



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Weersverwachting 21ste eeuw: Warmer en natter, maar niet overal

van Boxel, J.; Cammeraat, E.

Publication date

2000

Document Version

Final published version

Published in

Geografie

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

van Boxel, J., & Cammeraat, E. (2000). Weersverwachting 21ste eeuw: Warmer en natter, maar niet overal. *Geografie*, 9(3), 18-21.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Weersverwachting voor de 21ste eeuw:

Warmer en natter, maar niet overal

Duiden de warme zomers en zachte winters van de afgelopen jaren in Nederland op een mondiale trend van stijgende temperaturen? En is de toename van de neerslag ook een ontwikkeling die voor de hele wereld geldt? Verschillende modellen kwamen tot opmerkelijk eensluidende conclusies.

J.H. VAN BOXEL & L.H. CAMMERAAT

De auteurs zijn verbonden aan het Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (IBED) van de Universiteit van Amsterdam.

Het klimaat verandert: we kunnen niet meer om de cijfers heen. 1998, 1997, 1995, 1990 en 1999 waren wereldwijd gezien de vijf warmste jaren van de laatste 140 jaar. Het laatste decennium van het afgelopen millennium is dan ook vrijwel zeker het warmste. Op basis van gegevens voor de periode 1900-1988 is een gemiddelde temperatuurstijging op de wereld geconstateerd van 0,5 °C per eeuw. Het afgelopen zeer warme decennium heeft deze trend zeker versterkt. Algemeen wordt aangenomen dat die temperatuurstijging voor een belangrijk deel wordt veroorzaakt door de toenemende CO₂-concentratie in de atmosfeer. Die stijgt nog steeds en zal dat de komende decennia blijven doen. Alle belangrijke klimaatmodellen geven aan dat de gemiddelde temperatuur op aarde de komende decennia verder toeneemt. Maar hoe zit het met de neerslag?

Twaalf orkanen

Neerslag is een belangrijkere klimaatvariabele dan temperatuur: te veel of te weinig neerslag leidt eerder tot problemen dan te hoge of te lage temperaturen. Te weinig neerslag veroorzaakt in semi-aride en sub-humide klimaten meestal mislukte oogsten en vaak hongersnood. De droogte die het gevolg was van de El Niño's van 1983 en 1997 had in Indonesië grote bosbranden tot gevolg. Zelfs in Nederland kan een droog jaar aanzienlijke opbrengstverliezen tot gevolg hebben.

Te veel neerslag is ook niet goed: het geeft vaak overstromingen. In bergachtige gebieden leidt teveel regen tot hellingonstabiliteit, aardverschuivingen en modderstromen. De ruim twintigduizend doden die in 1998 in Midden-Amerika vielen door de orkaan Mitch waren voor het overgrote deel te wijten aan de extreme neerslaghoeveelheden. Ook 1999 was op de Atlantische Oceaan een zeer actief orkaan-seizoen met twaalf orkanen, waaronder de orkaan Lenny, die grote schade veroorzaakte op Sint Maarten.

De regens die hoorden bij een zeer zware tropische cycloon kostten in oktober vorig jaar het leven van tienduizend mensen bij Orissa, India. En door extreme neerslag afgelopen december in Venezuela verloren tienduizend mensen het leven. Ook in China en Japan veroorzaakten overstromingen, aardverschuivingen en

vloedgolven tengevolge van tropische cyclonen vorig jaar veel doden. Overvloedige regens in Vietnam maakten honderdduizenden mensen dakloos en in Mexico en West-Afrika veroorzaakten overvloedige regens doden, daklozen en veel schade. Extreme sneeuwval kwam vorig jaar voor in Centraal-Europa, de Alpen, het noordwesten van de VS en West-Canada.

In andere gebieden was er juist grote droogte: in het oostelijk deel van de VS, Oost-Canada, Centraal-Australië, de oostkust van Argentinië, en in het Midden-Oosten (WMO 1999). In Noordoost-Kenia zijn in 1998 en 1999 de oogsten mislukt door de aanhoudende droogte, die waarschijnlijk verband houdt met La Niña. In de rest van Kenia viel echter een normale tot boven normale neerslag in deze jaren.

Voor een deel hangt het extreme weer in 1999 samen met de La Niña die volgde op de sterke El Niño van 1997-'98. Er zijn echter ook langjarige trends te onderscheiden in het neerslagpatroon. Die worden in dit artikel toegelicht.

Stortbui

Bij het onderzoek naar veranderingen in de neerslagpatronen komt een aantal problemen om de hoek kijken. We zullen deze toelichten aan de hand van de neerslag in Nederland in de afgelopen eeuw.

Het afgelopen decennium is Nederland verschillende keren geteisterd door grote hoeveelheden regen in ons land of in de ons omringende landen. 1998 was het natste jaar van de eeuw. Toch is het niet zo eenvoudig om aan te tonen dat de neerslaghoeveelheden ook daadwerkelijk toenemen. Het ene jaar kan bijvoorbeeld erg droog zijn (zoals 1996) en dan kan het een paar jaar later extreem nat zijn (1998). Vervolgens is 1999 weer een vrij normaal jaar (een beetje te nat). In aride en semi-aride klimaten is de neerslagvariabiliteit nog veel groter dan in ons vochtige landje.

Neerslag vertoont bovendien grote verschillen van plaats tot plaats. Op de ene plaats kan een stortbui vallen terwijl het tien kilometer verderop droog blijft. Zelfs de gemiddelden over het jaar kunnen sterk verschillen. In 1998 viel gemiddeld over Nederland 1055 mm neerslag tegen een 792 mm normaal ('normaal' wil hier zeggen het gemiddelde over de periode 1961-'90). Het natste station was Hoorn met 1255 mm (normaal 791 mm), terwijl er op Terschelling slechts 833 mm viel (783 mm normaal). In Hoorn viel dus 464 mm meer dan normaal en op Terschelling slechts 50 mm meer dan normaal. In een ander jaar kan het precies andersom zijn.

De grote verschillen van jaar tot jaar (temporele variabiliteit) en van plaats tot plaats (ruimtelijke variabiliteit) maken het lastig om statistisch aan te tonen dat de waargenomen trends niet op toeval berusten. De waarnemingen van één enkel station zullen vaak niet een significante trend opleveren. Om dat aan te tonen moeten de gegevens van een aantal stations over een gebied ongeveer zo groot als Nederland gemiddeld worden en moe-



ten lange tijdreeksen (bijvoorbeeld honderd jaar) geanalyseerd worden.

Een bijkomend probleem is nog dat de meetmethoden de afgelopen honderd jaar veranderd zijn. In het begin van de eeuw werd de neerslag in Nederland vaak gemeten op anderhalve tot twee meter hoogte. Vanaf de jaren vijftig is de waarnemingshoogte echter 0,4 meter, terwijl in Nederland tegenwoordig de meeste KNMI-regenmeters in de zogenaamde Engelse opstelling staan, waarbij de rand van de regenmeter ongeveer even hoog is als het omliggende maaiveld. Hoe hoger de bovenkant van de regenmeter, hoe groter de windfout (een deel van de regen wordt dan bij harde wind over de regenmeter heen geblazen). Alleen al door het veranderen van de waarnemingshoogte kunnen de waarnemingen dus trends laten zien.

Overstromingen

Wij bestudeerden van de neerslaggegevens van vijf stations in Nederland voor de periode 1904-'98. De gemiddelde jaarlijkse neerslag voor de 20ste eeuw was 756 mm, met een verschil tussen het begin en het eind van de 20ste eeuw van 87 mm. Können (1999) onderzocht de gemiddelde neerslag in Nederland voor de periode 1906-'98 aan de hand van het gemiddelde van dertien stations die gecorrigeerd zijn voor de veranderde waarnemingshoogte. Hij kwam tot een gemiddelde neerslag van 760 mm met een stijging van 99 mm de afgelopen eeuw.

Belangwekkender dan het feit dat de gemiddelde neerslag met 11 à 13 procent toenam is het feit dat vooral extreem natte perioden op het eind van de 20ste eeuw vaker voorkwamen. Maanden met meer dan 100 mm

neerslag kwamen op het einde van de vorige eeuw twee keer zo vaak voor als in het begin van de eeuw en maanden met meer dan 120 mm neerslag bijna vier keer zo vaak. Aan de frequentie van erg droge maanden (minder dan 25 mm neerslag) is niets veranderd. Het is dus niet zo verwonderlijk dat we vooral aan het einde van de afgelopen eeuw veel last hadden van overstromingen.

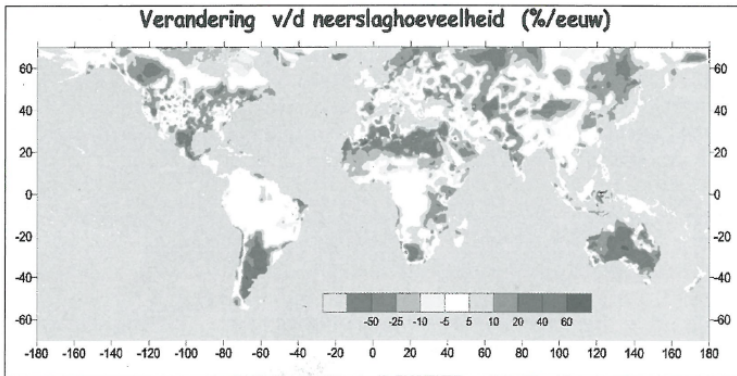
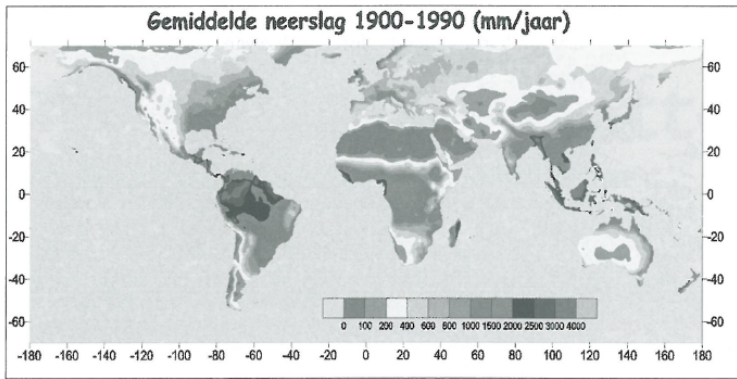
Meer neerslag

Aan de hand van neerslaggegevens voor de periode 1900-'88 van 5300 stations over de gehele wereld concludeerde de Amerikaanse meteoroloog Dai dat de El Niño-La Niña cyclus een grote invloed heeft op de wereldwijd (alleen landoppervlak) gemiddelde neerslag. Daarnaast vonden zij een toename van de wereldwijd gemiddelde jaarlijkse neerslag boven land van 24 mm per eeuw. Deze trend is vooral te wijten aan een toename van de neerslag in Noord-Amerika, Noord- en Midden-Europa, de voormalige Sovjet-Unie, Argentinië en Australië. In de tropen zijn de neerslaghoeveelheden eerder dalend. Ook de Russische meteoroloog Vinnikov vond dat in de periode 1891-1986 de neerslaghoeveelheden toegenomen waren in Noord-Amerika (met uitzondering van Noord-Canada), Scandinavië en de voormalige Sovjet-Unie. Hij vond een licht dalende trend in het deel van Europa ten zuiden van de 55-ste breedtegraad.

Dai brengt de toegenomen neerslag in verband met de toegenomen temperatuur, hetgeen ondersteund wordt door berekeningen met zogenaamde *Global Circulation Models* (GCM's) die globaal dezelfde trends laten zien voor een klimaat waarin tengevolge van de verhoogde CO₂-concentratie de gemiddelde temperatuur op aarde toegenomen is.

Een regenachtige zomer: toekomstbeeld voor Nederland?

Foto Maarten Hartman/HH



Boven figuur 1.
Gemiddelde neerslag
in de periode 1900-
1990 voor het land-
oppervlak op aarde.

Onder figuur 2.
Verandering van de
jaarlijkse hoeveelheid
neerslag gedurende de
20ste eeuw.

Negentienduizend weerstations

Het Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPCC), de toonaangevende organisatie op het gebied van klimaatveranderingen, heeft gegevens gepubliceerd over de neerslag voor het landoppervlak op aarde, voor de periode 1900-'90. Voor de periode 1961-'90 is daarbij gebruik gemaakt van de gegevens van ruim negentienduizend weerstation. In het begin van de eeuw waren dat er - vanzelfsprekend - aanzienlijk minder. Deze gegevens zijn grondig gecontroleerd en gecorrigeerd voor de veranderingen in de waarnemingshoogte. De gemiddelde neerslag over de periode 1900-'90 is weergegeven in figuur 1. Goed te zien zijn de vochtige tropische klimaten rond de evenaar (Amazonegebied, Centraal Afrika, Indonesië Nieuw-Guinea, Filipijnen) en het moessonklimaat in Zuidoost-Azië. Ook de aride gebieden zijn goed te zien (Noord-Chili, Patagonië, Namibië, Centraal Australië, Sahara, Somalië, Midden-Oosten, Turkmenistan en Oezbekistan, Noord-China). In Zuid-Amerika valt het effect van een bergrug in combinatie met de overheersende wind op: Op de gematigde breedten (ten zuiden van 30° Zuiderbreedte) overheersen de westenwinden en is de westkant van de Andes vochtig en de oostkant droog; In de tropen, waar de oostenwinden overheersen, is het andersom.

27 mm

De IPCC-gegevens van 1900-'90 zijn gebruikt om voor het hele landoppervlak van de aarde, met behulp van lineaire regressie, de verandering van de hoeveelheid neerslag te berekenen, uitgedrukt in procent per eeuw. Dit is weergegeven in figuur 2. De belangrijkste conclusies zijn:

- op 42 procent van het landoppervlak van de aarde veranderde er weinig (minder dan 5 procent toename of afname per eeuw). Dit zijn vooral de vochtige equatoriale gebieden, zoals het Amazonegebied, vochtig tropisch Afrika, Zuidoost-Azië, maar ook delen

- van de Verenigde Staten, Canada, Europa en Rusland.
- op 20 procent van het landoppervlak is de afgelopen eeuw meer dan 5 procent droger geworden, en op 12 procent van het landoppervlak bedroeg de afname van de hoeveelheid neerslag zelfs meer dan 10 procent. Droger werden vooral de toch al droge gebieden, zoals Noord-Chili, Sahara, Sahel, Midden-Oosten en Noord-China.
- Op 38 procent van het landoppervlak nam de neerslag met meer dan 5 procent per eeuw toe, en op 24 procent van het oppervlak was de toename zelfs meer dan 10 procent. Natter werden vooral de subtropen en de gematigde breedten, met name de Verenigde Staten, Europa, Rusland, Argentinië, Zuid-Afrika en Australië. Ook Oost-Afrika is vochtiger geworden. Opmerkelijk is dat vooral het vrij droge Patagonië en Centraal-Australië aanzienlijk vochtiger geworden zijn.

Wanneer uit deze gegevens de gemiddelde verandering van de hoeveelheid neerslag wordt berekend voor het gehele landoppervlak van de aarde, dan geeft dat een toename van 2,8 procent per eeuw. Dit betekent een toename per eeuw van de jaarlijkse neerslag met 27 mm. Dit is bijna dezelfde uitkomst die Dai en zijn team vond: 24 mm per eeuw.

Voor Nederland nam de gemiddelde neerslag met circa 12 procent toe, maar de kans op een natte maand (met meer dan 100 mm neerslag) is ongeveer verdubbeld. Ook in andere landen (Canada, Noorwegen, Rusland, Verenigde Staten, Mexico, en Australië) komt de toename van de gemiddelde neerslag vooral door de stijging van het aantal erg natte dagen. Het totaal aantal dagen met neerslag veranderde niet sterk.

Hogere temperaturen in de tropen zouden een toename van het aantal orkanen tot gevolg kunnen hebben. Orkanen hebben immers water van meer dan 26,5 °Celsius nodig om te kunnen ontstaan. Hogere zeewater-temperaturen zouden een groter deel van de tropische oceanen geschikt maken voor het ontstaan van orkanen gedurende een groter deel van het jaar. Dit lijkt momenteel echter niet het geval te zijn. Mogelijk komt dat omdat de temperatuurveranderingen door het broeikas-effect in de tropen het zwakst zijn en op dit moment nog zo klein dat ze nog geen merkbaar effect hebben op orkanen.

Warmer

Als het CO₂-gehalte van de atmosfeer stijgt, wordt een groter deel van de door de aarde uitgezonden langgolvlige straling in de atmosfeer geabsorbeerd. Hierdoor, zo is de verwachting, zal de gemiddelde temperatuur op aarde stijgen. Bij een hogere temperatuur zal er waarschijnlijk op de oceanen ook meer water verdampen. Omdat de verblijftijd van water in de atmosfeer maar kort is (ongeveer één week), betekent dit dat de hoeveelheid neerslag, gemiddeld over de gehele aarde, zal stijgen. Dit spoot met de waargenomen veranderingen in de 20ste eeuw. De effecten van het toenemend CO₂-gehalte worden enigszins getemperd doordat ook meer sulfaat aërosol in de atmosfeer komt, waardoor een groter deel van de zonnestraling wordt gereflecteerd.

Om een schatting te kunnen maken van de mate waarin het klimaat op aarde verandert als de CO₂-concentratie toeneemt, wordt gebruik gemaakt van GCM's (Global Circulation Models). Dit zijn een soort weermodellen, die het klimaat voor de gehele aarde berekenen. Daarin zitten allerlei terugkoppelingen verwerkt, zoals de verandering van de bewolgingsgraad en de

effecten die dat heeft op de weerkaatsing van zonnestraaling en de temperatuur op aarde. Kernvraag bij het gebruik van dit soort modellen is hoe snel de CO₂-concentratie en de hoeveelheid sulfaat aërosol verandert. Hier zijn de resultaten gebruikt van vier toonaangevende klimaatmodellen, waarbij als uitgangspunt is genomen het scenario dat het CO₂-gehalte en de hoeveelheid sulfaat aërosol jaarlijks met 1 procent toenemen.

De uitkomst is dat alle vier de modellen voorspellen dat de temperatuur deze eeuw verder zal stijgen. De toename is het grootst in de poolstreken en het kleinst in de tropen. Daarnaast voorspellen alle modellen een verdergaande toename van de jaarlijkse gemiddelde neerslag op aarde met 22 tot 50 mm. Dit is redelijk vergelijkbaar met de 24 tot 27 mm die waargenomen is voor de afgelopen eeuw.

Waar de grootste veranderingen plaatsvinden: daarover verschillen de uitkomsten van de vier modellen behoorlijk. Alle modellen voorspellen dat Canada, Noord-Europa, Rusland en een flink deel van de Sahara natter worden en dat zuidelijk Afrika en het mediterrane gebied droger worden. Maar over andere streken verschillen de meningen. Het ene model laat de westelijke helft van Australië natter worden, terwijl de andere modellen Australië overwegend droger laten worden. Voor de Verenigde Staten, de Sahel, Oost-Afrika, het Midden-Oosten en India geldt dat ze in het ene model droger worden en in het andere juist natter. Op dit

moment zijn er nog nauwelijks objectieve criteria te geven op grond waarvan kan worden besloten welke van de modellen het meest geloofwaardig is.

Literatuur

- Boxel, J.H. van & L.H. Cammeraat** (1999a) *Wordt Nederland steeds natter? Een analyse van de neerslag in deze eeuw. Meteorologica 9 (1): 11-15.* ([ook http://www.frw.uva.nl/cmkan/fysische.geografie/bib/nlatter.html](http://www.frw.uva.nl/cmkan/fysische.geografie/bib/nlatter.html))
- Boxel, J.H. van & L.H. Cammeraat** (1999b) *Nog meer nattigheid. In: Weerspiegel 26: 667-672.* ([ook http://www.frw.uva.nl/cmkan/fysische.geografie/bib/weerspiegel99.html](http://www.frw.uva.nl/cmkan/fysische.geografie/bib/weerspiegel99.html))
- Dai, A., I.Y. Fung & A.D. del Genio** (1997) *Surface observed land precipitation variations during 1900-88. J. In: Climate 10: 2943-2962.*
- Groisman, P. Ya et al.** (1999) *Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change. In: Climatic Change 42: 243-283.*
- Können, G.P.** (1999) *De toestand van het klimaat in Nederland 1999. KNMI, De Bilt.* ([ook http://www.knmi.nl/voor/nederl/klim/klimaatrapportage.html](http://www.knmi.nl/voor/nederl/klim/klimaatrapportage.html))
- IPCC** (1999). *The IPCC data distribution centre; The CRU global climate set.* (http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/cru_data/cru_index.html)
- New, M., M. Hulme & Ph. Jones** (1999) *Representing twentieth century space-time climate variability. Part 1: Development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology. In: Journal of Climate 12: 829-856.*
- Vinnikov, K. Ya., P. Ya. Groisman & K.M. Ligina** (1990) *Empirical data on contemporary global climate changes (temperature and precipitation). In: Journal of Climate 3: 662-677.*
- WMO** (1999) *1999 closes the warmest decade and the warmest century of the last millennium according to WMO annual statement on the global climate. World Meteorological Organisation press release, http://www.wmo.ch/web/Press/Press644.html.*

Foto Michel Sculz
Krzyzanowski/HH

