

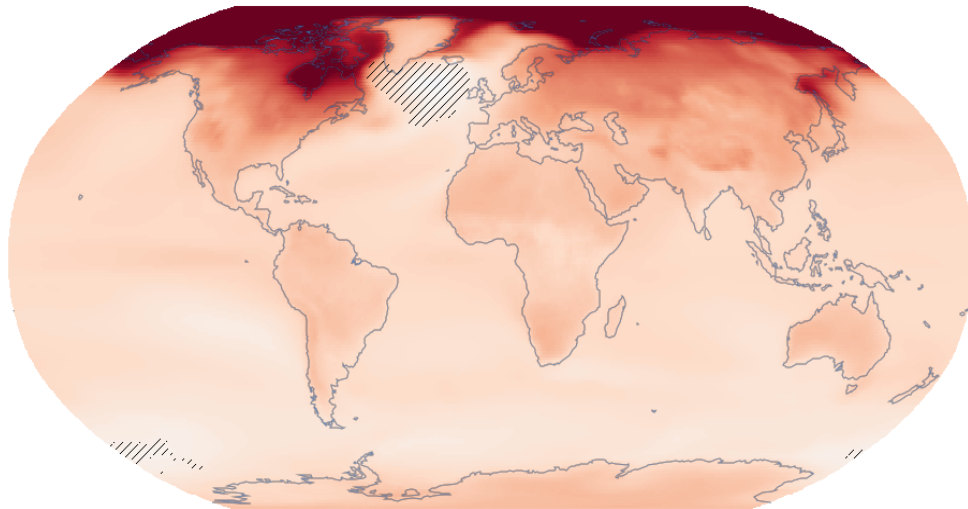


ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Ilmastonmuutos maailmalla



Talvilämpötilan muutos, SSP2-4.5



Mean temperature (T) - Change (deg C)
Medium Term (2041-2060) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - December to February (34 models)

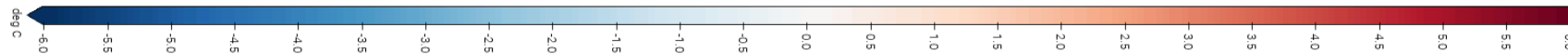
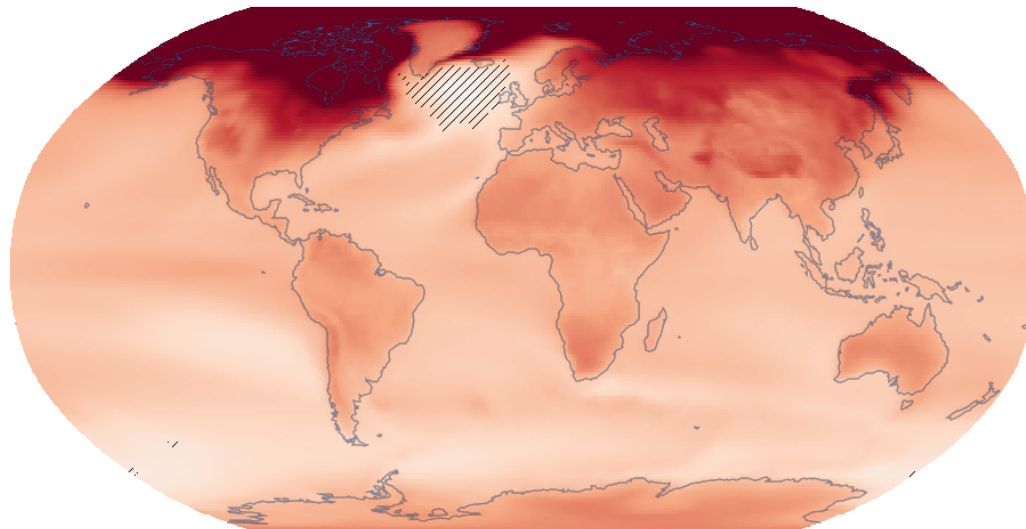
□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change

<http://www.ipcc.ch/copyright>

- Talvilämpötilan muutos 1981-2010 -> 2041-2060
- Pohjoiset alueet lämpenevät voimakkaimmin

Talvilämpötilan muutos, SSP2-4.5



Mean temperature (T) - Change (deg C)
Long Term (2081-2100) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - December to February (34 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change

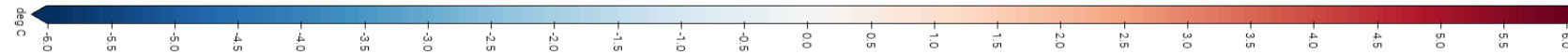
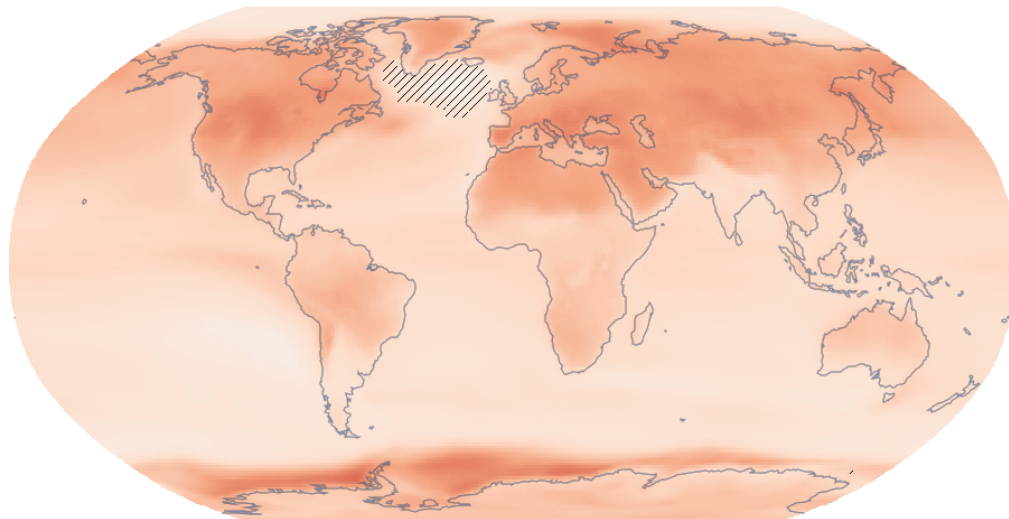


<http://www.ipcc.ch/copyright>

- Talvilämpötilan muutos 1981-2010 -> 2081-2100
- Pohjoiset alueet lämpenevät voimakkaimmin, muutos voimistuu verrattuna vuosisadan puoleenväliin



Kesälämpötilan muutos, SSP2-4.5



Mean temperature (T) - Change (deg C)
Medium Term (2041-2060) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - June to August (34 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

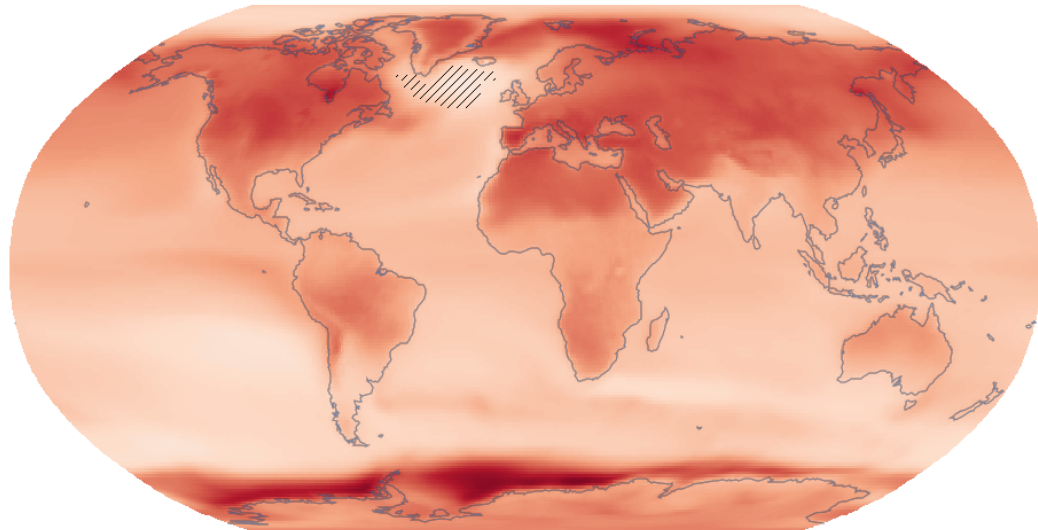
ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change



<http://www.ipcc.ch/copyright>

- Kesälämpötilan muutos 1981-2010 -> 2041-2060
- Lämpeneminen on heikompaa kuin talvella, ei selvää eroa pohjoisten alueiden ja muun maailman välillä

Kesälämpötilan muutos, SSP2-4.5



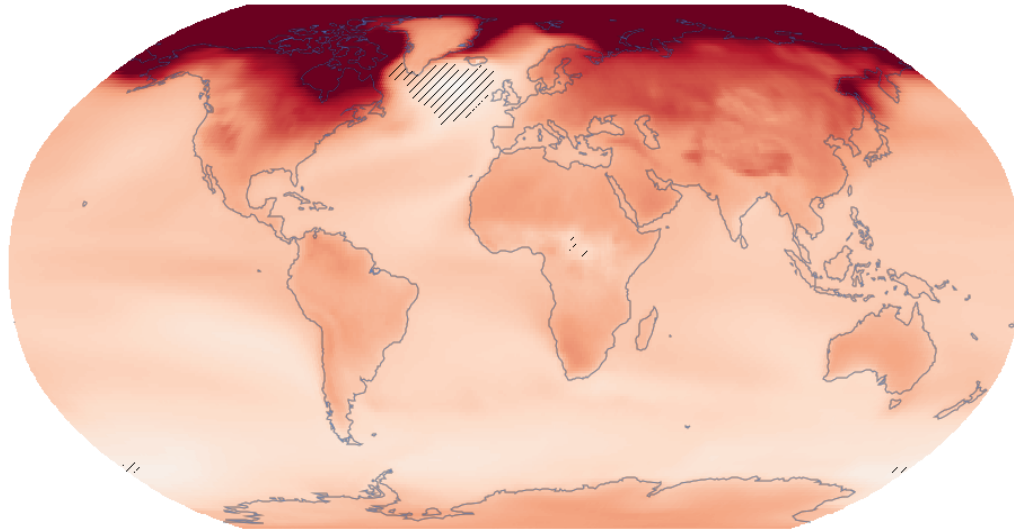
- Kesälämpötilan muutos 1981-2010 -> 2081-2100
- Vuosisadan loppuun mennessä myös kesäajan lämpeneminen voimistuu SSP2-4.5-skenaarion mukaan.



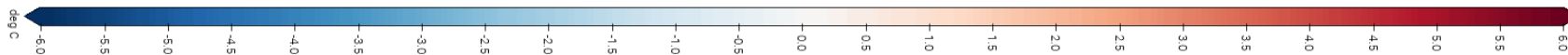
Mean temperature (T) - Change (deg C)
Long Term (2081-2100) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - June to August (34 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

Talvilämpötilan muutos, SSP8-5.8



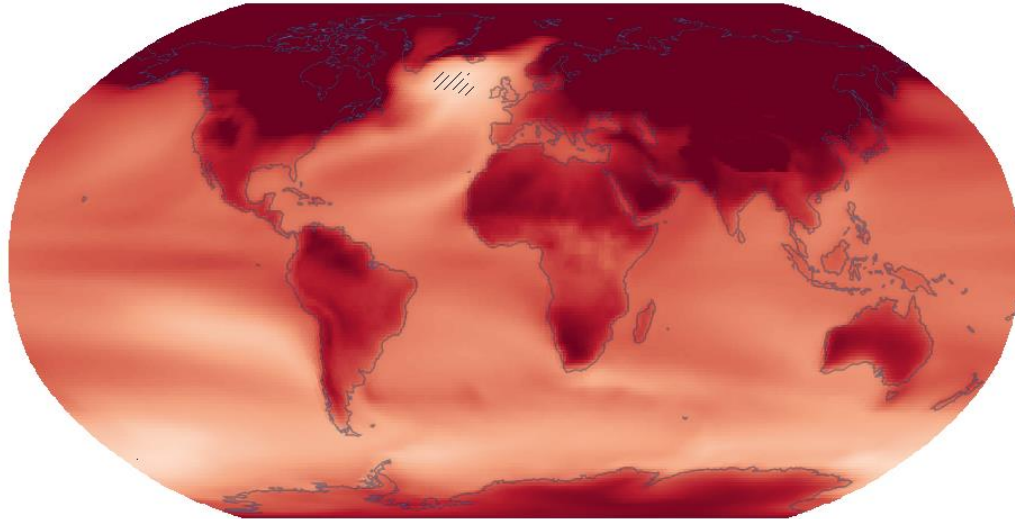
- Talvilämpötilan muutos 1981-2010 -> 2041-2060
- Pohjoiset alueet lämpenevät voimakkaimmin, lämpenemistä näkyy myös maa-alueilla selvemmin kuin SSP2-4.5-skenaariossa



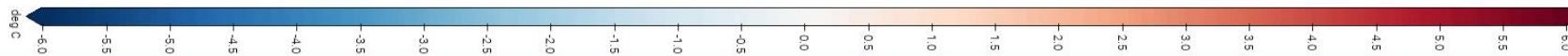
Mean temperature (T) - Change (deg C)
Medium Term (2041-2060) (SSP5-8.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - December to February (34 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

Talvilämpötilan muutos, SSP8-5.8



- Talvilämpötilan muutos 1981-2010 -> 2081-2100
- Pohjoiset alueet lämpenevät voimakkaimmin
- Lämpeneminen on kauttaaltaan voimakasta myös maa-alueilla. Laajalti yli 6 astetta.



Mean temperature (T) - Change (deg C)
Long Term (2081-2100) (SSP5-8.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - December to February (34 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change



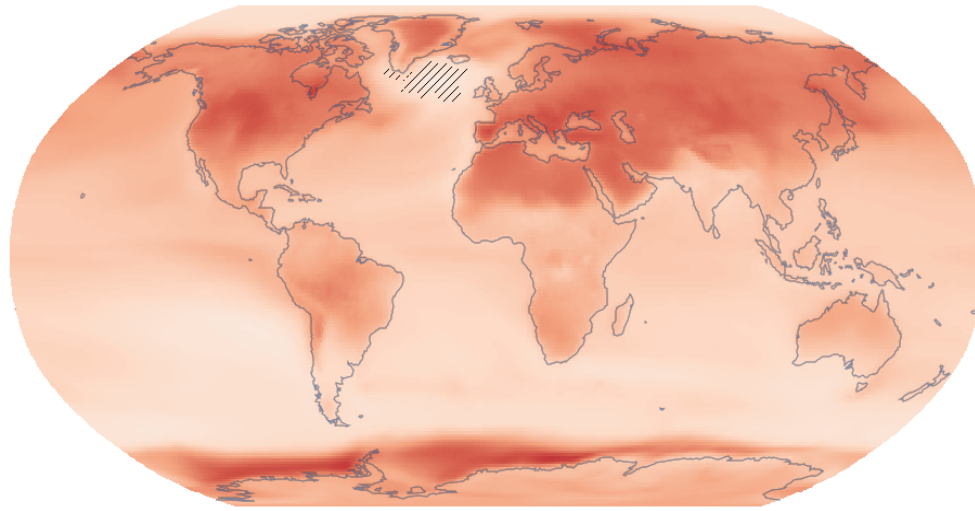
27-10-2025 11:50:38

<http://www.ipcc.ch/copyright>

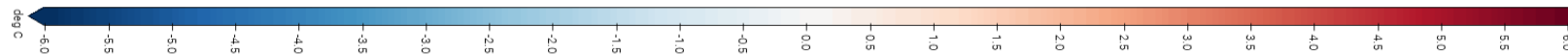


METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Kesälämpötilan muutos, SSP5-8.5



- Kesälämpötilan muutos 1981-2010 -> 2041-2060
- Lämpeneminen on heikompaa kuin talvella



Mean temperature (T) - Change (deg C)
Medium Term (2041-2060) (SSP5-8.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - June to August (34 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change



<http://www.ipcc.ch/copyright>

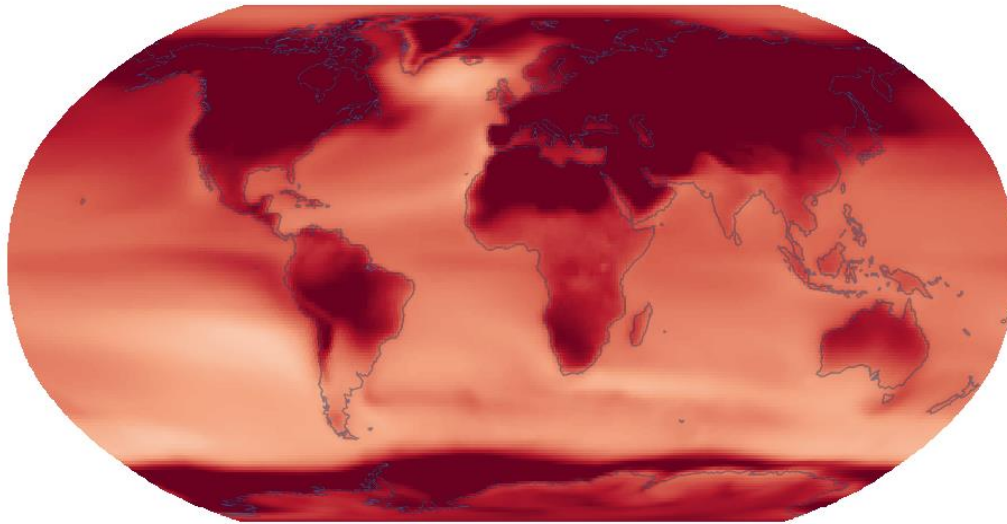
27-10-2025 11:58:20



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Kesälämpötilan muutos, SSP5-8.5

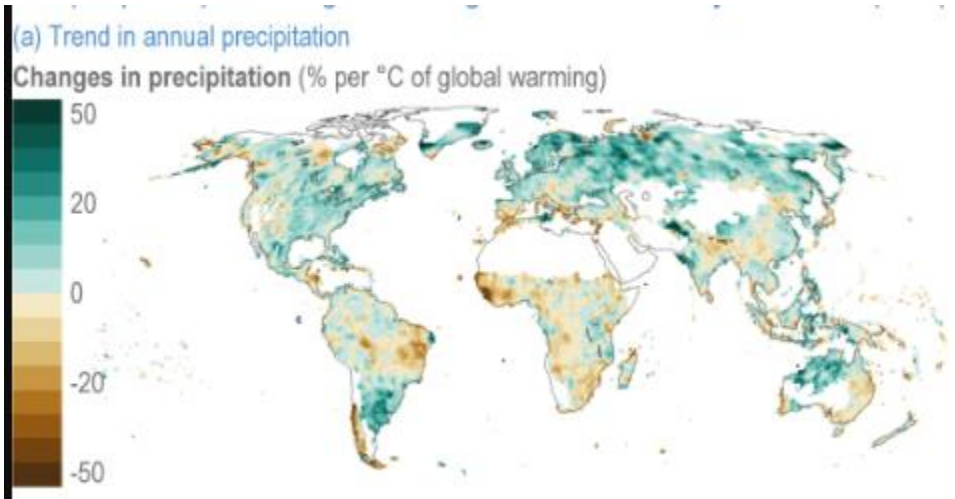
- Kesälämpötilan muutos 1981-2010 -> 2081-2600
- Lämpeneminen on kesälläkin vuosisadan lopussa hyvin voimakasta kaikkialla maapallolla



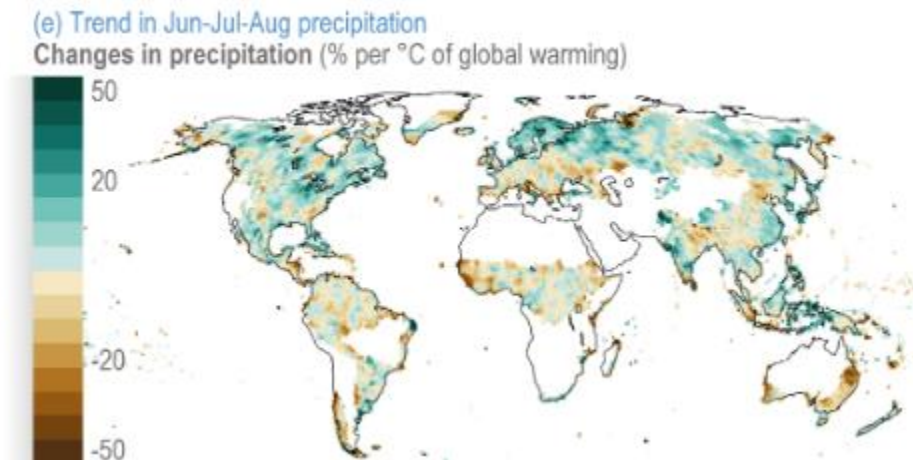
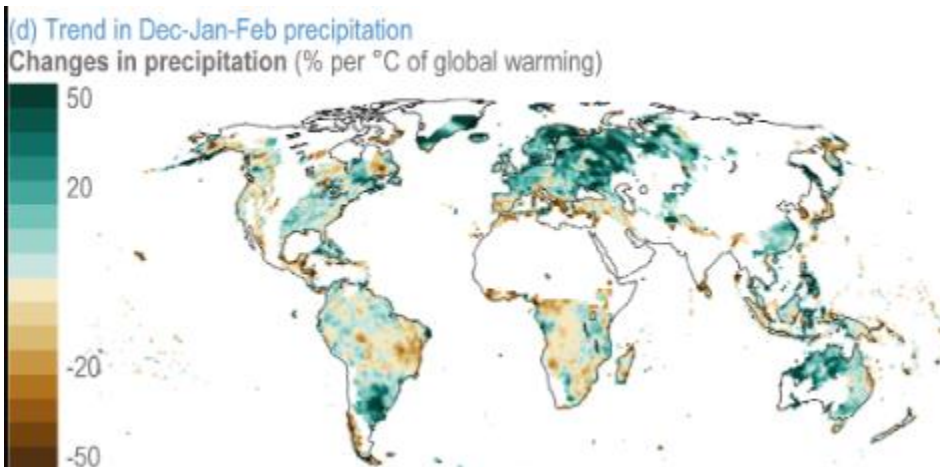
Mean temperature (T) - Change (deg C)
Long Term (2081-2100) (SSP5-8.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - June to August (34 models)

High agreement
 Low agreement

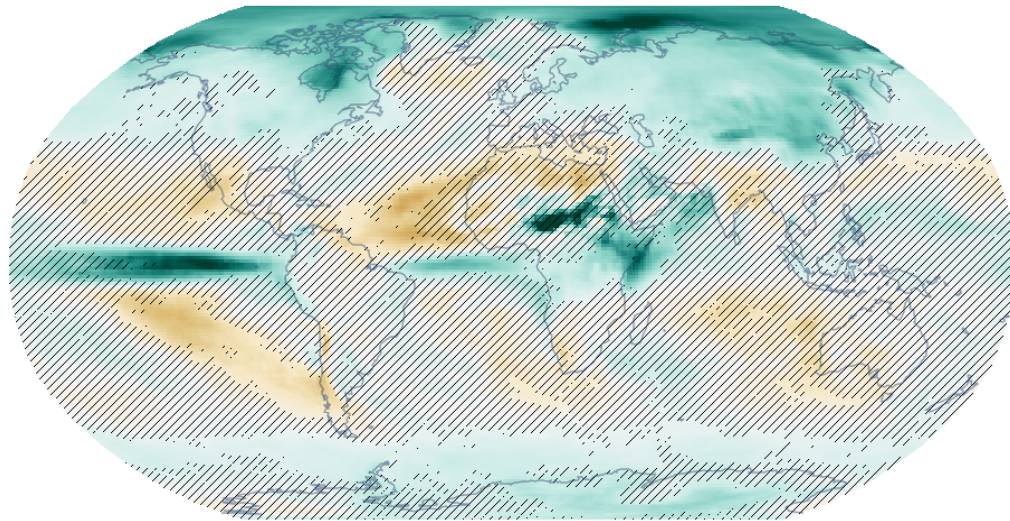
Havaitut muutokset sademäärissä



- Ylin kuva: Vuotuisen sademäärän muutos (%) maa-alueilla 1891-2010 jokaista globaalin lämpenemisen astetta kohti
- Alemmat kuvat: Talvisademäärän havaittu muutos (vasen) ja kesäsademäärän havaittu muutos (oikea)
- Vuotuinen sademäärä on kasvanut laajalti Euroopassa ja Aasiassa
- Talvisademäärä on kasvanut laajalti Euroopassa, eniten Pohjois- ja Itä-Euroopassa.
- Välimeren seudulla sekä talven että kesän sademäärät ovat pienentyneet
- Pohjois-Euroopassa myös kesäajan sademäärät ovat jonkin verran kasvaneet



Talvisademäärän muutos, SSP2-4.5



Total precipitation (PR) - Change (%)
Medium Term (2041-2060) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - December to February (32 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change

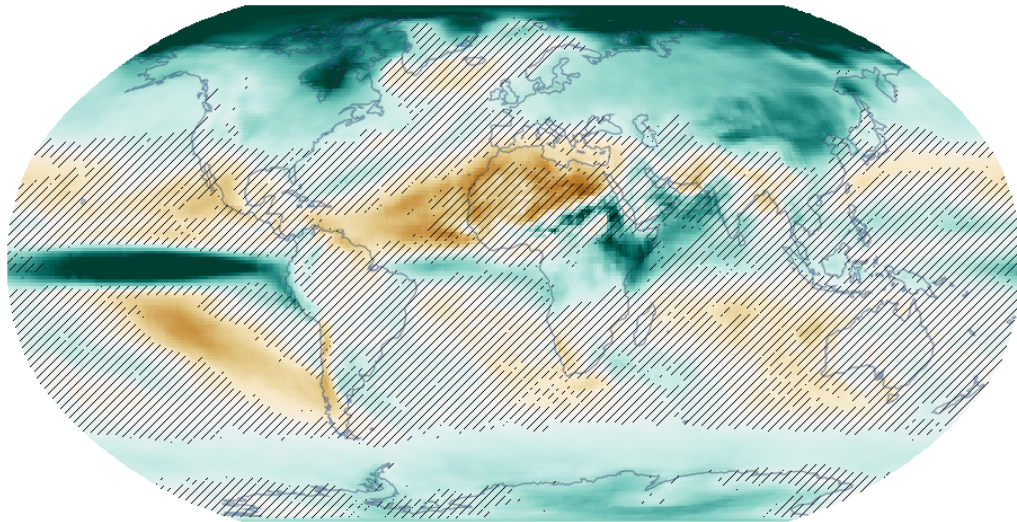


<http://www.ipcc.ch/copyright>

- Talvisademäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2041-2060
- Talvisademäärät kasvavat suurella osalla Euraasiaa, Euroopassa laajalti 10-15 %
- Välimeren seudulla ja Pohjois-Afrikassa sademäärä näyttäisi jonkin verran pienenevän.
- Viivoitetuilla alueilla ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta



Talvisademäärän muutos, SSP2-4.5



Total precipitation (PR) - Change (%)
Long Term (2081-2100) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - December to February (32 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change

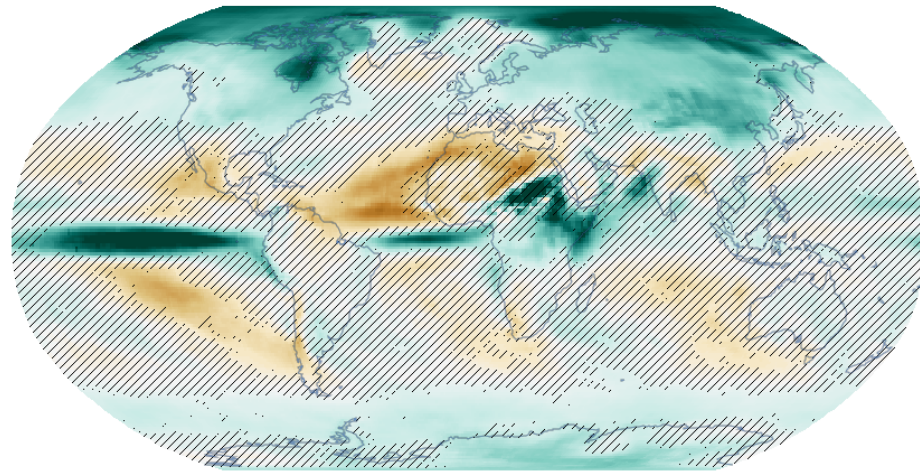


<http://www.ipcc.ch/copyright>

- Talvisademäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2081-2100
- Muutos on suurempi vuosisadan lopulla, Euroopassa sademäärä kasvaa laajalti 15-20 %.
- Välimeren seudulla sademäärä voi pienentyä.
- Viivoitetuilla alueilla ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta



Talvisademäärän muutos, SSP5-8.5



Total precipitation (PR) - Change (%)
Medium Term (2041-2060) (SSP5-8.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - December to February (33 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change



<http://www.ipcc.ch/copyright>

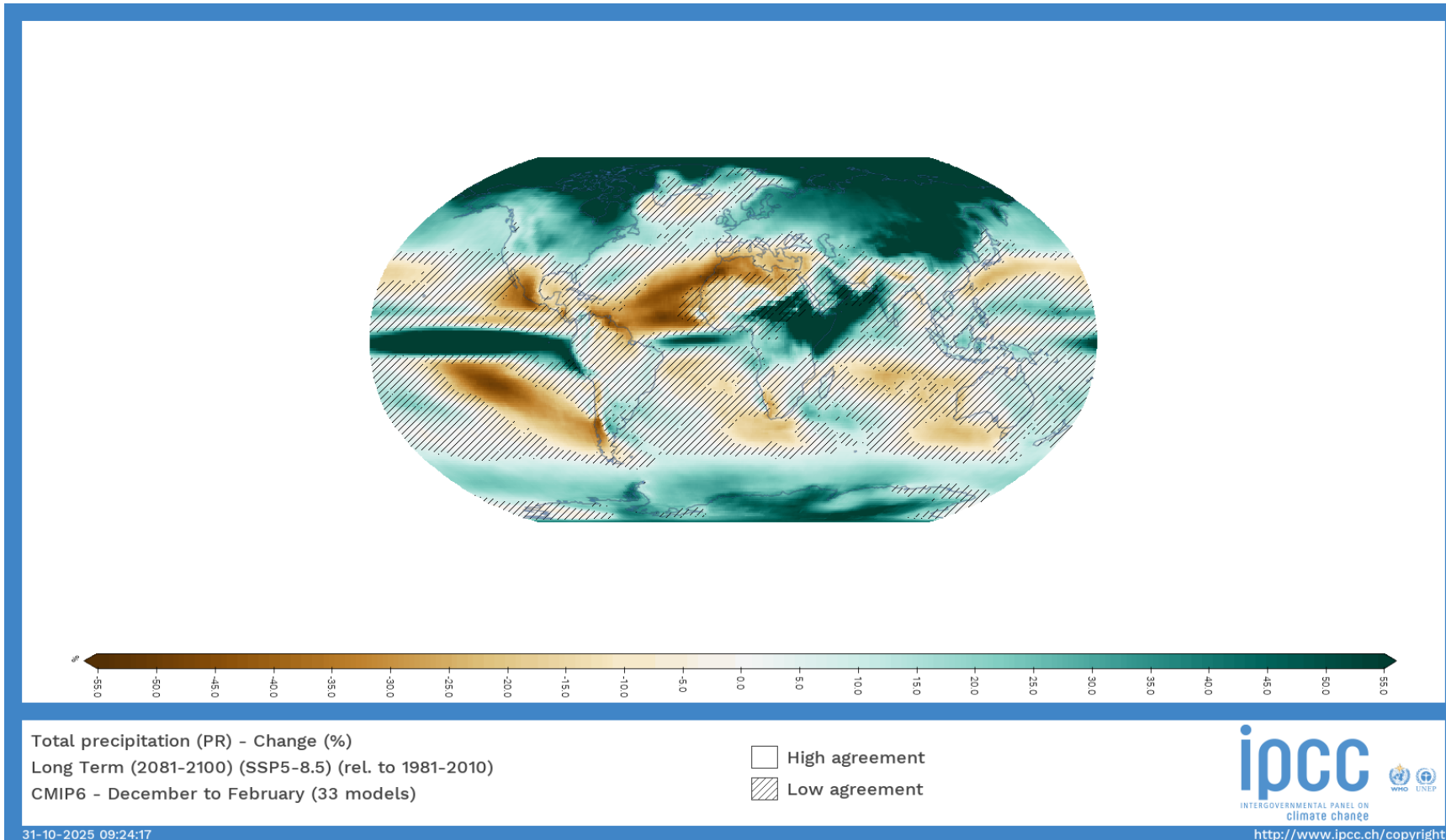
- Talvisademäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2041-2060
- Muutos ei vielä vuosisadan puolivälin tienoilla poikkea merkittävästi skenaarion SSP2-4.5:n arviosta. Päiväntasaajan seudulla muutokset näyttäisivät olevan voimakkaampia.
- Viivoitetuilla alueilla ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta

31-10-2025 09:24:02



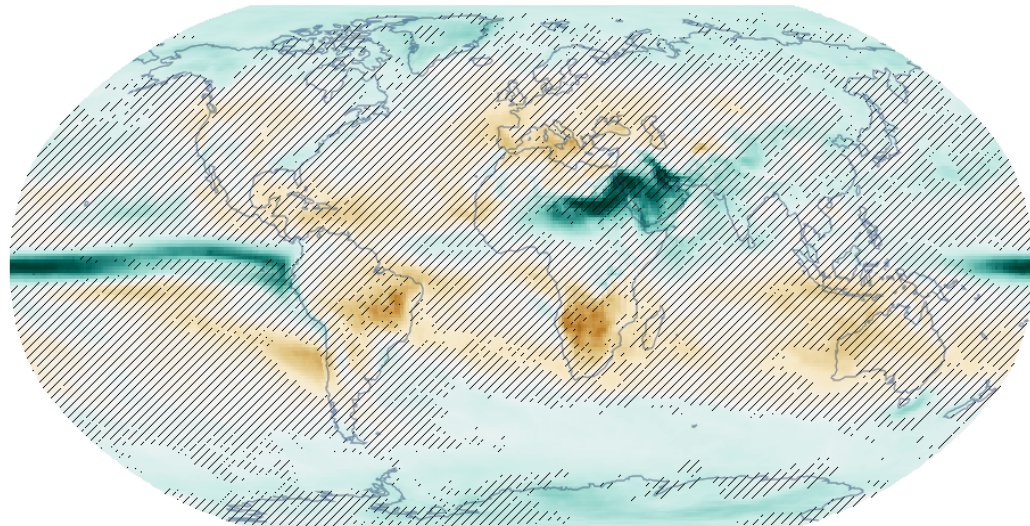
ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Talvisademäärän muutos, SSP5-8.5



- Talvisademäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2081-2100
- Vuosisadan lopulla voimakkaan sademäärä kasvaa vartsinkin pohjoisilla aluilla runsaasti
- Sademäärä pienenee Välimeren seudulla, Väli-Amerikassa ja Pohjois-Afrikassa voimakkaasti, enimmillään 40-50 %.
- Viivoitetuilla alueilla ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta

Kesäsademäärän muutos, SSP2-4.5

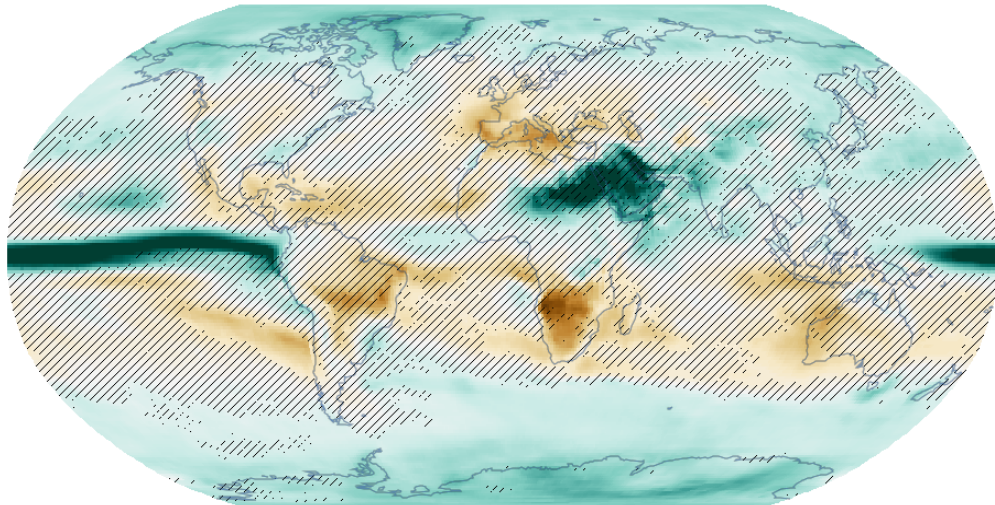


- Kesäsademäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2041-2060
- Muutos on heikempi kuin talvella, Etelä- ja Länsi-Euroopassa sademäärä pienenesi 10-15 %.
- Viivoitetuilla alueilla ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta ja nämä alueet ovat laajempia kuin talviaikaan.

Total precipitation (PR) - Change (%)
Medium Term (2041-2060) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - June to August (32 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

Kesäsademäärän muutos, SSP2-4.5



Total precipitation (PR) - Change (%)
Long Term (2081-2100) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - June to August (32 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change



<http://www.ipcc.ch/copyright>

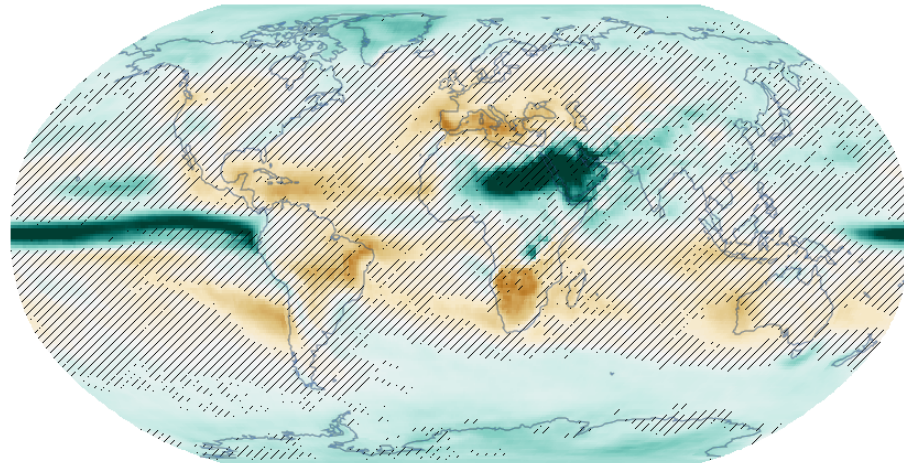
27-10-2025 12:17:55



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

- Kesäsademäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2081-2100
- Muutos on heikompi kuin talvella
- Viivoitetuilla alueilla ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta ja nämä alueet ovat laajempia kuin talviaikaan.
- Länsi-Euroopassa ja Välimeren seudulla sekä varsinkin eteläisessä Afrikassa erottuu alueita, joilla sademäärä selvästi pienenee. Euroopassa n. 10-30 %, Afrikassa paikoin yli 40 %.

Kesäsademäärän muutos, SSP5-8.5



Total precipitation (PR) - Change (%)
Medium Term (2041-2060) (SSP5-8.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - June to August (33 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

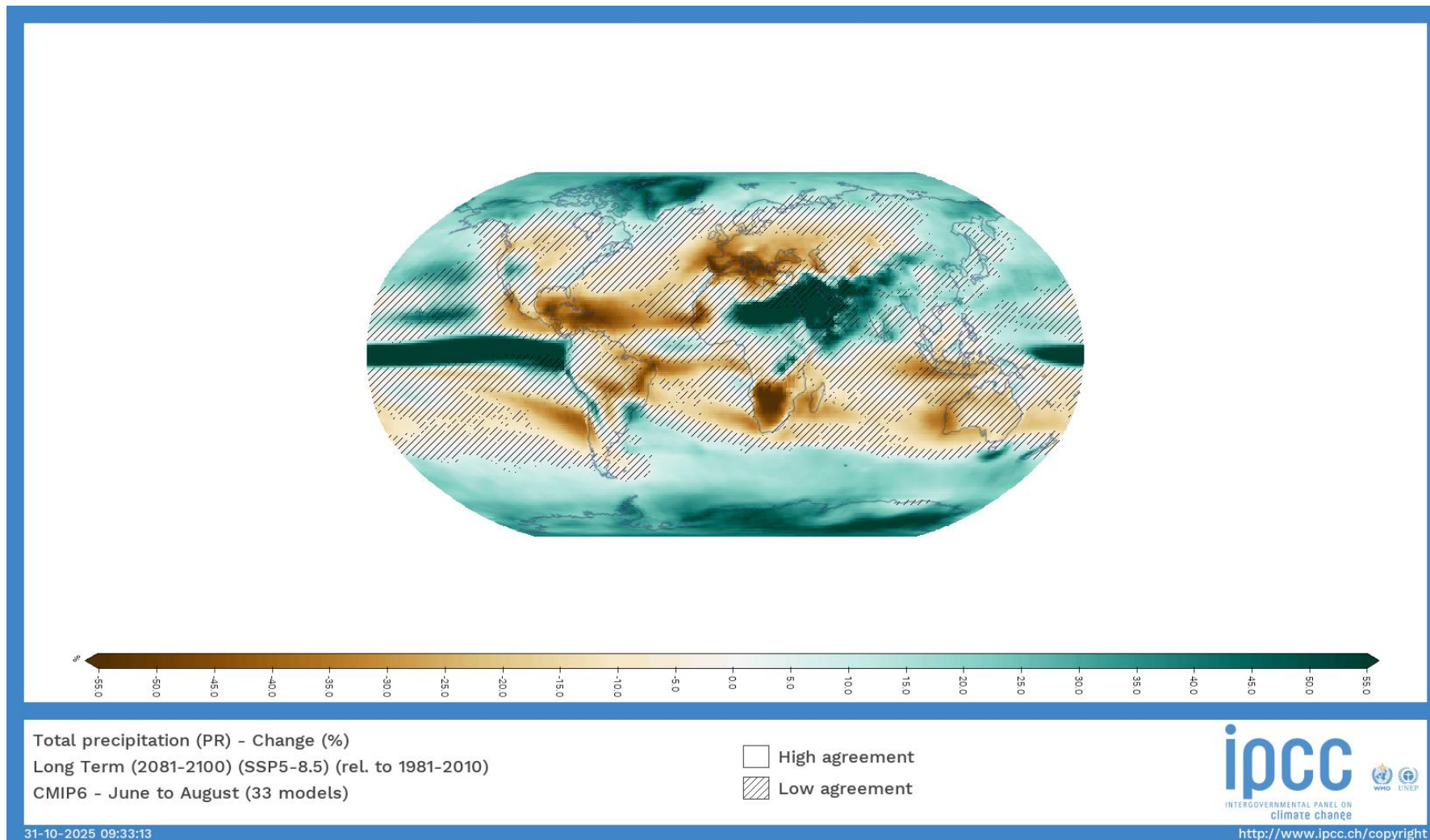
ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change
WHO UNEP

<http://www.ipcc.ch/copyright>

31-10-2025 09:33:05

- Kesäsademäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2041-2060
- Muutos on heikempi kuin talvella, mutta varsinkin Etelä- ja Länsi-Euroopassa voimakkaampi kuin skenaarion SSP2-4.5 mukaan. Sademäärä pienenesi näillä alueilla noin 25-35 %.
- Viivoitetuilla alueilla ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta ja nämä alueet ovat laajempia kuin talviaikaan.

Kesäsademäärän muutos, SSP5-8.5

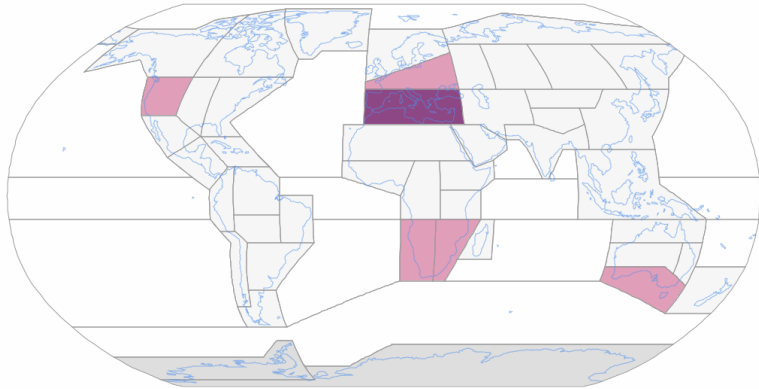


- Kesäsademäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2081-2100
- Suuressa osassa Eurooppaa sademäärä pienenee 30-60 %, voimakkaimmin Välimeren seudulla.
- Myös Väli-Amerikassa, eteläisessä Afrikassa sekä Etelä-Amerikan itärannikolla sademäärän pieneneminen on voimakasta.
- Viivoitetuilla alueilla ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta ja nämä alueet ovat laajempia kuin talviaikaan.

Kuivuus

Kuivuudella on erilaisia määritelmiä:

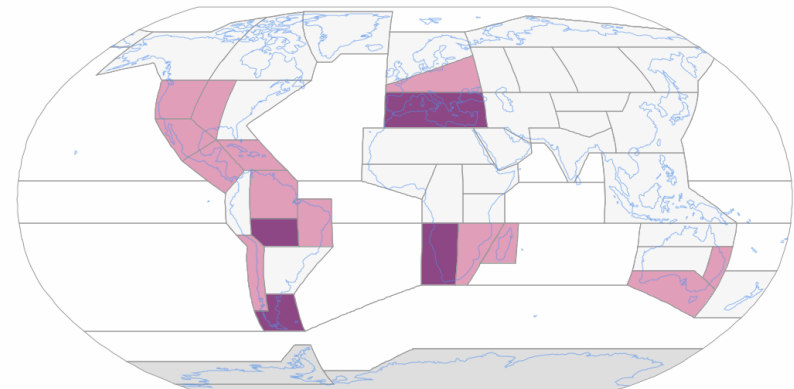
- Meteorologinen kuivuus: sadannan määrä on alle alueen keskiarvon tietyllä alueella
- Hydrologinen kuivuus: vesivarantojen vähyyys pinta- ja pohjavesissä
- Maatalouden kuivuus: viljelykasveilla ei ole riittävästi vettä maaperässä
- Sosioekonominen kuivuus: yhteiskunnan veden tarve ylittää käytettävissä olevan veden määrän
- Hydrologisen kuivuuden (vasen kuva alhaalla) arvioidaan lisääntyvän varsinkin Välimeren alueella (high confidence) ja Keski-Euroopassa (Medium confidence) ja maatalouden kuivuuden vielä laajemmilla alueilla (oikea kuva alhaalla).



High confidence of increase Medium confidence of increase Low confidence in direction of change Medium confidence of decrease High confidence of decrease Not relevant

Hydrological drought (Projections)

The Interactive Atlas provides regional synthesis of observed trends and projected changes in climatic impact-drivers (CIDs) from the Technical Summary (Section TS.4 and Table TS.5) and the Summary for Policymakers (Subsection C.2 and Figure SPM.9).



High confidence of increase Medium confidence of increase Low confidence in direction of change Medium confidence of decrease High confidence of decrease Not relevant

Agricultural and ecological drought (Projections)

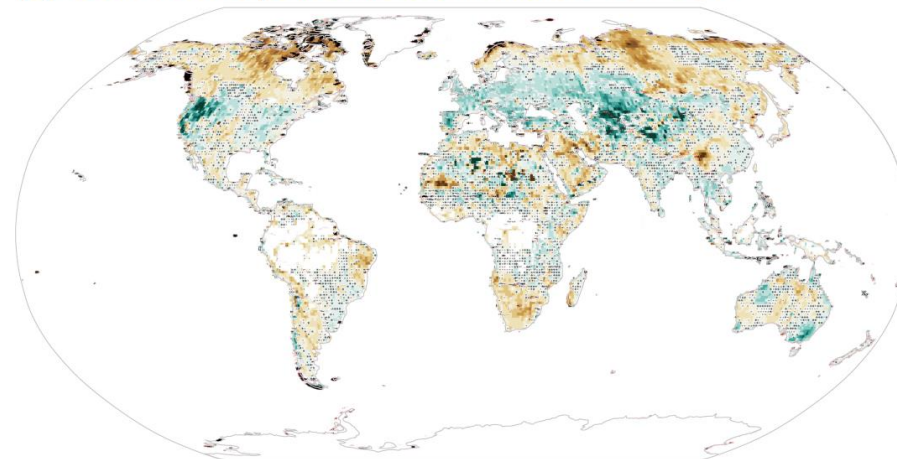
The Interactive Atlas provides regional synthesis of observed trends and projected changes in climatic impact-drivers (CIDs) from the Technical Summary (Section TS.4 and Table TS.5) and the Summary for Policymakers (Subsection C.2 and Figure SPM.9).

Kuivuus: maan kosteus

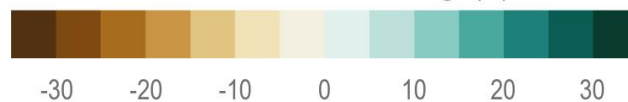
- Historialliset maankosteustrendit osoittavat, että kuivat kaudet ovat muuttuneet kuivemmiksi erityisesti Euroopassa, läntisessä Pohjois-Amerikassa, Pohjois-Aasiassa, eteläisessä Etelä-Amerikassa, Australiassa ja itäisessä Afrikassa
- Veden vähentyminen liittyy ennemminkin lisääntyneeseen haihduntaan kuin sateisuuden vähenemiseen.

Global patterns of changes in soil moisture and people in regions with significant changes

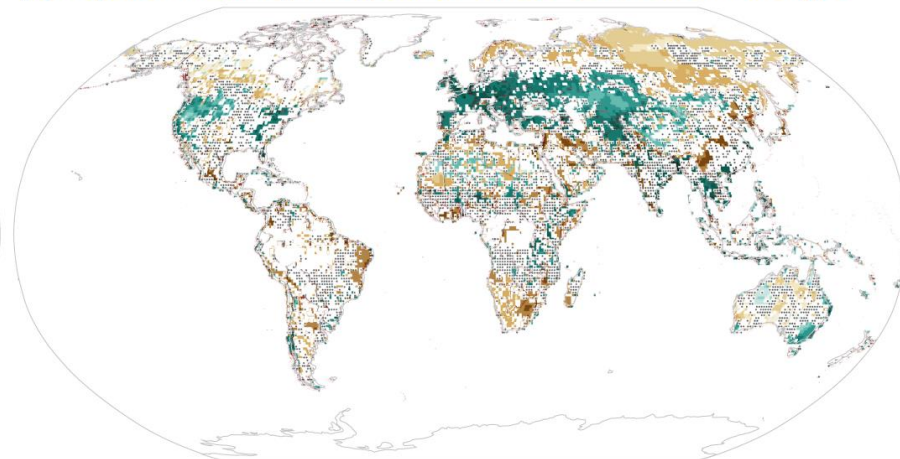
(a) Observed change in surface soil moisture 1978–2018



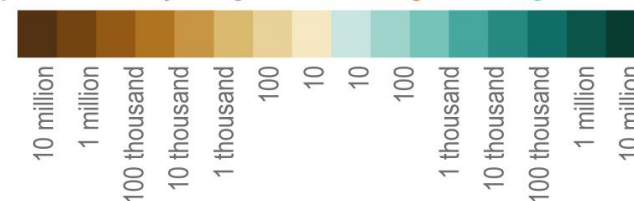
Surface soil moisture change (%)



(b) Population density in regions of surface soil moisture changes



Population density in regions of **reducing/increasing** soil moisture

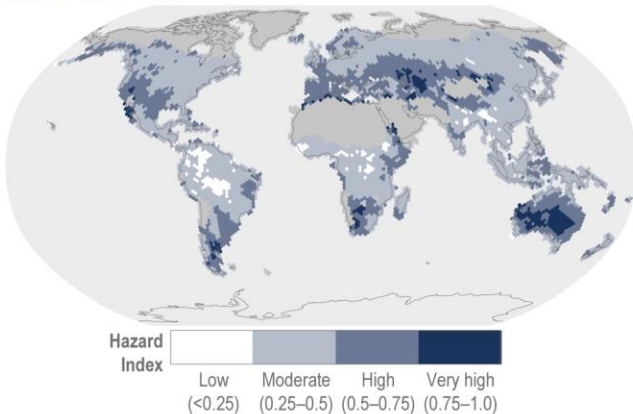


Kuivuusriski tällä hetkellä

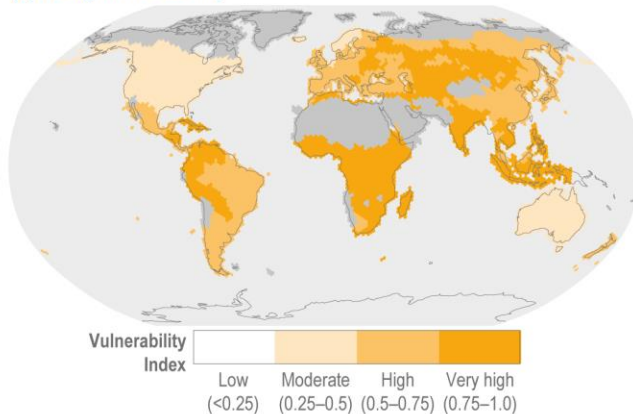
Current global drought risk
averages for period 1901–2010



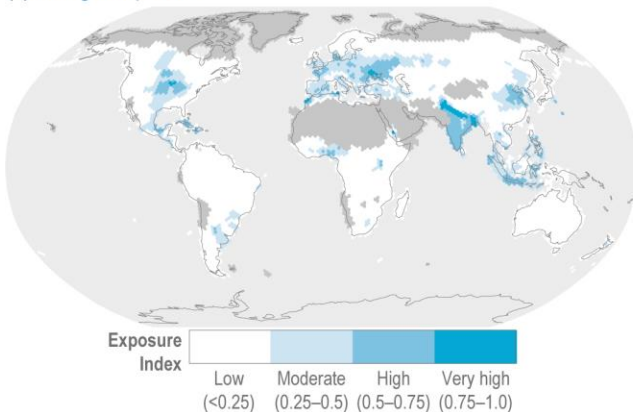
(a) Drought hazard



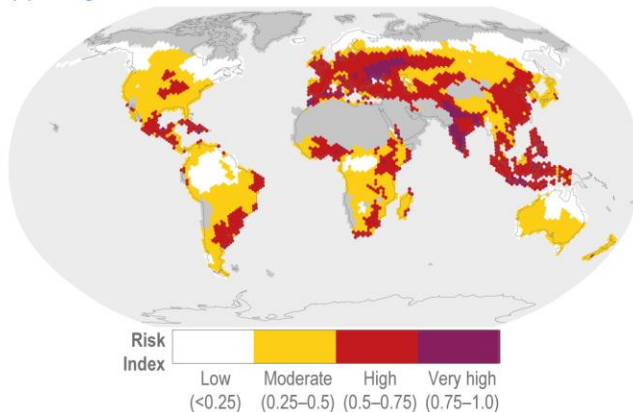
(b) Drought vulnerability



(c) Drought exposure



(d) Drought risk

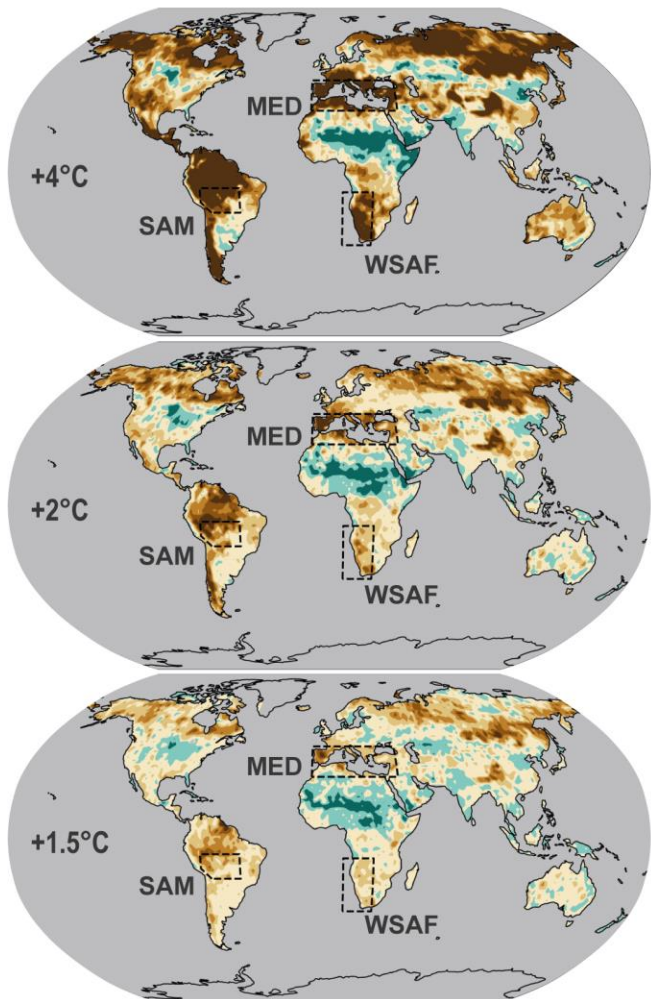


- Ilmatoriski koostuu vaaratekiästä, altistumisesta sekä haavoittuvuudesta
- Kartoilla on esitetty "kuivuusvaaratekiä" (drought hazard (a)), haavoittuvuus (vulnerability (b)) ja altistuminen kuivuudelle (exposure (c)). Nämä yhdessä muodostavat kuivuusriskin (d)
- Riski on nykyilmastossa korkea tai erittäin korkea laajoilla alueilla Euroopassa, Aasiassa ja Väli-Amerikassa sekä paikoin Etelä-Amerikassa ja Afrikassa.
- Jaksolla 1961–2007 kuivuus aiheutti arviolta 25 % satomenetykset globaalisti.

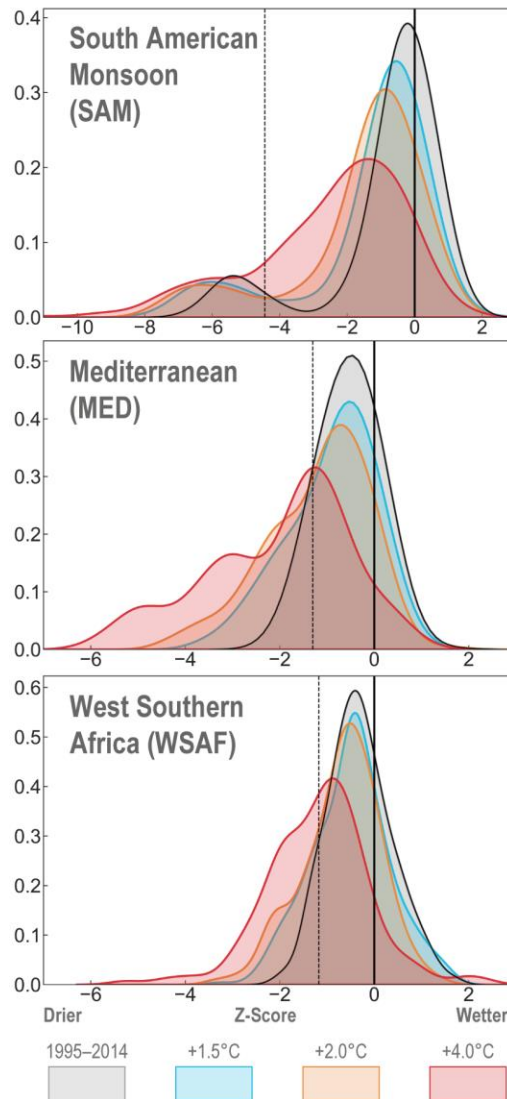
Kuivuuden arvioituja tulevia muutoksia

Projected changes in the likelihood of an extreme single-year agricultural (soil moisture) drought event

Changes in likelihood of extreme agricultural (soil moisture) drought years

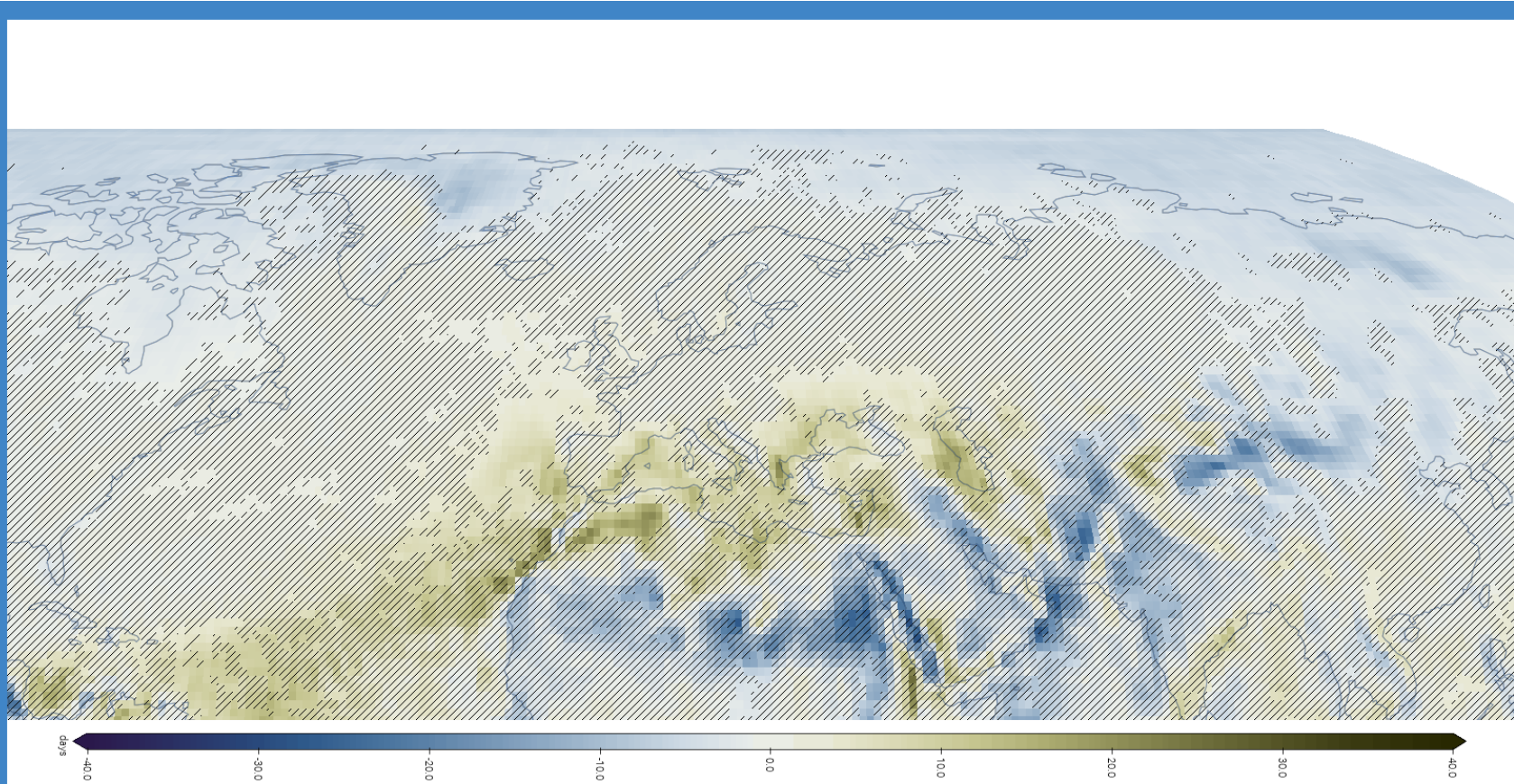


Probability distribution of annual soil moisture anomalies



- 1,5 asteen globaalin lämpenemisen arvioidaan vähintään kaksinkertaistavan äärimmäisen maatalouskuivuuden (agricultural drought) todennäköisyyden laajoilla alueilla eteläisessä Etelä-Amerikassa, Välimerellä, läntisessä Kiinassa ja Pohjois-Amerikan ja Euraasian korkeilla leveysasteilla
- 2 asteen globaalin lämpenemisen arvioidaan kasvattavan tätä todennäköisyyttä 150-200 % samoilla alueilla ja alueet lisäksi laajenevat
- 4 asteen globaali lämpeneminen kasvattaa äärimmäisten kuivuustapahtumien todennäköisyyttä yli 200 % näillä alueilla.
- Lisäksi 4 asteen globaali lämpeneminen kasvattaa äärimmäisen kuivuuden riskiä 100-250 % lounaisessa Pohjois-Amerikassa, Lounais-Afrikassa, Etelä-Aasiassa ja Australiassa.
- Äärimmäisen kuivuuden todennäköisyyden arvioidaan pienenevän keskisessä Pohjois-Amerikassa, Sahelin alueella, Afrikan Sarvessa, läntisessä Intiassa sekä osissa läntistä ja itäistä Aasiaa.
- Kuivuuden aiheuttamat satomenetykset kasvavat vuosisadan loppuun mennessä arviolta 9-12 % vehnälle, 5-6 % maissille, 18-19 % riisille ja 15-16 % soijapavulle skenaarion RCP8.5 mukaan (suhteessa jaksoon 1961-2016)

Peräkkäiset kuivat päivät, SSP2-4.5



Consecutive Dry Days (CDD) - Change (days)
Medium Term (2041-2060) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - Annual (31 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change



<http://www.ipcc.ch/copyright>

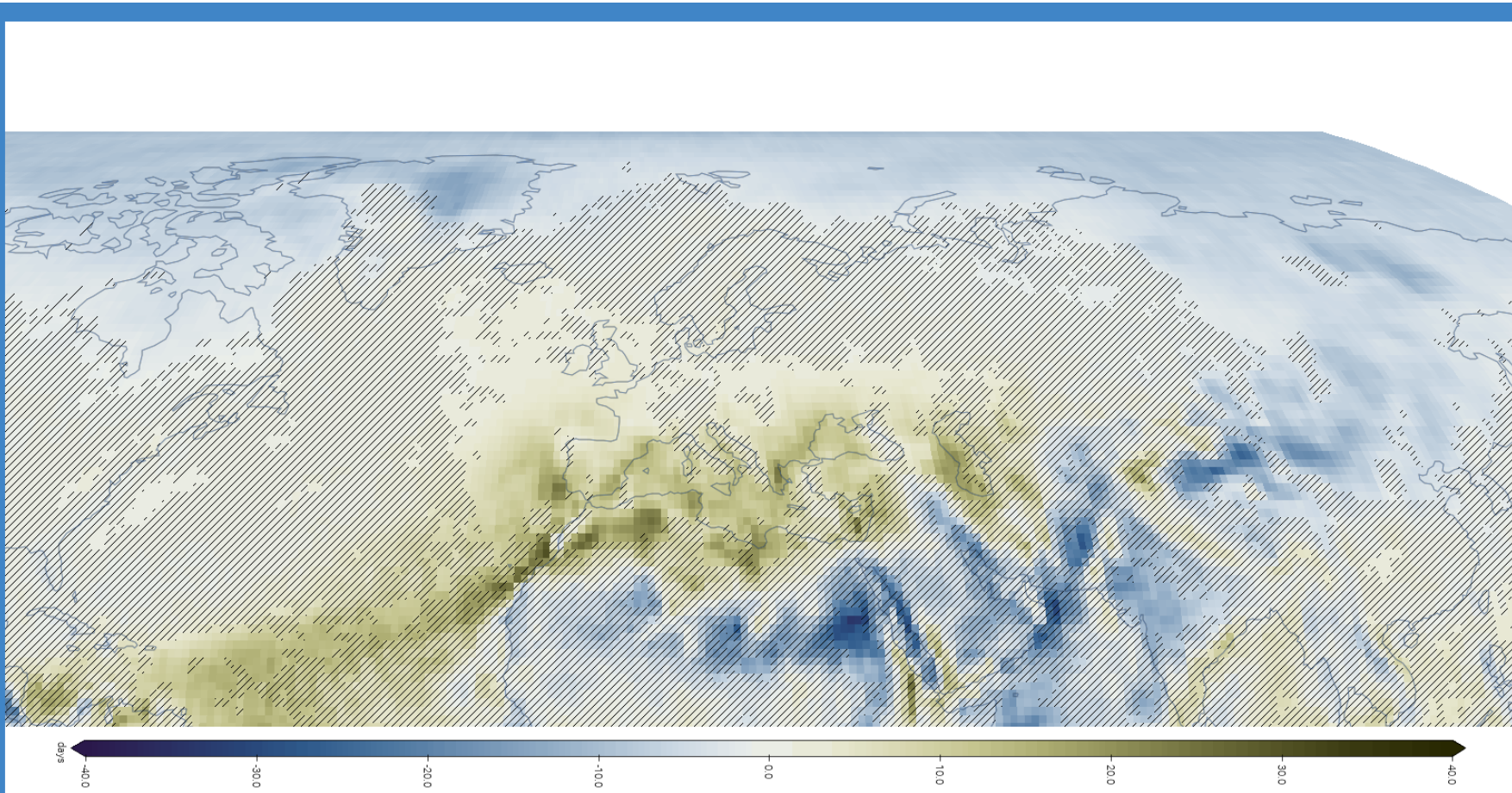
- Peräkkäisten kuivien päivien lukumäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2041-2060
- Kuivan päivän määritelmä: sademäärä < 1 mm.
- Euroopassa muutos on suurin Välimeren alueella, n. 10-15 päivää, suurimmat arvot Kreikassa n. 20 päivää
- Viivoitetuilla alueilla tulos on epävarma, koska ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta

27-10-2025 12:58:01



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Peräkkäiset kuivat päivät, SSP2-4.5



Consecutive Dry Days (CDD) - Change (days)
Long Term (2081-2100) (SSP2-4.5) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - Annual (31 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change

<http://www.ipcc.ch/copyright>

- Peräkkäisten kuivien päivien lukumäärän muutos jaksolta 1981-2010 jaksolle 2081-2100
- Kuivan päivän määritelmä: sademäärä < 1 mm.
- Vuosisadan loppuun mennessä muutokset voimistuvat. Euroopassa muutos on suurin Välimeren alueella, n. 15-20 päivää, suurimmat arvot Kreikassa n. 20-25 päivää.
- Myös Länsi- ja Itä-Euroopassa kuivat päivät lisääntyvät 0-5 päivää.
- Viivoitetuilla alueilla tulos on epävarma, koska ilmastomallit eivät ole yksimielisiä muutoksen suunnasta

27-10-2025 13:02:24



METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Veden kiertokulun muutokseen liittyviä vaikutuksia ja riskejä

Kasteluveden tarpeen lisääntyminen varsinkin alueilla, missä sademäärä vähenee

Satomenetysten kasvu

Myös Euroopassa maatalouteen kohdistuvien tulvariskien kasvu

Pohjavesivarastojen pieneneminen alueilla, joilla kastelu on ollut voimakasta

Muutokset veden kiertokulussa vaikuttavat **energiantuotantoon**

○ Välimeren alueella 2 asteen globaalien lämpenemisen arvioidaan pienentävän vesivoiman tuotantopotentiaalia n. 10 %, voimakkaiden päästöjen RCP8.4 skenaarion mukaan jopa 40 %

○ Pohjois-Euroopassa lisääntyvän sademäärän arvioidaan kasvattavan vesivoiman tuotantopotentiaalia

Veden saatavuuteen lisääntyvät **konfliktit** eri sektoreiden (maatalous, teollisuus, kotitarve, turismi) välillä saattavat kasvaa monien jokien valuma-alueilla, erityisesti Niilin, Indus-joen, Colorado-joen, Feni-joen, Irrawaddy-joen ja Okavango-joen alueilla

Monilla ilmatoriskien alueilla väestö kasvaa ja ilmatoriskien lisäksi tämä **kasvattaa muuttoliikettä**.

Esimerkiksi vesipulan, satomenetysten ja merenpinnan nousun arvioidaan aiheuttavan 31-72 miljoonan (RCP2.6, SSP4) tai 90-143 miljoonan (RCP8.5, SSP4) ihmisen siirtymistä vuoteen 2050 mennessä Saharan eteläpuolisessa Afrikassa, Etelä-Aasiassa ja Latiinalaisessa Amerikassa

Euroopan Unioniin saapuvien turvapaikkahakemusten arvioidaan kasvavan 0.098 (RCP4.5) - 0.66 (RCP8.5) miljoonalla sen seurauksena, että lämpötilan nousu hankaloittaa elinolosuhteita alhaisen tulotason maiden maatalousalueilla

Jäätiköt

Havaittuja muutoksia

- Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana globaali jäätikköjen massan hupeneminen ylitti 0.5 m w.e. (meter water equivalent) vuodessa. Jaksolla 1950-2000 vastaava arvo oli 0.33 m w.e. Tämän suuruinen jäämassan hupeneminen on suurin havaintohistorian aikana.
- Alueelliset ja globaalit pienenevät trendit jäätiköiden massassa ovat olleet lineaarisia vuoteen 1990 asti, jonka jälkeen negatiiviset trendit ovat voimistuneet erityisesti Länsi-Kanadassa, Yhdysvalloissa ja eteläisillä Andeilla.
- Maailmanlaajuisesti jäätikköjärvien määrä, pinta-ala ja tilavuus on kasvanut n. 50 % vuosien 1990 ja 2018 välillä jäätikköjen kiihtyneen sulamisen takia. Tämä voi lisätä jäätikköjärvien tulvimisien riskiä, millä voi olla merkittäviä negatiivisia seurauksia yhteiskuntiin.
- Jäätikköjen sulamisvesien määrä on jo pienentynyt sellaisilla alueilla, joilla jäätiköt ovat ohittaneet huippuvirtausvaiheensa, esimerkiksi Kanadan Kalliovuorilla, Euroopan Alpeilla, trooppisilla Andeilla ja Pohjois-Kaukasuksella
- Jäätikköjen kiihtynyt sulaminen on vaikuttanut negatiivisesti jäätiköiden sulamisvesiin perustuviin kastelujärjestelmiin. Myös vesivoiman tuotanto ja teollisuus ovat paikoin kärsineet valunnan muutoksista.

Jäätiköt

Arvioituja tulevia muutoksia:

- Maailmanlaajuisesti jäätiköiden massan arvioidaan vähenevän vuosien 2015 ja 2100 välillä 18 ± 13 % vuoteen 2100 mennessä, jos maapallon lämpötila nousee $0,9\text{--}2,3$ °C, ja 36 ± 20 %, jos lämpötila nousee $3,2\text{--}5,4$ °C.
- Alueelliset arviot jäätikköjen häviämisen nopeudesta jakautuvat epätasaisesti eri puolille maailmaa ja vaihtelevat huomattavasti eri skenaarioiden välillä.
- Tällaiset muutokset jäätikkövesien valunnassa voivat mahdollisesti aiheuttaa vesipulaa yli 200 miljoonalle ihmiselle Aasian vuoristoalueilla.
- 4 asteen globaalilla lämpenemisellä n. 40 % nykyisestä alavien alueiden sulamisvesiin pohjautuvasta kastelutarpeesta jouduttaisiin täydentämään muilla vesilähteillä. Alueilla, joilla tällaisia vaihtoehtoisia lähteitä ei ole saatavilla, maatalous tulee kärsimään vesipulasta.
- Lisäksi ennustetut muutokset lumen ja jäätiköiden sulamisvesien valunnassa vaikuttavat vesivoimaloiden vedensaantiin. Tämä johtaa vesivoimatuotannon vähenemiseen vuoristoalueilla, esimerkiksi Intiassa, Sveitsissä ja Yhdysvalloissa.

Ikirouta

Havaittuja muutoksia:

- Ikiroudan lämpötilan on havaittu kohonneen globaalisti n. $0.29 \pm 0.12^{\circ}\text{C}$ jaksolla 2007-2016
- Ikirouta on lämmennyt viimeisen 3-4 vuosikymmenen aikana n. 0.4-1.4 astetta/vuosikymmen Venäjän arktisella alueella, 0.1-0.8 astetta/vuosikymmen Alaskassa ja arktisessa Kanadassa sekä 0.1-0.24 astetta/vuosikymmen Tiibetin tasangolla.

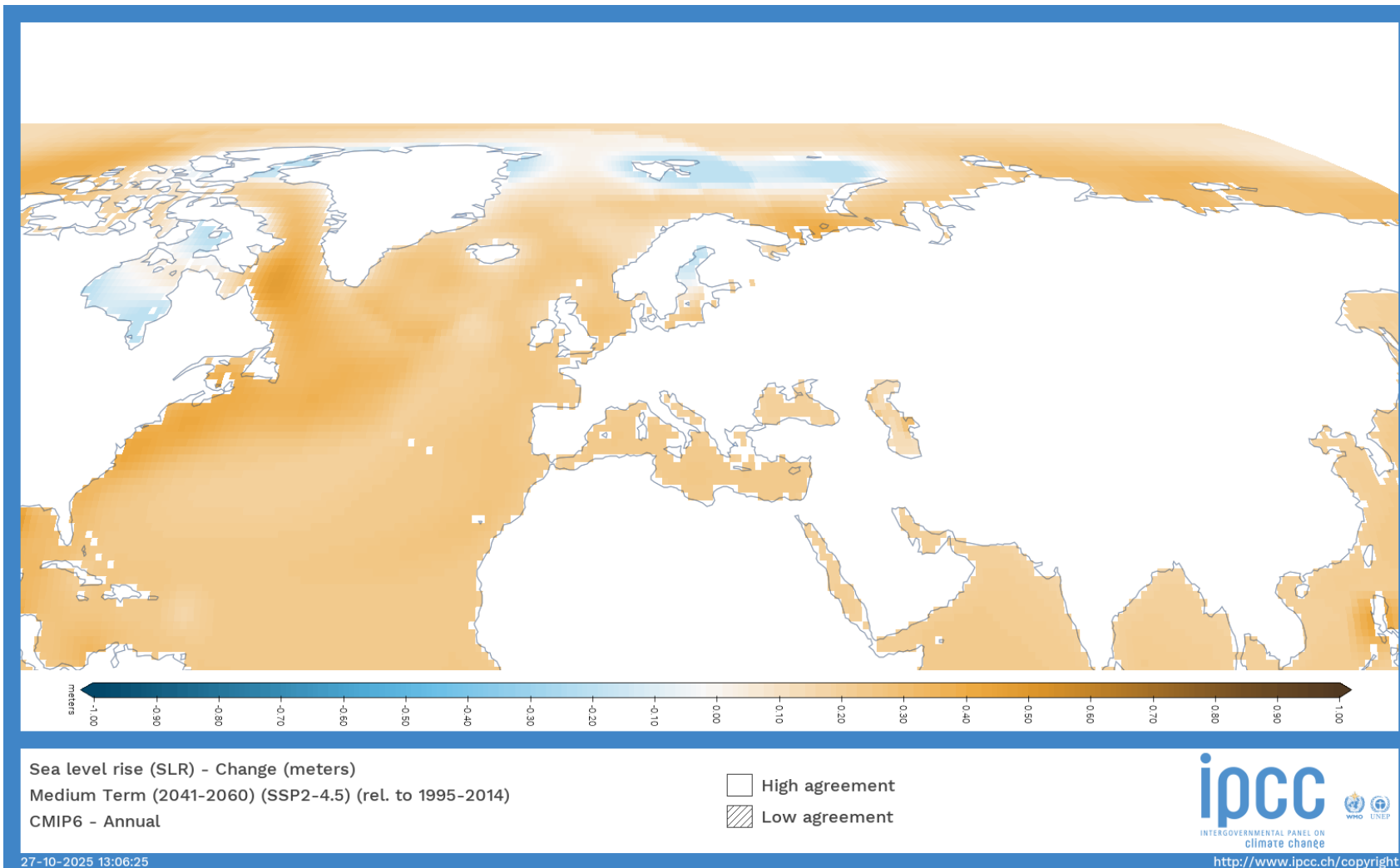
Arvioituja tulevia muutoksia:

- Ikiroudan sulamisen arvioidaan jatkuvan maailmanlaajuisesti kuluvalle vuosisadalle
- Vuotuisen keskimääräisen jäätyneen maan tilavuuden maanpinnan ylimmissä 2 metrissä arvioidaan pienentyvän 10–40 % jokaista globaalin lämpötilan yhden asteen nousua kohti.
- Ikiroudan eteläisen rajan arvioidaan siirtyvän pohjoista kohti 1° – 3.5° , jos maapallo lämpenee 1.5 globaalisti

Meriveden pinnan nousu

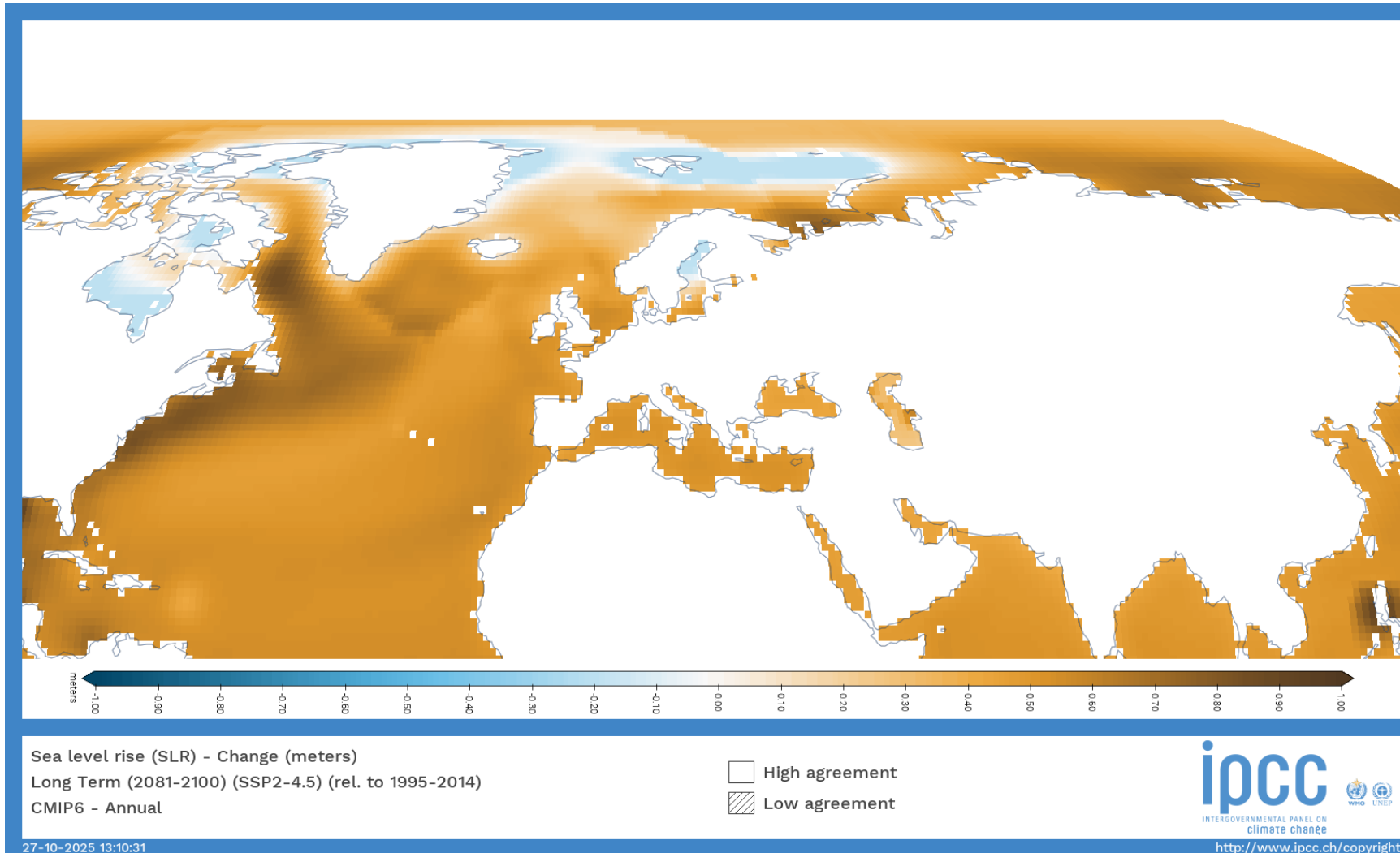
- Meriveden pinta kohosi 1900-luvulla nopeammin kuin yhtenäkkään aiempaan vuosisatana kolmen viimeisen vuosituhannen aikana.
- Nousu oli 0.15-0.25 m jaksolla 1901-2018
- Nousu on kiihtynyt 1960-luvulta alkaen ollen n. 2.3 mm/vuosi jaksolla 1971-2018 ja 3.7 mm/vuosi jaksolla 2006-2018.
- Alueellisesti nousu oli nopeinta läntisellä Tyynellä Valtamerellä ja hitainta itäisellä Tyynellä Valtamerellä jaksolla 1993-2018
- Suhteessa jaksoon 1995-2015 merenpinnan arvioidaan nousevan vuoteen 2050 mennessä 0.18 m (SSP1-1.9)- 0.23 m (SSP5-8.5) ja vuoteen 2100 mennessä 0.38 m (SSP1-1.9) - 0.77 (SSP5-8.5).
- Pääsyyt nousuun ovat meriveden lämpölaajeneminen sekä mannerjäätiköiden sulaminen
- Meriveden pinnan nousun vaikutuksia: maa-alueiden pysyvä jääminen veden alle, rannikkotulvien voimistuminen ja lisääntyminen, rannikkoalueiden eroosion kiihtyminen, rannikkoekosysteemin muutokset ja menetykset, maaperän suolaantuminen
- Meriveden nousu uhkaa monia rannikkoalueita mukaan lukien suuret rannikkokaupungit, matalat saaret, tiheästi asutetut jokisuistot sekä arktiset yhteisöt.

Meriveden pinnan nousu, SSP2-4.5



- Arvioitu keskimääräinen meriveden pinnan nousu jaksolta 1995-2014 jaksolle 2041-2060
- Pohjanlahdella maankohoaminen on vielä voimakkaampaa kuin meriveden pinnan nousu
- Muualla Euroopan rannikoilla nousun arvioidaan olevan n. 20-30 cm.
- Esimerkiksi Yhdysvaltain itärannikolla nousu on voimakkaampaa, n. 40 cm.

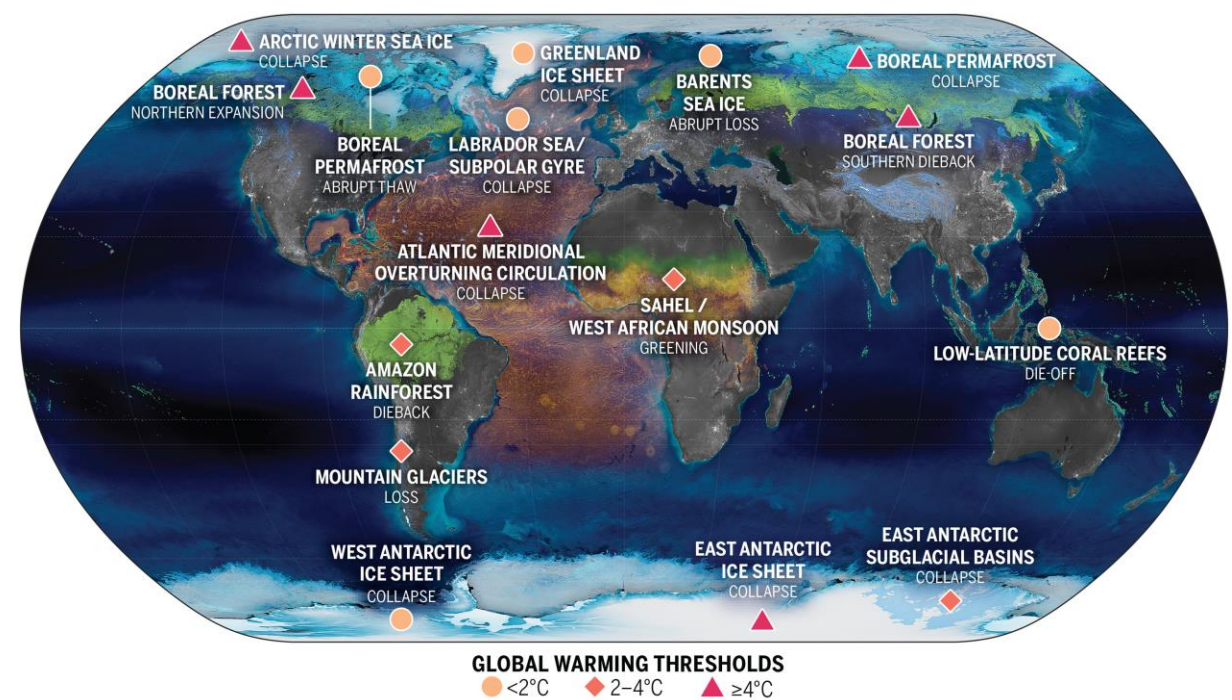
Meriveden pinnan nousu, SSP2-4.5



- Arvioitu keskimääräinen meriveden pinnan nousu jaksolta 1995-2014 jaksolle 2081-2100
- Pohjanlahdella maankohoaminen on vielä voimakkaampaa kuin meriveden pinnan nousu
- Muualla Euroopan rannikoilla nousun arvioidaan olevan n. 20-30 cm.
- Esimerkiksi Yhdysvaltain itärannikolla nousu on voimakkaampaa, n. 40 cm.

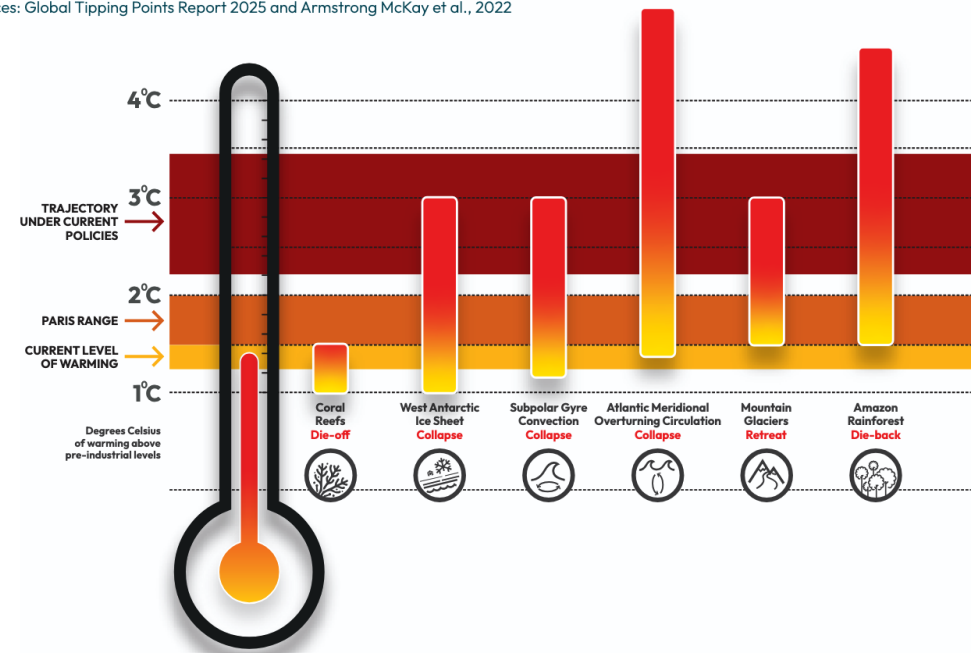
Keikahduspisteet

- Ilmastojärjestelmässä on useita keikahduspisteitä joiden ylittäminen tarkoittaa "peruuttamatonta" siirtymistä toiseen tasapainotilaan
- Suomelle relevantteja keikahduspisteitä ovat Länsi-Antarktiksien jäätikön sulaminen (useiden metrien merenpinnannousu), Pohjois-Atlantin kiertoliikkeen pysähtyminen (Pohjois-Euroopan viileneminen) ja ikiroudan sulaminen
- Näistä Länsi-Antarktiksien jäätikön sulaminen voisi tapahtua jo alle kahden asteen globaalilla lämpenemisellä, mutta Pohjois-Atlantin kiertoliikkeen romahtaminen sekä ikiroudan sulaminen vaatisi yli neljän asteen lämpenemistä (Armstrong McKay et al. 2022)



Risks of Earth system tipping points increase with global warming

Sources: Global Tipping Points Report 2025 and Armstrong McKay et al., 2022



Länsi-Antarktiksens jäätikön ja ikiroudansulaminen

Länsi-Antarktiksens jäätikön sulaminen

- Keikahduspiste saatetaan saavuttaa jo alle kahden asteen globaalilla lämpenemisellä, eli tämän vuosisadan aikana
- Itse koko jäätikön sulaminen kestää kuitenkin vuosisatoja ellei vuosituhansia
- Voisi johtaa pitkällä aikavälillä jopa 5 m merenpinnan nousuun, eli nostaisi myös Suomessa merenpintaa merkittävästi (vaikka maankohoaminen vielä sitä hillitsee)

Ikiroudansulaminen

- Ikiroudansulamasta on sekä alueellisia että globaaleja seurauksia
- Sulaminen vapauttaisi maaperästä valtavan määrän hiilidioksidia ja metaania, mikä taas edelleen kiihdyttäisi lämpenemistä
- Äkillisen sulamisen prosessit kasvattaisivat päästöjä asteittaiseen/vähittäiseen sulamiseen verrattuna arviolta n. 50-100 % 100-300 vuoden aikajänteellä.
- Alueellisesti ikiroudansulaminen aiheuttaa maaperän pehmenemistä ja sitä kautta ikirouta-alueilla rakennuksien ja muun infrastruktuurin vaurioita tai tuhoja
- Myös alkuperäiskansojen elinolosuhteet vaikeutuvat

Pohjois-Atlantin kiertoliikkeen pysähtyminen

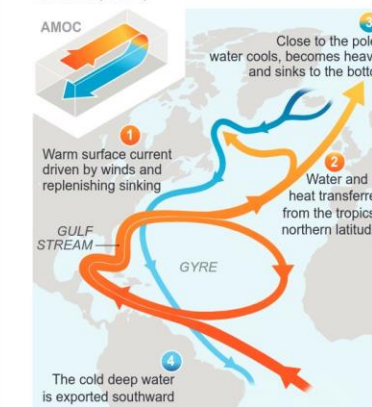
- Golf-virta on osa laajempaa Pohjois-Atlantin kiertoliikettä eli AMOCia, joka on veden lämpötila- ja tiheyserojen ajama merien hidas kiertoliike, missä napoja kohti virtaava pintavesi tihenee, uppoaa syvemmälle, ja palaa etelään.
- AMOCin ennustetaan heikkenevän tällä vuosisadalla, mutta romahtamisen ajankohdan määrittely on edelleen hyvin epävarmaa. Viimeisimmässä IPCC:n raportissa sanotaan "The AMOC is very likely to weaken over the 21st century for all considered scenarios (high confidence), however an abrupt collapse is not expected before 2100 (medium confidence)."
- IPCC:n kuudennen arviointiraportin jälkeen on kuitenkin ilmestynyt tutkimuksia, joiden mukaan todennäköisyys voisi olla nykytiedon valossa suurempi.
- Esimerkiksi Drijfhout et al. (2025) toteaa että vuoteen 2300 mennessä SSP2-4.5 skenaariossa AMOCin romahtaminen tapahtuu noin kolmasosassa (37 %) CMIP6-ilmastomalleja

FAQ 9.3: Will the Gulf Stream shut down?

The Gulf Stream, a warm current, is expected to weaken but not cease. This slowdown will affect regional weather and sea level.

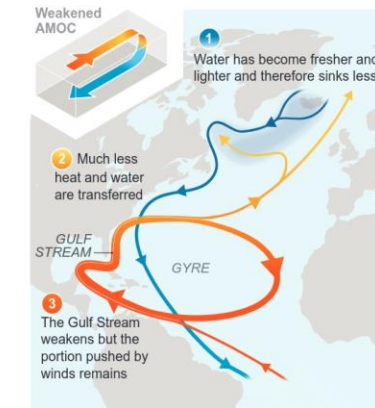
Today

The Gulf Stream is part of both the horizontal, subtropical gyre and the vertical, Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC)

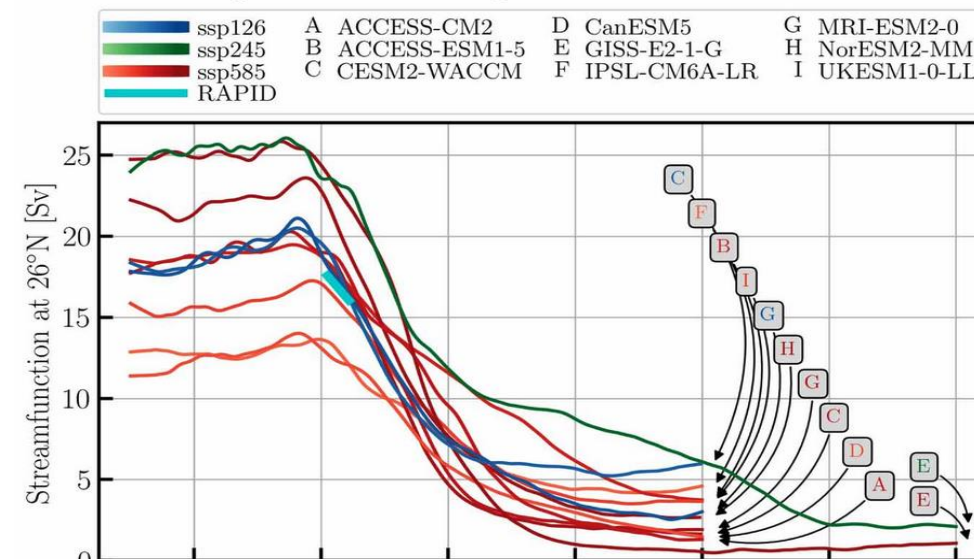


In a warmer world

Climate change weakens the AMOC, which slows the Gulf Stream down

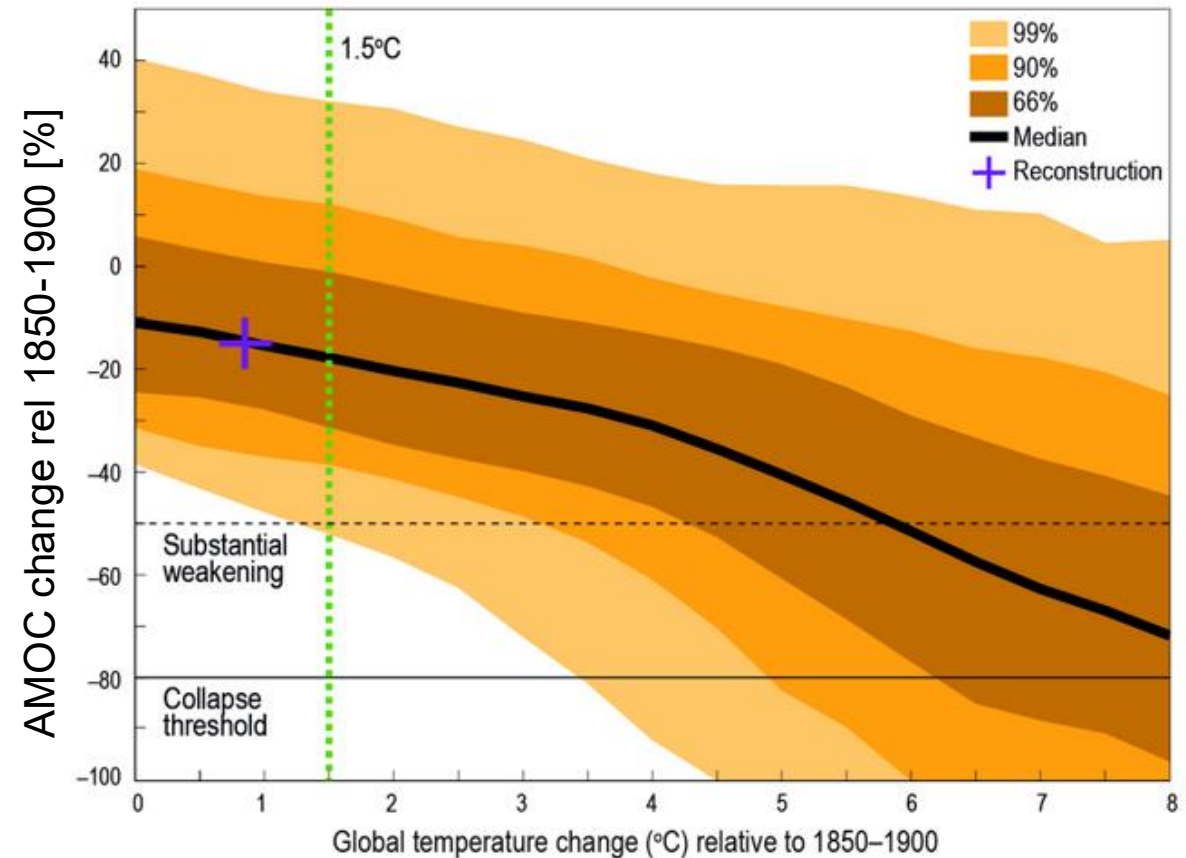


AMOC strength and heat transport for NADW shutdown simulations



AMOCin tilanne tällä hetkellä

- Epäsuorien aineistojen perusteella AMOC on hitaampi kuin tuhansiin vuosiin ([Ceasar et al. 2021](#))
- Suorat havainnot ovat kuitenkin liian lyhyeltä ajalta trendin todentamiseksi ([Johns et al. 2023](#), [Volkov et al. 2024](#))



[IPCC SROC figure 6.9](#)

Pohjois-Atlantin kiertoliikkeen romahtamisen vaikutuksia

- AMOC:in romahtaminen näkyisi koko pohjoisen pallonpuoliskon viilentymisenä, eniten Pohjois- ja Luoteis-Euroopan alueella ja niitä ympäröivillä merialueilla
- **Eniten viilentyisivät talvet:** esimerkiksi van Westen et al. 2025 mukaan RCP4.5 skenaarion mukaisessa ilmaston lämpenemisessä ja AMOC:in romahtamisessa Helsingissä voisi esiintyä -40 asteen pakkasia. Talvien viileneminen johtuisi merijään laajumisesta.
- Eri ilmastomallit ovat kuitenkin eri mieltä viilenemisen suuruudesta: osassa malleja siihen mennessä tapahtuva ilmaston lämpeneminen kumoaisi lähes kokonaan AMOCin romahtamisesta johtuvan viilenemisen. Vaikutuksista ei siis vielä vallitse konsensus.
- Pohjois-Euroopassa vaikutukset ovat suurempia matalan päästöjen skenaarioissa, joissa globaali lämpeneminen on heikompaa (suurempi viileneminen), kuin korkeiden päästöjen skenaariossa, jossa lämpeneminen kumoaa enemmän viilenemistä.
- Suurempi pohjois-etelä-suuntainen lämpötilaero johtaisi **myrskyjen voimistumiseen** ja suihkuvirtausalueen siirtymiseen Pohjois-Euroopan ylle
- AMOCin romahtamisesta johtuva viileneminen näkyy myös **sateiden vähentymisenä ja yleisenä kuivuuden lisääntymisenä**
- **Alueellisesti myös merenpinta nousee**, arviot liikkuvat 20-50 cm välillä



Lähteet:

Caesar, L., McCarthy, G.D., Thornalley, D.J.R. *et al.* Current Atlantic Meridional Overturning Circulation weakest in last millennium. *Nat. Geosci.* **14**, 118–120 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00699-z>

Caretta, M.A., A. Mukherji, M. Arfanuzzaman, R.A. Betts, A. Gelfan, Y. Hirabayashi, T.K. Lissner, J. Liu, E. Lopez Gunn, R. Morgan, S. Mwanga, and S. Supratid, 2022: Water. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 551–712, doi:10.1017/9781009325844.006.

David I. Armstrong McKay et al. Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science*, 377, eabn7950 (2022). DOI:10.1126/science.abn7950

The Global Tipping Points Report 2025 (<https://global-tipping-points.org/>)

Drijfhout, S., Angevaere, J. R., Mecking, J., van Westen, R. M., & Rahmstorf, S. (2025). Shutdown of northern Atlantic overturning after 2100 following deep mixing collapse in CMIP6 projections. *Environmental Research Letters*, 20(9), 094062.

Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, 2021: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, doi: [10.1017/9781009157896.011](https://doi.org/10.1017/9781009157896.011).

Johns William E., Elipot Shane, Smeed David A., Moat Ben, King Brian, Volkov Denis L. And Smith Ryan H. (2023): Towards two decades of Atlantic Ocean mass and heat transports at 26.5° NPhil. Trans. R. Soc. A.38120220188<http://doi.org/10.1098/rsta.2022.0188>

Oppenheimer, M., B.C. Glavovic, J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari, 2019: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 321-445. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.006>.

van Westen, R. M., & Baatsen, M. L. (2025). European temperature extremes under different AMOC scenarios in the community Earth system model. *Geophysical Research Letters*, 52(12), e2025GL114611.

van Westen, R. M., van der Wiel, K., Falkena, S. K., & Selten, F. (2025). Changing European Hydroclimate under a Collapsed AMOC in the Community Earth System Model. *EGUsphere*, 2025, 1-29.

Volkov, D.L., Smith, R.H., Garcia, R.F. *et al.* Florida Current transport observations reveal four decades of steady state. *Nat Commun* **15**, 7780 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51879-5>



IPCC:n interaktiivinen atlas karttojen Hyödyllisiä linkkejä tarkasteluun: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

Copernicuksen interaktiivinen karttatyökalu: <https://atlas.climate.copernicus.eu/atlas>

NASAn työkalu meriveden nousun tarkasteluun: <https://sealevel.nasa.gov/faq/17/which-areas-of-the-world-will-be-most-affected-by-sea-level-rise-over-the-next-century-and-after-that/> (huom. Ei päivitetä)

