

MAAILMANLAAJUISIIN CMIP6-ILMASTO- MALLEIHIN PERUSTUVIA ILMASTONMUUTOSSKENAARIOITA

Suomen ja Euroopan ilmastonmuutosskenaarioita on jälleen päivitetty vastaamaan tuoreimpien ilmastonmuutosmallien tuloksia. Tämä Ilmatieteen laitoksella laadittu verkkoraportti on julkaistu 28.3.2022.

ILMASTOSKENAARIOITTEN LAATIMINEN

Hankkeessa tutkittiin alun alkaen 37 maailmanlaajuisen ilmastomallin tuloksia. Samoja malleja (ns. CMIP6-mallit) on käytetty IPCC:n v. 2021 ilmestyneen 6. arviointiraportin pohjana. Mallit kuvaavat ilmastojärjestelmää tietokoneohjelman muotoon puettujen fysiikan lakien avulla. Tietokoneitten rajallisen suorituskyvyn tähden monet ilmiöt joudutaan kylläkin esittämään malleissa yksinkertaistettuina. Tämä osaltaan selittää, miksi eri mallien tulokset poikkeavat toisistaan.

Omiin skenaariolaskelmiimme olemme kelpuuttaneet mukaan mallit, jotka täyttivät seuraavat ehdot:

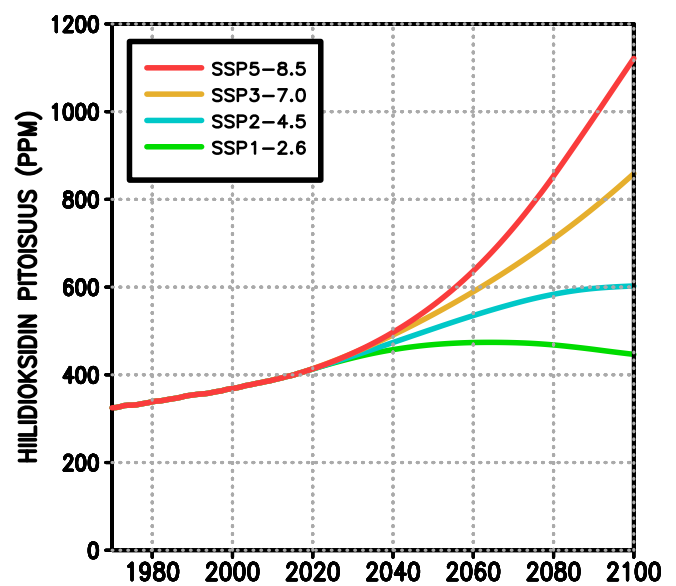
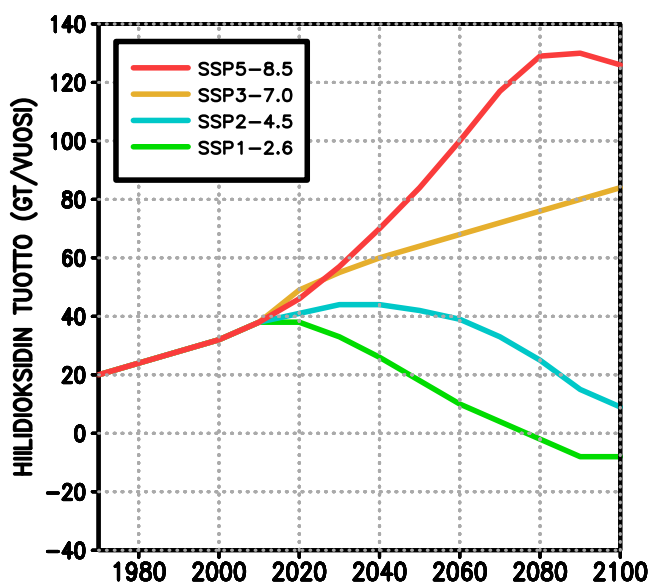
- Mallin pitää pystyä kuvaamaan viime vuosikymmeninä vallinnut havaintojen mukainen ilmasto vähintäänkin tyydyttävästi.
- Maapallon keskilämpötilan nousun 1800-luvun lopulta tähän päivään tulee olla kohtuullisessa sopusoinnussa havaintojen kanssa.
- Eri kasvihuonekaasuskenaarioille lasketut maapallon keskilämpötilan tulevat muutokset eivät saa olla ristiriidassa keskenään.
- Malliajojen tulostiedostoissa ei saa esiintyä fysikaalisesti järjettömiä arvoja, esimerkiksi valtaisan suuria sademääriä.
- Mukaan ei huolita kuin enintään kaksi samasta tutkimuskeskuksesta peräisin olevaa mallia.

Tämä seula karsi 9 mallia 37:tä. Skenaariot perustuvat siten 28 mallilla tehtyihin laskelmiin. Mallituloksista laskettiin lämpötilan, sademäärän ja muitten ilmastosuureitten muutokset suhteessa perusjaksoon eli vuosien 1981–2010 keskimääräiseen simuloituun ilmastoon.

KASVIHUONEKAASUJEN PÄÄSTÖ- JA PITOISUUSKENAARIOT

- Ihmiskunnan tuottamista kasvihuonekaasuista tärkein on **hiilidioksidi**. CO₂:n pitoisuus ilmakehässä oli ennen teollistumisen aikaa n. 280 ppm mutta on kohonnut v. 2021 jo lähelle 420 ppm:ää (ppm = tilavuuden miljoonasosa).
- Muita ihmisten toiminnasta aiheutuvia kasvihuonekaasuja ovat mm. metaani, typpioksiduuli, halogenisoidut hiilivedyt ja troposfäärin otsoni.
- Ihmiskunnan ilmakehään tuottamat leijuvat pienhiukkaset (aerosolihiukkaset) ovat hidastaneet ilmaston lämpenemistä, mutta tulevaisuudessa niiden pitoisuuden ei enää ennakoida juurikaan kasvavan vaan maailmanlaajuisesti tarkasteltuna pikemminkin kääntyvän laskuun.

Sen sijaan hiilidioksidin ja useimpien muiden kasvihuonekaasujen pitoisuudet ilmakehässä kasvavat vääjäämättä. Kasvun nopeuteen voidaan kuitenkin huomattavasti vaikuttaa päästöjä rajoittamalla.



Kuva 1. Eri SSP-skenaarioita vastaavat hiilidioksidin maailmanlaajuiset päästöt (vasen kuva; yksikkö miljardia tonnia hiilidioksidia vuodessa) ja pitoisuudet ilmakehässä (oikea kuva; yksikkö ppm eli tilavuuden miljoonasosa) vuosina 1970–2100. Kuvat ovat piirretyt kirjallisuudesta saatujen numeroarvojen perusteella.

Tulevaa ilmastoa tarkasteltaessa käytetään neljää SSP-kasvihuonekaasuskenaariota¹:

- **SSP1-2.6:** Erittäin tehokkaat päästöjen rajoitustoimet. Maailmanlaajuisten CO₂:n päästöjen pitäisi kääntyä selvään laskuun jo 2020-luvulla ja olla vuosisadan lopulla jopa hieman negatiivisella puolella. CO₂:n pitoisuus käy korkeimmillaan vuosisadan puolivälin jälkeen n. 470 ppm:ssä mutta alkaa sen jälkeen hitaasti laskea. IPCC-raportin arvion mukaan tämän vuosisadan lopulla maapallon keskilämpötila olisi noussut 1.8°C (epävarmuusväli 1.3–2.4°C) verrattuna teollistumista edeltävään aikaan.
- **SSP2-4.5:** Ilmastopolitiikan puolittainen onnistuminen. CO₂:n päästöt kasvavat aluksi hieman mutta kääntyvät laskuun v. 2040 lähtien. Vuosisadan loppupuolella pitoisuuden kasvu ilmakehässä taittuu ja pitoisuus on suurin piirtein kaksinkertainen teollistumista edeltävään tasoon verrattuna. Maapallon keskimääräinen lämpötilan arvioitu nousu tämän vuosisadan lopulla 2.7 (2.1–3.5)°C.
- **SSP3-7.0:** CO₂-päästöt kasvavat tulevaisuudessa tasaisesti ja ovat v. 2100 tienoilla v. 2015 tasoon verrattuna kaksinkertaiset. Pitoisuus ilmakehässä on tämän skenaarion mukaan tuolloin suunnilleen kolminkertainen teollistumista edeltävään aikaan verrattuna. Maailmanlaajuinen keskilämpötilan nousu tämän vuosisadan lopulla 3.6 (2.8–4.6)°C.
- **SSP5-8.5:** Pyrkimys päästöjen rajoittamiseen kokee täydellisen haaksirikon. CO₂:n päästöt kasvavat nopeasti, enemmän kuin kolminkertaistuen ennen vuosisadan loppua. CO₂:n pitoisuus kohoaa tuolloin jopa yli nelinkertaiseksi teollistumista edeltävään aikaan verrattuna, ja voimakas kasvu jatkuisi vielä vuodesta 2100 eteenpäinkin. Keskimääräinen maailmanlaajuinen lämpötilan nousu tämän vuosisadan lopulla 4.4 (3.3–5.7)°C.

Myös mm. metaanin päästöt ja pitoisuudet ovat suurimpia SSP3-7.0- ja SSP5-8.5-skenaarioissa ja pienimpiä SSP1-2.6-skenaariossa. — Ilmastomuutosmallit tuottavat arvioita, miten ilmasto kunkin kasvihuonekaasuskenaarion perusteella muuttuu.

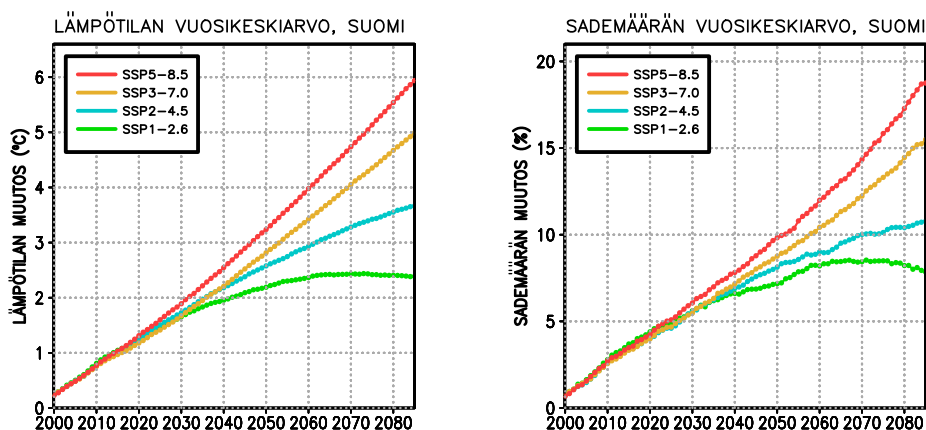
Kun otetaan huomioon ilmastopolitiikan tavoitteet ja jo tähän mennessä hyväksytyt ilmastopimukset, SSP3-7.0- ja etenkin SSP5-8.5-skenaario näyttää varsin epätodennäköiseltä tulevaisuudenkuvalta. Näitten skenaarioitten tarkoituksena on lähinnä osoittaa, että todella huonosti kävisi, jos ilmastonsuojelu tyyten laiminlyötäisiin. Juuri tällä hetkellä SSP2-4.5-skenaarion voisi kuvitella olevan lähinnä todennäköisesti toteutuvaa tulevaisuutta. Siihen päädyttäisiin, jos osa maailman maista sitoutuu sovittuihin päästövähennystavoitteisiin tunnollisesti, mutta jotkut muut ovat leväperäisempiä. Yltäminen SSP1-2.6-skenaariota vastaavalle päästöjen vähennysuralle taas on tosi haastavaa. Se vaatisi maailman valtioilta nykyisiä sitoumuksia selvästi suurempia päästövähennyksiä.

¹ Skenaarioitten nimissä esiintyvät lukuarvot ilmaisevat ns. säteilypakotetta. Esim. SSP2-4.5-skenaariossa kasvihuonekaasujen ja pienhiukkasten pitoisuuksien muutokset aiheuttavat maapallon lämpötaseeseen epätasapainon, jonka suuruus on v. 2100 tienoilla noin 4.5 wattia neliometriä kohti.

VUODEN KESKILÄMPÖTILAN JA SADEMÄÄRÄN MUUTTUMINEN SUOMESSA SUHTEESSA JAKSOON 1981–2010

Lämpötilojen ja sademäärien tulevaa kehitystä Suomessa on hahmoteltu kuvassa 2.

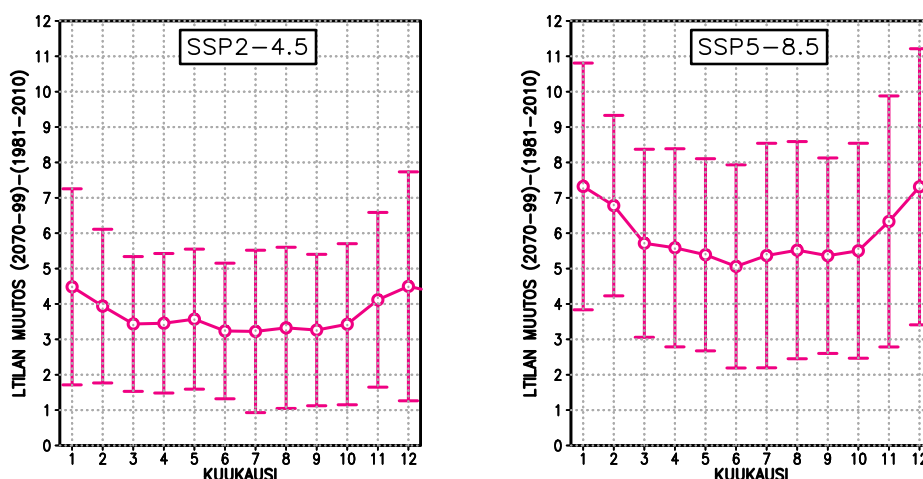
- Kaikkien kasvihuonekaasuskenaarioitten mukaan lämpötila nousee Suomessa enemmän kuin maapallolla keskimäärin.
- Jos uhkaavin kasvihuonekaasuskenaario eli SSP5-8.5 toteutuisi, vuoden keskilämpötila saattaa nousta meillä vajaassa sadassa vuodessa 6°C. Ottaen huomioon jo laaditut ilmastositoumukset tämä vaihtoehto ei siis kylläkään näytä todennäköiseltä.
- Tehokkailla maailmanlaajuisilla päästöjen rajoituksilla (SSP1-2.6-skenaario) lämpenemistä kertyisi tuossa ajassa reilut kaksi astetta, josta jo noin puolet on toteutunut 1900-luvun lopulta tähän päivään mennessä.
- Päästöjä kevyemmin rajoittamalla (SSP2-4.5) lämpeneminen yltäisi 3–4 asteeseen.
- Vuotuisen kokonaissademäärän kasvu on pahimmalla päästöskenaariolla lähes 20 % ja tiukimpien rajoitusten skenaarioissa 8 %:n luokkaa.
- Todellisuudessa eri mallien antamat arviot poikkeavat toisistaan melko paljon. Sitä ei ole kuvassa 2 näytetty, mutta asiaa havainnollistetaan tuonnempana (esim. kuvat 3–4).



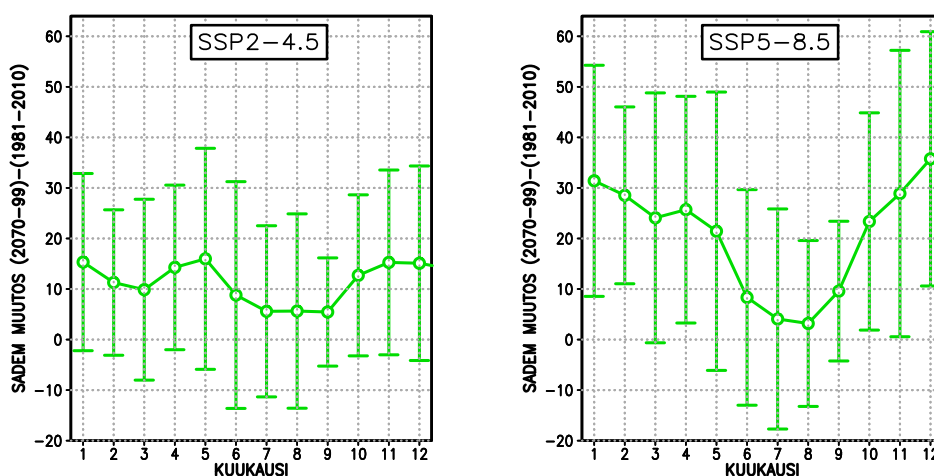
Kuva 2. Vuoden keskilämpötilan (asteina, vasen kuva) ja sademäärän (prosentteina, oikea kuva) muutos Suomessa vuosina 2000–2085 verrattuna jakson 1981–2010 keskimääräisiin arvoihin. Käyrät esittävät 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoa neljälle eri SSP-kasvihuonekaasuskenaariolle.

LÄMPÖTILAN JA SADEMÄÄRÄN MUUTOKSET ERI KUUKAUSINA

Sekä lämpeneminen että sademäärän lisääntyminen on selvästi voimakkaampaa talvella kuin kesällä (kuvat 3–4). Eri mallien antamat tulokset kuitenkin poikkeavat toisistaan aika lailla. Esimerkiksi SSP2-4.5-skenaarion toteutuessa tammikuun lämpötilat nousisivat jaksosta 1981–2010 jaksoon 2070–2099 2–7 asteella (90 % todennäköisyysväli), ja paras arvio lämpötilan nousulle olisi 4.5°C (kuvan 3 vasemmanpuoleinen kaavio).



Kuva 3. Lämpötilan muutos (°C) Suomessa vuoden eri kuukausina siirryttäessä jaksosta 1981–2010 jaksoon 2070–2099. Käyrä esittää 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoa ja pystyjanat mallituloksista laskettua 90 % todennäköisyysväliä. Vasemmanpuoleinen kuva edustaa SSP2-4.5-, oikeanpuoleinen SSP5-8.5-skenaariota.

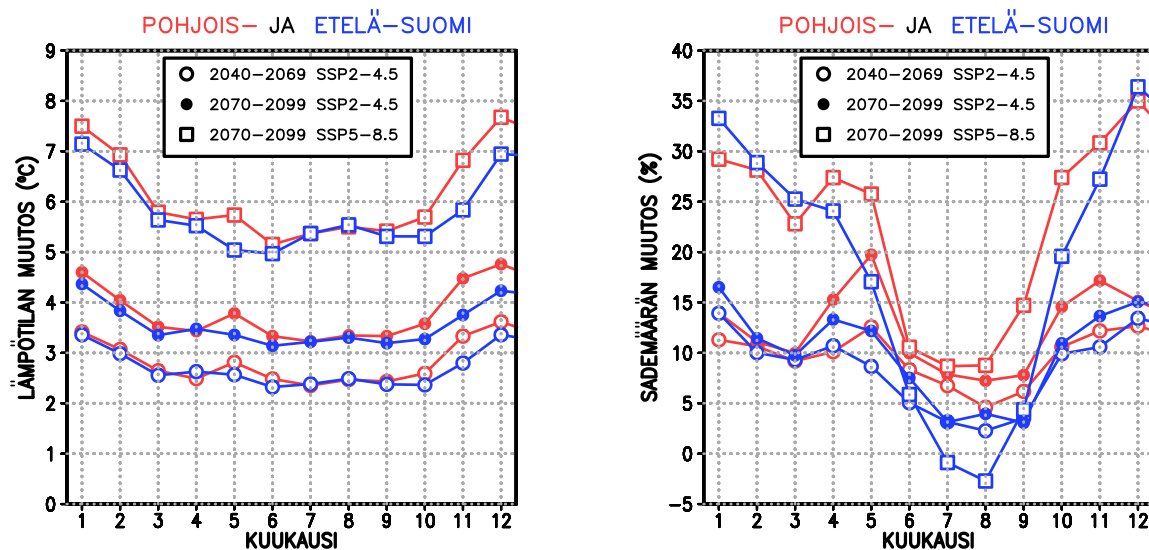


Kuva 4. Sademäärän muutos (%) Suomessa vuoden eri kuukausina siirryttäessä jaksosta 1981–2010 jaksoon 2070–2099. Katso kuvan 3 selitystekstiä.

MUUTOKSET HIUKAN SUUREMPIA POHJOISESSA

Kuvassa 5 on tarkasteltu lämpötilojen ja sademäärien muutoksia Suomen eri osissa jakamalla maamme kahtia suunnilleen Pietarsaari-Iisalmi linjan kohdalta. Päätelmiä:

- Myöhäissyksyn ja talven kuukausina lämpötila nousee Pohjois-Suomessa jonkin verran nopeammin kuin maan eteläosissa.
- Kesällä maan eri osien lämpiämisessä ei juuri näytä olevan eroa.
- Sademäärässä taas eroja on lähinnä kesällä — sateet lisääntyvät pohjoisessa jonkun verran tuolloinkin, kun taas etelässä muutokset ovat lähellä nollaa.
- Kun tarkastellaan pienehköjä alueita, kuten tässä puolikasta Suomea, sademäärät vaihtelevat luonnostaan hyvin paljon vallitsevasta säätyypistä riippuen. Tämä selittää, miksi muutokset näyttävät hypähtelevän kuukaudesta toiseen.

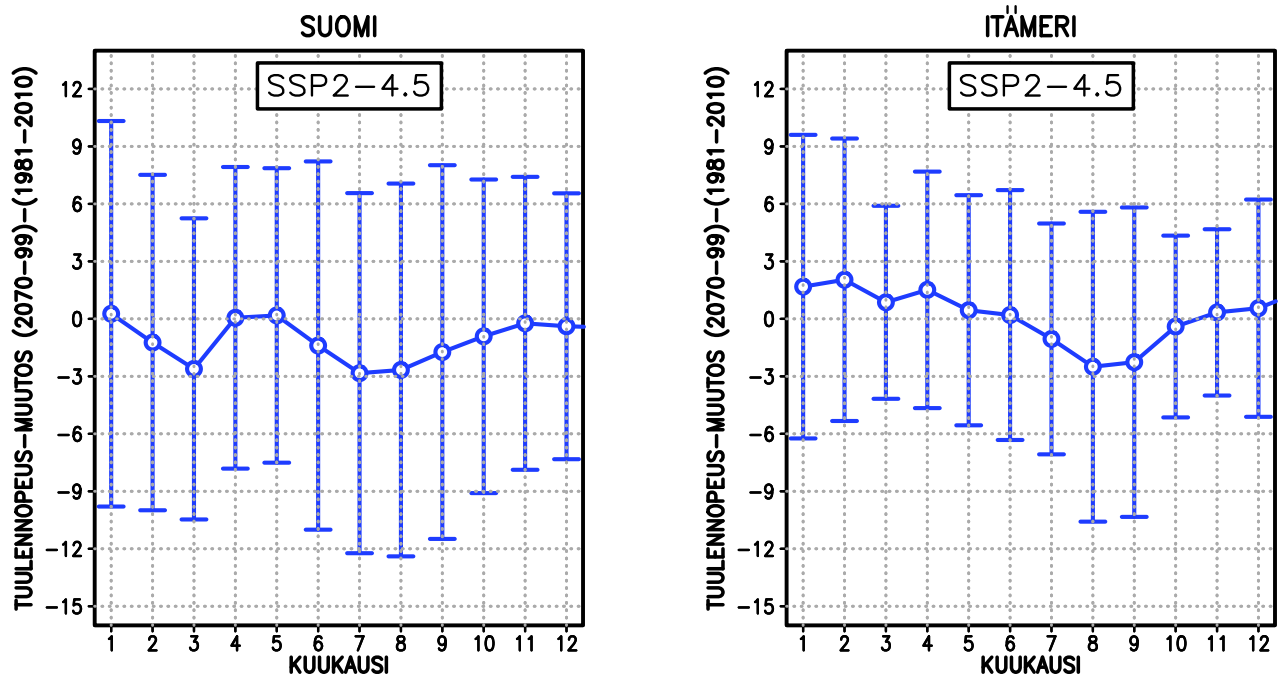


Kuva 5. Lämpötilan (asteina, vasen kuva) ja sademäärän (prosentteina, oikea kuva) muutos erikseen Pohjois- (joulu-pukinpunaiset käyrät) ja Etelä-Suomessa (siniset käyrät) verrattuna jakson 1981–2010 keskimääräisiin arvoihin. Käyrät esittävät 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoja. SSP2-4.5-skenaariota vastaavat muutokset on annettu kahdelle tulevalle 30-vuotisjaksolle (2040–2069 ja 2070–2099) ja SSP5-8.5-skenaarion mukaiset vain näistä jälkimmäiselle.

TUULEN NOPEUKSIEN MUUTOKSET

Muista ilmastosuureista poiketen tuulen nopeuksien muutoksia on esitetty Suomen maa-alueen ohella myös Itämeren alueelle. Onhan tieto merellä puhaltavan tuulen voimakkuudesta tarpeen niin merenkulkijoille kuin tuulivoimaloitten suunnittelijoillekin.

- Tuulen keskimääräisen nopeuden muutokset ovat kaiken kaikkiaan pieniä (kuva 6). Suomen maa-alueella tuulet saattaisivat heikontua lähinnä kesäkuukausina muutaman prosentin verran, mutta tästäkin mallit ovat sangen erimielisiä.
- Itämerellä tuulet mahdollisesti hiukan voimistuvat tammi-huhtikuussa. Tähän vaikuttaa jääpeitteen sulaminen. Perusjakson ilmastossa jäätyneellä merellä pinnan lähelle pyrkii muodostumaan kylmä ilmakerros, joka heikentää ilman sekoittumista ja siten tuulen liike-energian pääsyä pinnan lähelle. Lämmenneessä ilmastossa meri pysyy pääosin sulana ympäri talven, eikä moista kylmää ilmakerrosta pääse muodostumaan.

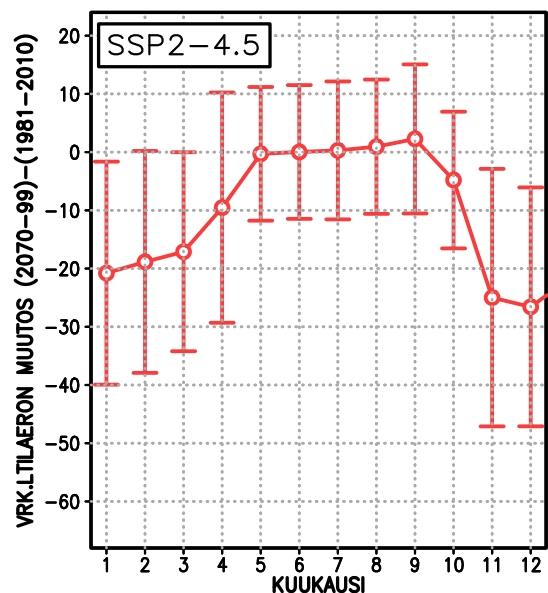
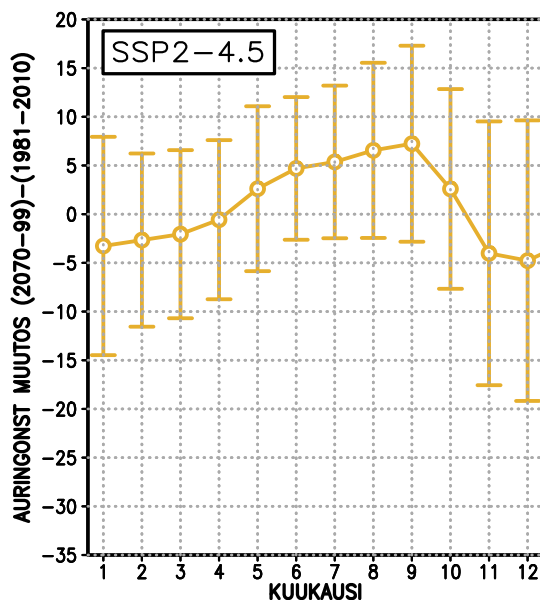


Kuva 6. Keskimääräisen tuulen nopeuden muutos (%) Suomessa (vasen kuva) ja Itämeren yläpuolella (oikea kuva) vuoden eri kuukausina siirryttäessä jaksosta 1981–2010 jaksoon 2070–2099; SSP2-4.5-skenaario. Katso kuvan 3 selitystekstiä.

AURINGONSÄTEILYN JA VUOROKAUTISTEN LÄMPÖTILAEROJEN MUUTOKSET

Yön ja päivän lämpötilojen ero on yhteydessä auringon säteilyn määrään, eli ero on yleensä suurimmillaan selkeällä ja pienimmillään pilvisellä säällä. Kuvassa 7 on näytetty maan pinnalle tulevan auringonsäteilyn sekä vuorokautisen lämpötila-amplitudin ennakoituja muutoksia.

- Auringonpaistetta saadaan tulevaisuudessa marras-maaliskuun aikana todennäköisesti entistä vähemmän (SSP2-4.5-skenaario). Tuohon aikaan vuodesta myös vuorokauden sisäiset lämpötilaerot tasaantuvat. Toukokuusta lokakuuhun muutos käy kohti aurinkoisempia olosuhteita, ja yön ja päivän väliset lämpötilaerot pysyvät jokseenkin ennallaan. SSP5-8.5-skenaarion mukaan talvet synkentyisivät selvästi (ei kuvaa). Mallitulosten väliset erot ovat kuitenkin useimpina kuukausina isoja, eikä muutoksen suuntaa voida sanoa varmuudella.
- Myöhäissyksyn ja talven kuukausina aurinkoa saadaan niukalti. Tuohon aikaan vuodesta melkoinen osa yhden vuorokauden sisälle osuvista lämpötilan vaihteluista liittyy säätilanteen muutoksiin eikä niinkään valoisan ja pimeän vuorotteluun.



Kuva 7. Maan pinnalle saatavan auringonsäteilyn määrän (vasen kuva) ja vuorokauden ylimmän ja alimman lämpötilan erotuksen muutos (oikea kuva) Suomessa, molemmat prosentteina ilmaistuina; SSP2-4.5-skenaario. Katso kuvan 3 selitystekstiä.

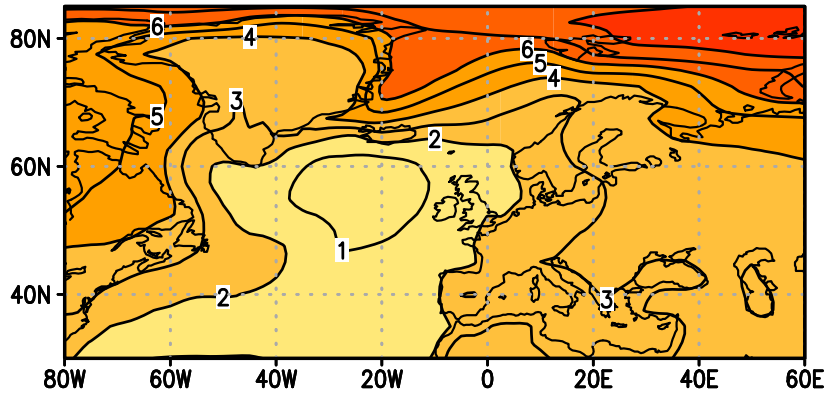
MUUTOKSET EUROOPASSA JA LÄHIALUEILLA

Mallien simuloimia eri ilmastosuureitten muutoksia Euroopassa ja lähialueilla on esitetty kuvissa 8–11. Kaikki kuvat esittävät vajaan sadan vuoden aikana tapahtuvia muutoksia ja perustuvat SSP2-4.5-skenaarioon.

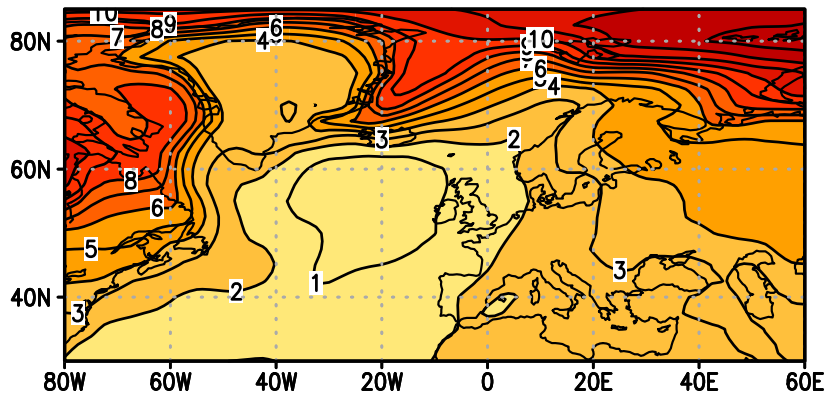
- Talvisin lämpötila nousee Euroopassa eniten pohjoisessa ja koillisessa (kuva 8). Siellä myös talvikuukausien sademäärä kasvaa (kuva 9), aurinkoa saadaan hiukan nykyistä vähemmän (kuva 11) ja vuorokaudensisäiset lämpötilaerot vaimentuvat.
- Kesällä taas Etelä-Euroopan olosuhteet muuttuvat huomattavasti nykyistä kuumemmiksi. Samalla sademäärä pienentyy 10–30 % ja aurinkokin paistaa enemmän.
- Pohjoisella Atlannilla nähtävä heikon lämpenemisen alue liittyy lämpimän merivirran heikkenemiseen ja meriveden voimakkaaseen pystysuuntaiseen sekoittumiseen.
- Monilla pohjoisilla merialueilla, esim. Barentsin merellä, lämpötila ei luultavasti ko-
hoa niin paljoa kuin kuvan 8 perusteella näyttäisi. Tämä merialue on jo nykyisin jäätön
ympäri vuoden, mutta monien mallien laskemassa nykyisessä ilmastossa meri on kui-
tenkin ainakin osaksi jään peitossa. Mallien tuottama hyvin voimakas lämpeneminen
liittyy tämän simuloidun jääpeitteen häviämiseen.
- Euroopan mantereella tuulet pääosin heikontuvat muutaman prosenttiyksikön verran
(kuva 10). Pienipiirteisiin maantieteellisiin yksityiskohtiin ei kannata kiinnittää huo-
miota, sillä ne liittyvät joissakin mallikokeissa ennalta-asetettuihin maan pinnan oimi-
naisuuksien muutoksiin eivätkä varsinaisesti ilmastonmuutokseen.
- Pohjoisilla merialueilla tuulet voimistuvat jopa yli kymmenellä prosentilla. Kuten jo
aikaisemmin on kerrottu, ilmiö liittyy meren jääpeitteen osittaiseen sulamiseen.
- Varsinkin lämpötilan ja sademäärän muutosten maantieteelliset jakaumat ovat saman-
kaltaisia kuin edellisen mallisukupolven tuloksissakin. Lukuarvoihin vaikuttaa, miten
voimakasta kasvihuonekaasuskenaariota laskelman pohjana on käytetty.
- Mikäli kasvihuonekaasujen päästöt onnistutaan saamaan SSP2-4.5-skenaariota pienem-
miksi, jää ilmastonmuutoskin kuvissa 8–11 esitettyä vähäisemmäksi. Muutoksen maan-
tieteellisen jakauman muoto on kuitenkin varsin samankaltainen kasvihuonekaasuske-
naariosta riippumatta.

**LÄMPÖTILAN MUUTOS (2070–99)–(1981–2010)
SSP2–4.5–SKENAARIO, 28 MALLIN KESKIAARVO**

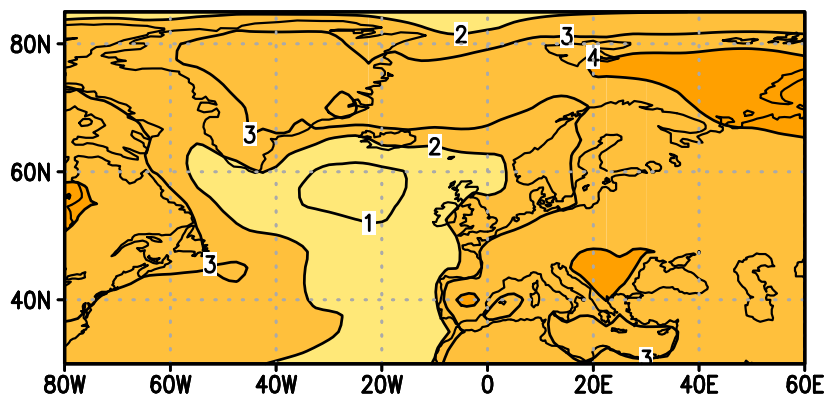
VUOSIKESKIAARVO



TALVI



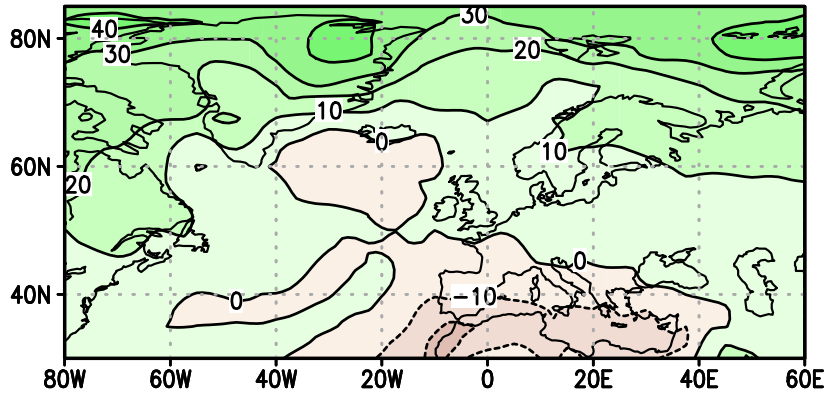
SUVI



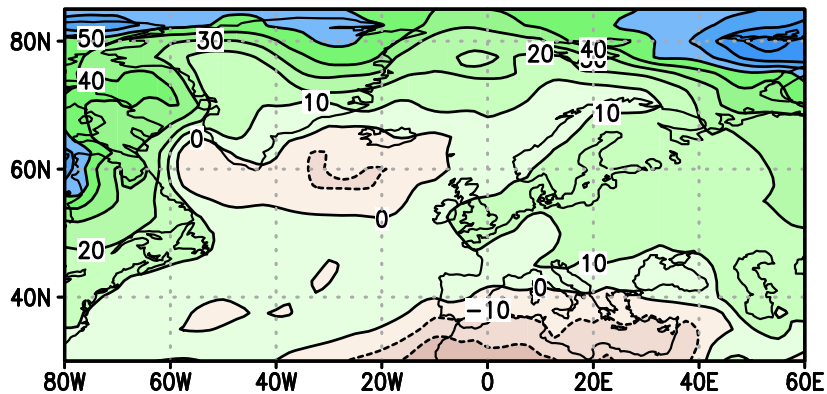
Kuva 8. Keskilämpötilan ennustettu muutos (°C) Euroopassa ja lähialueilla SSP2-4.5-skenaarion mukaan siirryttäessä jaksosta 1981–2010 jaksoon 2070–2099. Yläkuvassa on vuoden keskilämpötilan, keskellä joulu-helmikuun ja alhaalla kesä-elokuun lämpötilan muutos. Kuva esittää 28 ilmastonmuutosmallin tuottamien muutosten keskiarvoa.

**SADEMÄÄRÄN MUUTOS (2070–99)–(1981–2010)
SSP2–4.5–SKENAARIO, 28 MALLIN KESKIVARVO**

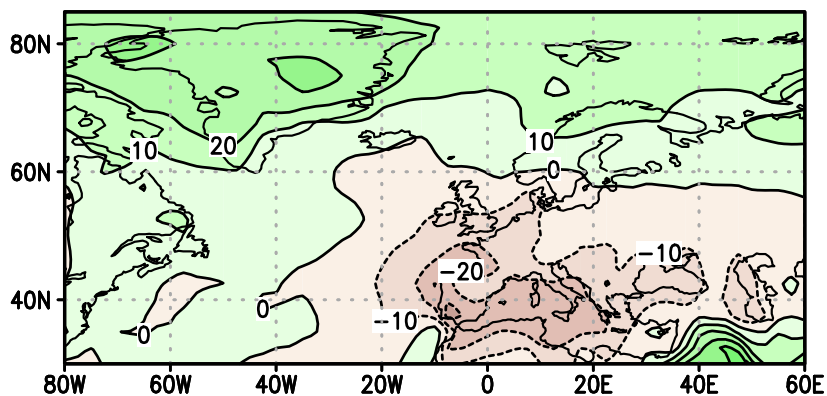
VUOSIKESKIVARVO



TALVI



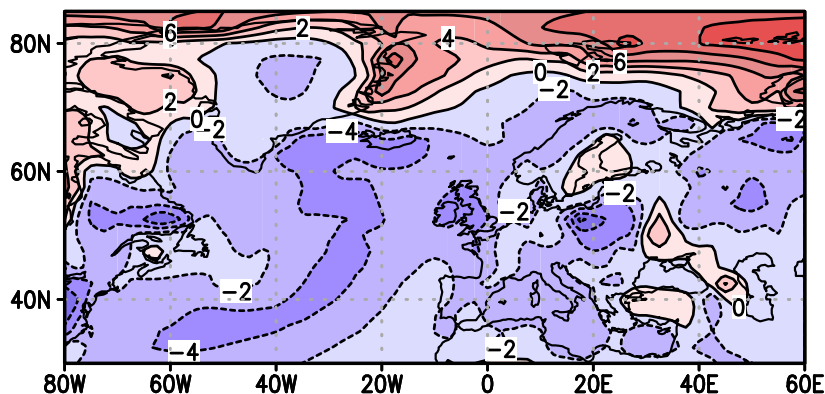
SUVI



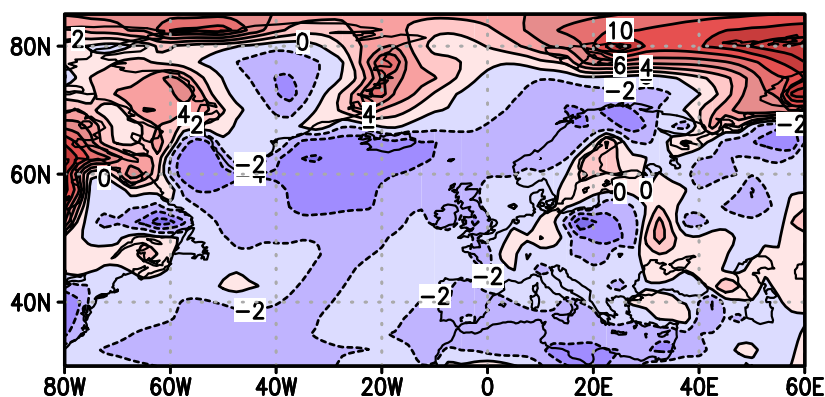
Kuva 9. Sademäärän ennustettu muutos (1981–2010 → 2070–2099) prosentteina; SSP2-4.5-skenaario. Katso kuvan 8 selitystekstiä.

**TUULEN NOP. MUUTOS (2070–99)–(1981–2010)
SSP2–4.5–SKENAARIO, 26 MALLIN KESKIIARVO**

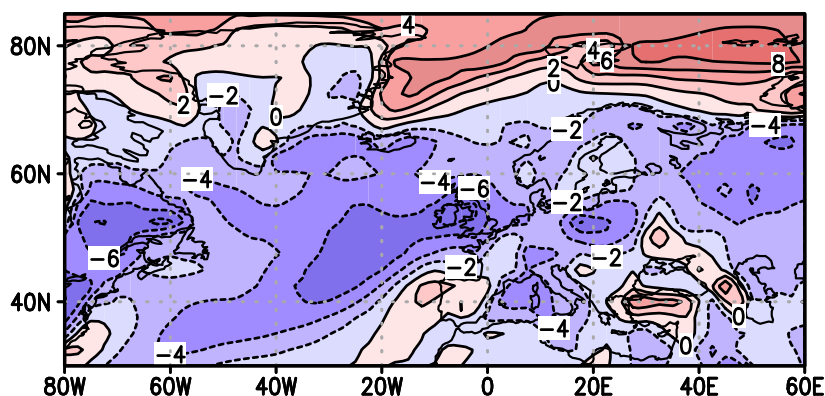
VUOSIKESKIIARVO



TALVI



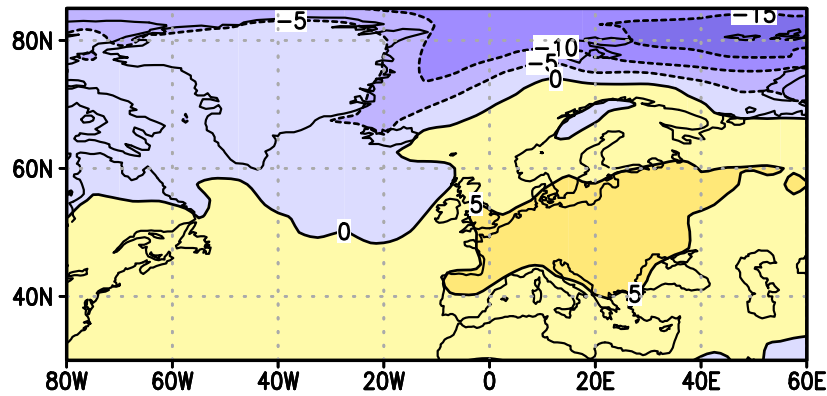
SUVI



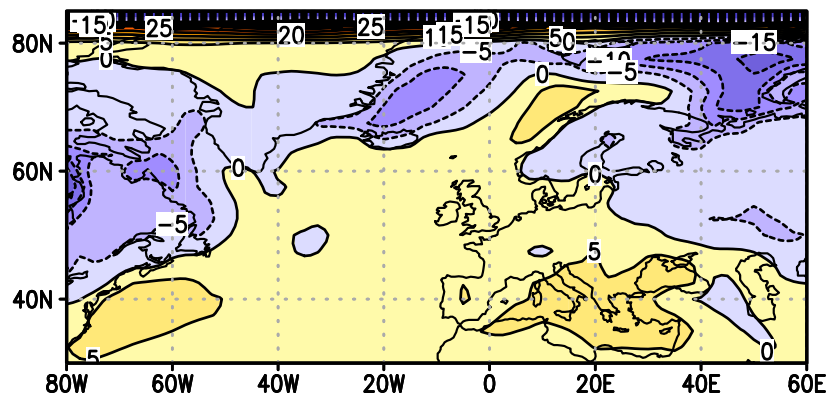
Kuva 10. Keskimääräisen tuulennopeuden muutos (1981–2010 → 2070–2099) prosentteina; SSP2-4.5-skenaario. Katso kuvan 8 selitystekstiä.

**AURINGONSÄT. MUUTOS (2070–99)–(1981–2010)
SSP2–4.5–SKENAARIO, 28 MALLIN KESKIVARVO**

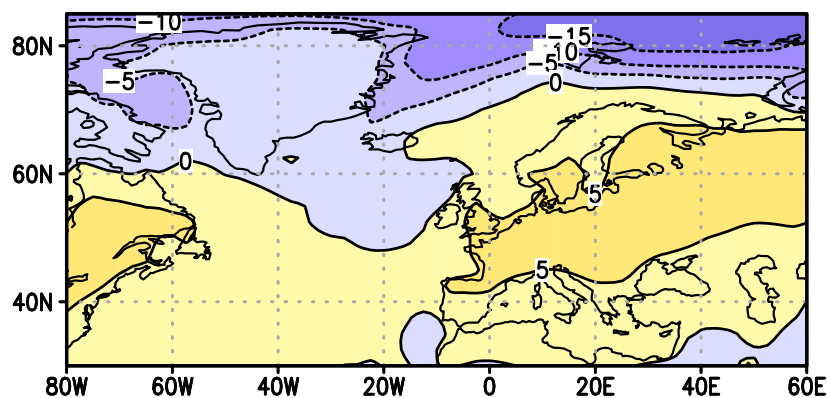
VUOSIKESKIVARVO



TALVI



SUVI



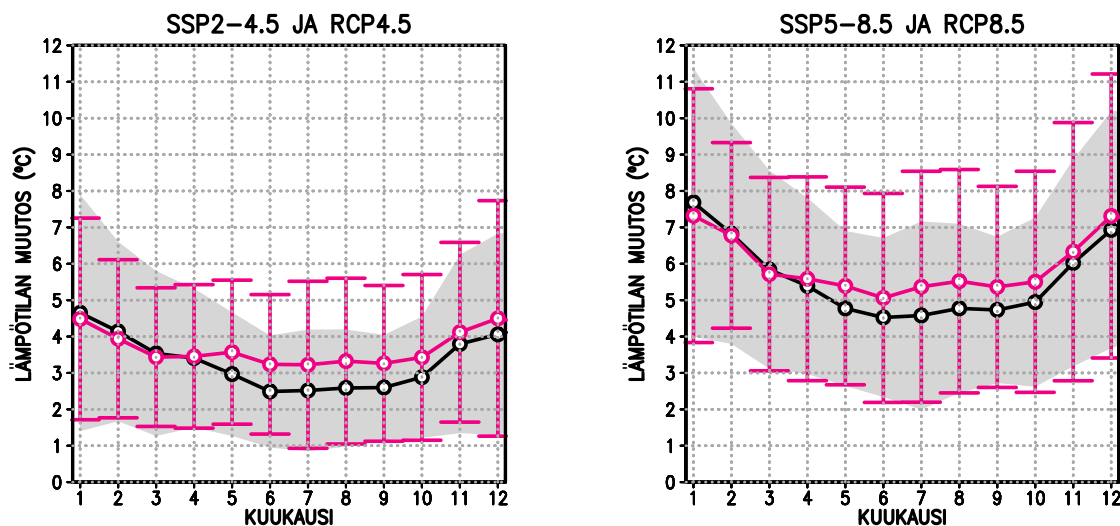
Kuva 11. Maan pinnalle lankeavan auringonsäteilyn muutos (1981–2010 → 2070–2099) prosentteina; SSP2-4.5-skenaario. Katso kuvan 8 selitystekstiä.

POIKKEAVATKO NYT LAADITUT SKENAARIOT AIKAISEMMISTA ARVIOISTA?

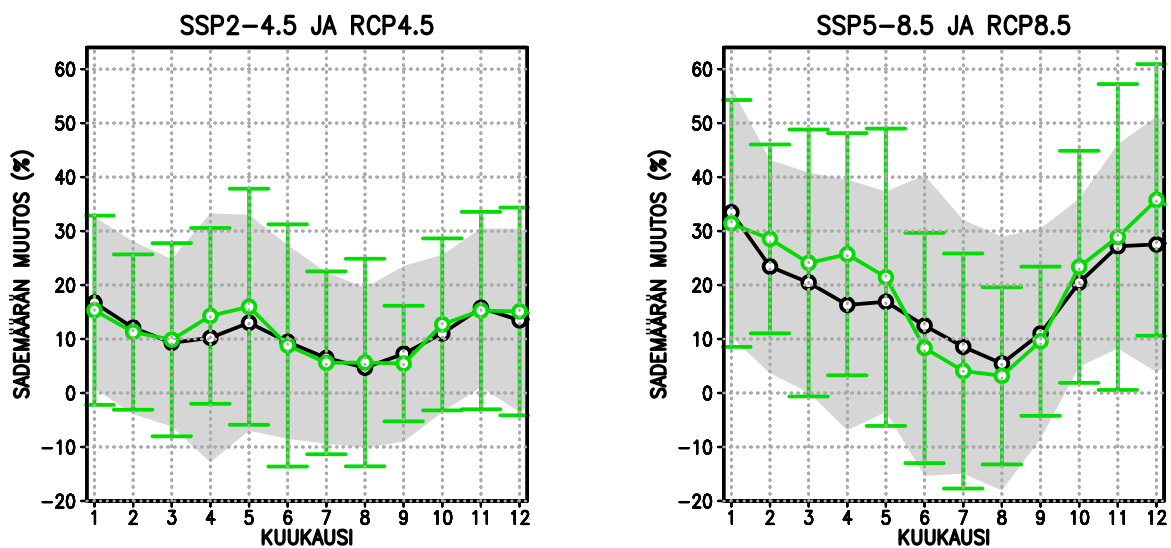
Nyt laskettuja tuoreimpia muutosarvioita verrattiin edellisen mallisukupolven perusteella laskettuihin vastaaviin muutoksiin. Arviot eivät kylläkään ole keskenään täsmälleen vertailukelpoisia, sillä uusissa skenaariossa yksittäisten kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kehitys poikkeaa jonkun verran aikaisemmasta.

Joka tapauksessa nykyinen mallisukupolvi näyttäisi lämmittävän Suomen kesiä jonkin verran edellistä enemmän (kuva 12). Kun esimerkiksi verrataan SSP2-4.5-skenaarion tuloksia vuosisadan lopulla sitä lähinnä vastaavaan vanhaan RCP4.5-skenaarioon, kesäkuusta syyskuuhun ero on puolen asteen luokkaa lämpimään suuntaan. Verrattuna eri mallien välisten tulosten eroavaisuuksiin tällainen muutos lämpenemisen voimakkuudessa on kuiteskin melko pieni. Marraskuusta huhtikuuhun erot ovat käytännössä olemattomia.

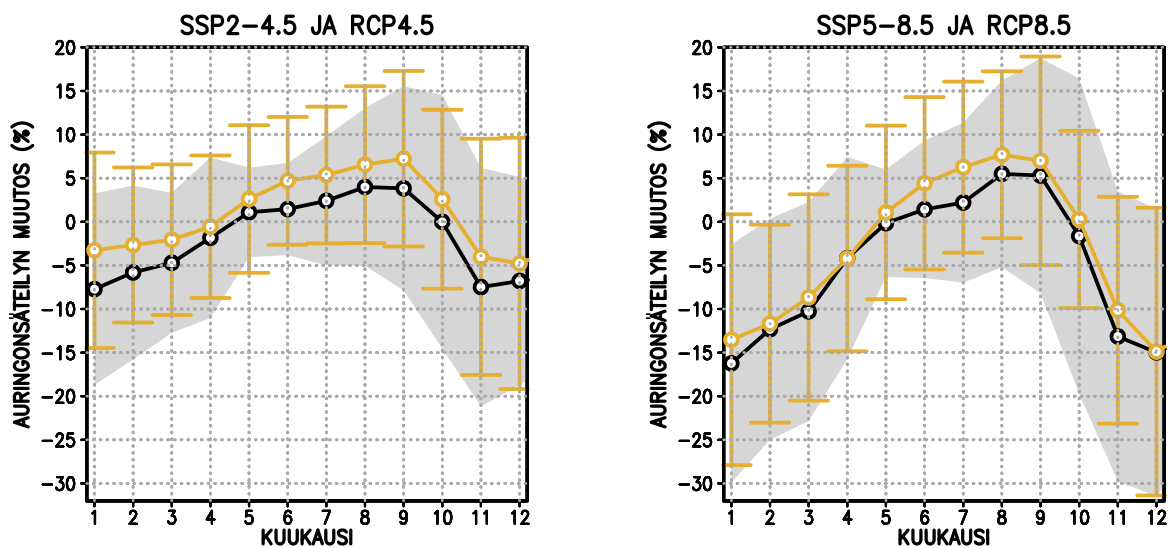
Sademäärän muutosennusteet eivät ole juuri muuttuneet entisestä (kuva 13). Auringonsäteilyä uudet mallit tarjoavat varsinkin SSP2-4.5-skenaarion mukaan kaikkina kuukausina vanhoihin malliennustuksiin verrattuna muutaman prosenttiyksikön verran enemmän. (kuva 14).



Kuva 12. Mallien ennustama Suomen kuukausikeskilämpötilojen (°C) muutos (1981–2010 → 2070–2099). Violletti käyrä esittää 28 uuden CMIP6-mallin tuottamien muutosten keskiarvoa ja pystyjanat muutoksen 90 % epävarmuusväliä. Vastaavat vanhoihin CMIP5-malleihin perustuvat muutokset ovat esitetyt mustalla viivalla ja harmaalla varjostuksella. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on verrattu uutta SSP2-4.5-skenaariota vanhaan RCP4.5:een. Oikealla vertailtavina ovat SSP5-8.5- ja RCP8.5-skenaariot.



Kuva 13. Mallien ennustamat kuukausisademäärien muutokset (%) jaksosta 1981–2010 jaksoon 2070–2099 uusien CMIP6-mallien ja vanhojen CMIP5-mallien perusteella. Katso kuvan 12 selitystekstiä.



Kuva 14. Mallien ennustamat kunkin kuukauden auringonsäteilyn määrän muutokset (%) jaksosta 1981–2010 jaksoon 2070–2099 uusien CMIP6-mallien ja vanhojen CMIP5-mallien perusteella. Katso kuvan 12 selitystekstiä.

YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

- Suomessa vuoden keskilämpötila nousee sadassa vuodessa noin 1.6 kertaa niin nopeasti kuin maapallolla keskimäärin. Lämpeneminen on voimakkainta talvella.
- Jos pohjana käytetään SSP2-4.5-skenaarion mukaista mallien keskimäärin ennustamaa lämpenemistä (kuva 3), Keski-Suomessa vallitsisi 2080-luvulla tammi- ja heinäkuussa suunnilleen samanlainen lämpötilailmasto kuin viime vuosikymmeninä Valko-Venäjän eteläosissa.
- Sademäärä lisääntyy Suomessa muutoin paitsi mahdollisesti etelässä kesällä; suurinta lisääntyminen on talvella.
- Talvet muuttuvat meillä todennäköisesti vielä hivenen nykyistä synkemmiksi ja aurin-gottomammiksi, kesät taas jonkun verran valoisemmiksi.
- Edellisen mallisukupolven (noin 8 vuotta sitten) tuloksiin verrattuna suurin ero on ke-sien voimakkaampi lämpeneminen.
- Tarkistuksen vuoksi sademäärän ja keskilämpötilan muutosarviot laskettiin myös ottaen mukaan kaikki 37 mallia, nekin joilta havaitun ilmaston simuloiminen luonnistui huo-nosti. Mallitulosten keskiarvona saatava lämpötilan ja sademäärän muutos oli tällöinkin hyvin samanlainen kuin kuvissa 2–4.
- Koko Eurooppaa tarkasteltaessa lämpötila nousee talvella eniten pohjoisessa, kesällä taas etelässä.
- Pohjois-Euroopassa sademäärä lisääntyy ja mantereen eteläosissa vähenee. Keski-Euroopassa talvet muuttuvat sateisemmiksi ja kesät kuivemmiksi.
- Välimeren alueen maissa kuivuusongelmat pahenevat, kun varsinkin kesäpuolella vuot-ta sademäärä putoaa, lämpötila kohoaa voimakkaasti ja aurinkokin paahtaa ankaram-min.
- Mikään tarkastelluista ilmastoskenaarioista ei muuttaisi Suomea elinkelvottomaksi maaksi asua. Maailmanlaajuisesti muutos on kuitenkin yksiselitteisesti vahingollinen. Hallitsemattomasti etenevä ilmastonmuutos aiheuttaisi esimerkiksi tuhoisia sään ääri-ilmiöitä ja eliölajien sukupuuttoaaillon. Monilla alueilla varsinkin kehitysmaissa seu-rauksena olisi suuria inhimillisiä kärsimyksiä, yhteiskuntien vakauden heikkenemistä ja luultavasti myös aseellisia konflikteja. Keskinäisen riippuvuuden tähden yksikään maanosa tai valtio ei voi välttyä ilmaston lämpenemisen aiheuttamilta haittavaikutuksil-ta. Esimerkiksi satojen miljoonien ympäristöpakolaisten maailma olisi turvaton paikka koko ihmiskunnalle. Ilmastonmuutoksen tehokas hillitseminen on siis myös suomalais-ten etu.