

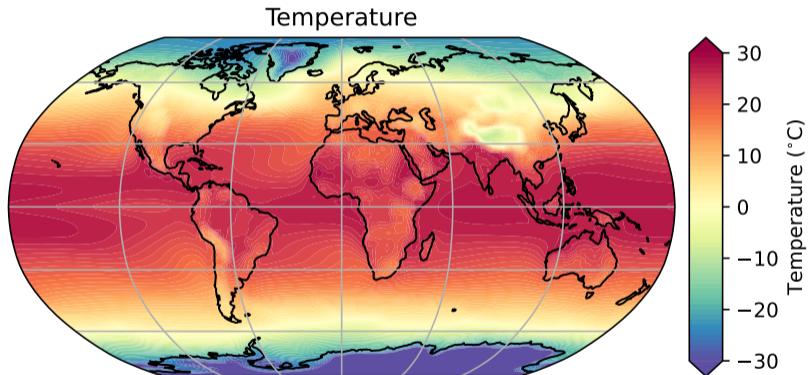
Een kouder Nederland in een warmere wereld

René van Westen

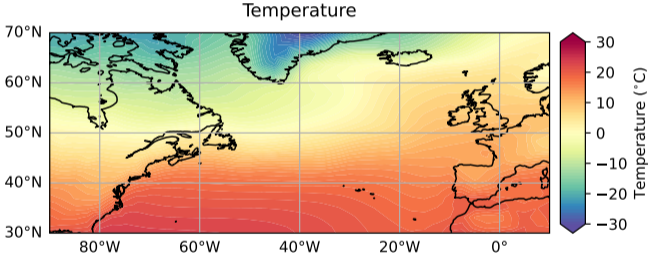
Netwerkdag ENW

20 mei 2026

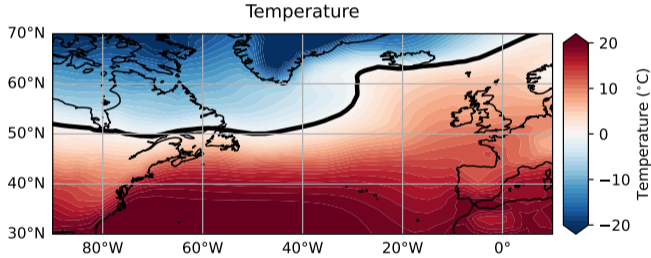
Het hedendaagse klimaat



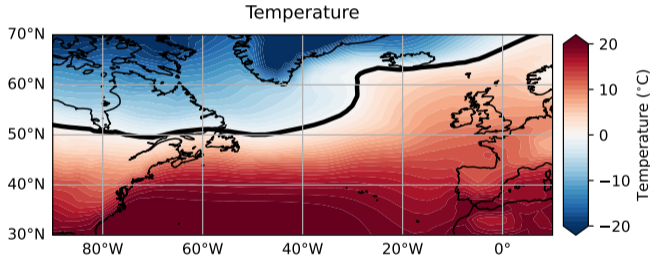
Het hedendaagse klimaat



Het hedendaagse klimaat

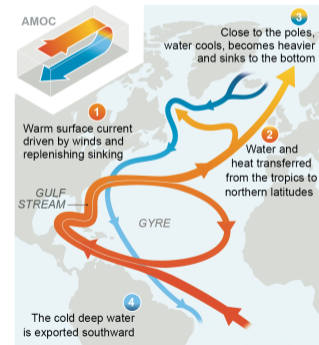


Het hedendaagse klimaat

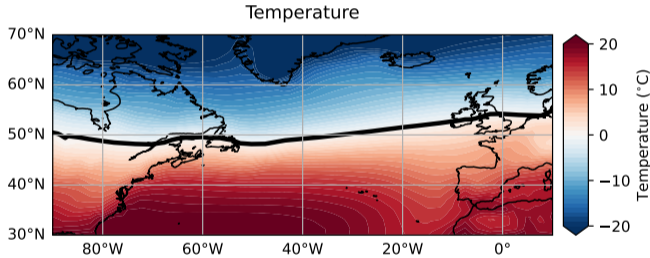


Today

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

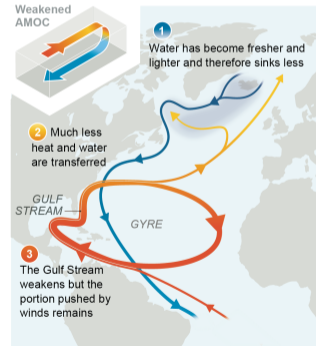


Het hedendaagse klimaat



In a warmer world

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



Tipping Points in the News

Critical Atlantic Ocean current system is showing early signs of collapse, prompting warning from scientists

By Laura Redding, CNN

Atlantic Ocean circulation nearing 'devastating' tipping point, study finds

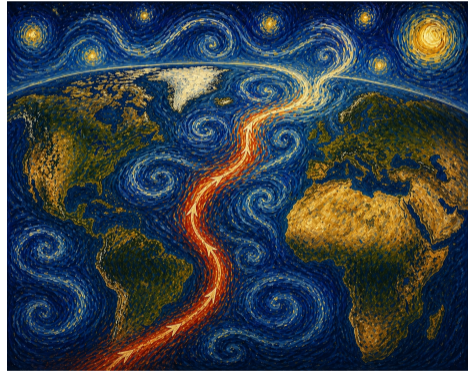
Collapse in system of currents that helps regulate global climate would be at such speed that adaptation would be impossible

Atlantic Ocean is headed for a tipping point – once melting glaciers shut down the Gulf Stream, we would see extreme climate change within decades, study shows

Published: February 9, 2024 2:01pm EST Updated: February 11, 2024 12:11pm EST

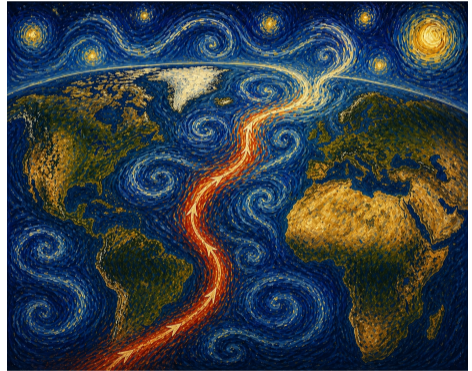
Overzicht

- Werking van de oceaancirculatie



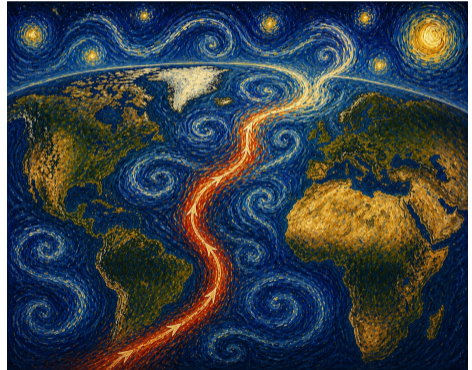
Overzicht

- Werking van de oceaancirculatie
- Ineenstorting van de oceaancirculatie



Overzicht

- Werking van de oceaancirculatie
- Ineenstorting van de oceaancirculatie
- Klimaatverschuivingen



De Atlantic Meridional Overturning Circulation (**AMOC**)

- Meridionaal transport van warmte en zout
 - Meridionaal = zuid – noord richting

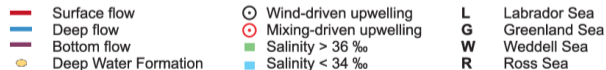
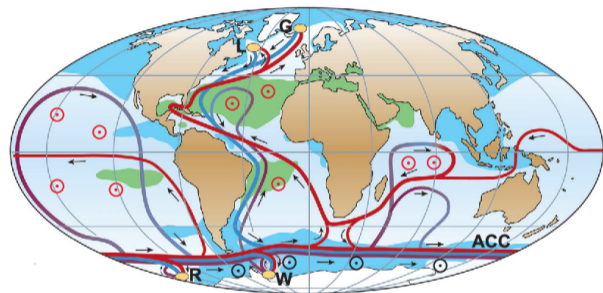


Figure credits: Rahmstorf (2006) *Nature*

De Atlantic Meridional Overturning Circulation (**AMOC**)

- Meridionaal transport van warmte en zout
 - Meridionaal = zuid – noord richting
- Roltrap in de Atlantische Oceaan
 - Warm oppervlakte water (noordwaarts)
 - Koud diepte water (zuidwaarts)

Today

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

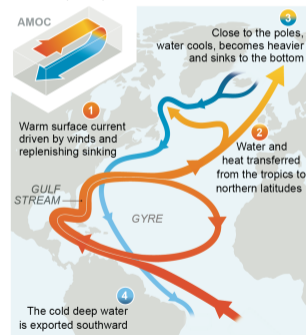
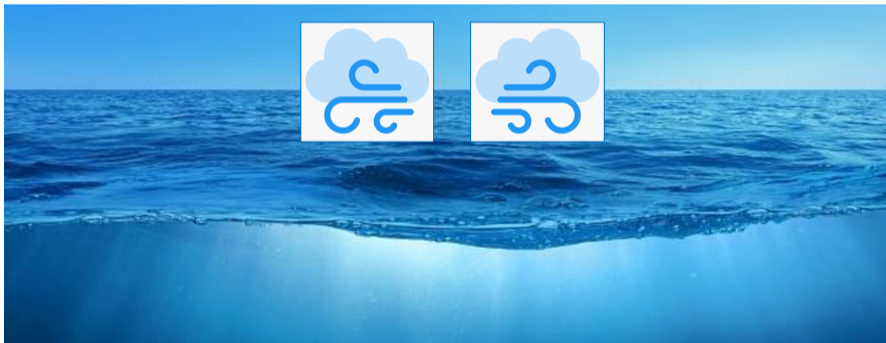


Figure credits: The 6th IPCC report

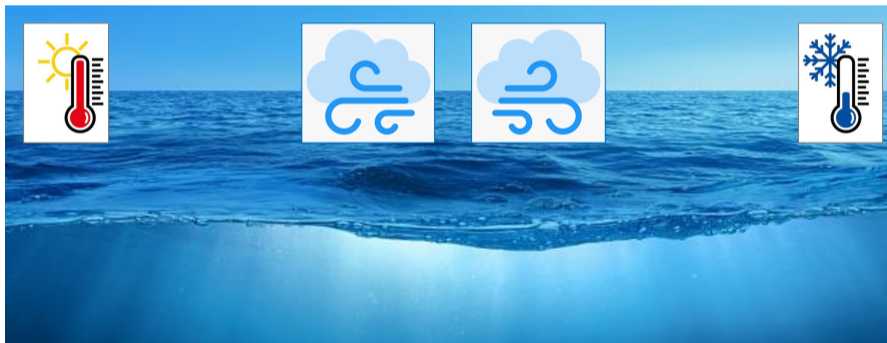
Drijvers van de oceaancirculatie



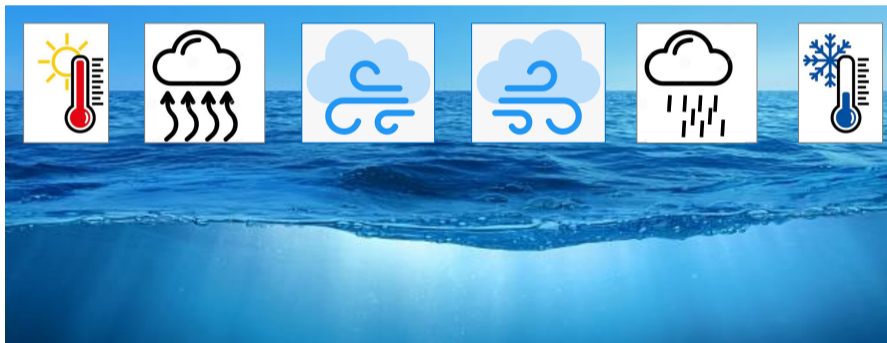
Drijvers van de oceaancirculatie



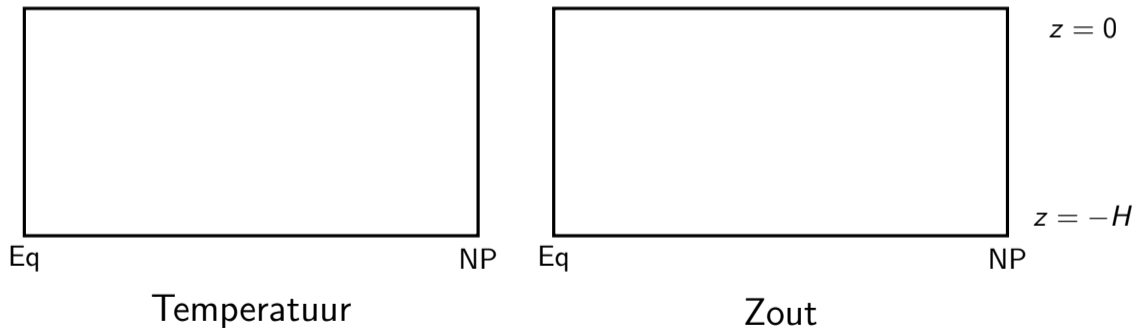
Drijvers van de oceaancirculatie



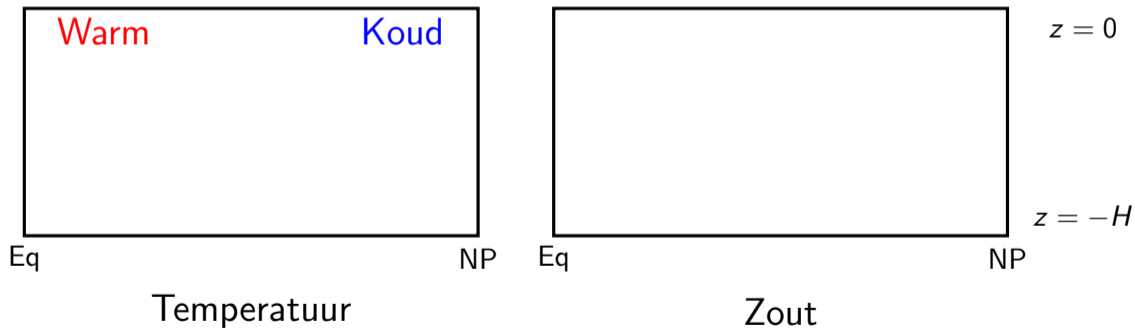
Drijvers van de oceaancirculatie



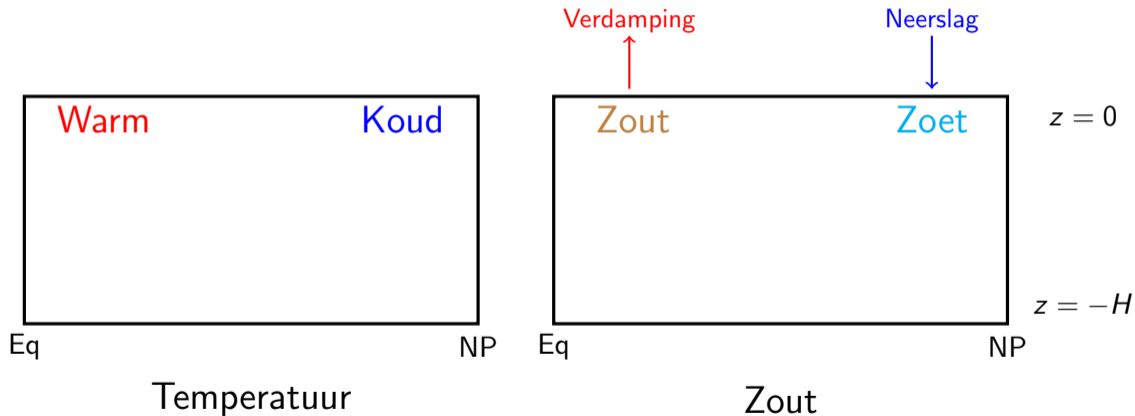
Strijd der Titanen



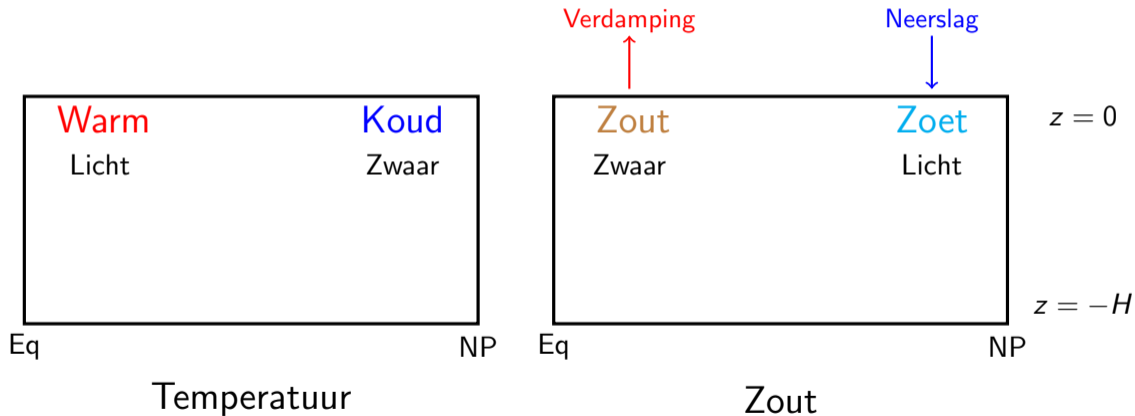
Strijd der Titanen



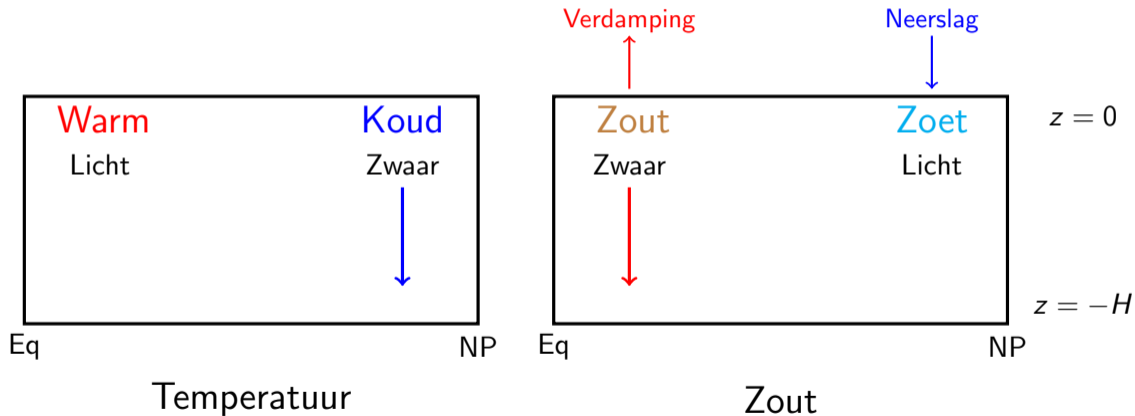
Strijd der Titanen



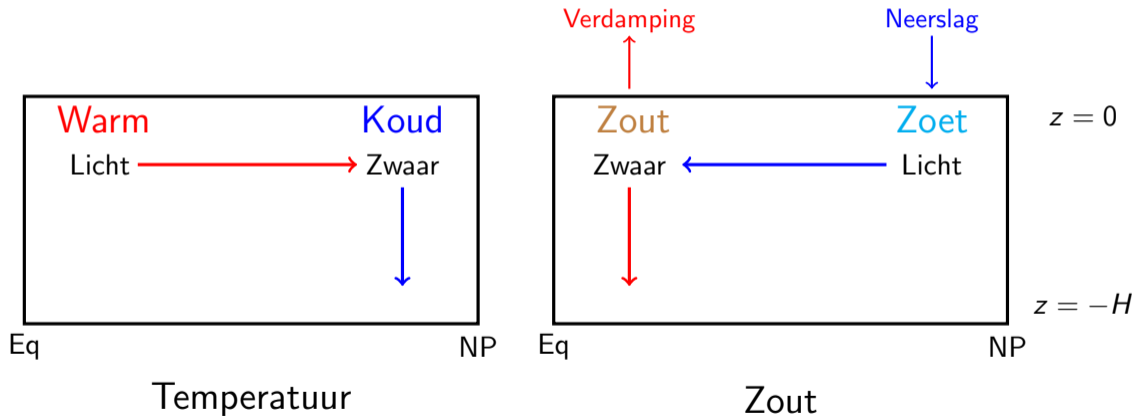
Strijd der Titanen



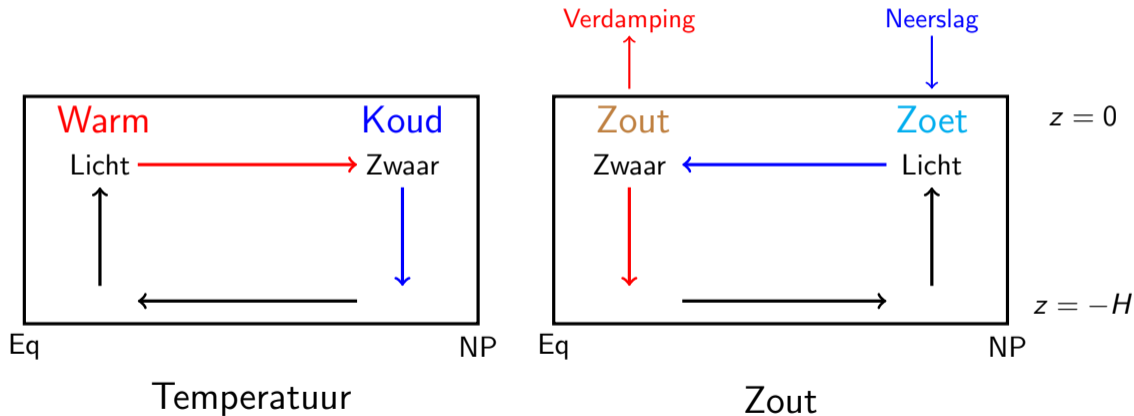
Strijd der Titanen



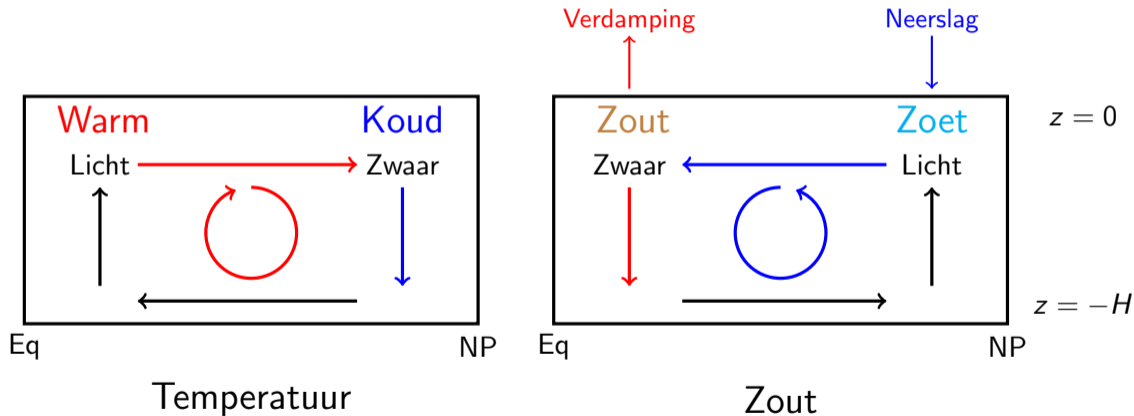
Strijd der Titanen



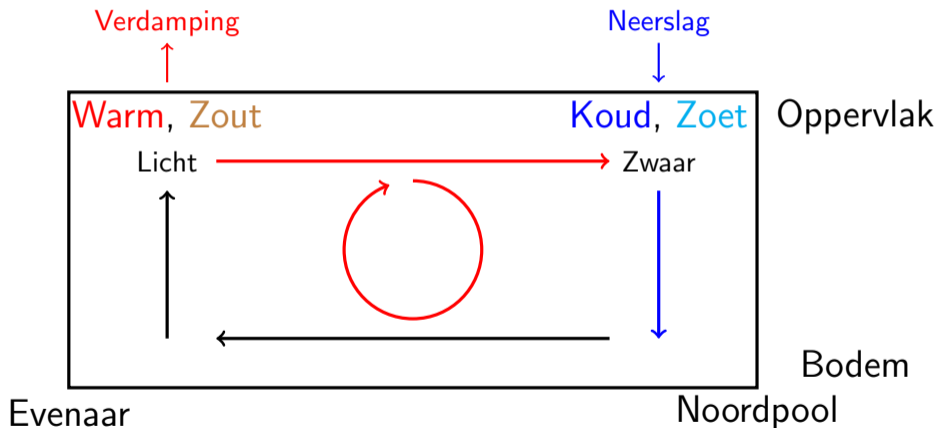
Strijd der Titanen



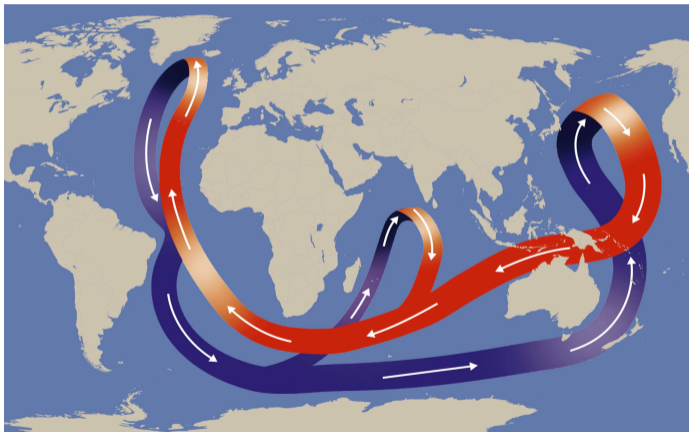
Strijd der Titanen



Versimpelde weergave van de thermohaline circulatie

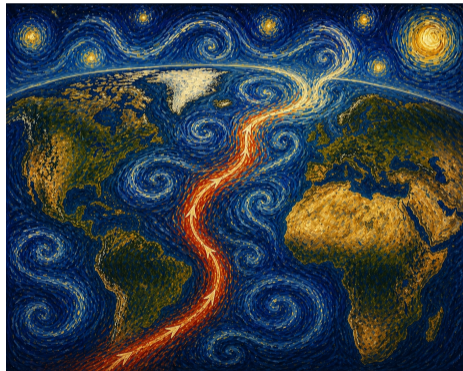


Versimpelde weergave van de thermohaline circulatie



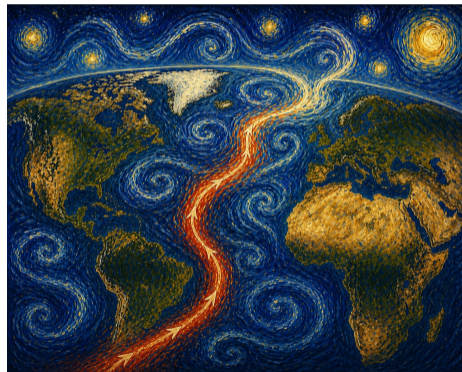
Overzicht

- Werking van de oceaancirculatie
- Ineenstorting van de oceaancirculatie
- Klimaatverschuivingen



Overzicht

- Werking van de oceaancirculatie
- Ineenstorting van de oceaancirculatie
- Klimaatverschuivingen



De hedendaagse AMOC sterkte

Today

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

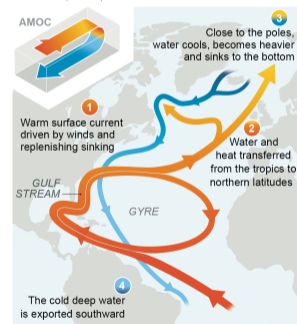
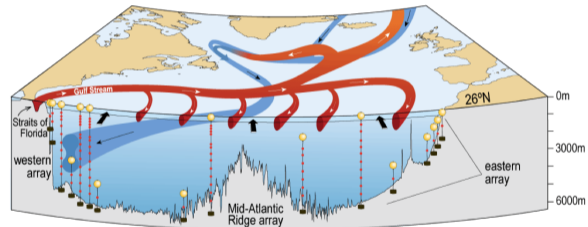


Figure credits: The 6th IPCC report

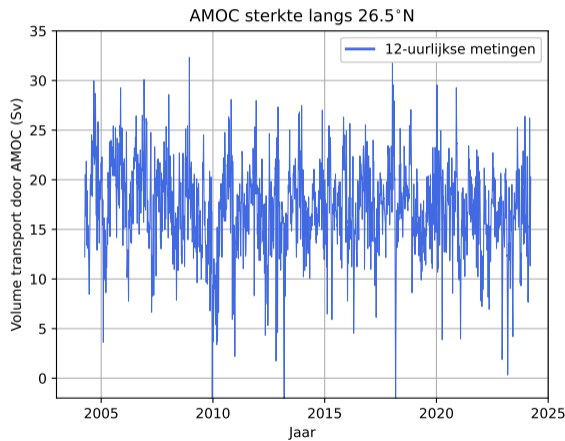
De hedendaagse AMOC sterkte

- Observaties over de RAPID-MOCHA array
 - Over de gehele breedte op 26.5°N
 - Sinds april 2004



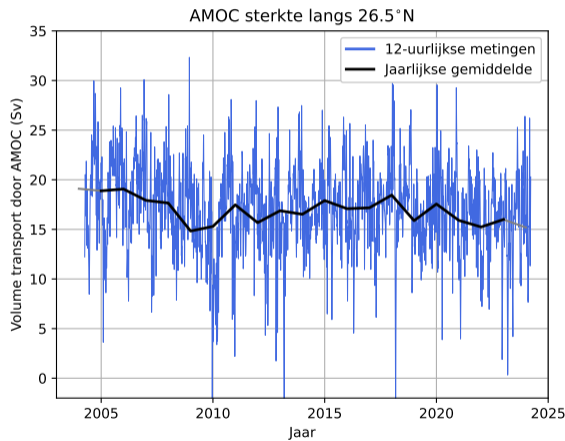
De hedendaagse AMOC sterkte

- Observaties over de RAPID-MOCHA array
 - Over de gehele breedte op 26.5°N
 - Sinds april 2004
- Sterkte van 17 Sverdrup
 - $1 \text{ Sv} \equiv 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
 - Warmte transport van 1.2 PW



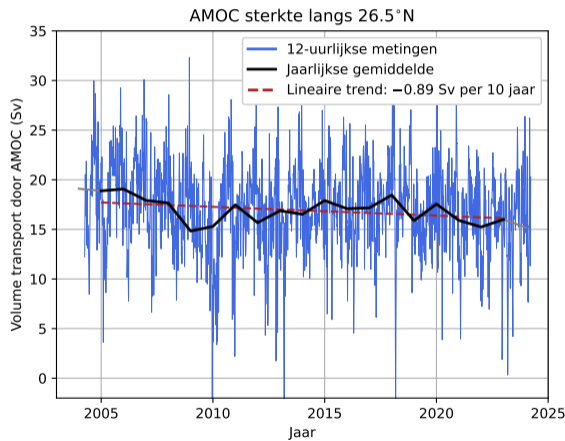
De hedendaagse AMOC sterkte

- Observaties over de RAPID-MOCHA array
 - Over de gehele breedte op 26.5°N
 - Sinds april 2004
- Sterkte van 17 Sverdrup
 - $1 \text{ Sv} \equiv 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
 - Warmte transport van 1.2 PW



De hedendaagse AMOC sterkte

- Observaties over de RAPID-MOCHA array
 - Over de gehele breedte op 26.5°N
 - Sinds april 2004
- Sterkte van 17 Sverdrup
 - $1 \text{ Sv} \equiv 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
 - Warmte transport van 1.2 PW
- Verzwakking van 5% per decennium
 - Te kort voor conclusies



De hedendaagse AMOC sterkte

- Observaties over de RAPID-MOCHA array
 - Over de gehele breedte op 26.5°N
 - Sinds april 2004
- Sterkte van 17 Sverdrup
 - $1 \text{ Sv} \equiv 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
 - Warmte transport van 1.2 PW
- Verzwakking van 5% per decennium
 - Te kort voor conclusies
- Klimaatmodellen voor projecties
 - Sommige laten ineenstorting zien

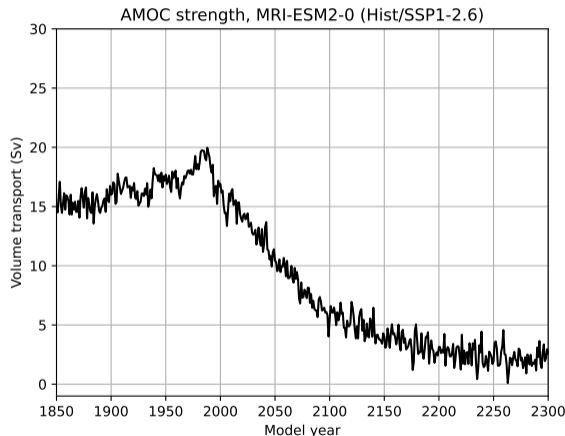
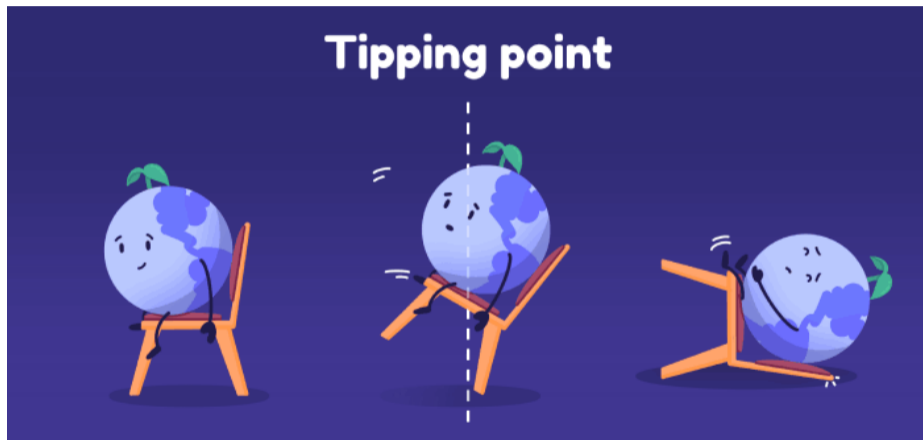


Figure credits: van Westen et al. (2025) *JGR-Oceans*

Kantelementen in het klimaatsysteem



Kantelementen in het klimaatsysteem

- Waarom zijn deze relevant?
 - Impact op samenleving en natuur
- Onomkeerbare veranderingen
 - Voor meerdere generaties

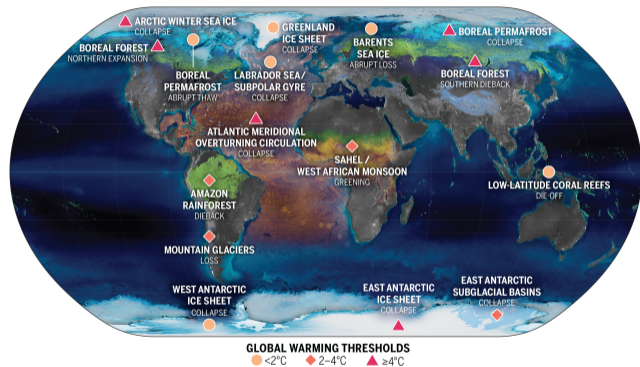


Figure credits: Armstrong McKay et al. (2022) *Science*

Kantelementen in het klimaatsysteem

- Waarom zijn deze relevant?
 - Impact op samenleving en natuur
- Onomkeerbare veranderingen
 - Voor meerdere generaties
- Bereiken van kantelpunt vóór 2100
 - 57% onder $+3^{\circ}\text{C}$ opwarming
 - 89% onder $+5^{\circ}\text{C}$ opwarming
 - Rond de $+2.5^{\circ}\text{C}$ opwarming

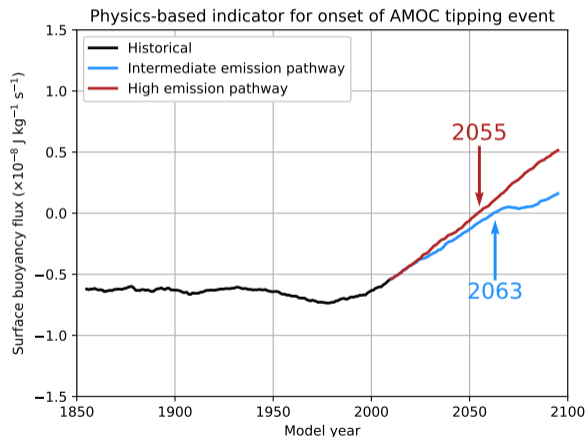
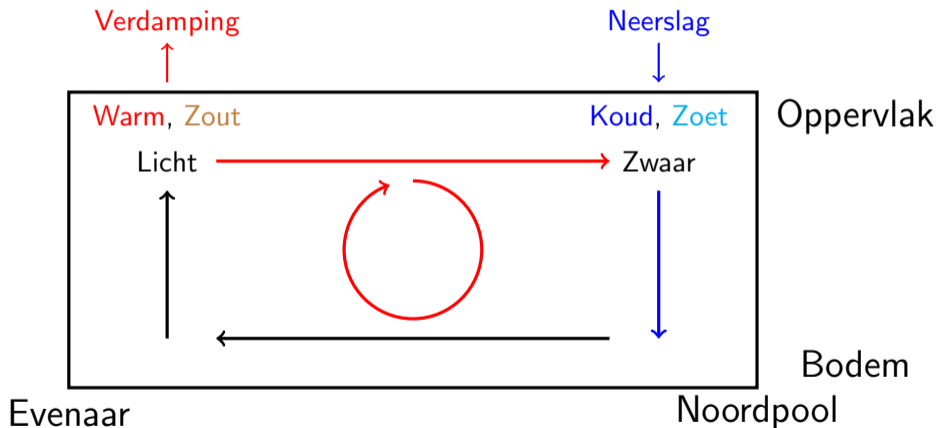
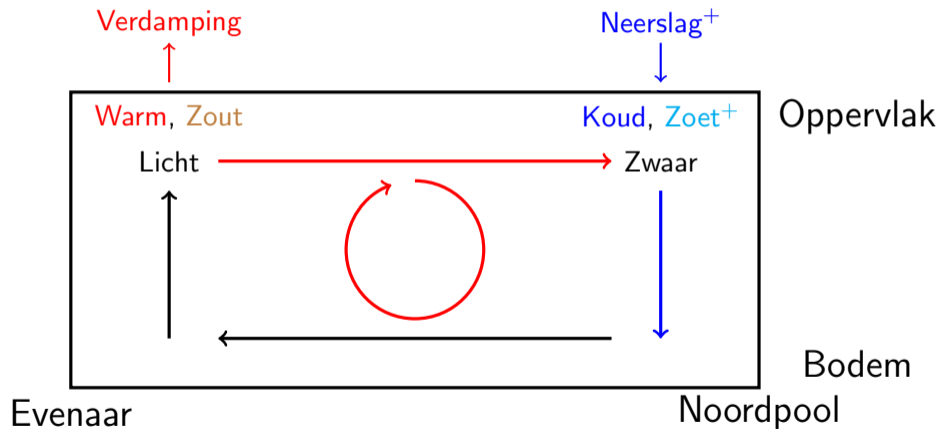


Figure credits: van Westen et al. (2025) *JGR-Oceans*

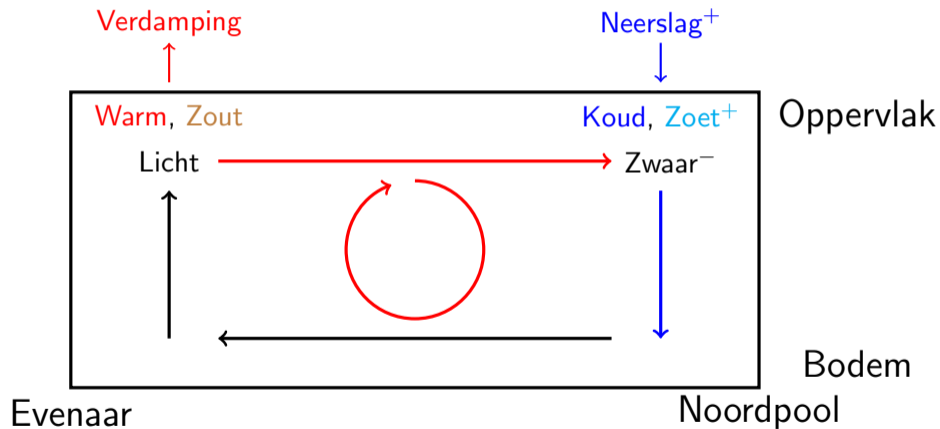
De destabiliserende zout-advectie feedback



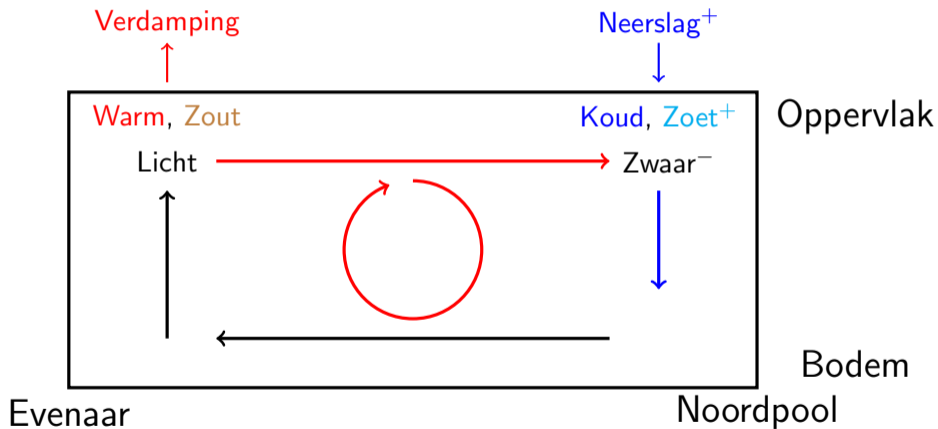
De destabiliserende zout-advectie feedback



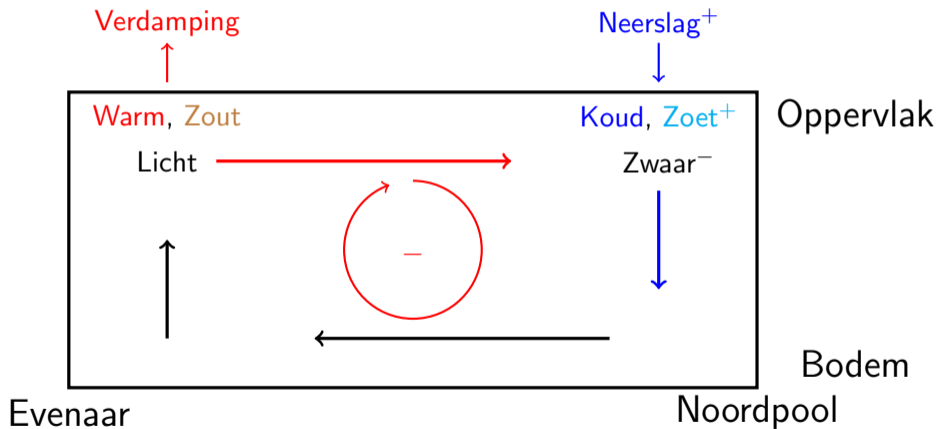
De destabiliserende zout-advectie feedback



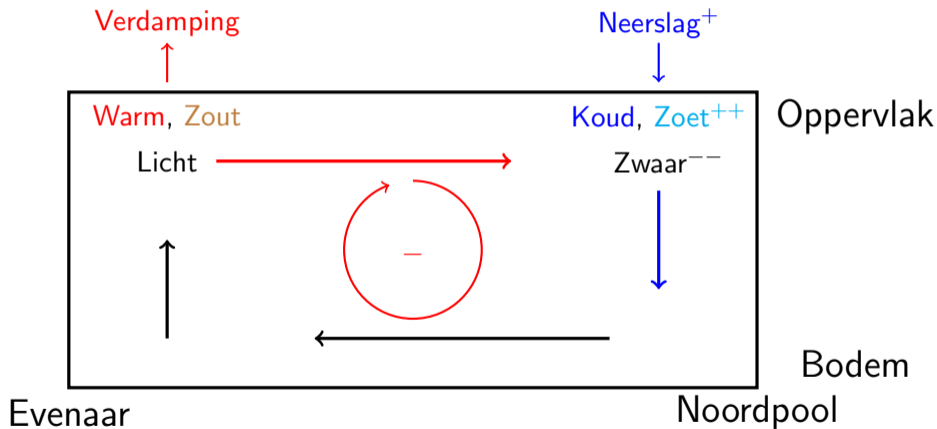
De destabiliserende zout-advectie feedback



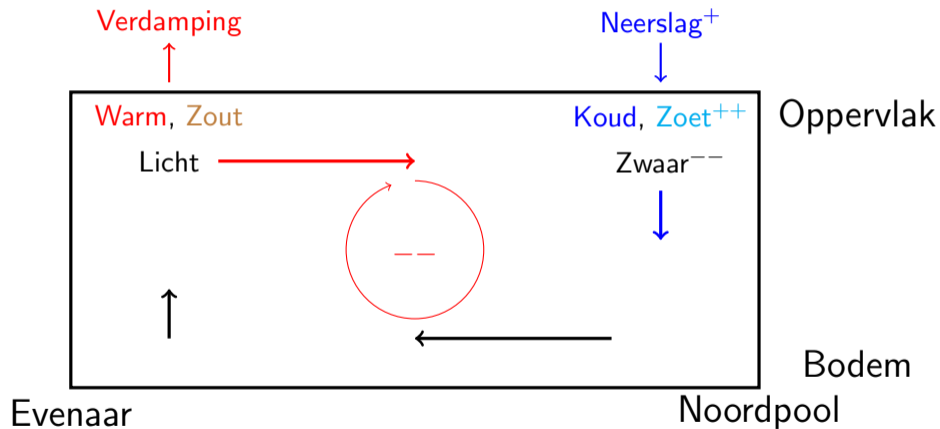
De destabiliserende zout-advectie feedback



De destabiliserende zout-advectie feedback



De destabiliserende zout-advectie feedback

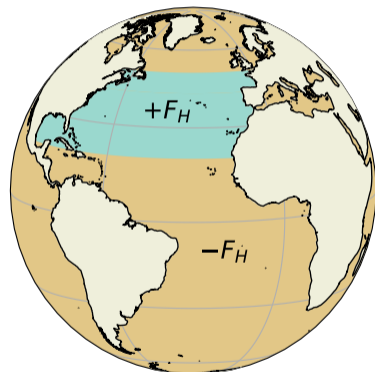


Hosing experiment met een klimaatmodel

- Mondiaal klimaatmodel

Hosing experiment met een klimaatmodel

- Mondiaal klimaatmodel
- Zoetwater forcering (F_H)
 - Meer zoetwater → Zwakkere AMOC



Hosing experiment met een klimaatmodel

- Mondiaal klimaatmodel
- Zoetwater forcering (F_H)
 - Meer zoetwater → Zwakkere AMOC

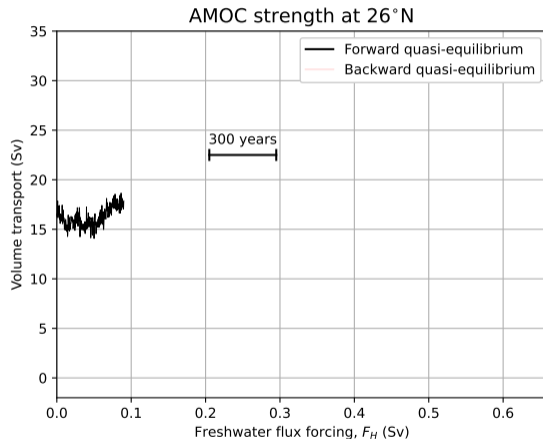


Figure credits: van Westen and Dijkstra (2023) *Geophysical Research Letters*

Hosing experiment met een klimaatmodel

- Mondiaal klimaatmodel
- Zoetwater forcering (F_H)
 - Meer zoetwater → Zwakkere AMOC

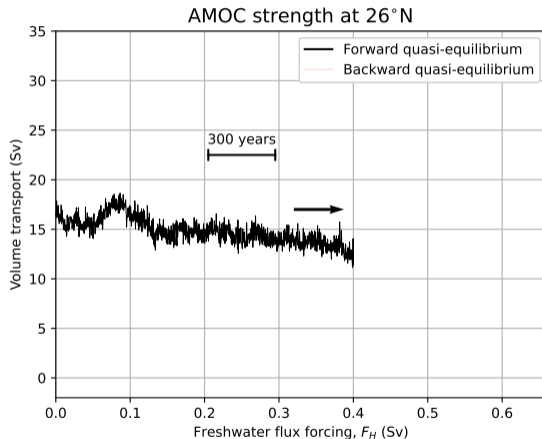


Figure credits: van Westen and Dijkstra (2023) *Geophysical Research Letters*

Hosing experiment met een klimaatmodel

- Mondiaal klimaatmodel
- Zoetwater forcering (F_H)
 - Meer zoetwater → Zwakkere AMOC

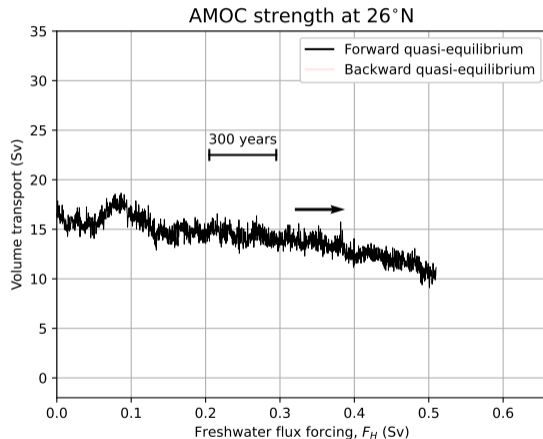


Figure credits: van Westen and Dijkstra (2023) *Geophysical Research Letters*

Hosing experiment met een klimaatmodel

- Mondiaal klimaatmodel
- Zoetwater forcering (F_H)
 - Meer zoetwater → Zwakkere AMOC
- Circulatie stort volledig in
 - Niet-lineaire verandering onder F_H

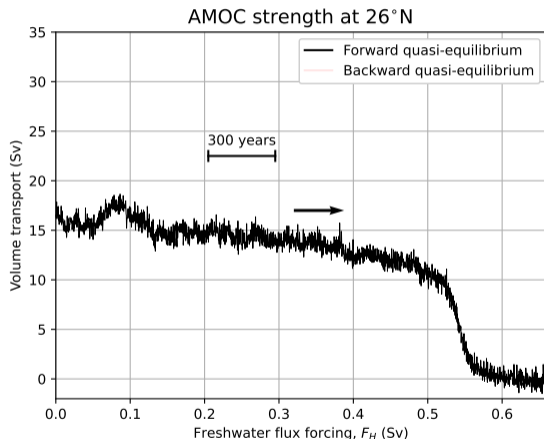


Figure credits: van Westen and Dijkstra (2023) *Geophysical Research Letters*

Veranderingen in het klimaat

- Circulatie stort binnen 100 jaar in

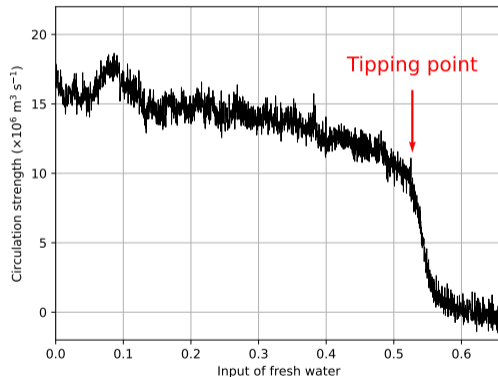


Figure credits: van Westen et al. (2024) *Science Advances*

Veranderingen in het klimaat

- Circulatie stopt binnen 100 jaar in
- Grote klimaatverschuivingen
 - Noordelijk Halfrond koelt af
 - Zuidelijk Halfrond warmt op

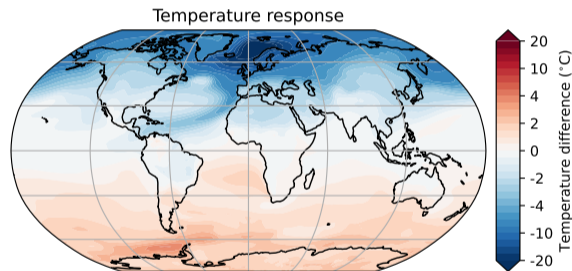


Figure credits: van Westen et al. (2024) *Science Advances*

Veranderingen in het klimaat

- Circulatie stort binnen 100 jaar in
- Grote klimaatverschuivingen
 - Noordelijk Halfrond koelt af
 - Zuidelijk Halfrond warmt op
 - Neerslagpatronen verschuiven

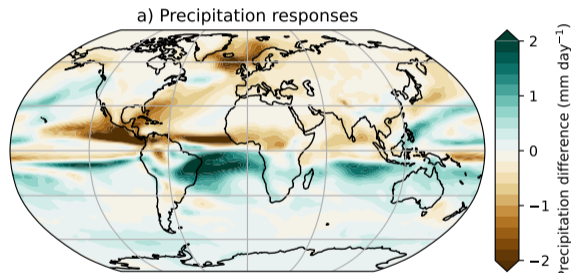


Figure credits: van Westen et al. (2024) *Science Advances*

Veranderingen in het klimaat

- Circulatie stopt binnen 100 jaar in
- Grote klimaatverschuivingen
 - Noordelijk Halfrond koelt af
 - Zuidelijk Halfrond warmt op
 - Neerslagpatronen verschuiven
 - Extra zeespiegelstijging

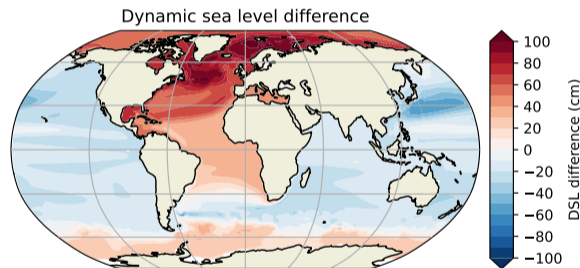


Figure credits: van Westen et al. (2024) *Science Advances*

Veranderingen in het klimaat

- Circulatie stort binnen 100 jaar in
- Grote klimaatverschuivingen
 - Noordelijk Halfrond koelt af
 - Zuidelijk Halfrond warmt op
 - Neerslagpatronen verschuiven
 - Extra zeespiegelstijging
 - Zee-ijs breidt uit

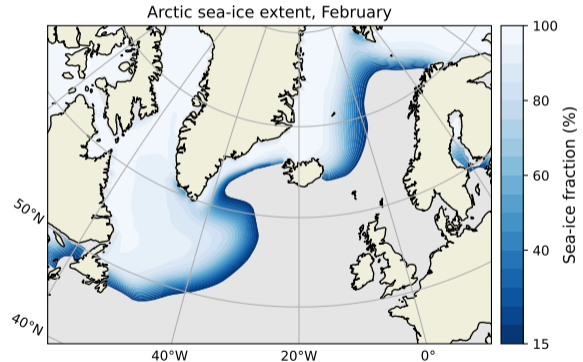


Figure credits: van Westen & Baatsen (2025) *Geophysical Research Letters*

Veranderingen in het klimaat

- Circulatie stopt binnen 100 jaar in
- Grote klimaatverschuivingen
 - Noordelijk Halfrond koelt af
 - Zuidelijk Halfrond warmt op
 - Neerslagpatronen verschuiven
 - Extra zeespiegelstijging
 - Zee-ijs breidt uit

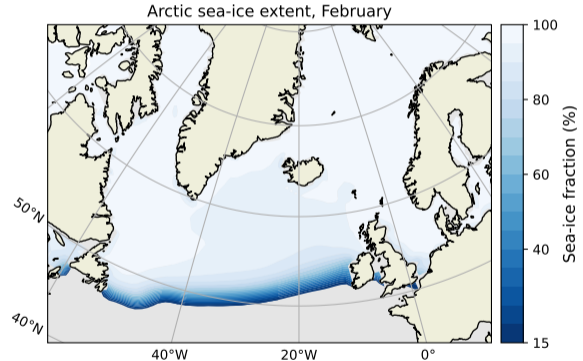
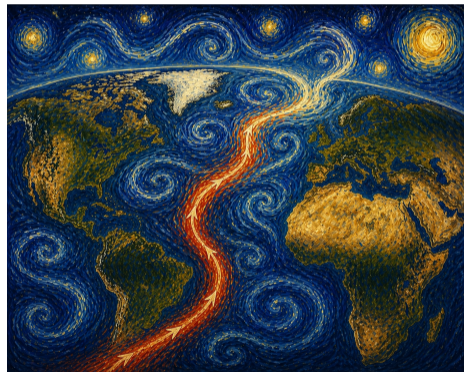


Figure credits: van Westen & Baatsen (2025) *Geophysical Research Letters*

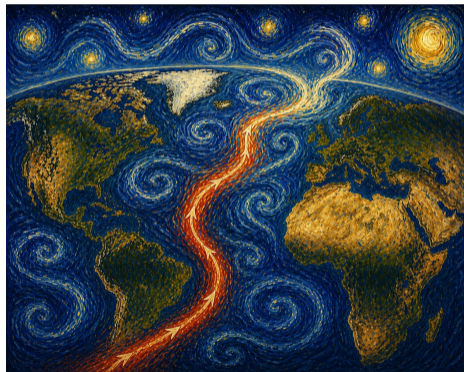
Overzicht

- Werking van de oceaancirculatie
- Ineenstorting van de oceaancirculatie
- Klimaatverschuivingen



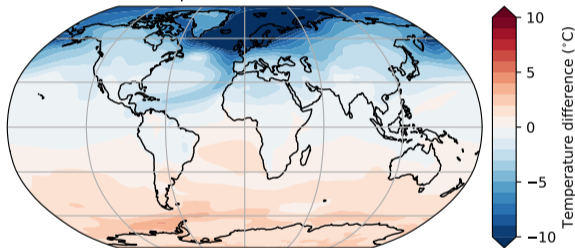
Overzicht

- Werking van de oceaancirculatie
- Ineenstorting van de oceaancirculatie
- Klimaatverschuivingen



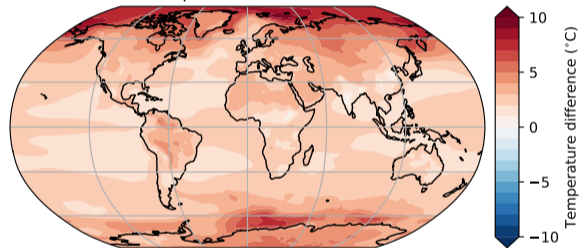
Verschillende klimaatscenario's

Temperature difference



Geen klimaatverandering en zwakke AMOC

Temperature difference

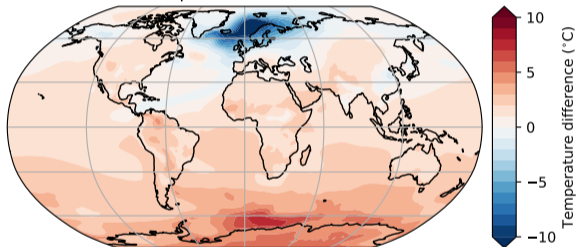


+2°C opwarming en sterke AMOC

Figure credits: van Westen et al. (2025) *Journal of Geophysical Research: Oceans*

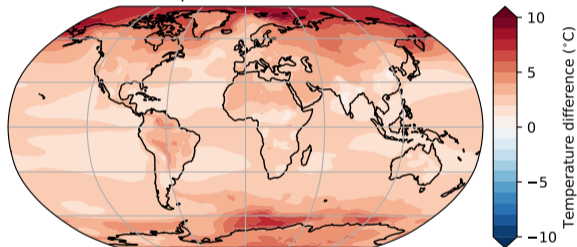
Verschillende klimaatscenario's

Temperature difference



+2°C opwarming en zwakke AMOC

Temperature difference

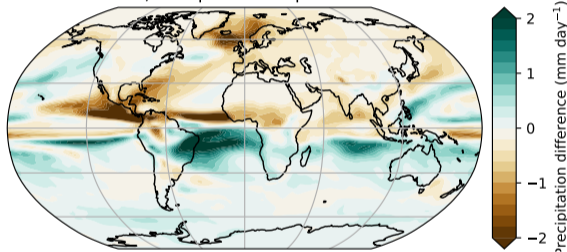


+2°C opwarming en sterke AMOC

Figure credits: van Westen et al. (2025) *Journal of Geophysical Research: Oceans*

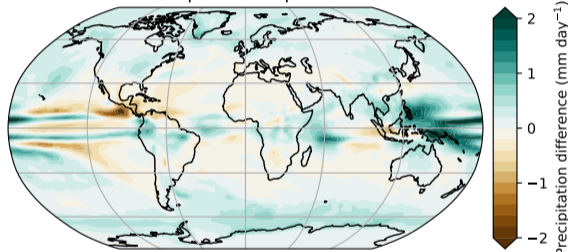
Neerslag

a) Precipitation responses



Geen klimaatverandering en zwakke AMOC

Precipitation responses

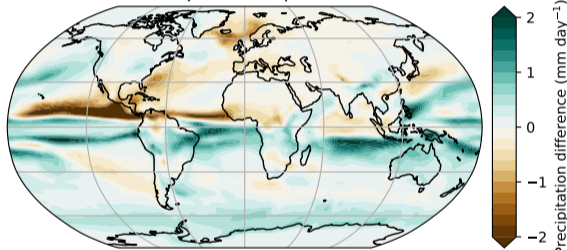


+2°C opwarming en sterke AMOC

Figure credits: van Westen et al. (2025) *Journal of Geophysical Research: Oceans*

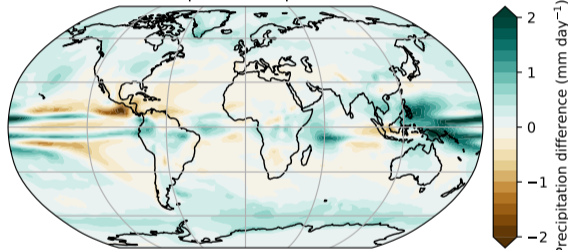
Neerslag

Precipitation responses



+2°C opwarming en zwakke AMOC

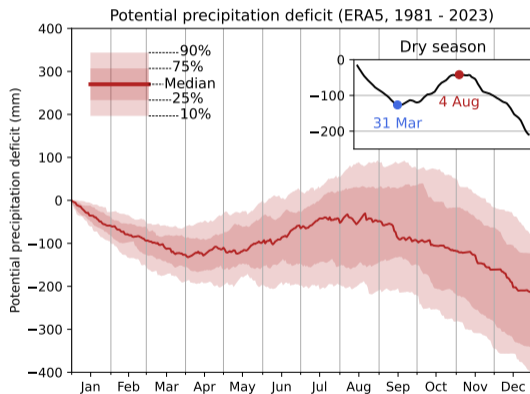
Precipitation responses



+2°C opwarming en sterke AMOC

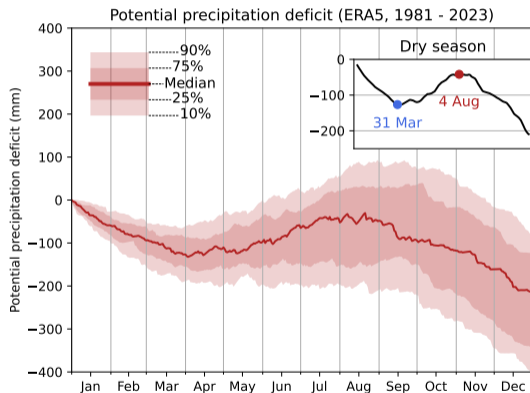
Figure credits: van Westen et al. (2025) *Journal of Geophysical Research: Oceans*

Droogteseizoen voor De Bilt

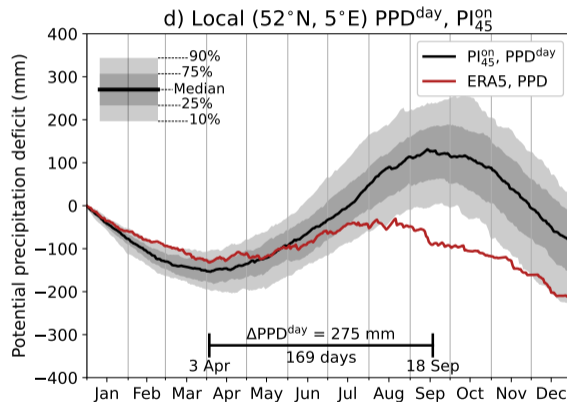


Observaties

Droogtseizoen voor De Bilt



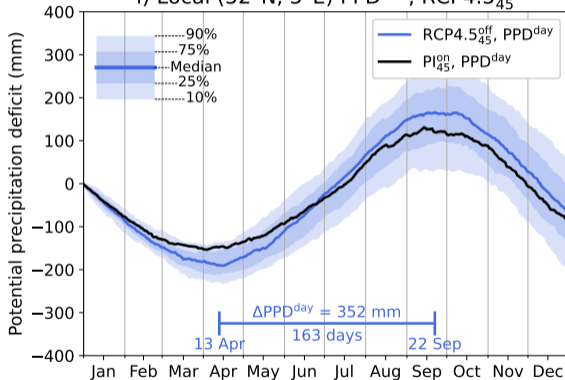
Observaties



Sterke AMOC, geen klimaatverandering

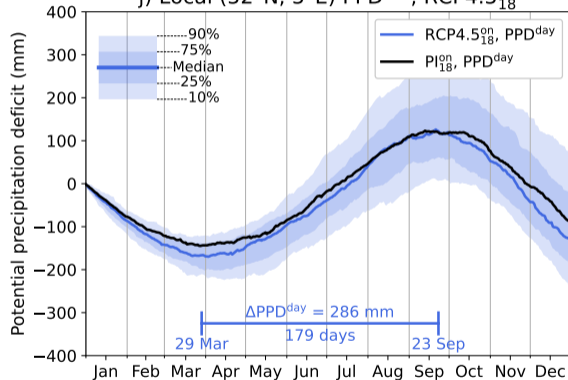
Droogtezeizoenen voor De Bilt

i) Local (52°N, 5°E) PPD^{day}, RCP4.5^{off}₄₅



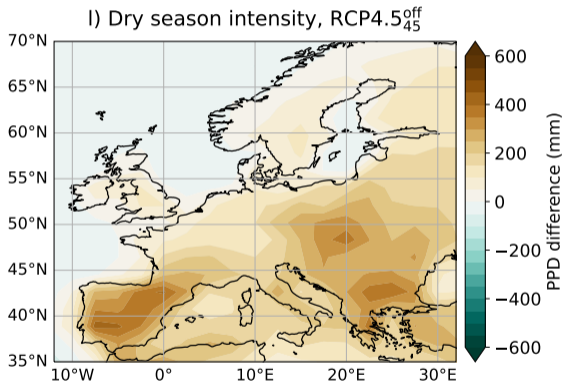
+2°C opwarming en zwakke AMOC

j) Local (52°N, 5°E) PPD^{day}, RCP4.5^{on}₁₈

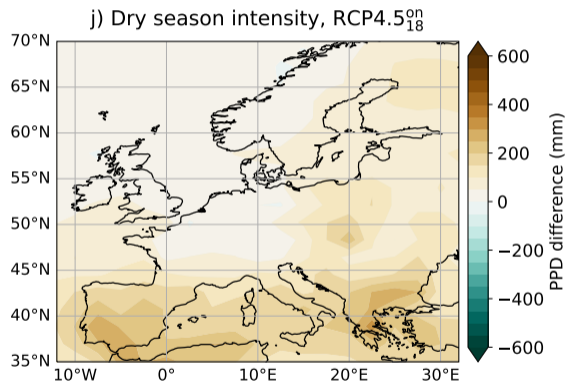


+2°C opwarming en sterke AMOC

Droogte over het Europese continent



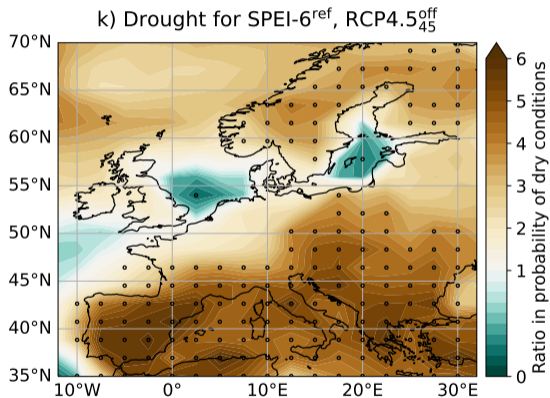
+2°C opwarming en zwakke AMOC



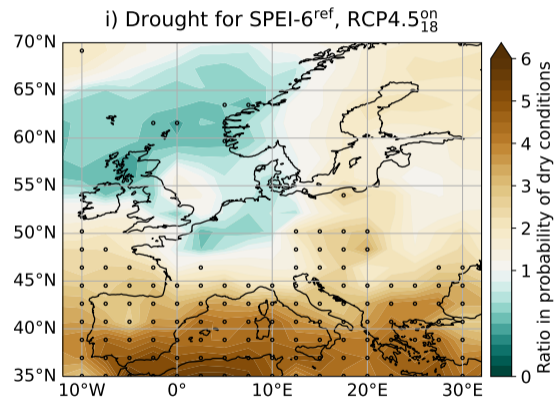
+2°C opwarming en sterke AMOC

Figure credits: van Westen et al. (2025) HESS

Droogte over het Europese continent



+2°C opwarming en zwakke AMOC

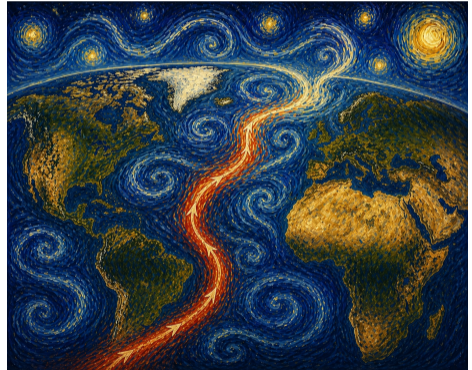


+2°C opwarming en sterke AMOC

Figure credits: van Westen et al. (2025) HESS

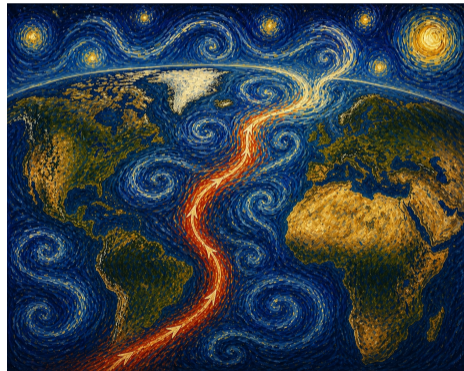
Samenvatting

- AMOC ineenstorting heeft grote impact



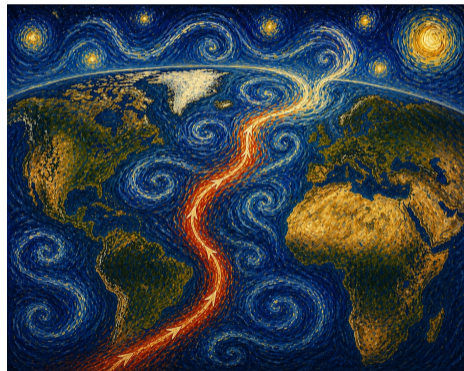
Samenvatting

- AMOC ineenstorting heeft grote impact
- Afkoeling over Noordwest Europa
 - Koude winters en extremen
 - Sterkere stormen



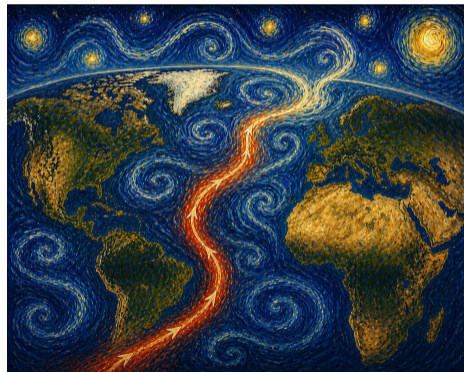
Samenvatting

- AMOC ineenstorting heeft grote impact
- Afkoeling over Noordwest Europa
 - Koude winters en extremen
 - Sterkere stormen
- Drogere condities

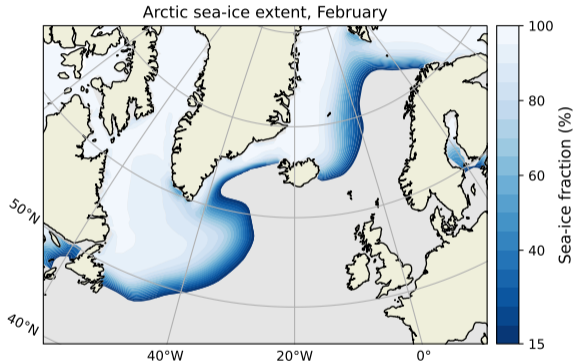


Samenvatting

- AMOC ineenstorting heeft grote impact
- Afkoeling over Noordwest Europa
 - Koude winters en extremen
 - Sterkere stormen
- Drogere condities
- +50 cm extra zeespiegelstijging



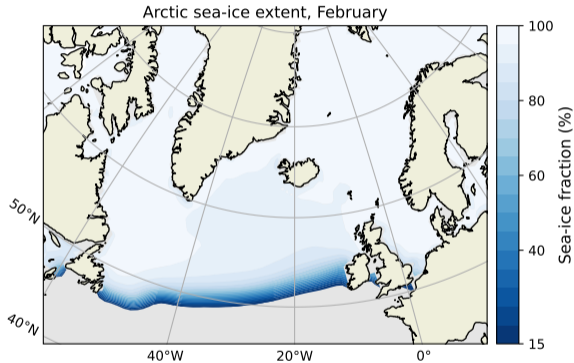
Arctisch zee-ijs



Sterke AMOC, geen klimaatverandering

Figure credits: van Westen & Baatsen (2025) *Geophysical Research Letters*

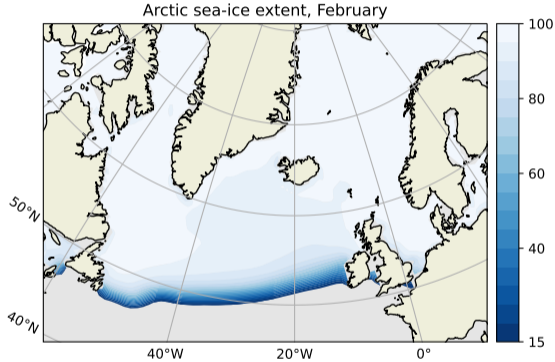
Arctisch zee-ijs



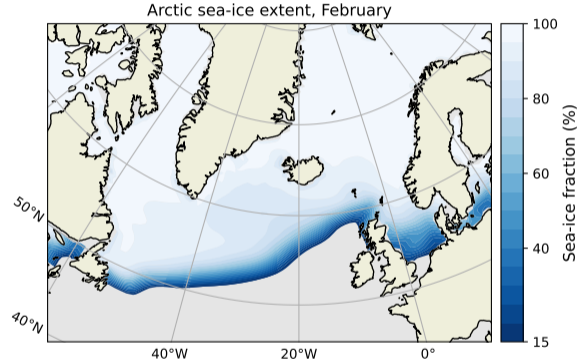
Zwakke AMOC, geen klimaatverandering

Figure credits: van Westen & Baatsen (2025) *Geophysical Research Letters*

Arctisch zee-ijs



Zwakke AMOC, geen klimaatverandering



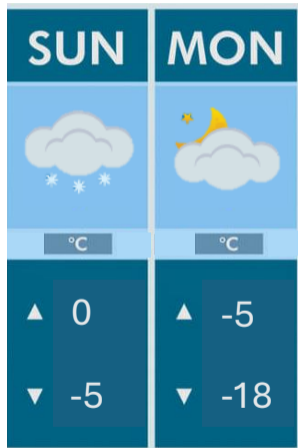
Zwakke AMOC, +2°C opwarming

Figure credits: van Westen & Baatsen (2025) *Geophysical Research Letters*

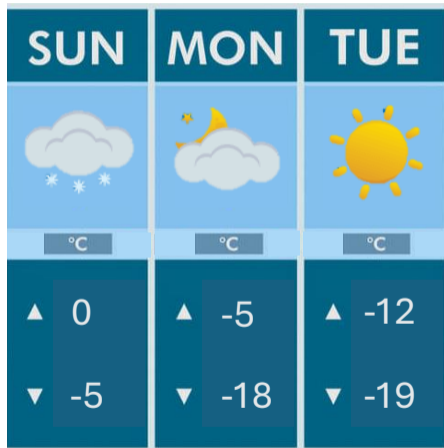
Een typische winterweek



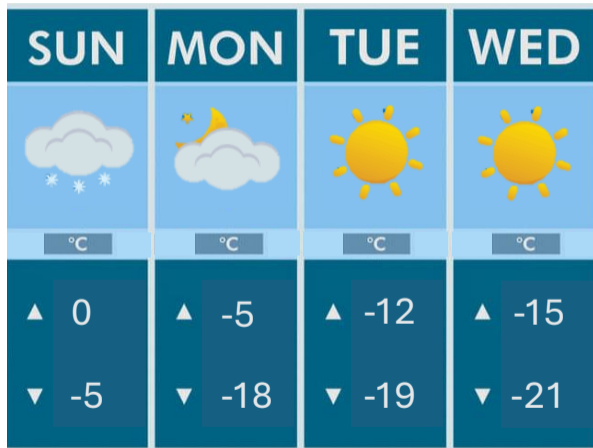
Een typische winterweek



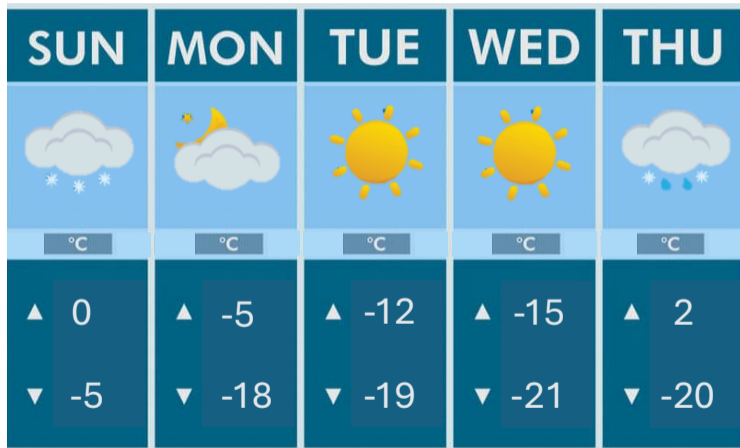
Een typische winterweek



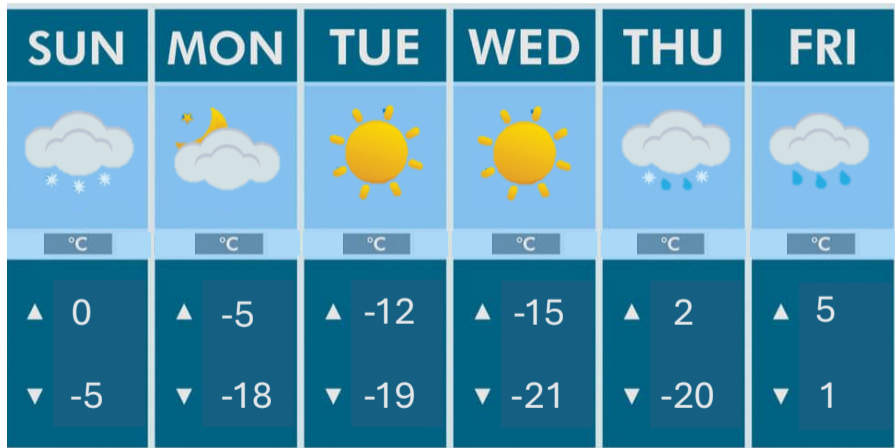
Een typische winterweek



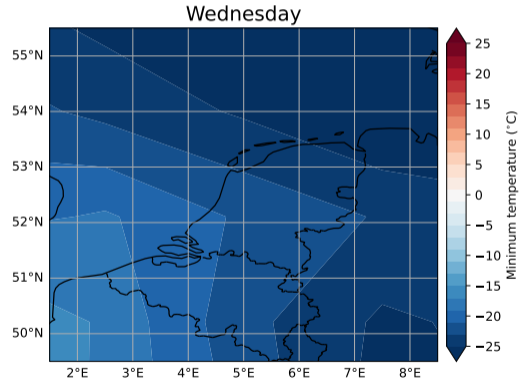
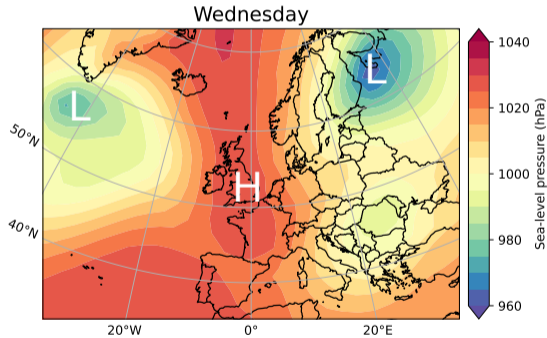
Een typische winterweek



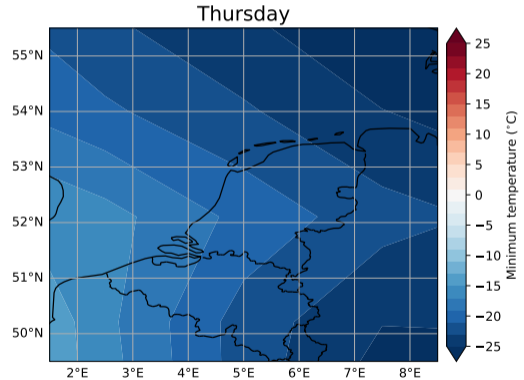
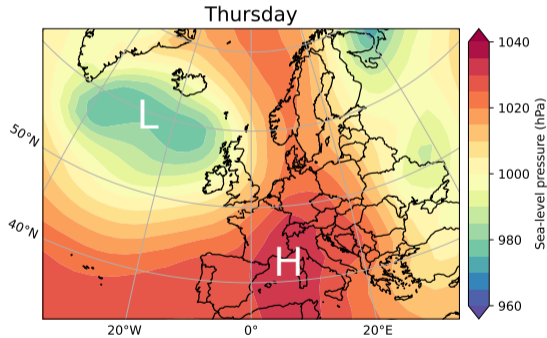
Een typische winterweek



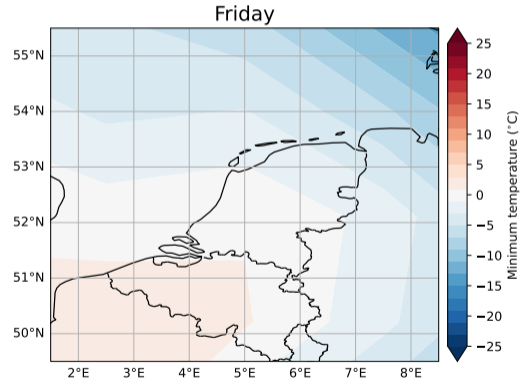
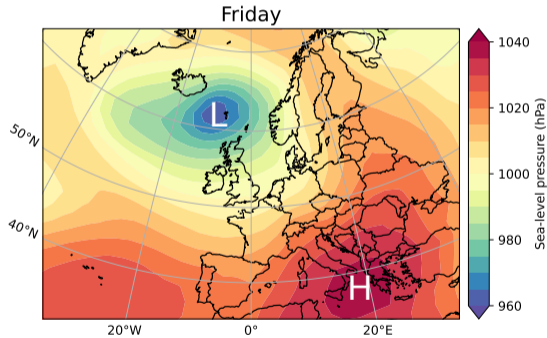
Een typische winterweek



Een typische winterweek



Een typische winterweek



Koude extremen in Europa

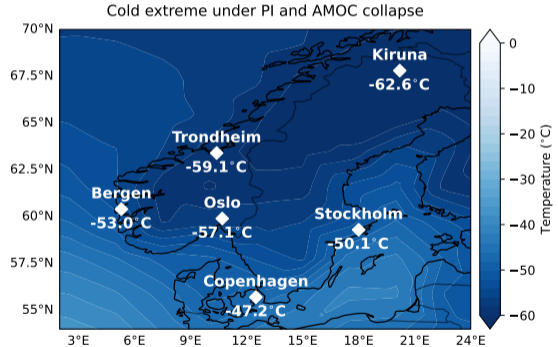
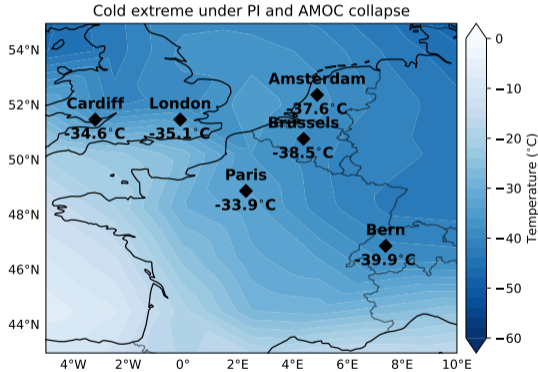


Figure credits: van Westen & Baatsen (2025) *Geophysical Research Letters*

Koude extremen in Europa

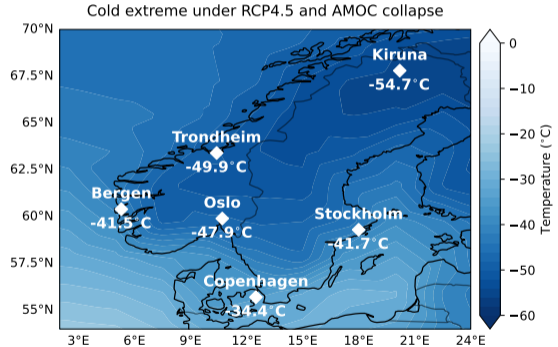
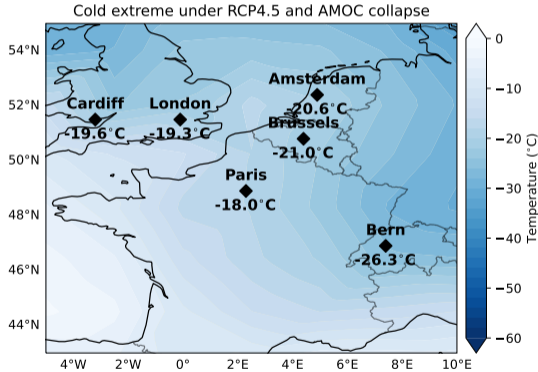


Figure credits: van Westen & Baatsen (2025) *Geophysical Research Letters*

Zelf de veranderingen bekijken? → amocscenarios.org

