

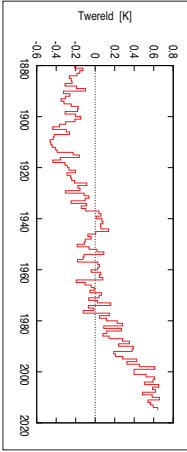
Hiaten in de temperatuurstijging?

GIERT-JAN VAN OLDENBORGH (KNMI)

“De laatste jaren warmt de aarde niet meer op” is tegenwoordig een veelgehoorde opmerking, is dat inderdaad zo, en is de conclusie dan ook dat de verdere opwarming overschat wordt door de klimaatmodellen paarp het IPCC en KNMI hun toekomstverkenningen baseren? En hoe komt het dan dat Nederland, Europa en misschien de wereld in 2014 weer op een temperatuurrecord afstevenen?

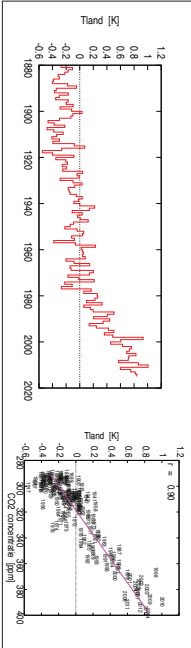
Stijging wereldgemiddelde temperatuur vlak af

De meest gebruikte maat voor de opwarming is de wereldgemiddelde temperatuur. Deze heeft een vreedende definitie: het is de zeevatertoppervlaktetemperatuur (SST) boven open water en de 2-meter temperatuur (T_{2m}) boven land. (De gebieden met zeesijs worden niet meegenomen of geïnterpoleerd vanaf landstations.) De reden hiervoor is een praktische: er zijn veel meer metingen van de zeevatertemperatuur dan van de luchtemperatuur boven zee, en de oceanen bestaan nu eenmaal 70% van het aardoppervlak. Het verschil tussen SST en T_{2m} boven zee is klein en verandert niet veel, dus als we alleen naar de anomalieën kijken maakt dat verschil niet uit.



Figuur 1. De anomalie van de jaargemiddelde wereldgemiddelde temperatuur (GISTEMP, NASA/GISS), waarin gebieden zonder metingen geïnterpoleerd worden. 2014 is een schatting gebaseerd op een voortduren van de anomalie van januari-september.

Het oude argument dat de aarde niet meer opwarmt was dat de wereldgemiddelde temperatuur sinds 1998 niet verder is opgelopen. Je kan die uitspraak op twee manieren interpreteren. De eerste manier was dat er geen warmer jaar gekomen is. Dat jaar was namelijk door de record-slechte El Niño van 1997/1998 een kwart graad warmer dan de trendlijn van 0,16 K per 10 jaar. Dat record is echter in 2005 en 2010 gebroken, dus het argument gaat niet meer op. Een verwartende omsanding is dat in één oude dataset, HadCRUT3 van het Britse Met Office, de bijdrage van het sterk opwarmende noordpool-



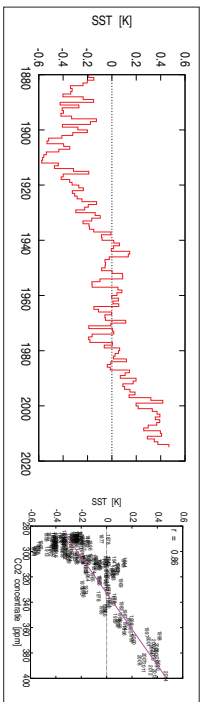
Figuur 2. Links: de anomalie van de jaargemiddelde landtemperatuur (GISTEMP, NASA/GISS), 2014 is een schatting gebaseerd op een voortduren van de anomalie van januari-september. Rechts: uitgezet tegen de CO₂-concentratie.

gebied systematisch onderschat werd, zodat in die dataset 1998 wel het warmste jaar bleef. Dat is inmiddels gecorrigeerd in de nieuwe HadCRUT4 dataset, waarin de metingen van veel meer stations in het poolgebied opgenomen zijn. Een betere interpretatie is dat een trendlijn vanaf 1998 geen positieve trend te zien zou geven. Dat is echter niet waar: een lineaire trend vanaf de piek in 1998 geeft nog steeds een positieve trend van 0,07 K per 10 jaar. Het nieuwe argument is dat de trend de laatste 10 jaar nul is. Dat klopt, de trend is 0,00 K per 10 jaar over 2005-2014 in de GISTEMP dataset van NASA/GISS en de Cowtan & Way reeks gebaseerd op HadCRUT4. Deze twee reeksen geven door interpolatie van de gebieden zonder metingen een goede schatting van de wereldgemiddelde temperatuur (Fig. 1). Om verder te onderzoeken waarom de trend sinds 2005 nul is, is het nuttig het land en de ocean apart te beschouwen.

De landtemperatuur stijgt ook de laatste 10 jaar

De landtemperatuur is voor de effecten van de opwarming het belangrijkste: daar wonen de meeste mensen. De trend sinds 1970 is groter dan in de wereldgemiddelde temperatuur: zo'n 0,22 K per 10 jaar (Fig. 2, links). Een ander verschil is dat de variabiliteit groter is ($\sigma = 0,15$ K). De variaties hebben echter kortere tijdschalen: er is nauwelijks jaar-op-jaar persistente boven land. De belangrijkste bron van deze variabiliteit is het winterweer in Siberie en Canada. Dat zijn grote oppervlakken met grote temperatuurafwijkingen, maar voor zo ver we weten voornamelijk door de grilligheid van het weer veroorzaakt, met tijdschalen veel korter dan een jaar. De andere belangrijke factor is El Niño: veranderingen daarin verklaren zo'n 30% van de variatie (met een vertraging van een half jaar). De jaren 1998 en 2010 volgden op El Niño en steken duidelijk boven de trendlijn uit, 2008 en 2011 volgden op La Niña en liggen er onder. Doordat de meeste variabiliteit korte tijdschalen heeft volgt de landgemiddelde temperatuur de toename van de CO₂ concentratie heel netjes (Fig. 2, rechts). Zo'n hoge correlatie tussen twee variabelen die niet triviaal met elkaar samenhangen is zeldzaam in het klimaatssysteem.

De trend in de landtemperatuur is de laatste 10-16 jaar wel lager dan het langjarige gemiddelde, maar wordt niet nul. De langjarige trend ligt altijd binnen de 95% onzekerheidsmarges van de trendover deze kortere tijdschalen, en zijn meer periodes waarin de trend zo laag was, gecompenseerd door periodes waarin de trend juist hogert lag.



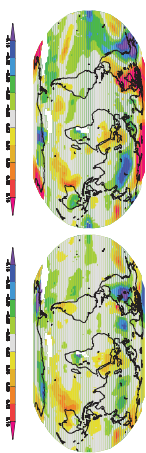
Figuur 3. Links: de jaargemiddelde zeevatertemperatuur (HadSST3, Met Office), 2014 is een schatting gebaseerd op een voortduren van de anomalie van januari-oktober. Rechts: uitgezet tegen de CO₂-concentratie.

De trend in zeevatertoppervlaktetemperatuur is afgevlakt

De andere 70% van de planeet vertoont ander gedrag. De variabiliteit is iets kleiner ($\sigma = 0,12$ K) maar vertoont veel meer persistentie. De langdurige afkoeling aan het begin van de twintigste eeuw en de opwarming ten opzichte van de trend in de jaren 1940 zijn daar goede voorbeelden van (Fig. 3, links). Een kleinere versie daarvan speelde de laatste jaren, met 2001-2006 boven de langjarige trend en 2007-2013 er onder, behalve 2009 en 2010, die ongeveer op de trendlijn in Fig. 3 (rechts) liggen. Dit zorgt er voor dat je een standaard kan vinden die bijna geen trend geeft tot 2014, in dit geval 2002-2014. Vorig jaar was dit nog makkelijk, maar de zwakke El Niño die sinds de zomer actief is heeft het zeevatertoppervlak weer wat opgewarmd zodat het er naar uitziet dat de zeevatertoppervlaktetemperatuur dit jaar recordhoog zal uitkomen. Uiteraard was de trend in de periode voor 2002 juist hoger dan het langjarige gemiddelde.

Patronen

Het patroon van de temperatuurveranderingen over de afgelopen 10 jaar is behoorlijk veranderd sinds een paar jaar geleden de ophef over de 'hiatus' onstond. Toen was het duidelijk de overgang van El Niño naar La Niña in de Stille Oceaan (de wig op de Stille Oceaan in Fig. 4, links), deels gecompenseerd door de snelle opwarming van het Noordpoolgebied. De afgelopen 10 jaar is door het wegvallen van twee El Niño jaren aan het begin van de tien jaar de wig op de Stille Oceaan bijna verdwenen, maar ook de opwarming van het noordpoolgebied is minder geworden (Fig. 4, rechts). De door toevallig winterweer gedreven vlekken boven Siberie en Canada liggen ook totaal anders.



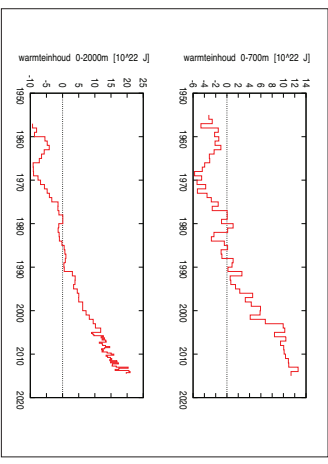
Figuur 4. Links: trend in de SST/72m temperatuur (GISTEMP 1200, NASA/GISS) 2003-2012, rechts hetzelfde voor 2005-2014 (minus drie maanden).

Diepe oceanen

De in theorie belangrijkste maat voor de opwarming van de aarde is de hoeveelheid warmte die netto is opgenomen. Uit satellietmetingen weten we dat de aarde de laatste tijd meer energie uit zonnestraling ontvangt dan ze door warmtestraling afgeeft. Deze onbalans is het gevolg van de toegenomen con-

centraties broeikasgassen (en aerosolen). Op langere tijdschalen wordt deze warmte voor meer dan 90% opgenomen door de oceanen, simpelweg omdat daar erg veel water in zit en de warmtecapaciteit van water groot is. De atmosfeer heeft een relatief kleine warmtecapaciteit, de vaste aarde warmt niet zo diep op, en de smeltwarme van al het land- en zeesijs dat op de polen

smelt is niet genoeg om de extra warmte op te nemen. Dit was de basis van de vorige hitte-discussie, toen de opwarming van de oceanen leek stil te staan van 2003 tot 2010. Dat was echter alleen het geval in de bovenste 700 m van de oceanen. Als je de diepere lagen meeneemt gaat de opwarming gestaag door (Fig. 5, onder). Bovendien is de opwarming van de bovenste 700 m sindsdien ook weer op gang gekomen, zoals verwacht (Fig. 5, boven).



Figuur 5. Warmteinhoud van de oceaan. Boven: 0-700 m, redelijk gemeten met XRT's (expendable bathythermographs) sinds de jaren 1970. Onder: 0-2000 m, pas goed gemeten sinds 2005 met Argo boeien. Bron: NODC.

Conclusies

De 'hiatus' in de opwarming van de aarde van de afgelopen 10 jaar is geen erg zinnvolle manier om naar de opwarming van de aarde te kijken. Trends over 10 jaar worden op land zwaar beïnvloed door het winterweer in Siberie en Canada, en door El Niño en La Niña. Boven zee zijn de variaties iets kleiner maar duren ze langer, zodat de kans op 10-jaar trends die sterk afwijken van het langjarige gemiddelde groter is. De beste maat voor de opwarming van de aarde is de hoeveelheid warmte in de hele oceaan, ook onder het oppervlak. Deze neemt inderdaad gestaag toe. Dit betekent ook dat de zeespiegel wereldgemiddeld door blijft stijgen. De temperatuur boven land, die voor ons het belangrijkste is, neemt ongetwijfeld toe. In Nederland en Europa heeft toevallig warm weer dit jaar voor een extra zetje gezorgd waardoor er hoogstwaarschijnlijk recordhoge waarden komen. Geen grote verrassing in een opwarmend klimaat.

Met dank aan Andreas Sterl en Robert Mureau voor zeer nuttige commentaar.