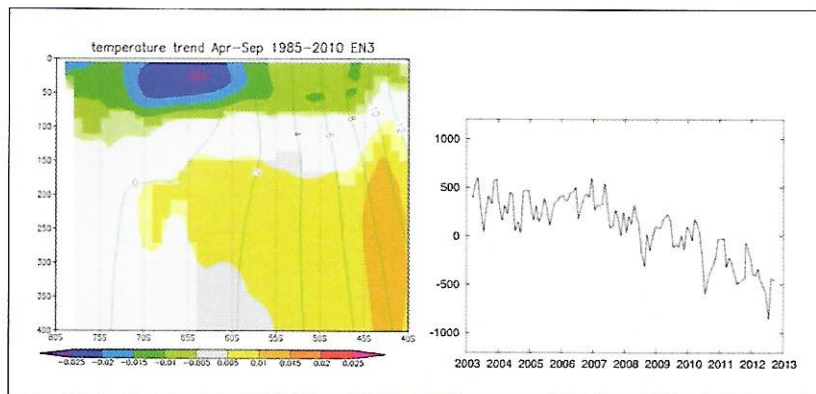


Figuur 1. Links: Zeeijsoppervlakte rond Antarctica (in miljoen km²) in het zomerhalfjaar (oktober-maart, boven) en het winterhalfjaar (april-september, onder). Rechts: Hetzelfde voor de oppervlakte-temperatuur van het zeewater ten zuiden van 50° ZB. (Bron: NSIDC, NCEP)



Figuur 2. Links: Temperatuurtrends in de Zuidelijke Oceaan in het winterhalfjaar, gemiddeld rond Antarctica. Verticaal is de diepte uitgezet, horizontaal de breedtegraad (Bron: UK Met Office). Rechts: De massa van Antarctica gemeten door de GRACE-satellieten. De massa neemt af en dit gaat zelfs steeds sneller (Bron: U. Colorado / U. Bristol)



Zeeijs. (Foto: NOAA)

Uit satellietmetingen blijkt dat de hoeveelheid zeeijs rond Antarctica de laatste decennia duidelijk is toegenomen, terwijl het landijs van dit continent juist slinkt. Deze paradox in relatie met de opwarming van de aarde is recent ontrafeld. Vooral in het winterhalfjaar op de Zuidpool, tussen april en september is de zeeijsbedekking groter geworden. In 2010 zijn zelfs recordwaarden bereikt. Ondertussen was de Zuidelijke Oceaan aan de oppervlakte

rondom Antarctica ongewoon koud. De toename van het zeeijs is eerder verklaard met het ozongat boven Antarctica of door een toename van de westenwinden rond het continent. Geen van beide mechanismen verklaart echter waarom de oceaan rond Antarctica aan het oppervlak afkoelt. Een recente studie door een team van KNMI-onderzoekers in *Nature Geoscience* laat zien dat een groot gedeelte van zowel de afkoeling van het oceaanaanwater als de toename van het zee-

ijs via een omweg samenhangen met de opwarming van de aarde. Terwijl de bovenste honderd meter van de oceaan rond Antarctica afkoelt (figuur 1), warmt het water op dieptes groter dan 150 meter juist op (figuur 2), net als vrijwel alle oceanen wereldwijd. Uit metingen blijkt bovendien dat de ijskap van Antarctica veel ijsmassa verliest. Het daarbij gevormde smeltwater is zoeter en daarmee lichter dan het water van de Zuidelijke Oceaan. Het vormt een tientallen meters dikke isolerende laag bovenop het zoutere oceaanaanwater. De isolerende laag zorgt er op haar beurt voor dat de afkoeling van het oceaanooppervlak in de winter over een geringere diepte plaatsvindt. De kou verdeelt zich dus over minder water waardoor de afkoeling van het water groter is dan voorheen. Als gevolg daarvan ontstaat er meer zeeijs.

Massaverlies ijskap

De opwarming van het oceaanaanwater op dieptes van 150 tot 1500 meter veroorzaakt juist het massaverlies van de ijskap van Antarctica. De gletsjers en ijsplaten van het Zuidpoolgebied smelten vooral aan de onderkant, waar ze in aanraking komen met relatief warm zeewater. Deze gletsjers en ijsplaten zijn veel dikker dan de honderd meter waarover het zeewater afkoelt, dus de onderkant van de ijsplaten en gletsjers staat in contact met het opwarmende oceaanaanwater. Dit verklaart waarom de gletsjers en ijsplaten van Antarctica sneller smelten en tot ijsbergen opbreken terwijl het oppervlaktewater juist afkoelt. Doordat de hoeveelheid sneeuw die op het continent valt ongeveer gelijk blijft – eveneens een gevolg van het koelere oceaanooppervlak – verliest Antarctica als geheel dus massa, ongeveer 100 gigaton (miljard ton) per jaar gemiddeld over 2003-2011, en ruwweg 150 gigaton per jaar tijdens de afgelopen vijf jaar. Deze 150 gigaton per jaar komt overeen met 0,4 mm wereldgemiddelde zeespiegelstijging per jaar. Het geschetste mechanisme hebben de onderzoekers getest in het mondiale klimaatmodel van het KNMI, EC-Earth. Modelsimulaties bevestigen dat een toename van de hoeveelheid smeltwater rond Antarctica door verhoogde afsmelting en afkalving van het landijs door het warmere zeewater op meer dan 150 meter diepte tot afkoeling leidt van het oppervlaktewater met als gevolg een verminderde verticale menging in de oceaan en daarmee een toename van de hoeveelheid zeeijs.

Rob van Dorland (met dank aan Richard Bintanja en Geert Jan van Oldenborgh, KNMI)