.2, 8.9, 8.10]

Kaikkia liikennemuotoja koskevat tekniset ja käyttäytymiseen vaikuttavat hillintätoimet sekä uusi infrastruktuuri ja investoinnit kaupunkialueiden uudelleen kehittämiseen voisivat vähentää energian loppukysyntää 40 prosentilla perusurasta vuonna 2050. Arvioidut hillintämahdollisuudet ovat suurempia kuin mitä raportoitiin AR4:ssa (*vankka näyttö, keskitason yksimielisyys*). Ennustettu kasvu energiatehokkuudessa ja ajoneuvojen suorituskyvyssä vuonna 2030 verrattuna vuoteen 2010 vaihtelee välillä 30 - 50 % riippuen liikennemuodosta ja ajoneuvotyypistä (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Yhdennetty kaupunkisuunnittelu, joukkoliikenteeseen suuntautunut kehitys sekä tiiviimpi, kävelyä ja pyöräilyä tukeva kaupunkirakenne voivat kaikki johtaa liikennemuotojen osuuksien muuttumiseen samoin kuin pidemmällä aikavälillä kaupunkialueiden kehittäminen ja investoinnit uuteen infrastruktuuriin kuten suurnopeusjuniin eli ns. luotijuniin, jotka vähentävät lyhyen matkan lentojen kysyntää. Tällaiset hillintäkeinot ovat haastavia, niiden tulokset ovat epävarmoja, ja ne voisivat vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä noin 20 - 50 prosenttia verrattuna perusuraan (*rajoitettu näyttö, alhainen yksimielisyys*). [8.2, 8., 8.4, 8.5, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 12.4, 12.5, kuva SPM.8 yläkuva]

Polttoaineiden päästöintensiteetin vähentämistä ja vähennysnopeutta rajoittavat energian varastointiin liittyvät haasteet sekä vähäpäästöisten liikenteen energialähteiden suhteellisen alhainen energiatiheys (*keskitason luotettavuus*). Yhdennetyt ja alueelliset tutkimukset ovat yleisesti ottaen yhtä mieltä siitä, että lyhyellä tähtämellä on olemassa mahdollisuuksia vaihtaa vähäpäästöisiin polttoaineisiin ja että näiden mahdollisuuksien määrä tulee kasvamaan. Metaaniin perustuvien polttoaineiden määrä on jo kasvamassa niin tie- kuin vesiliikenteessä. Vähäpäästöisistä energialähteistä tuotetulla sähköllä on potentiaalia lähitulevaisuudessa sähköjunilla, ja lyhyen tai keskipitkän aikavälin mahdollisuuksia sähköbusseissa, kevyissä ajoneuvoissa ja kaksipyöräisessä tieliikenteessä. Vähäpäästöisistä energialähteistä tehdyt vetypolttoaineet muodostavat pidemmän aikavälin vaihtoehdon. Kaupallisesti saatavilla olevat nestemäiset ja kaasumaiset biopolttoaineet tuottavat jo oheishyötyjä yhdessä muiden hillintäkeinojen kanssa, joita voidaan lisätä teknologian kehittyessä. Liikenteen hiukkaspäästöjen (ml. mustahiili), alailmakehän otsonin ja hiukkasten edeltäjäaineiden (ml. typen oksidit (NO_x) vähentämisellä voi olla ihmisen terveyteen ja ilmastonmuutoksen hillintään liittyviä oheishyötyjä lyhyellä aikavälillä (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). [8.2, 8.3, 11.13, kuva TS.20, oikea kuva]

Liikennesektorin päästönvähennystoimien kustannustehokkuus vaihtelee merkittävästi ajoneuvotyypin ja liikennemuodon mukaan (*korkea luotettavuus*). Monien lyhyen aikavälin käyttäytymiseen kohdistuvien

ohjaukeinojen ja kevyen ja raskaan tieliikenteen sekä vesiliikenteen energiatehokkuutta parantavien toimien kustannukset päästöyksikköä kohti voivat olla hyvin alhaiset. Vuonna 2030 joidenkin sähköautojen, lentoliikenteen ja mahdollisesti suurnopeusjunien koko elinkaaren yli tasoitetut päästövähennyskustannukset saattaisivat olla yli USD100/vältetty CO₂-tonni (*rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*). [8.6, 8.8, 8.9, kuvat TS.21, TS.22]

Alueelliset erot vaikuttavat liikennesektorin päästövähennyskeinojen valintaan (*korkea luotettavuus*). Institutionaaliset, lainsäädännölliset, rahoituskelliset ja kulttuuriset esteet rajoittavat vähäpäästöisten teknologioiden käyttöönottoa ja käyttäytymisen muutoksia. Olemassa oleva infrastruktuuri saattaa rajoittaa mahdollisuuksia liikennemuotojen vaihtamiseen ja johtaa suurempaan turvautumiseen edistyneisiin ajoneuvoteknologioihin. Henkilöautojen ja muiden kevyiden ajoneuvojen määrän kasvun on jo havaittu hidastuneen joissakin OECD-maissa. Kaikissa talouksissa, erityisesti niissä, joiden kaupungit kasvavat nopeasti, investoinneilla julkiseen liikenteeseen ja vähäpäästöiseen infrastruktuuriin voitaisiin välttää lukkiutumista hiili-intensiivisiin liikennemuotoihin. Suosimalla jalankulkua tukevaa infrastruktuuria ja integroimalla kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen palvelut voidaan kaikilla alueilla luoda taloudellisia ja sosiaalisia oheishyötyjä (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). [8.4, 8.8, 8.9, 14.3, taulukko 8.3]

Kun hillintätoimet yhdistetään kaikilla hallinnon tasoilla muihin (kuin ilmastoa koskeviin) ohjaukeinoihin, liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys voidaan kaikilla alueilla kytkeä irti talouden kasvusta (*keskitason luotettavuus*). Nämä keinot voivat auttaa vähentämään liikenteen kysyntää, kannustaa kuljetustoimialaa vähentämään logistiikkajärjestelmiensä hiili-intensiteettiä ja aikaansaada siirtymisiä liikennemuodosta toiseen sekä tuottaa oheishyötyjä, ml. parempi saavutettavuus ja liikkuvuus, parempi terveys ja turvallisuus, suurempi energiavarmuus sekä aika- ja kustannussäästöt (*keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*). [8.7, 8.10]

Rakennukset

Vuonna 2010 rakennustoimialan²⁴ osuus energian loppukäytöstä oli noin 32 %. Sen hiilidioksidipäästöt, ml. sekä suorat että epäsuorat päästöt olivat noin 8,8 GtCO₂. Perusuraskenaarioiden mukaan toimialan energian kysynnän ennustetaan lähes kaksinkertaistuvan ja CO₂-päästöjen kasvavan 50 - 150 % tämän vuosisadan puoleenväliin mennessä. (*Keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Tämä energiankysynnän kasvu aiheutuu varallisuuden kasvusta, elintapojen muutoksista, nykyaikaisten energiapalveluiden saatavuudesta, asumistason noususta sekä kaupungistumisesta. Rakennusten ja niihin liittyvän infrastruktuurin pitkäikäisyydestä aiheutuu merkittävä riski juuttua päästöintensivisiin teknologioihin. Nämä riskit ovat erityisen tärkeitä alueilla, joilla rakennetaan paljon (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). [9.4, kuva TS.15]

Viimeaikainen edistys teknologiassa, tietotaidossa ja politiikoissa tarjoavat mahdollisuuksia vakauttaa tai vähentää maailman rakennustoimialan energian käyttöä vuosisadan puoliväliin mennessä (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Uusissa rakennuksissa on tärkeää soveltaa hyvin matalan energiankulutuksen rakennusnormeja. Niiden käytössä on tapahtunut merkittävää edistystä AR4-raportin jälkeen. Jälkiasennukset ja remontit ovat keskeinen keino päästöjen vähentämiseen maissa, joissa on vakiintunut rakennuskanta. Niillä on saavutettu 50 - 90 % vähennyksiä yksittäisten rakennusten jäähdytys-/ lämmitysenergiankulutuk-

²⁴ Rakennustoimiala kattaa asunto-, kaupallisen, julkisen ja palvelusektorit. Rakentamisen päästöt on huomioitu teollisuussektorilla.

nessa. Viimeaikaiset suuret parannukset suorituskyvyssä ja kustannuksissa tekevät hyvin matalan energiata-son rakentamisesta ja saneerauksista taloudellisesti houkuttelevia. Joissain tilanteissa niiden nettokustan-nukset saattavat olla jopa negatiiviset. [9.3]

Elämäntavat, kulttuuri ja käyttäytyminen vaikuttavat merkittävästi rakennusten energiankulutukseen (*rajoitettu näyttö, korkea yksimielisyys*). Energiapalveluiltaan samantasoisissa rakennuksissa on osoitettu voivan olla 3 - 5-kertainen ero energiankäytössä. Skenaariot osoittavat, että kehittyneissä maissa elämän-tapojen ja käyttäytymisen muutoksilla voitaisiin vähentää energiankysyntää lyhyellä tähtäyksellä jopa 20 % ja vuosisadan puoliväliin mennessä jopa 50 % nykytasosta. Kehitysmaissa voitaisiin edistää korkean tason energiapalveluiden tarjontaa paljon perusuraa alhaisemmillä energiapanoksilla yhdistämällä perinteiset elämäntavat rakennustapoihin ja arkkitehtuuriin. [9.3]

Useimmilla rakennusten päästöjen hillintäkeinoilla on huomattavia ja monipuolisia oheishyötyjä ener-giakustannusten alenemisen lisäksi (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Näitä ovat parannukset energia-varmuudessa, terveydessä (esim. puhtaammat puuhellat), ympäristöhaittojen väheneminen, tuottavuus työpaikoilla, polttoainepulan väheneminen ja työllisyyden nettokasvu. Tutkimuksissa, jotka ovat arvioineet oheishyötyjä rahamääräisesti, on usein saatu tulokseksi, että oheishyödyt ylittävät säästöt energiakustan-nuksissa ja mahdollisesti myös ilmastohyödyt (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). [9.6, 9.7, 3.6.3]

Vahvat esteet, kuten jakautuneet kannusteet (esim. vuokralaiset ja vuokranantajat), pirstaleiset markki-nat sekä riittämätön tiedon ja rahoituksen saatavuus, haittaavat kustannustehokkaiden mahdollisuuksi-en markkinapohjaista käyttöönottoa. Esteet voidaan ylittää politiikkatoimilla, jotka kohdistuvat kaikkiin rakennuksen ja laitteiden elinkaaren vaiheisiin (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). [9.8, 9.10, 16, laatikko 3.10].

Energiatehokkuuden ohjauskeinojen valikoiman kehittäminen ja toimeenpano on edennyt merkittävästi AR4:n jälkeen. Rakennusmääräykset ja laitestandardit, jos ne on suunniteltu ja toimeenpantu hyvin, ovat olleet ympäristöllisesti ja kustannuksiltaan eräitä tehokkaimmista päästöjen vähentämiskeinoista (*vank-ka näyttö, korkea yksimielisyys*). Joissain kehittyneissä maissa ne ovat myötävaikuttaneet rakennusten energian kokonaiskysynnän vakautumiseen tai laskuun. Näiden säännösten merkittävä vahvistaminen, nii-den käyttöönotto uusilla alueilla ja ulottaminen uusiin rakennus- ja laitetyyppeihin ovat avaintekijöitä tiuk-kojen päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi. [9.10, 2.6.5.3].

Teollisuus

Vuonna 2010 teollisuuden osuus energian loppukäytöstä oli noin 28 %. Sen hiilidioksidipäästöt, ml. suo-rat ja epäsuorat päästöt sekä prosessipäästöt, olivat noin 13 GtCO₂. AR5-raportissa tarkastellut perus-uraskenaariot ennustavat päästöjen kasvavan noin 50 - 150 % vuoteen 2050 mennessä, ellei energiate-hokkuuden parantumista nopeuteta merkittävästi (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Teollisuu-den päästöjen osuus maailman hiilidioksidipäästöistä oli hiukan yli 30 % vuonna 2010 ja ne ovat tällä het-kellä suuremmat kuin rakennus- tai liikennetoimialojen päästöt. [SPM.3, kuva SPM.7, 10.3].

Teollisuustoimialan energiaintensiivisyyttä voitaisiin suoraan vähentää noin 25 prosentilla nykytasosta parantamalla ja korvaamalla sekä ottamalla käyttöön parhaita käyttökelpoisia teknologioita, erityisesti maissa, joissa ne eivät ole käytössä, tai ei-energiaintensiivisillä toimialoilla (*korkea yksimielisyys, vankka*

näyttö). Energiaintensiteetissä voidaan mahdollisesti saavuttaa 20 prosentin lisävähennyksiä innovaation avulla (*rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*). Esteet energiatehokkuustoimien käyttöönotolle liittyvät pääasiassa investointikustannuksiin ja tiedon puutteeseen. Tiedotusohjelmat ovat pääasiallinen tapa edistää energiatehokkuutta. Niiden jälkeen merkittävyudessa tulevat taloudelliset keinot, sääntelykeinot ja vapaaehtoiset toimet. [10.7, 10.9, 10.11]

Parannukset tuotantoon suhteutetussa päästöjen määrässä, materiaalien käytön sekä tuotteiden ja materiaalien kierrätyksen ja uudelleenkäytön tehokkuudessa, samoin kuin kokonaisvähennykset tuotteiden (esim. tuotteiden tehokkaampi käyttö) ja palveluiden kysynnässä voisivat energiatehokkuuden ohella auttaa vähentämään teollisuustoimialan KHK-päästöt alle perusuraston (*keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*). Monet päästövähennyskeinot ovat kustannustehokkaita, kannattavia ja niihin liittyy useita oheishyötyjä (parempi ympäristönsuojelun taso, terveyshyödyt jne.). Siirtyminen vähäpäästöisempään sähköntuotantoon, uusiin teollisiin prosesseihin, radikaaleihin tuotekeksintöihin (esim. vaihtoehdot sementille) tai CCS:ään (esim. prosessipäästöjen vähentämiseksi) voisi pitkällä aikavälillä myötävaikuttaa merkittävien päästövähennyksien aikaansaamiseen. Ohjauskeinojen ja kokemusten puute materiaali- ja tuotepalveluiden tehokkuudesta ovat merkittäviä esteitä. [10.4, 10.7, 10.8, 10.11]

CO₂-päästöt hallitsevat teollisuuden KHK-päästöjä mutta myös ei-CO₂-kaasupäästöjen vähentämiseen on olemassa huomattavia mahdollisuuksia (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Teollisuuden CH₄-, N₂O- ja fluorattujen kaasujen päästöt olivat yhteensä noin 0,9 GtCO₂ekv vuonna 2010. Tärkeitä hillintämahdollisuuksia ovat esimerkiksi fluorattujen hiilivetyjen päästöjen vähentäminen prosesseja optimoimalla ja kylmäaineiden talteenotolla, kierrätyksellä ja korvaamisella, vaikka toimilla on myös esteitä. [Taulukot 10.2, 10.7]

Kokonaisvaltaiset lähestymistavat ja yrityksiä ja toimialoja leikkaavat yhteistyötoimet voivat vähentää energian ja materiaalien kulutusta ja siten KHK-päästöjä (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Poikkileikkaavien teknologioiden (esim. tehokkaat moottorit) ja toimenpiteiden (esim. ilma- tai höyryvuotojen vähentäminen) sekä suuren mittakaavan energiaintensiivisessä teollisuudessa että pienissä ja keskisuurissa yrityksissä voi parantaa prosessien toimivuutta ja laitosten tehokkuutta kustannustehokkaasti. Yritysten (esim. teollisuuspuistoissa) ja toimialojen väliseen yhteistyöhön voisi kuulua yhteisen infrastruktuurin käyttö, tiedon jako sekä jätelämmön hyödyntäminen. [10.4, 10.5]

Tärkeä hillintäkeino jätehuollossa on jätteiden synnyn ehkäisy. Tärkeysjärjestyksessä seuraavina sen jälkeen tulevat uudelleenkäyttö, kierrätys ja hyödyntäminen energiana (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Jäte ja jätevesi aiheuttivat noin 1,5 GtCO₂ekv päästöjä vuonna 2010. Koska kierrätetyn tai uudelleenkäytetyn materiaalin osuus on vielä alhainen (esim. maailman yhdyskuntajätteestä kierrätetään noin 20 %), jätteenkäsittelyteknologiat ja jätteen energiahyödyntäminen fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämiseksi voivat johtaa merkittäviin vähennyksiin jätteiden käsittelyn suorissa päästöissä.

SPM.4.2.4 Maatalous, metsätalous ja muu maankäyttö (AFOLU)

AFOLU-toimialan osuus ihmisen aiheuttamista netto-KHK-päästöistä on noin neljäsosa (n. 10 - 12 GtCO₂ekv/v). Päästöt tulevat pääasiassa metsäkadosta, maatalouden maaperän hoidosta ja ravinteiden hallinnasta sekä kotieläimistä. (*Keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*) Viimeaikaiset arviot viittaavat sii-

hen, että AFOLU-toimialan CO₂-päästöt ovat laskeneet, pääasiassa vähentyneen metsäkadon ja lisääntyneen metsityksen takia. Epävarmuudet AFOLU-toimialan historiallisissa nettopäästöissä ovat kuitenkin suuremmat kuin muilla toimialoilla. Lisäksi AFOLU-toimialan nettoperuserapäästöissä on epävarmuuksia. AFOLU-toimialan vuosittaisten nettoperuserapäästöjen ennustetaan kuitenkin laskevan, ja nettopäästöt ovat mahdollisesti alle puolet vuoden 2010 tasosta vuonna 2050. AFOLU-toimialan ennustetaan muuttuvan nettohiilidioksidinieluksi ennen vuosisadan loppua. (*Keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*) [6.3.1.4, 11.2, kuvat 6.5, SPM.7]

AFOLU-toimialalla on keskeinen rooli ruokaturvassa ja kestävässä kehityksessä. Kustannustehokkaimmat hillintävaihtoehdot metsätaloudessa ovat metsitys, kestävä metsänhoito ja metsäkadon vähentäminen. Vaihtoehtojen suhteellisessa tärkeydessä eri alueilla on merkittäviä eroja. Maataloudessa kustannustehokkaimmat hillintävaihtoehdot ovat viljelysmaan hoito, laidunmaiden hoito ja eloperäisten maiden kunnostaminen (*keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*). Tarjontapuolen toimenpiteiden taloudelliseksi hillintäpotentiaaliksi on arvioitu olevan 7,2 - 11 Gt CO₂ekv/v²⁵ vuonna 2030 kun otetaan huomioon hillintätoimet kustannustasoon 100 USD/t CO₂ekv²⁶ (*Keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Näistä noin kolmannes voidaan saavuttaa kustannuksilla <20 USD/t CO₂ekv (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Hillintävaihtoehtojen käyttöönotolle on kuitenkin mahdollisia esteitä [11.7, 11.8]. Kysyntäpuolen toimilla, kuten muutoksilla ruokavalioiden ja vähennyksillä ruoantuotantoketjun hävikissä, on merkittävä, mutta epävarma potentiaali vähentää ruoantuotannon KHK-päästöjä (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Arviot vaihtelevat noin 0,76 - 8,6 GtCO₂ekv/v välillä vuoteen 2050 mennessä (*rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*). [11.4, 11.6, kuva 11.14]

Maatalouskäytäntöjä sekä metsiensuojelua ja -hoitoa säätelevät ohjaukset ovat tehokkaampia, kun ne koskevat sekä hillintää että sopeutumista. Jotkut AFOLU-sektorin hillintävaihtoehdot (kuten maaperän ja metsien hiilivarastot) saattavat olla haavoittuvaisia ilmastonmuutokselle. Kun ne on toimeenpantu kestävästi, toimenpiteet päästöjen vähentämiseksi metsäkadosta ja metsien heikkenemisestä (REDD+ on esimerkki tällaisesta toiminnasta, joka on suunniteltu olemaan kestävä) ovat kustannustehokkaita politiikka-toimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Niillä voi myös olla taloudellisia, sosiaalisia ja muita ympäristönsuojeluun ja sopeutumiseen liittyviä oheishyötyjä (esim. luonnon monimuotoisuuden suojeleminen ja vesivarjojen suojeleminen, maaperän eroosion vähentäminen). (*Rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*)

Bioenergialla voi olla kriittinen rooli hillinnässä, mutta siihen liittyy pohdittavia kysymyksiä, kuten käytäntöjen kestävyys ja bioenergiajärjestelmien tehokkuus (*vankka näyttö, keskitason yksimielisyys*) [11.4.4, laatikko 11.5, 11.13.6, 11.13.7]. Esteitä bioenergian laajamittaiselle käyttöönotolle ovat muun muassa huoli maankäytön KHK-päästöistä, ruokavarmuudesta, vesivarjoista, luonnon monimuotoisuuden suojeleminen ja toimeentulosta. Kiista tiettyihin bioenergiaketjuihin liittyvistä maankäytön kilpailusta aiheutuvista kokonaisilmastovaikutuksista on edelleen ratkaisematon (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). [11.4.4, 11.13] Bioenergiateknologiat ovat moninaisia ja kattavat laajan joukon vaihtoehtoja ja teknologiapolkua. Näyttö viittaa siihen, että alhaisten elinkaaripäästöjen vaihtoehdot (esim. sokeriruoko, norsuheinät (*miscanthus*), nopeasti kasvavat puulajit ja biomassan tähteiden kestävä käyttö), joista osa on jo saatavilla, voivat vähentää KHK-päästöjä. Tulokset riippuvat kuitenkin paikasta ja nojaavat tehokkaisuuteen, yhdenmukaisuuteen "biomassasta bioenergiaan -järjestelmiin", kestävään maankäytön hoitoon ja hallintoon. Joillain alueilla tietyt bio-

²⁵ Tutkimusten koko alue on 0,49 – 11 GtCO₂ekv / vuosi

²⁶ Monissa hillinnän taloudellisia vaikutuksia arvioivissa malleissa käytetään hiilen hintaa arviona kuvaamaan hillintäpolitiikoiden tasoa (kts. WGIII AR5 sanasto).

energiavaihtoehdot, kuten paremmat liedet ja pienen mittakaavan biokaasu- ja bioenergiantuotanto, voisivat osana kestävästä kehityksestä vähentää KHK-päästöjä sekä parantaa toimeentuloa ja terveyttä.

SPM.4.2.5 Asutuskeskukset, infrastruktuuri ja aluesuunnittelu

Kaupungistuminen on maanilmanlaajuinen kehityssuunta. Siihen liittyy tulotason kasvu, ja korkeampi kaupunkien tulotaso korreloi korkeamman energiankulutuksen ja suurempien KHK-päästöjen kanssa. (*Keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*) Vuonna 2011 yli 52 % maailman väestöstä asui kaupunkialueilla. Vuonna 2006, kaupunkialueiden osuus energiankulutuksesta oli 67 - 76 prosenttia, ja 71 - 76 prosenttia energiaan liittyvistä CO₂-päästöistä. Vuoteen 2050 mennessä kaupunkialueiden väestön ennustetaan kasvavan 5,6 - 7,1 miljardin, tai 64 - 69 prosenttiin maailman väestöstä. Annex I:n ulkopuolisten maiden kaupunkien energiankulutus on yleisesti ottaen korkeampaa kuin kansallinen keskiarvo, kun taas Annex I-maiden kaupungeissa on yleensä kansallista keskiarvotasoa alhaisempi henkilöä kohti laskettu energiankulutus (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). [12.2, 12.3] (*Suom. huom. Ilmastopöytäkirjan liite I (Annex I) kattaa lähinnä OECD-maat vuoden 1992 tilanteen mukaan ja ns. siirtymätalousmaat.*)

Seuraavat kaksi vuosikymmentä tarjoavat mahdollisuuden ilmastonmuutoksen hillintään kaupunkialueilla, koska suurta osaa maailman kaupunkialueista kehitetään tänä aikana (*rajoitettu näyttö, korkea yksimielisyys*). Kun huomioidaan kaupunkien laskevien väestötiheyksien kehityssuunta, ja jatkuva väestö- ja talouskasvu, ennustetaan kaupunkimaan laajenevan 56 - 310 % vuosina 2000 - 2030. [12.2, 12.3, 12.4, 12.8]

Hillintämahdollisuudet kaupunkialueilla vaihtelevat riippuen kaupungistumisen kehityspoluista. Hillinnän oletetaan olevan tehokkainta silloin kun ohjaukset on sidottu yhteen. (*Vankka näyttö, korkea yksimielisyys*) Infrastruktuuri ja kaupunkirakenne ovat vahvasti yhteydessä toisiinsa, samoin kuin maankäytön, liikennevalintojen, asumisen ja käyttäytymistapojen kytkeytymistavat. Tehokkaimiin hillintätoimiin liittyy toisiaan vahvistavia ohjaukskeinoja, muun muassa, että tiiviitä asutus- ja työpaikka-alueita sijoitetaan lähikäytön, yhdistetään erilaisia maankäyttömuotoja ja lisätään saavutettavuutta sekä investointeja julkiseen liikenteeseen ja muihin kysyntää ohjaaviin toimiin. [8.4, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6]

Suurimmat asutuskeskuksiin liittyvät hillintämahdollisuudet ovat nopeasti kasvavilla kaupunkialueilla, joilla kaupunkirakenne ja infrastruktuuri eivät ole lukkiutuneet, mutta joilla on usein rajoitettu hallinnollinen, tekninen, rahoituksellinen ja institutionaalinen toimintakyky (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Suuren osa kaupunkien kasvusta odotetaan tapahtuvan kehitysmaiden pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa. Aluesuunnittelun menetelmien käyttökelpoisuus ilmastonmuutoksen hillinnässä riippuu hyvin paljon kaupungin taloudellisista ja hallinnollisista voimavaroista. [12.6, 12.7]

Tuhannet kaupungit toteuttavat ilmastonmuutokseen liittyviä toimintasuunnitelmia, mutta niiden kokonaisvaikutus kaupunkien päästöihin on epävarma (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Suunnitelmien toimeenpanoa ja sitä, kuinka hyvin päästövähennystavoitteet saavutetaan tai päästöt vähenevät, on arvioitu vain vähän järjestelmällisesti. Nykyiset ilmastonmuutokseen liittyvät toimintasuunnitelmat keskittyvät suurelta osalta energiatehokkuuteen. Harvemmat toimintasuunnitelmat käsittelevät maankäytön suunnittelustrategioita ja toimialat leikkaavia toimenpiteitä, joilla voitaisiin vähentää kaupunkien leviämistä ja edistää joukkoliikennettä suosivaa kehitystä. [12.6, 12.7, 12.9]

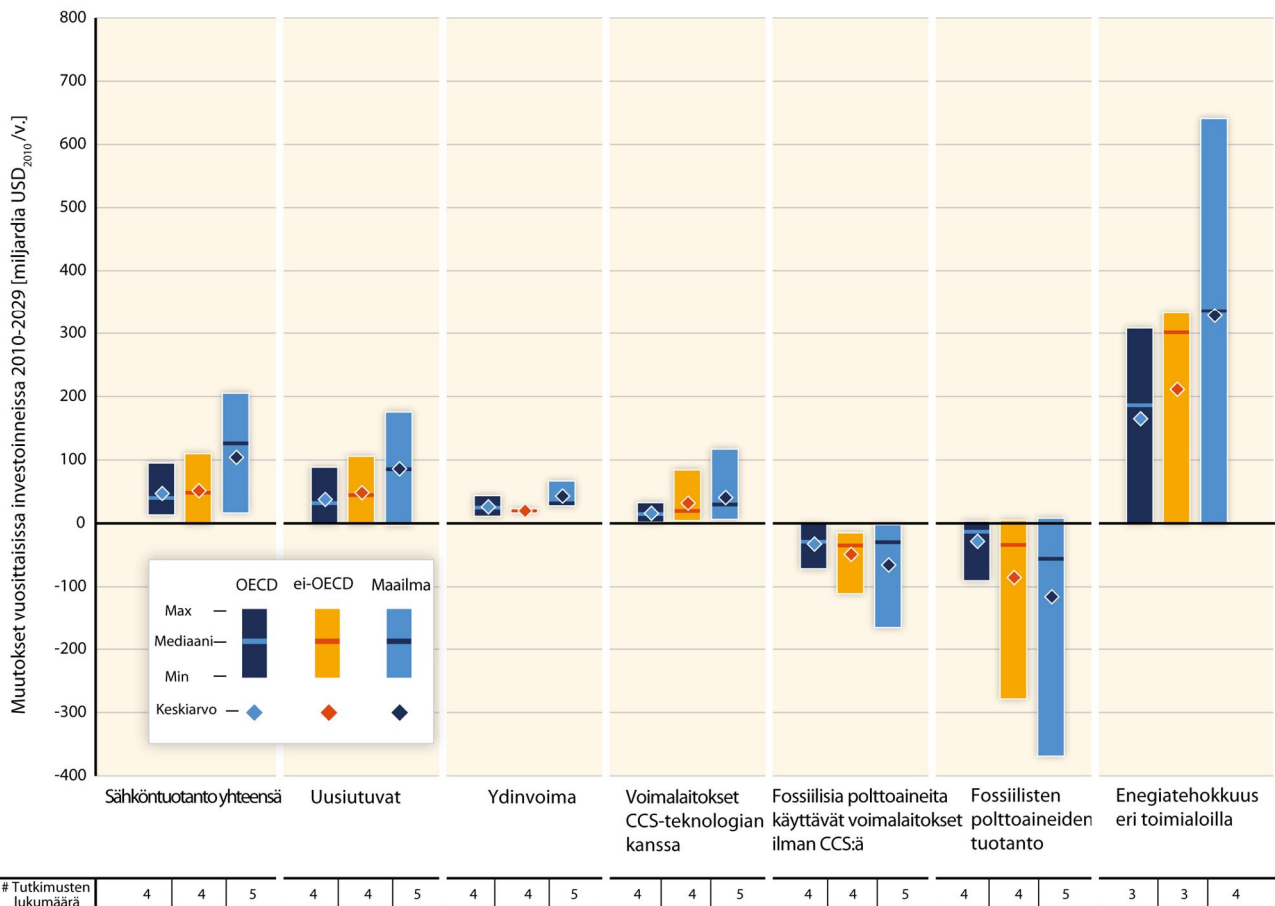
Kaupunkitason ilmastonmuutoksen hillintästrategioiden menestyksessä toimeenpano voi tuottaa oheishyötyjä (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). Kaupunkialueet kautta maailman taistelevat erilaisten haasteiden kanssa, mukaan lukien energian saatavuus, ilman- ja vedensaasteiden rajoittaminen sekä työllisyysmahdollisuuksien ja kilpailukykyyn säilyttäminen. Hillintätoimet kaupunkitasolla riippuvat usein taidosta yhdistää ilmastonmuutoksen hillintä paikallisten oheishyötyjen kanssa (*vankka näyttö, korkea yksimielisyys*). [12.5, 12.6, 12.7, 12.8]

SPM.5 Hillintäpolitiikat ja instituutiot

SPM.5.1 Toimialoittaiset ja kansalliset politiikat

Merkittävät päästövähennykset vaatisivat merkittäviä muutoksia investointimalleissa. Hillintäskenaariot, joissa politiikat vakauttavat ilmakehän pitoisuudet vuoteen 2100 mennessä noin tasolle 430 - 530 ppm CO₂ekv johtavat merkittäviin muutoksiin vuosittaisissa investoinneissa ajanjaksolla 2010 - 2029 verrattuna perusraskenaarioihin (kuva SPM.9). Seuraavan kahden vuosikymmenen aikana (2010 - 2029), sähköntuotantotoimialalle kohdistuvien vuosittaisten investointien fossiilisia polttoaineita käyttäviin teknologioihin ennustetaan vähenevän noin 30 (2 - 166) miljardia USD (mediaani: - 20 % verrattuna vuoteen 2010). Samaan aikaan vuosittaisten investointien vähäpäästöiseen sähköntuotantoon (l. uusiutuvat, ydinvoima, sähköntuotanto yhdistettynä CCS-teknologiaan) ennustetaan kasvavan noin 147 (31 - 360) miljardia USD (mediaani: +100 % verrattuna vuoteen 2010) (*rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*). Vertailun vuoksi voidaan todeta, että maailman vuosittaiset kokonaisinvestoinnit energijärjestelmään ovat tällä hetkellä noin 1200 miljardia USD. Lisäksi vuosittaisten lisäinvestointien liikenteen, rakennusten ja teollisuuden energiatehokkuuteen ennustetaan kasvavan noin 336 (1 - 641) miljardia USD (*rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*). Usein näihin investointeihin liittyy olemassa olevien laitteiden modernisointi. [13.11, 16.2.2]

Ei ole olemassa laajasti hyväksyttyä määritelmää sille, mitä katsotaan kuuluvan ilmastorahoitukseen, mutta arvioita ilmastonmuutoksen hillintään ja sopeutumiseen liittyvistä rahoitusvirroista on saatavissa. Julkaistut arviot maailman kaikista vuosittaisista rahoitusvirroista, joiden odotettu vaikutus on vähentää netto-KHK-päästöjä ja/tai edistää sietokykyä ilmastomuutosta ja ilmastonvaihtelua vastaan, ovat suuruudeltaan 343 - 385 miljardia USD vuodessa (*keskitason luotettavuus*) [laatikko TS.14]. Suurin osa tästä menee hillintään. Tästä julkisten investointien, jotka kohdentuivat kehitysmaihin vuosina 2011 ja 2012, arvioidaan olevan 35 - 49 miljardia/vuodessa (*keskitason luotettavuus*). Arviot kehitysmaihin kohdistuvasta kansainvälisestä yksityistä rahoituksesta vaihtelevat välillä 10 - 72 miljardia USD vuodessa. Arvioon sisältyy kansainväliset suorat investoinnit omana pääomana ja lainoina noin 10 - 37 miljardin USD per vuosi ajanjaksolla 2008 - 2011. (*Keskitason luotettavuus*) [16.2.2]



Kuva SPM.9 Vuosittaisen investointivirtojen muutokset perusurasta tulevien kahden vuosikymmenen aikana hillintäskenaarioissa, jotka vakauttavat pitoisuudet noin tasolle 430 - 530 ppm CO₂ekv vuoteen 2100 mennessä. Muutokset investoinneissa perustuvat rajoitettuun määrään mallitutkimuksia ja mallien vertailuja. Sähköntuotanto yhteensä (uloimpana vasemmalla olevat pylväät) on uusiutuvien, ydinvoiman, CCS-tekniologialla varustettujen voimalaitosten ja ilman CCS-toimivien fossiilisia polttoaineita käyttävien laitosten summa. Pylväät kuvaavat vaihtelua minimi- ja maksimiarvojen välillä. Vaakaviivat kuvaavat mediaania. Mediaanin läheisyys ei merkitse korkeampaa todennäköisyyttä johtuen mallitulosten eriaisteisesta yhdistämisestä, alhaisesta tutkimusten määrästä sekä eri tutkimusten käyttämien oletusten vaihtelusta. Numerot alarivillä kertovat arvion pohjana käytettyjen tutkimusten kokonaismäärän. Tämä korostaa sitä, että investointitarpeet ovat vielä kehittyvä tutkimuksenala, jota suhteellisen harvat tutkimukset ovat tarkastelleet. [Kuva 16.3]

Kansallisten ja alueellisten hillintäsuunnitelmien ja strategioiden määrä on kasvanut huomattavasti neljännen arviointiraportin jälkeen. Vuonna 2012 67 prosenttiin maailman KHK-päästöistä kohdistui kansallista lainsäädäntöä tai strategioita, kun vuonna 2007 vastaava osuus oli 45 prosenttia. Toistaiseksi globaaleissa päästöissä ei kuitenkaan ole ollut merkittävää poikkeamaa aiemmasta kehityksestä [kuva 1.3c]. Näiden suunnitelmien ja strategioiden kehitys ja toimeenpano on monissa maissa vasta alussa, mikä tekee vaikeaksi arvioida niiden yhteisvaikutusta maailman tuleviin päästöihin (*keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*). [14.3.4, 14.3.5, 15.1, 15.2]

AR4:n jälkeen on kasvavassa määrin keskitytty politiikkoihin, jotka on suunniteltu yhdistämään useita tavoitteita, kasvattamaan oheishyötyjä ja vähentämään haitallisia sivuvaikutuksia (*korkea yksimielisyys*). Hallitukset mainitsevat usein selkeästi oheishyödyt ilmasto- ja toimialasuunnitelmissa ja strategioissa. Tieteellinen kirjallisuus on yrittänyt arvioida oheishyötyjen suuruutta (kts. osa SPM.4.1) sekä politiikkojen, joilla on suuret oheishyödyt ja pienet haitalliset sivuvaikutukset, suurempaa poliittista soveltuvuutta ja kes-

tävyttä. [4.8, 5.7, 6.6, 13.2, 15.2] Huolimatta kasvavasta huomiosta päätöksenteossa ja tieteellisessä kirjallisuudessa AR4-raportin jälkeen näiden vuorovaikutteisten vaikutusten ymmärtämisen analyttiset ja kokemusperäiset perusteet ovat kehittymättömiä [1.2, 3.6.3, 4.2, 4.8, 5.7, 6.6].

Toimialakohtaisia ohjauskeinoja on käytetty laajemmin kuin koko talouden kattavia ohjauskeinoja (*keskitason näyttö, korkea yksimielisyy*s). Vaikka suurin osa taloustieteen teoriaa esittää, että koko talouden kattavat politiikat olisivat hillinnässä kustannustehokkaampia kuin toimialakohtaiset politiikat, on AR4-raportin jälkeen julkaistu kasvava määrä tutkimuksia, jotka ovat osoittaneet, että hallinnolliset ja poliittiset esteet saattavat tehdä koko talouden kattavista politiikoista toimialakohtaisia politiikoita vaikeampia suunnitella ja toimeenpanna. Toimialakohtaiset politiikat saattavat sopia paremmin tietyille toimialoille tyypillisten esteiden tai markkinahäiriöiden käsittelyyn. Ne saatetaan myös koota yhteen toisiaan täydentävien politiikkojen paketiksi. [6.3.6.5, 8.10, 9.10, 10.10, 15.2, 15.5, 15.8, 15.9]

Säätelyä ja informaatio-ohjausta käytetään laajasti, ja ne ovat usein ympäristönsuojelullisesti tehokkaita (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyy*s). Esimerkkejä sääntelystä ovat energiatehokkuusmääräykset. Esimerkkejä informaatio-ohjelmista ovat merkintäohjelmat, jotka auttavat kuluttajia tekemään valituneempia päätöksiä. Vaikka kyseisillä lähestymistavoilla on usein havaittu olevan yhteiskunnallisia nettohyötyjä, tieteellinen kirjallisuus on jakautunut käsityksissään siitä kuinka laajasti näitä politiikkoja voidaan ottaa käyttöön negatiivisilla yksityisillä kustannuksilla yrityksille ja yksilöille. [Laatikko 3.10, 15.5.5, 15.5.6] On olemassa yleinen yhteisymmärrys siitä, että sellaisia kytkentävaikutuksia on olemassa, joissa korkeampi tehokkuus voi johtaa alempiin energian hintoihin ja suurempaan kulutukseen (ns. rebound effect). Kirjallisuudessa on kuitenkin *alhainen yksimielisyy*s näiden vaikutusten suuruudesta. [3.9.5, 5.7.2, 14.4.2, 15.5.4]

AR4:n jälkeen KHK-päästöjä koskevia päästökauppajärjestelmiä on perustettu useissa maissa ja alueilla. Niiden lyhytaikaiset ympäristövaikutukset ovat olleet rajallisia johtuen löysistä päästökatoista tai päästökatoista, jotka eivät ole osoittautuneet rajoittavaksi (*rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyy*s). Tämä liittyy muun muassa sellaisiin tekijöihin kuin rahoitus- ja talouskriisi, joka vähensi energian kysyntää, uusiin energialähteisiin, vuorovaikutuksiin muiden ohjauskeinojen kanssa ja hallinnolliseen epävarmuuteen. Periaatteessa päästökauppajärjestelmä voi saavuttaa päästövähennyksiä kustannustehokkaalla tavalla. Sen toimeenpano riippuu kuitenkin kansallisista olosuhteista. Vaikka aiemmat ohjelmat perustuivat lähes täysin päästöoikeuksien ilmaiseen alkujakoon (suhteutettuna aiempiin päästöihin, "grandfathering"), käytetään päästöoikeuksien huutokauppaamista yhä enemmän. Jos päästöoikeudet huutokaupataan, tuottoja voidaan kohdistaa muihin korkean yhteiskunnallisen tuoton investointeihin, ja/tai vähentää vero- ja velkataakkaa. [14.4.2, 15.5.3]

Joissain maissa veropohjaiset, erityisesti KHK-päästöjen vähentämiseen tarkoitettut, ohjauskeinot ovat, yhdessä teknologia- ja muiden politiikoiden kanssa, auttaneet heikentämään KHK-päästöjen ja BKT:n välistä yhteyttä (*korkea luotettavuus*). Suuressa joukossa maita polttoaineveroilla (vaikka niitä ei ole välttämättä tarkoitettu hillintään) on toimialoittaisten hiiliverojen kaltaisia vaikutuksia [taulukko 15.2]. Liikennepolttoaineen kysynnän lasku noin 1 prosentin hinnan korotuksen seurauksena on pitkällä tähtäimellä noin 0,6-0,8 %, vaikka lyhyen aikavälin vaikutus on paljon pienempi [15.5.2]. Joissakin maissa verotuloja käytetään muiden verojen alentamiseen ja/tai tulonsiirtoihin pienituloisille ryhmille. Tämä esimerkki kuvaa sitä yleistä periaatetta, että hillintäpolitiikoilla, jotka kasvattavat valtion tuloja, on yleensä alhaisemmat yhteiskunnalliset kustannukset, kuin toimenpiteillä, jotka eivät kasvata niitä. Vaikka aiemmin on oletettu, että liikenteen polttoaineverot ovat regressiivisiä, monet tutkimukset AR4-raportin jälkeen ovat osoittaneet

niiden olevan progressiivisia, erityisesti kehitysmaissa (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). [3.6.3, 14.4.2, 15.5.2]

Vähentämällä kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavien toimien tukia eri toimialoilla voidaan saavuttaa päästövähennyksiä, riippuen yhteiskunnallisesta ja taloudellisesta toimintaympäristöstä (*korkea yksimielisyys*). Vaikka tuet voivat vaikuttaa päästöihin monilla toimialoilla, suurin osa viimeaikaisesta kirjallisuudesta on keskittynyt fossiilisten polttoaineiden tukiin. AR4-raportin jälkeen pieni, mutta kasvava joukko, koko talouden kattaviin malleihin perustuvaa kirjallisuutta on arvioinut, että fossiilisten polttoaineiden tukien poistaminen kokonaan kaikista maista voisi vähentää maailman kokonaispäästöjä vuosisadan puoliväliin mennessä (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*) [7.12, 13.13, 14.3.2]. Tutkimusten käyttämät menetelmät, tukien laatu ja määritelmä sekä luopumiseen kuluva aika vaihtelivat. Erityisesti tutkimukset arvioivat tukien täydellisen luopumisen vaikutuksia yrittämättä arvioida, mitkä tuet ovat tuhlailuvia ja tehottomia kansalliset olosuhteet huomioiden. Vaikka yhteiskunnalliset ja kansantaloudelliset esteet ovat huomattavia, jotkut maat ovat uudistaneet vero- ja budjettijärjestelmäänsä vähentääkseen polttoainetukia. Vähentääkseen mahdollisia haitallisia vaikutuksia pienituloisille, jotka usein käyttävät suuren osan tuloistaan energia- palveluihin, monet hallitukset ovat käyttäneet kertakorvauksia tai muita köyhiin kohdistettuja keinoja. [15.5.2]

Vuorovaikutukset hillintäpolitiikkojen välillä tai sisällä saattavat olla synergisiä tai saattaa olla, ettei niillä ole päästönvähennyksiä lisäävää vaikutusta (*keskitason vaikutus, korkea yksimielisyys*). Esimerkiksi hiiliveroilla voi olla lisäävä ympäristöllinen vaikutus uusiutuvaan energiantuotantoon kohdistuviin politiikkoihin, esim. tukiin. Toisaalta jos päästökauppajärjestelmässä on sitova katto (riittävän tiukka, jotta se vaikuttaa päästöjä koskeviin päätöksiin), ei muilla ohjauskeinoilla, kuten uusiutuvan energian tuilla, ole mitään lisävaikutusta päästövähennyksiin sillä ajanjaksolla, jota päästökatto koskee (vaikkakin tuet saattavat vaikuttaa kustannuksiin ja myös tiukempien tulevien tavoitteiden toteutettavuuteen) (*keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*). Molemmissa tapauksissa lisäohjauskeinoja saatetaan tarvita innovaatioihin ja teknologioiden leviämiseen liittyviin markkinahäiriöihin puuttumiseen. [15.7]

Jotkut hillintäpolitiikat nostavat tiettyjen energiapalveluiden hintoja ja voivat siten estää yhteiskuntien kykyä laajentaa moderneja energiapalveluita niille väestöosille, joilla pääsy niihin ei vielä ole (*alhainen luotettavuus*). Nämä mahdolliset haitalliset sivuvaikutukset voidaan välttää ottamalla käyttöön täydentäviä ohjauskeinoja (*keskitason luotettavuus*). Noin 1,3 miljardilla ihmisellä ei ole käytössään sähköä ja noin 3 miljardia ihmistä ovat riippuvaisia perinteisistä kiinteistä polttoaineista ruoanlaitossa ja lämmityksessä, mistä aiheutuu vakavia haitallisia vaikutuksia terveydelle, ekosysteemeille ja kehitykselle. Modernien energiapalveluiden turvaaminen onkin tärkeä kestävä kehityksen tavoite. Arvioidaan, että lähes maailmanlaajuinen sähkön ja puhtaiden polttoaineiden saatavuus lämmitykseen ja ruoanlaittoon maksaisi noin 72 - 95 miljardia USD vuodessa vuoteen 2030 saakka. Tämän kehityksen vaikutusten KHK-päästöihin arvioidaan olevan minimaaliset. (*Rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*) Perinteisestä biomassasta luopuminen ja kiinteiden polttoaineiden polton tehostaminen vähentää ilmansaasteiden, esim. rikkidioksidin, typen oksidien, hiilimonoksidin ja mustahiilen, päästöjä ja tuottaa siten suuria terveyshyötyjä (*korkea luotettavuus*). [4.3, 6.6, 7.9, 9.3, 9.7, 11.13.6, 16.8]

Teknologiapolitiikka täydentää muita hillintäpolitiikoita (*korkea luotettavuus*). Teknologiapolitiikka sisältää teknologiakannusteen (esim. julkisesti rahoitettu T&K) ja kysyntäimun (esim. valtion hankintaohjelmat). Tällaiset ohjauskeinot kohdistuvat innovaatioiden ja teknologian leviämiseen liittyviin markkinahäiriöihin. [3.11, 15.6] Teknologian tukipolitiikat ovat edistäneet uusien teknologioiden huomattavaa innovaatiota ja

leviämistä, mutta tällaisten politiikkojen kustannustehokkuutta on usein vaikea arvioida [2.6.5, 7.12, 9.10]. Ohjelmien arviointitiedot voivat kuitenkin tarjota empiiristä aineistoa eri ohjauskeinojen suhteellisesta tehokkuudesta ja auttaa politiikkojen suunnittelussa [15.6.5].

Monissa maissa yksityisellä sektorilla on keskeinen rooli sekä päästöihin että hillintään johtavissa prosesseissa. Sopivassa mahdollistavassa ympäristössä yksityisellä sektorilla, yhdessä julkisen sektorin kanssa, voi olla tärkeä rooli hillintään rahoittamisessa (*keskitason näyttö, korkea yksimielisyys*). Koko yksityisen sektorin osuuden hillintärahoituksesta, tietoon liittyvät rajoitukset huomioiden, arvioidaan globaalilla tasolla olevan keskimäärin kahden kolmasosan ja kolmen neljäsosan välillä (2010 - 2012) (*rajoitettu näyttö, keskitason yksimielisyys*). Monissa maissa hallitusten ja kansallisten ja kansainvälisten kehityspankkien rahoitustoimet rohkaisevat yksityisen sektorin ilmastoinvestointeja [16.2.1] ja tarjoavat rahoitusta sinne missä yksityisen sektorin investoinnit ovat rajallisia. Kunkin maan mahdollistavan ympäristön laatuun kuuluvat sen laitosten tehokkuus, yksityistä sektoria koskevat säännöt ja ohjeet, omistusoikeuksien turvallisuus, politiikkojen uskottavuus sekä muut tekijät, joilla on huomattava vaikutus siihen investoivatko yksityiset yritykset uusiin teknologioihin ja infrastruktuureihin [16.3]. Kohdennetut ohjauskeinot, esimerkiksi luottovakuutukset, sähkönhankintasopimukset ja syöttötariffit, edullinen rahoitus tai hyvitykset, muodostavat investointikannusteen, koska ne alentavat riskejä yksityisille toimijoille [16.4].

SPM.5.2 Kansainvälinen yhteistyö

YK:n ilmastomuutosta koskeva puitesopimus (UNFCCC) on tärkein monenkeskinen ilmastomuutosta käsittelevä foorumi. Siihen osallistuu lähes koko maailma. Muut, eri hallinnontasoilla toimivat organisaatiot ovat johtaneet kansainvälisen ilmastoyhteistyön monipuolistumiseen [13.3.1, 13.4.1.4, 13.5].

Olemassa olevat ja ehdotetut kansainvälisen ilmastopolitiikan yhteistyöjärjestelyt vaihtelevat siinä, mihin kysymyksiin ne keskittyvät sekä kuinka keskittyneitä ja koordinoituja ne ovat. Niihin kuuluvat monenkeskiset sopimukset, harmonisoidut kansalliset politiikat, hajautetut, mutta koordinoituneet kansalliset politiikat sekä alueelliset ja alueellisesti koordinoituneet politiikat. [TS.38, 13.4.1, 13.13.2, 14.4]

Kiotoa pöytäkirjasta saatuja kokemuksia voidaan käyttää pyrittäessä saavuttamaan UNFCCC:n perimmäinen tavoite, erityisesti liittyen osallistumiseen, toimeenpanoon, joustomekanismeihin ja ympäristölliseen tehokkuuteen (*keskitason näyttö, alhainen yksimielisyys*). [5.3.3, 13.3.4, 13.7.2, 13.13.1.1, 13.13.1.2, 14.3.7.1, taulukko TS.9]

YK:n ilmastomuutosta koskevan puitesopimuksen toimet ovat vuodesta 2007 lähtien johtaneet kasvavaan määrään kansainvälistä ilmastomuutosyhteistyötä tekeviä laitoksia ja muita järjestelyjä. [13.5.1.1, 13.13.1.3, 16.2.1]

Politiikkayhteydet alueellisten, kansallisten ja maansisäisten ohjauskeinojen välillä tarjoavat mahdollisia ilmastomuutoksen hillintään ja sopeutumiseen liittyviä hyötyjä (*keskitason näyttö, keskitason yksimielisyys*). Yhteyksiä voidaan luoda kansallisten politiikkojen ja eri välineiden välillä, sekä alueellisen yhteistyön kautta. [13.3.1, 13.5.3, 13.6, 13.7, 13.13.2.3, 14.4, kuva 13.4]

Erilaisia kansallisen ja globaalien tason välisiä alueellisia aloitteita ollaan joko kehittämässä tai toimeenpanemassa, mutta niiden vaikutus maailmanlaajuisen hillintään on toistaiseksi ollut rajoitettu (*keskita-*

son luotettavuus). Monet ilmastopolitiikat voivat olla tehokkaampia jos ne on pantu toimeen maantieteellisten alueiden yli. [13.13, 13.6, 14.4, 14.5]