

JAARGANG 27 - NR. 2 - JUNI 2018

METEOROLOGICA



**NAUWKEURIGE STEDELIJKE
WEERSVERWACHTINGEN**

UITGAVE VAN DE NEDERLANDSE VERENIGING TER BEVORDERING VAN DE METEOROLOGIE

Ultrason Universele Windmeter

Nieuwe Compacte Ultrason Windmeter 2D

Features:

- Robuust en compact
- Optimale prijs-prestatie ratio
- Hoge nauwkeurigheid
- Onderhoudsvrij
- Digitale en analoge interfaces
- Gepatenteerde Ultrasonen sensoren
- Verwarmd
- Zeewaterbestendige metalen behuizing
- Toepassingen : Off-shore, Bruggen en sluizen, Industrie, Scheepvaart, Luchtvaart, Verkeer, Windmolens.

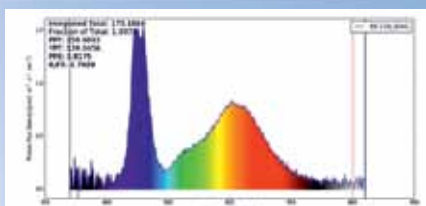
Meetbereiken:

- WS : 0... 75m/s
- WR : 0...360°
- Temp. : -40 - +70°C
- Uitgangen: 0/4...20mA
- 0/2...10V
- Interface : ASCII, Modbus
- RTU, NMEA WV

**Binnenkort
leverbaar!**



VIS range Spectroradiometer



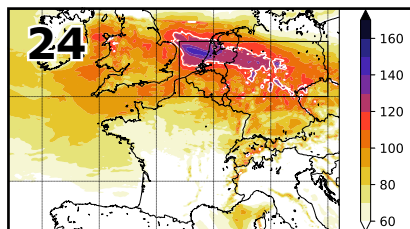
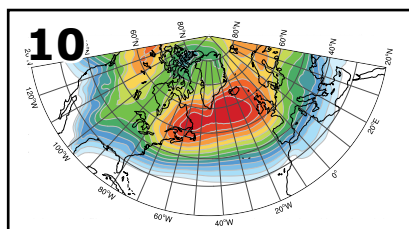
Spectroradiometers voor veld applicaties.

De SS-serie is beschikbaar met twee golflengte opties:
340 tot 820 nm (SS-110)
635 tot 1100 nm (SS-120)

Beide uitvoeringen zijn beschikbaar met verschillende lenzen:
(Field Of View): 180° (voor hemisferische metingen),
150° en 25° (voor reflectie metingen).

Toepassingen: lightspectrum metingen (energie flux dichtheid, foton flux dichtheid, verlichtingssterkte) van verschillende lichtbronnen, reflectie en transmissie metingen van natuurlijke (vaak gewas) en synthetische materialen. Eenvoudig in gebruik, effectieve metingen m.b.v. USB interface.





VAN DE HOOFDREDACTEUR

Er zit nogal een gapend gat tussen de schaalgrootte waarop normaliter weersverwachtingen worden uitgegeven (regio) en de persoonlijke beleving van het weer, vooral in stedelijke gebieden. In het artikel van Reinder Ronda en medeauteurs op pagina 4 wordt een poging gedaan om dit gat te dichten met behulp van een zeer fijnmazig weersverwachtingsmodel, toegepast op Amsterdam. Het blijkt dat de temperatuur in de stad van wijk tot wijk met vele graden kan variëren, afhankelijk van bijvoorbeeld de hoeveelheid open water en de aanwezigheid van stedelijke 'canyons'. Verwachtingen op wijk- en straatniveau zijn van groot belang omdat eerder onderzoek heeft laten zien dat bijvoorbeeld sterftecijfers sterk toenemen in gebieden waar de temperaturen hoog kunnen oplopen (vooral hoge nachttemperaturen).

Hoe extreem worden de weersextremen in een veranderend klimaat? Dat is de vraag die Lucinda Rasmijn en collega's zich stellen met het oog op de maatschappelijke impact die extreme weersituaties tot gevolg kunnen hebben. In hun artikel op pagina 10 gebruiken zij een nieuwe data-assimilatietechniek waarmee uitzonderlijke weersituaties in een warmer klimaat

kunnen worden 'nagespeeld'. Zij passen deze techniek toe op twee gevallen, met verrassende resultaten. Uit de analyses blijkt namelijk dat de winter van 2013/14 niet per se natter zal worden in een opwarmend klimaat, maar de Russische hittegolf van 2010 blijkt wél flink intenser te worden. Kortom, de dynamica van het klimaat is dusdanig complex dat veranderingen niet altijd de intuïtief verwachte effecten laten zien.

Over de complexiteiten van het klimaat gesproken... In het begin van de vorige eeuw vond Cornelis Braak, onderzoeker aan het KNMI, dat de neerslag in Nederland samen lijkt te hangen met de zonnevlekencyclus. Cor Schuurmans en Huug van den Dool gaan in hun artikel op pagina 16 na of deze 'Regel van Braak' ook opgaat voor recentere waarnemingen van neerslag in De Bilt. Inderdaad vinden zij dat de neerslag in de opgaande tak (van het minimum tot het maximum) opvallend vaak bovennormaal is, en in het neergaande gedeelte van de cyclus doorgaans lager dan gemiddeld. Volgens deze regel leven we momenteel in een relatief droge tijd, maar zou in 2020 een nattere periode moeten aanbreken. We wachten met spanning af...

INHOUDSOPGAVE

4 Numerieke weersverwachtingen op buurtniveau voor Amsterdam

REINDER RONDA, GERT-JAN STEENEVELD, BERT HEUSINKVELD, JISK ATTEMA, BERT HOLTSLAG

10 Hoe extreem worden de extremen?

LUCINDA RASMIJN, GERARD VAN DER SCHRIER, JAN BARKMEIJER, ANDREAS STERL, RICHARD BINTANJA, WILCO HAZELEGER

16 De regel van Braak

COR SCHUURMANS, HUUG VAN DEN DOOL

20 Kanttekeningen bij de Sterrennacht van Vincent van Gogh

HENK DE BRUIN

21 Huug van den Dool ontvangt een hoge NOAA-onderscheiding

HENK DE BRUIN

22 Column – Debat (1)

HUUG VAN DEN DOOL

23 NVBM vacature bestuur algemeen lid

BESTUUR NVBM

24 Klimaatoverzicht – De storm van 18 januari 2018: de opwarming en de verruwing

GEERT JAN VAN OLDENBORGH, HYLKE DE VRIES, ROBERT VAUTARD

26 Museum 't Fiskershúske in Moddergat

HENK DE BRUIN

27 Houten (Utrecht) nieuwe locatie van Weerplaza

MARCO VERHOEF

27 Bestuurswissel NVBM

BESTUUR NVBM

28 Klimaatbericht – Kwetsbaarheid van groene stroom

GERARD VAN DER SCHRIER, KARIN VAN DER WIEL

29 NWO kent 18 miljoen euro toe aan het Ruisdael Observatorium

HENK DE BRUIN

29 Watertemperatuurmodel gepubliceerd in Meteorologica toegepast op endoreïsche meren in Kazachstan

HENK DE BRUIN

30 Column – Vrijwilligers...? Iemand...?

GERARD VAN DER SCHRIER

31 NVBM Sponsors en Colofon

Advertenties

2 CaTeC

9 IMAU – Universiteit Utrecht

15 Wageningen Universiteit

19 Wittich en Visser

32 KNMI

Voorkant

Het lokale stadweer in Amsterdam (bron: pixabay.com).

Numerieke weersverwachtingen op buurniveau voor Amsterdam

REINDER RONDA, GERT-JAN STEENEVELD, BERT HEUSINKVELD (WAGENINGEN UNIVERSITEIT),
JISK ATTEMA (NETHERLANDS eSCIENCE CENTER), BERT HOLTSAG (WAGENINGEN UNIVERSITEIT)

Stedelijke landschappen beïnvloeden het leven van stadsbewoners, onder meer doordat ze de lokale weersomstandigheden beïnvloeden. Helaas kunnen moderne mondiale en regionale weersverwachtingssystemen tot op heden niet worden gebruikt voor gedetailleerde verwachtingen voor de stad, ondanks dat observatiesystemen wel in staat zijn om het stedelijke klimaat effectief te monitoren. Om weersverwachtingen op intra-stedelijke ruimteschalen mogelijk te maken, is een stedelijk weersverwachtingssysteem ontwikkeld. In dit systeem worden recente ontwikkelingen op het gebied van landschapskartering, luchtfotografie, en gedetailleerde hoogtegegevens ontsloten en gebruikt voor de representatie van stedelijke gebieden in een versie van het Weather Research & Forecasting (WRF) model dat speciaal is ontwikkeld voor weersverwachtingen in stedelijke gebieden. Het stedelijke weersverwachtingssysteem heeft voor Amsterdam voor de zomer van 2015 dagelijks weersverwachtingen op buurniveau gemaakt. Deze verwachtingen zijn gevalideerd met metingen uit een dicht netwerk van weerstations in Amsterdam; het blijkt dat het stedelijke weersverwachtingssysteem de invloed van stedelijke morfologische kenmerken en stedelijke ruimtelijke structuur op lokale temperaturen met succes kan representeren, inclusief het verkoelende effect van grote waterlichamen op lokale middagtemperaturen. Deze resultaten betekenen dat wereldwijde stedelijke weersverwachting binnen het bereik is gekomen van weersverwachtingssystemen, mits passende data- en computerinfrastructuur beschikbaar is.

Hitte in de stad

Wereldwijd trekken mensen naar de stad. In 2014 leefde volgens de Verenigde Naties (VN, 2014) circa 52% van de wereldbevolking in een stad, dus 4.5 miljard stadsbewoners wereldwijd. In 2050 zullen er naar verwachting 6.5 miljard mensen in een stad wonen (VN, 2014), wat betekent dat dan 70% van de mensen op aarde stedelingen zijn.

Deze verstedelijking trekt een zware wissel op de leefbaarheid van stedelijke gebieden in de hele wereld. Vanuit een meteorologisch perspectief hebben steden vaak te maken met een zogenaamde stedelijk hitte-eilandeffect, in het Engels "Urban Heat Island (UHI)" effect (Howard, 1833; Oke, 1982), wat betekent dat steden vooral 's avonds en 's nachts substantieel warmer zijn dan hun landelijke omgeving. Deze extra warmte maakt stedelijke bewoners extra kwetsbaar voor de negatieve effecten van extreme hitte, ook omdat klimaatprojecties laten zien dat de ernst en de duur van de hittegolven in de komende decennia naar verwachting zullen toenemen (IPCC, 2013). Nadelige effecten van extreme hitte zijn onder andere een verminderde arbeidsproductiviteit (Zander et al., 2015), een verhoogde vraag naar energie (Fazeli et al., 2016) en aanzienlijk hogere risico's op hart- en vaatziekten, kanker en luchtwegklachten. Uit onderzoek blijkt dan ook dat sterftecijfers

aanzienlijk hoger zijn als het erg heet is (Huynen et al., 2001).

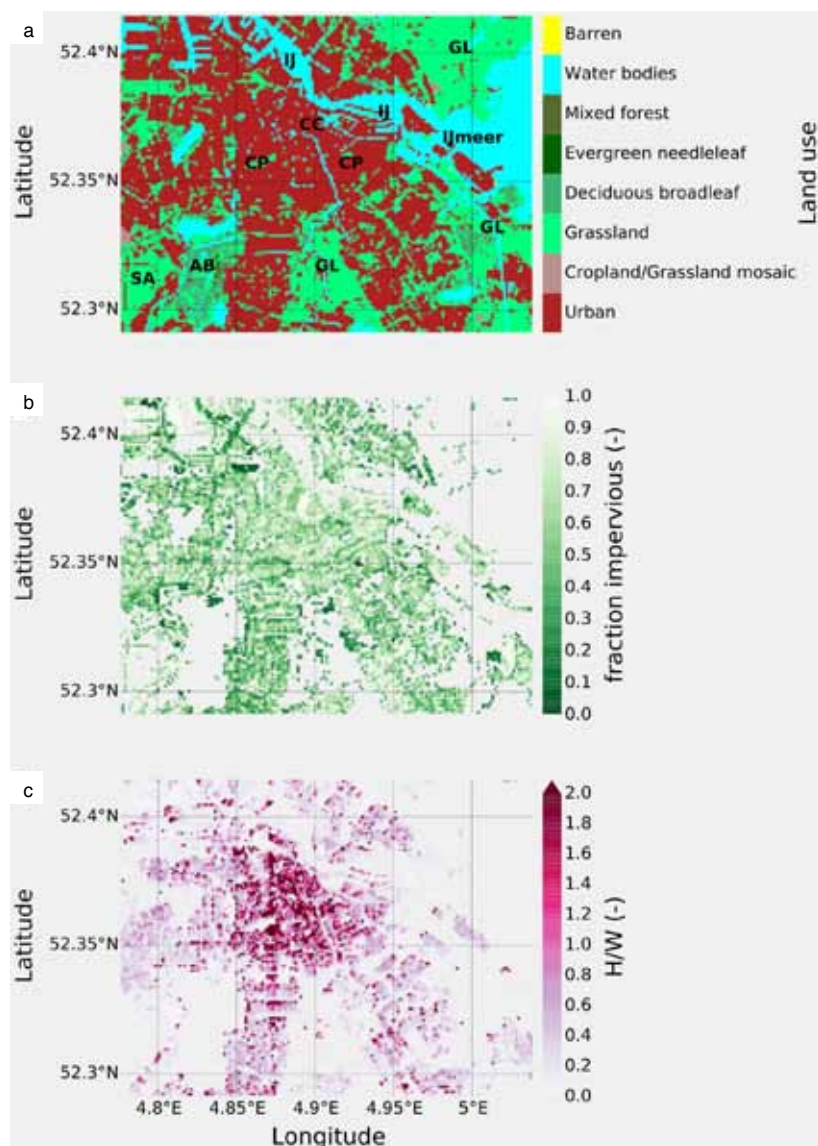
Om deze negatieve effecten tegen te gaan wordt bij het ontwerp van stedelijke gebieden al rekening gehouden met het thermische comfort en de gezondheid van stedelingen (US-EPA, 2008). Deze maatregelen voorkomen echter niet altijd dat steden erg warm worden. Het beschermen van mensen tijdens warm weer berust nog steeds op waarschuwingssystemen en hitteplannen. Deze waarschuwingssystemen kunnen niet zonder nauwkeurige weersverwachtingen voor de stad.

Hoewel de ontwikkeling van weersverwachtingssystemen zonder meer indrukwekkend kan worden genoemd, 'een stille revolutie' volgens Bauer et al. (2015), is de huidige horizontale resolutie nog te grof om gedetailleerde weersverwachtingen voor de stad te maken. Stedelijke morfologie die belangrijk is voor de UHI varieert typisch van buurt tot buurt, en heeft dus een ruimtelijke schaal van enkele honderden meters. Dit is aanmerkelijk fijner dan de horizontale resolutie van hedendaagse weersverwachtingssystemen die varieert van enkele kilometers (bijvoorbeeld in Harmonie) tot resoluties in de orde van 10 km (HIRLAM, ECMWF en NCEP).

Om de kloof te dichten tussen de schaal waarop weersverwachtingssystemen verwachtingen genereren en de schaal waarop mensen het weer ervaren heeft de Wageningen Univer-

Domein id	Grootte noord/zuid (km)	Grootte oost/west (km)	Rooster afstand (m)	Centrale breedtegraad (N)	Centrale lengtegraad (E)	Tijdstap (s)
d01	1487.5	1487.5	12500	51.964	5.663	60
d02	300	300	2500	52.374	4.820	12
d03	60	60	500	52.351	4.896	2.4
d04	17.5	13.5	100	52.352	4.907	0.48

Tabel 1. Specificatie van de WRF rekenroosters.



Figuur 1. Specificatie van het landgebruik en de stedelijke morfologische kenmerken. (a) Landgebruik voor alle roosterpunten van het kleinste domein. Symbolen in de figuur geven de geografische ligging aan van het stadscentrum ('CC'), de grote waterlichamen 'IJ' en 'IJmeer', de graslanden ('GL'), de grote stadsparken ('CP'), het Amsterdamse Bos ('AB'), en Schiphol Airport ('SA'). (b) Fractie verhard oppervlak. (c) De verhouding tussen de hoogte van de gebouwen en de breedte van de stedelijk 'canyons' voor alle roosterpunten in het kleinste domein waarvoor het grondgebruik stedelijk is.

siteit, in nauwe samenwerking met het Netherlands eScience Center (www.esciencecenter.nl) het Urban Weather Forecasting System (UFS) ontwikkeld. Dit systeem maakt weersverwachtingen mogelijk op een ruimteschaal van enkele honderden meters, en kan dus worden gebruikt om weersverwachtingen op buurt- en soms zelfs straatniveau te maken. Verwachtingen op zulke kleine ruimteschalen zijn direct relevant voor de persoonlijke veiligheid en het welzijn van mensen. Overheidsinstanties, autoriteiten op het gebied van volksgezondheid, energiebedrijven, burgers en ondernemers kunnen de verwachtingen dus direct gebruiken om activiteiten te plannen en keuzes te bepalen.

Ontwikkeling van het UFS

De basis van het UFS wordt gevormd door het Weather, Research & Forecasting / Urban Modeling System (voortaan WRF) (Skamarock en Klemp, 2008; Chen et al., 2011), en maakt in dit geval weersverwachtingen op vier geneste hori-

zontale domeinen (Tabel 1). Het fijnste domein omvat het stedelijk gebied van de stad Amsterdam en berekent het weer op een horizontale roosterafstand van 100 m. Het grofste domein heeft een roosterafstand van 12.5 km en omvat een belangrijk deel van Noordwest-Europa. Aan de randen wordt het weer opgelegd van het mondiale weersverwachtingssysteem van het National Center of Environmental Prediction (NCEP) Global Forecasting System (GFS) cycle (www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs).

De ontwikkeling van het UFS staat of valt met het detailniveau waarmee informatie met betrekking tot stadsmorfologie beschikbaar is. Met name de beschikbaarheid van fijnmazige gegevens van het landgebruik in de bebouwde omgeving en het gebied rondom de stad, de geometrie van de bebouwing (hoogte van gebouwen en breedte van wegen), en de fractie groene gebieden binnen de stad is cruciaal. Om deze gegevens voor stedelijke gebieden in Nederland te verkrijgen is binnen de ontwikkeling van het UFS veel aandacht besteed aan het ontsluiten van innovatieve gegevensbronnen en deze geschikt te maken voor gebruik in WRF.

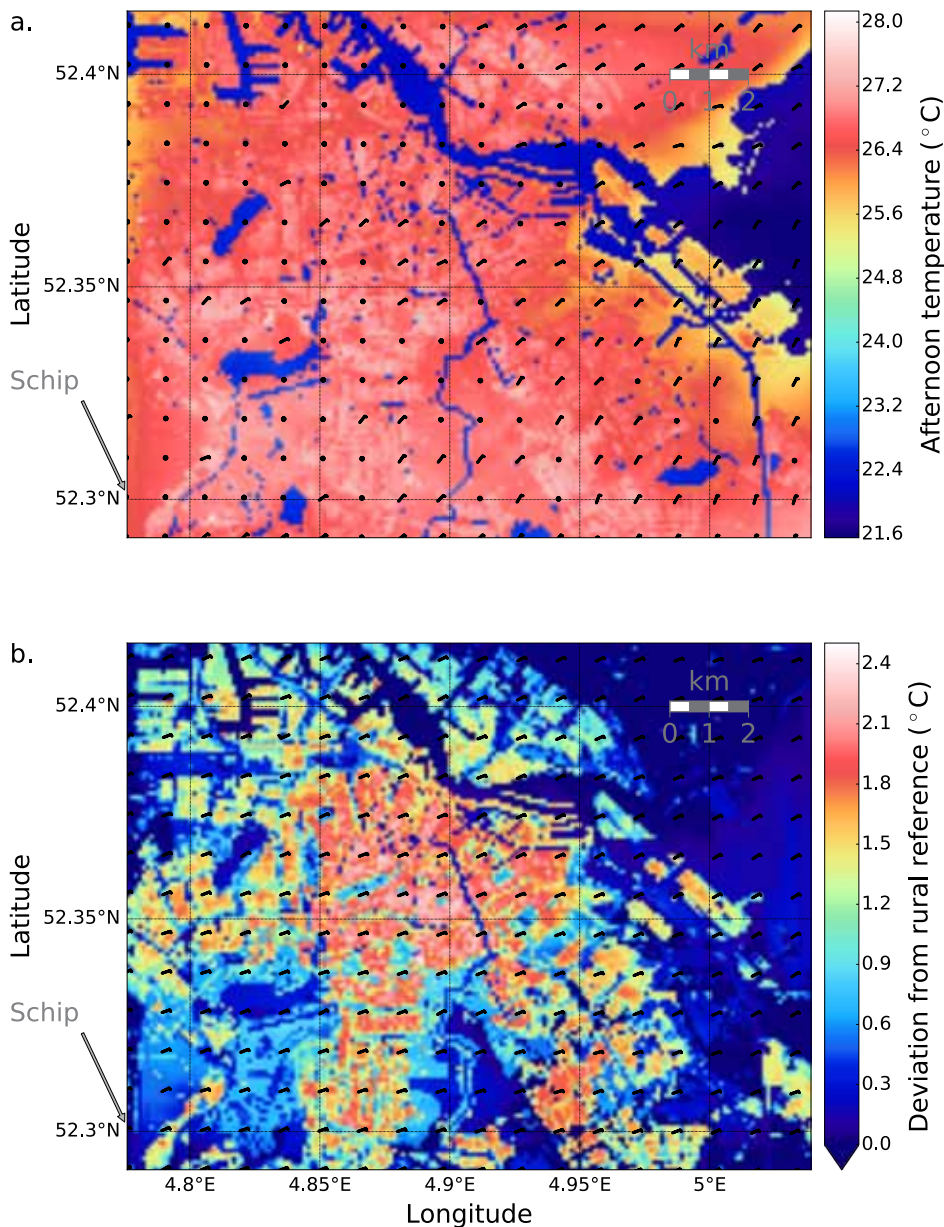
Databronnen zijn onder andere de landgebruikskaat voor Nederland zoals ontwikkeld door het Kadaster (www.kadaster.nl/-/top10nl), luchtfoto's die kunnen worden gebruikt om de hoeveelheden groen in het stedelijk gebied in kaart te brengen, en een gedetailleerde hoogtekartaart (www.pdok.nl/en/service/wfs-actueel-hoogtebestand-nederland-ahn2) die is gebruikt om de geometrie van de bebouwde omgeving te beschrijven.

Als voorbeeld van het behaalde detail toont Figuur 1a het landgebruik voor het domein met de kleinste roosterafstand. Het hoefijzervormige historische centrum van Amsterdam is duidelijk herkenbaar. De grootste parken van Amsterdam, met name het Vondelpark, Oosterpark en het Beatrixpark, zijn duidelijk zichtbaar als groene elementen in de stad. Ook de landschappen buiten Amsterdam worden goed gepresenteerd: het IJmeer in het oosten, de graslanden in het zuiden, zuidoosten en het noorden, en het Amsterdamse Bos in het zuidwesten. Ook zijn de landingsbanen en omliggende graslanden van vliegveld Schiphol in het uiterste zuidwesten goed zichtbaar. Figuren 1b en 1c laten zien dat zowel de versteende fractie van het Amsterdamse stadsoppervlak als de verhouding tussen de hoogte van de gebouwen en de wegbreedte sterk variëren binnen Amsterdam. In zijn algemeenheid kan worden gezegd dat beide het hoogst zijn in de verstedelijkte kern van Amsterdam en wat lager in de aanpalende woonwijken.

Weersverwachtingen met het UFS

Het UFS is voor de zomer van 2015 gebruikt om een weersverwachting voor het stedelijk gebied van Amsterdam te maken. Elke dag gedurende zomer (juni, juli en augustus) wordt daartoe om 0:00 UTC een run gestart met UFS die vervolgens wordt gebruikt om 48 uur vooruit het weer in Amsterdam te berekenen.

Initialisatie van de atmosferische velden vindt daarbij



Figuur 2. Het UFS maakt weersverwachtingen voor de stad met een opmerkelijk detail. (a) Verwachte gemiddelde middagtemperatuur (gemiddelde van 12, 13, 14 UTC) (gekleurde contouren) en windsnelheid (windveren). (b) Verwachting voor de gemiddelde avondlijke (20, 21, 22 UTC) afwijking van de lokale luchttemperatuur in de buurt ten opzichte van die van Schiphol en de gemiddelde windsnelheid van de avond. Verwachtingen zijn gemiddeld over alle verwachtingen die zijn gemaakt tijdens een episode van warm weer die duurde van 29 juni tot 2 juli 2015. Ook aangegeven is de locatie van het referentieweerstation Schiphol.

plaats met behulp van de velden uit hetzelfde weersverwachtingsmodel dat ook wordt gebruikt om het weer aan de randen op te leggen. Om de opbouw van hitte door het model in het stedelijk gebied mogelijk te maken worden de prognostische variabelen voor het landoppervlak niet geïnitieerd vanuit het globale weersverwachtingsmodel maar overgenomen ('ge-recycled') vanuit de verwachting voor deze variabelen van de vorige dag. Uniek is de initialisatie van de watertemperaturen die voor grote binnenwateren in en rondom Amsterdam wordt bepaald uit de metingen door Rijkswaterstaat van de watertemperatuur van de Nederlandse binnenwateren (www.rijkswaterstaat.nl/kaarten/watertemperatuur.aspx).

Als voorbeeld van het detailniveau waarop de UFS weersverwachtingen voor de stad produceert, toont Figuur 2 een gemiddelde van de te verwachte middagtemperatuur (Figuur 2a) en het te verwachten avondlijk hitte-eiland effect (Figuur

2b) voor een periode van warm weer gedurende de zomer van 2015. De laagste waarden voor de middagtemperatuur, ongeveer 21 °C, werden verwacht boven de grote waterlichamen (Figuur 2a), zoals het IJmeer, 't IJ en de Amstel. De hoogste temperatuur van ongeveer 28 °C werd verwacht voor de zuidelijke en westelijke voorsteden van Amsterdam. Dit zijn relatief open gebieden met stedelijke 'canyons' die relatief breed zijn in vergelijking met de hoogte van de omliggende gebouwen. De oostelijke voorsteden van Amsterdam zijn aanzienlijk koeler vanwege de noord-oostelijke winden die relatief koele lucht vanuit het IJmeer meebrengen. Andere (kleinere) waterlichamen hebben een minder groot effect op de luchttemperaturen: de reikwijdte van deze waterlichamen varieert typisch van honderd tot een paar honderd meter, afhankelijk van de grootte van het waterlichaam.

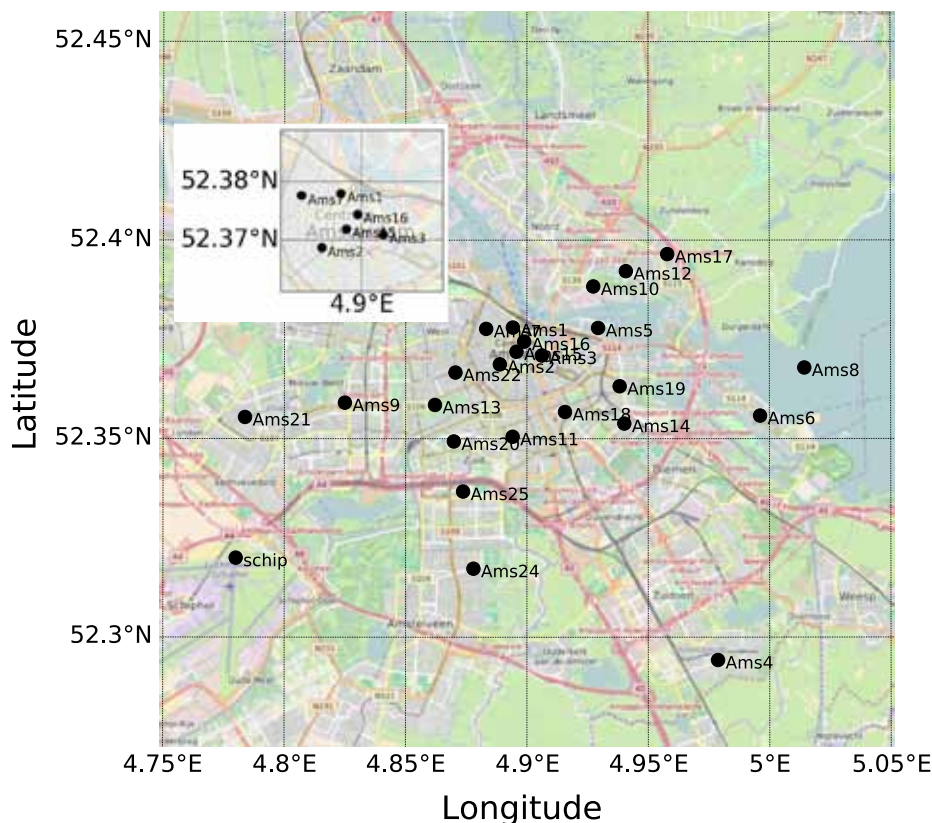
Figuur 2b toont de verwachte gemiddelde avondlijke (20, 21, 22 UTC) afwijking van de lokale luchttemperatuur ten opzichte van de temperatuur te Schiphol (zie locatie in Figuur 2b). De hoogste afwijking, het lokale UHI, bedraagt ongeveer 2.5 °C en werd verwacht voor gebieden direct ten westen en ten zuiden van de Amsterdamse binnenstad. Lage UHI-waarden werden verwacht voor de waterlichamen, de stadsparken en (in mindere mate) de verstedelijkte wijken met relatief veel groen.

Amsterdam observatienetwerk

De weersverwachtingen die met het UFS zijn gemaakt zijn geverifieerd met behulp van waarnemingen die zijn gedaan op het synoptische weerstation Schiphol en met 24 stedelijke weerstations die op een hoogte van 4

m zijn gemonteerd op lantaarnpalen in Amsterdam (zie Figuur 3). Het observatienetwerk is zo ontworpen dat de weersgrootheden in zoveel mogelijk Amsterdamse wijktypen kunnen worden bepaald: het historische centrum dat gekenmerkt wordt door drie verdiepingen magazijnen langs grachten en kleine straten, de grote wijken rondom het historisch centrum die bestaan uit woningen van typisch drie verdiepingen of vier verdiepingen die zijn gebouwd in de periode van 1920 tot 1940, de buitenrand van Amsterdam (buiten de ringweg A10) die wordt gekenmerkt door relatief nieuwe wijken met huizen van drie verdiepingen, en de Zuidas, een kleine commerciële strook in het zuidelijke deel van Amsterdam met relatief hoge gebouwen en diepe stedelijke 'canyons'.

De stedelijke weerstations meten de luchttemperatuur en -vochtigheid en bestaan uit Decagon VP-3 vochtigheids- / temperatuursensoren die in een rond schild (184 mm diameter)



Figuur 3. Kaart (www.openstreetmap.org/#map=11/52.3525/4.8584) van Amsterdam en de omliggende gebieden met daarin de locaties van de 24 weerstations en de locatie van het SYNOP Schiphol luchthavenweerstation (WMO code 06240). Het ingevoegde kaartje toont een vergroting van de kaart voor het centrum van Amsterdam, inclusief de stations in het centrum van Amsterdam.

zijn geplaatst. Uniek is dat bovenop het schild een zonne-energie-aspiratieventilator (Davis) is geïnstalleerd die wordt aangedreven door twee zonnepanelen die boven het schild zijn geplaatst op een $\pm 45^\circ$ hoek in het oosten en het westen. Zes van de stedelijke stations waren tevens uitgerust met een DS-2 sonische anemometer van Decagon Devices. Deze sensor heeft een windsnelheidsdrempel van 0.00 m/s en een zeer hoge resolutie van 0.01 m/s. Windsnelheidsgegevens zijn beschikbaar voor het meetpunt Ams8, dat zich bevindt op een klein eiland ten oosten van Amsterdam, de meetpunten Ams3 en Ams6, die zich bevinden in de buitenwijken, de meetpunten Ams2 en Ams16, die zich in drukke straten in het centrum van Amsterdam en meetpunt Ams25 bevinden, welke zich op de Zuidas bevindt. In Figuur 3 is ook het SYNOP weerstation Schiphol aangegeven dat is gebruikt als referentiemeting voor het landelijk gebied.

Validatie van UFS

Voor elk uur zijn de verwachte temperatuur, waterdampdruk, en windsnelheid vergeleken met waarnemingen. In Figuur 4 is deze validatie samengevat door de mediaan van de absolute fout voor alle metingen en verwachtingen tijdens de zomerperiode van 2015 uit te zetten als functie van de verwachtingsperiode. Hieruit blijkt dat de verwachtingen voor lokale middagtemperaturen zeer goed zijn (Figuur 4a), ook voor de verwachtingen die zijn gemaakt op de relatieve grove rekendomeinen. Voor het verwachten van de temperatuur 's avonds en 's nachts (als het avondlijk hitte-eilandeffect optreedt) en ook voor de waterdampdruk (Figuur 4b), blijkt het UFS een duidelijke meerwaarde te hebben: de verwachte mediaan

van de absolute fout is voor waarden voor het stedelijk warmte-eilandeffect zoals berekend met de twee fijnste domeinen veel kleiner dan de mediaan van de absolute fout voor waarden die zijn berekend met behulp van de twee grovere rekendomeinen.

Voor de windsnelheid (Figuur 4c) is er een duidelijk onderscheid tussen het domein met de grootste roosterafstand, dat het Amsterdamse gebied als landelijk identificeert en derhalve de neiging heeft om de windsnelheid te overschatten, en de fijnere rekenroosters die het Amsterdamse gebied als stedelijk identificeren, en dus veel lagere, meer realistische windsnelheden verwachten in de stedelijke 'canyon'.

Verwachtingen voor menselijk thermisch comfort

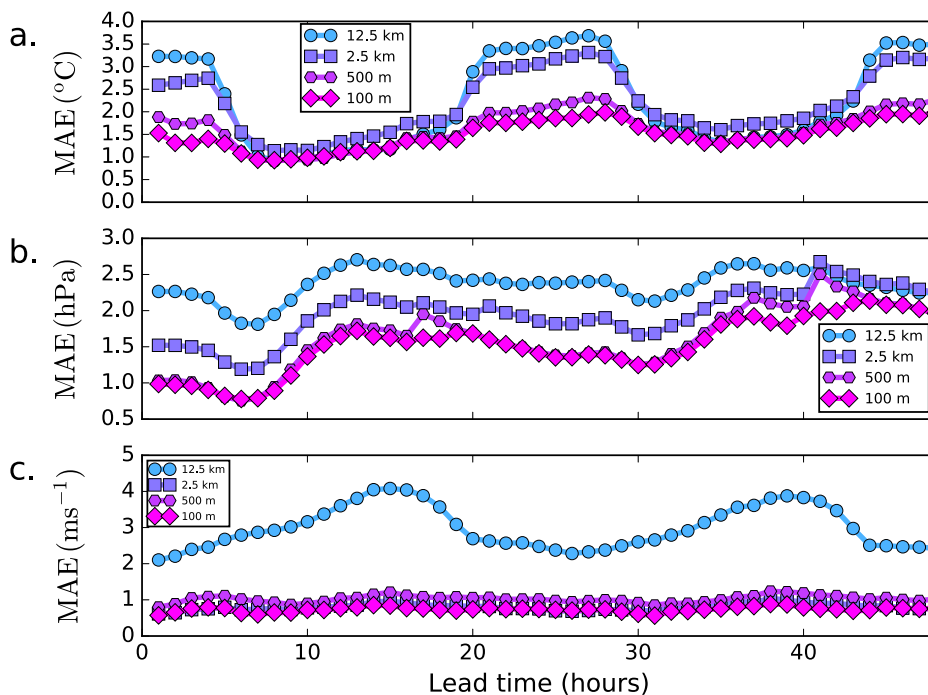
Het UFS maakt weersverwachtingen mogelijk die direct kunnen worden gebruikt om verwachtingen te maken van het thermische comfort dat mensen ervaren (Heusinkveld et al., 2017). Om dit te illustreren hebben we voor de zomer van 2015 het UFS gebruikt om verwachtingen te maken voor van de Simplified Wet Globe Globe Temperature (SWBGT) (Fisher et al., 2012). De SWBGT wordt berekend als een lineaire combinatie van de temperatuur en de waterdampdruk op leefhoogte en kan worden beschouwd als een proxy voor de stress die mensen ervaren als gevolg van een hoge temperatuur en/of luchtvochtigheid. Tabel 2 laat zien wat de skill is van het UFS-systeem voor het verwachten van gebeurtenissen waarbij SWBGT een drempelwaarde van 26 °C overschrijdt op plaatsen waar waarnemingen beschikbaar zijn. Een drempelwaarde van 26 °C staat gelijk aan een gematigd risico. Uit Tabel 2 blijkt dat de UFS dergelijke gebeurtenissen van extreme warmte goed kan voorspellen.

Discussie en conclusie

Samen met het Netherlands eScience Center ontwikkelde de leerstoelgroep Meteorologie en Luchtkwaliteit van de Wageningen Universiteit een fijnmazig weersverwachtingssysteem dat speciaal is ontworpen voor stedelijke gebieden. Het UFS is een volwaardig weersverwachtingssysteem dat

Middagen met SWBGT > 26 °C	Meting			
	Ja			Nee
	Nee			Totaal
	Ja	853	179	1032
	Nee	224	11667	11846
Verwachting	Totaal	1077	11891	12923

Tabel 2. Skill van gebeurtenissen voor middagen met SWBGT > 26 °C.



Figuur 4. Verificatie van de UFS-verwachtingen gedurende de zomer van 2015. De mediaan van de absolute fout in de verwachte uurlijkse temperatuur (a), de verwachte uurlijkse waterdampdruk (b) en de verwachte uurlijkse windsnelheid (c) als een functie van de verwachtingsperiode.

deterministische verwachtingen levert van relevante weer-variabelen op buurt- en in sommige gevallen straatniveau.

We hebben het UFS gebruikt om gedurende de zomer van 2015 weersverwachtingen te maken voor het stedelijk gebied van Amsterdam tot 48 uur vooruit. Mede door de uitgebreide landoppervlakinformatie produceert het UFS weersverwachtingen die de ruimtelijke verdeling van weersomstandigheden op een schaal van enkele honderden meter goed in kaart brengen als ze worden vergeleken met waarnemingen. Tevens kan het UFS effectief worden gebruikt om verwachtingen te maken voor relevante indices voor het menselijk thermische comfort. Omdat deze verwachtingen rechtstreeks van toepassing zijn op schalen waarop mensen leven, slapen, werken en recreëren, kunnen ze door het grote publiek en overheidsinstanties worden gebruikt om passende maatregelen te treffen.

Uiteraard kan het UFS nog worden verbeterd. Zo zou het huidige deterministische systeem kunnen worden aangevuld met een probabilistische verwachting, bijvoorbeeld door mee te nemen wat de onzekerheid is als de stedelijke parameters worden gevarieerd of als een andere fysisch pakket wordt gebruikt om het effect van de stedelijke omgeving op het lokale weer uit te rekenen. Ook zou het huidige systeem kunnen worden uitgebreid met een data-assimilatiesysteem waarin waarnemingen worden gebruikt om het UFS bij te sturen. Daarnaast kan er wellicht nog veel verbeterd worden ten aanzien van de methoden die worden gebruikt om het turbulente transport in de atmosferische grenslaag uit te rekenen, wat met name van belang is als de toepassing van het UFS wordt uitgebreid naar andere gebieden of andere seizoenen die naar verwachting worden gekarakteriseerd door grenslagen die stabiel tot zeer stabiel zijn gestratificeerd. Ook zou het goed zijn als inzichtelijk wordt gemaakt in welke gevallen een relatief duur systeem als het UFS noodzakelijk is om goede weersverwachtingen voor de stad te maken. Mogelijk komen er dan situaties aan het licht waarin de mesoschaal dynamica in en rondom de stad van minder belang is. In die gevallen zou kunnen wor-

den volstaan met een relatief recht-toe-rechtaan downscaling van een grofmazig weersverwachtingsmodel. Niettemin laten onze resultaten zien dat weersverwachtingen voor stedelijke gebieden mogelijk zijn en dat deze binnen het bereik van weersverwachtingssystemen liggen. Daarvoor is het wel noodzakelijk dat passende data- en rekeninfrastructuur voorhanden is.

Dit artikel is de samenvatting van een uitgebreid artikel dat is verschenen in de *Bulletin of the American Meteorological Society* (Ronda et al., 2017).

Literatuur

- Bauer, P., A. Thorpe, G. Brunet, 2015: The quiet revolution of numerical weather prediction. *Nature* 525, 47-51, doi:10.1038/nature14956.
- Chen, F., and co-authors, 2011: The integrated WRF/urban modelling system: development, evaluation, and applications to urban environmental problems. *Int. J. of Climatol.* 31(2), 13-39, doi: 10.1002/joc.2158.
- Fazeli, R., M. Ruth, and B. Davidsdottir, 2016: Temperature response functions for residential energy demand – a review of models. *Urban Clim.* 15, 45-69, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2016.01.001>.
- Fischer, E.M., K.W. Oleson, and D.M. Lawrence, 2012: Contrasting urban and rural heat stress responses to climate change. *Geophys. Res. Lett.* 39(3), L03705, doi: 10.1029/2011GL050576.
- Heusinkveld, B.G., G. Sterenborg, G.J. Steeneveld, J.J. Attema, R.J. Ronda, and A.A.M. Holtslag, 2017: Smartphone app brings human thermal comfort forecast in your hands. *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 99(12), 2533-2541, doi: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0082.1>
- Howard, L., 1833: The climate of London. Volumes I-III, London (UK).
- Huynen, M.M.T.E.M., P. Martens, D. Schram, M.P. Weijnenberg, and A.E. Kunst, 2001: The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environm. Health Persp.* 109(5), 463, doi:10.2307/3454704.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. T.F. Stocker, and co-authors, eds., Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- Oke, T.R., 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Quart. J. of the Roy. Meteor. Soc.* 108, 1-24, doi: 10.1002/qj.49710845502.
- Ronda, R.J., G.J. Steeneveld, B.G. Heusinkveld, J.J. Attema, and A.A.M. Holtslag, 2017: Urban finescale forecastings reveals weather conditions with unprecedented detail. *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 99(12), 2675-2688, doi: DOI:10.1175/BAMS-D-16-0297.1
- Skamarock, W.C. and J.B. Klemp, 2008: A time-split nonhydrostatic atmospheric model for weather research and forecasting applications. *J. Comput. Phys.* 227(7), 3465-3485, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcp.2007.01.037>.
- United Nations (UN), Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2014: World Urbanization Prospects: the 2014 Revision, Highlights. Publication ST/ESA/SER.A/352, UN. [Available online at esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf]
- U.S. Environmental Protection Agency, (EPA), 2008: Reducing urban heat islands: compendium of strategies. [published by EPA, 2008 and available online at www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium].
- World Meteorological Organization/World Health Organization, 2015: Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development. G.R. McGregor, lead Ed., P. Bessemoulin, K. Ebi, B. Menne, Eds. WMO-No. 1142. [Available online at www.who.int/globalchange/publications/WMO_WHO_Heat_Health_Guidance_2015.pdf?ua=1]
- Zander, K.K., W.J.W. Botzen, E. Oppermann, T. Kjellstrom, and S.T. Garnett, 2015: Heat stress causes substantial labour productivity loss in Australia. *Nature Clim. Change* 5, 647-651, doi:10.1038/nclimate2623.



Universiteit Utrecht

Climate Physics

Master's Programme at Utrecht University, The Netherlands

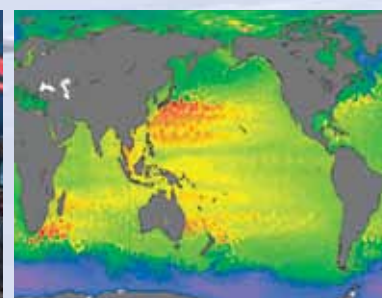
This Master's programme offers a unique combination of theoretical courses and practical training in all aspects of the climate system. Physics, dynamics and chemistry of the atmosphere, the oceans, the glaciers and ice sheets and their interaction are the core of this programme.

Our research fields:

- Ocean Circulation and Climate
- Physical Oceanography of the Coastal Zone
- Atmospheric Dynamics and the Hydrological Cycle
- Atmospheric Physics and Chemistry
- Ice and Climate

More information:

Utrecht University, The Netherlands
Institute for Marine and Atmospheric Research
www.uu.nl/masters/climate



Hoe extreem worden de extremen?

LUCINDA RASMIJN (KNMI), GERARD VAN DER SCHRIER (KNMI), JAN BARKMEIJER (KNMI), ANDREAS STERL (KNMI),
RICHARD BINTANJA (KNMI/RUG), WILCO HAZELEGER (WUR/eScience Center)

Tijdens de winter van 2013/2014 werden de Britse eilanden getroffen door een reeks winterstormen die door de harde wind en regen in combinatie met springtij in zuidwest Engeland voor grootschalige overstromingen zorgde. In de zomer van 2010 werd het westen van Rusland getroffen door een extreme hittegolf met recordhoge temperaturen en droogte, wat onder andere leidde tot veen- en bosbranden. Met het opwarmen van het klimaat is de consensus dat de warmte- en neerslagextremen extremer zullen worden. Maar geldt dit voor alle warmte- en neerslagextremen en in welke mate? Hoeveel heter wordt de Russische hittegolf van 2010 in 2100? Worden de overstromingen in Zuid-Engeland in de winter van 2013/2014 nog grootschaliger in een warmer klimaat? Deze vragen kunnen nu beantwoord worden met een nieuwe data-assimilatietechniek waarmee opgetreden weerextremen 'nagespeeld' kunnen worden in een warmer klimaat. Met resultaten die je op het eerste gezicht niet direct zou verwachten.

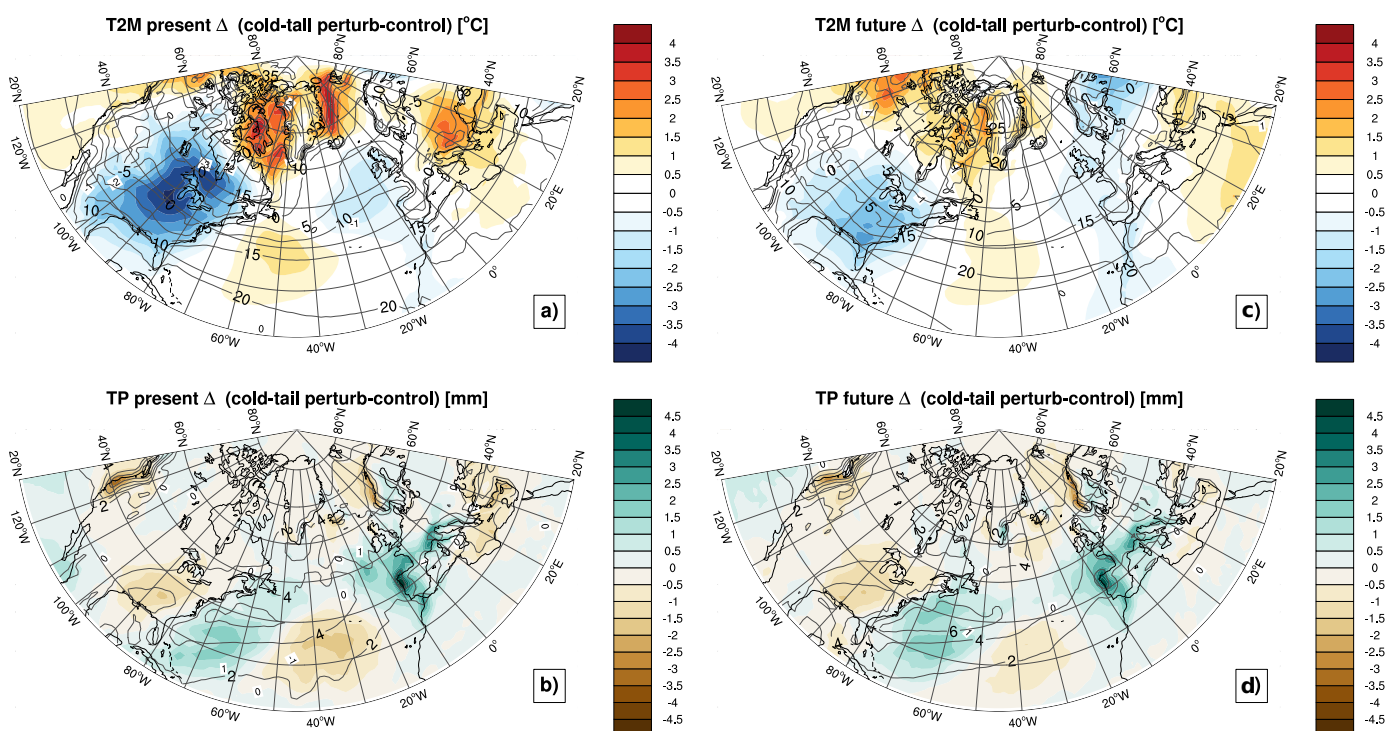
Het veranderende klimaat en klimaatextremen

Het klimaat verandert. Veranderingen in temperatuur, gemiddeld over een maand of seizoen en de jaarlijkse neerslagsom zijn overduidelijk [1]. Interessanter voor de maatschappij zijn echter de veranderingen in weerextremen. Het zijn immers de extremen, zoals hittegolven en extreme neerslag, die de grootste impact op de maatschappij hebben. Om die reden is er erg veel aandacht voor veranderingen in frequentie en intensiteit van klimaatextremen [2,3]. Maar klimaatverandering gaat pas echt leven bij het brede publiek als duidelijk over te brengen is hoe een opgetreden extreem uit het recente verleden – iets waar iedereen zich nog een beeld van kan vormen – eruit zal zien in een warmer klimaat.

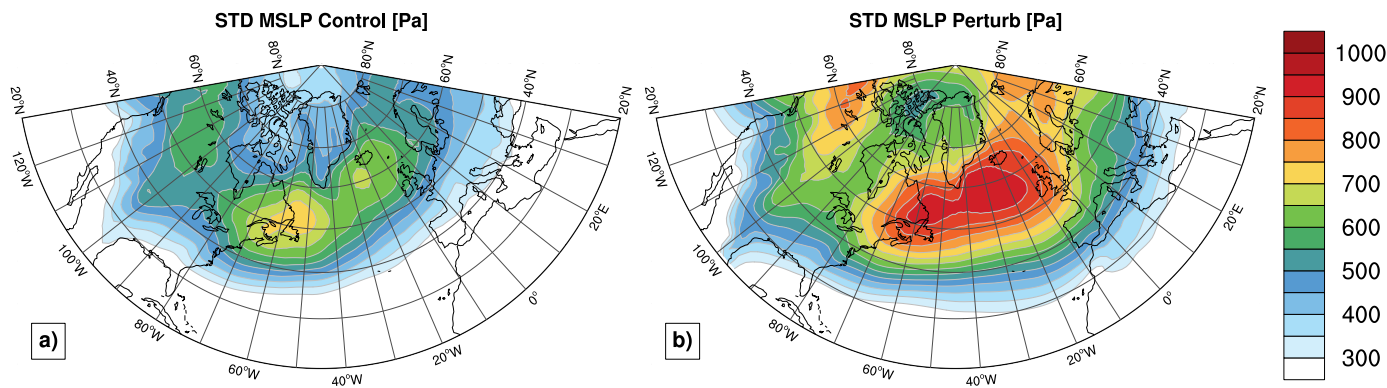
Het schetsen van zo'n beeld geeft ook inzicht in de dynamica van het klimaat. Extremen in het klimaat treden vaak op als gevolg van een samenloop van omstandigheden. Zo ontstond er tijdens de zomer van 2010 een extreme hittegolf in Oost-Europa vanwege een persistente atmosferische blokkade in combinatie met een uitgedroogde bodem aan

het begin van de zomer [4]. Hierdoor kon de temperatuur flink oplopen. Zal ditzelfde mechanisme verantwoordelijk zijn voor extreme hittegolven in een toekomstig opgewarmd klimaat?

De 'standaard' manier om deze vragen te beantwoorden is door het maken van lange simulaties met een klimaatmodel. Door toeval zullen er dan extremen optreden en misschien heeft de onderzoeker dan wel zoveel geluk dat er één of twee gebeurtenissen in de simulatie zitten die lijken op een eerder waargenomen fenomeen. Waarschijnlijker is dat de onderzoeker dit geluk niet heeft; het is aangetoond [5] dat het in de orde van 10^{30} jaar kost om twee circulaties te vinden die genoeg met elkaar overeenstemmen over een groot gebied als het Noordelijk Halfrond om als analoog bruikbaar te zijn. Aan het globale klimaatmodel EC-Earth is een zogenaamde Forced Sensitivity [6] (FS) module toegevoegd waarmee specifieke configuraties van de atmosferische circulatie geassimileerd kunnen worden (zie Kader 1 voor uitleg van de FS methode). Het grote voordeel hiervan is dat de onderzoeker nu met groot



Figuur 1. (a) Afwijking van de gemiddelde winter 2-m luchttemperatuur (T2m, ten opzichte van een langjarig gemiddelde) in de geperturbeerde simulatie en (b), verandering in neerslag vanwege de opgelegde circulatie. (c-d) Hetzelfde als a en b, maar voor een toekomstig opgewarmd klimaat. Contourintervallen van de EC-Earth klimatologie zijn 5 °C (a, c) en 2 mm/dag (b, d).



Figuur 2. (a) Winter stormbanen van het controle experiment en (b) van het perturbeerde experiment, berekend als standaarddeviatie van de band-pass gefilterde gemiddelde luchtdruk op zeeniveau (MSLP).

gemak een zogenaamde geperturbeerde simulatie kan maken waarbij de atmosferische circulatie, gemiddeld over bijvoorbeeld één seizoen, erg lijkt op het circulatiepatroon behorende bij een bepaald waargenomen klimaatextreem. Door bijvoorbeeld 30-jarige simulaties te doen, waarbij de atmosferische circulatie, gemiddeld over een seizoen, steeds in de richting van de waargenomen circulatie wordt geforceerd, wordt in de afzonderlijke jaren de gebeurtenis gereproduceerd met een realistische mate van jaar-op-jaar variabiliteit. De variabiliteit ontstaat door veranderingen in randvoorwaarden zoals bodemvocht, zeewatertemperaturen en sneeuwbedekking, die invloed op de simulatie hebben. Het voordeel van het klimaatmodel is dat de randvoorwaarden zich tegelijkertijd op een dynamisch consistente manier zullen aanpassen aan de veranderingen in de atmosferische circulatie. Een simulatie waarin deze techniek gebruikt wordt heeft verder als voordeel dat de onderzoeker onder gecontroleerde omstandigheden de eerder opgetreden klimaatextremen statistisch kan onderzoeken. Ook tegen de achtergrond van een warmer klimaat.

De winter van 2013/14 in een warmer klimaat

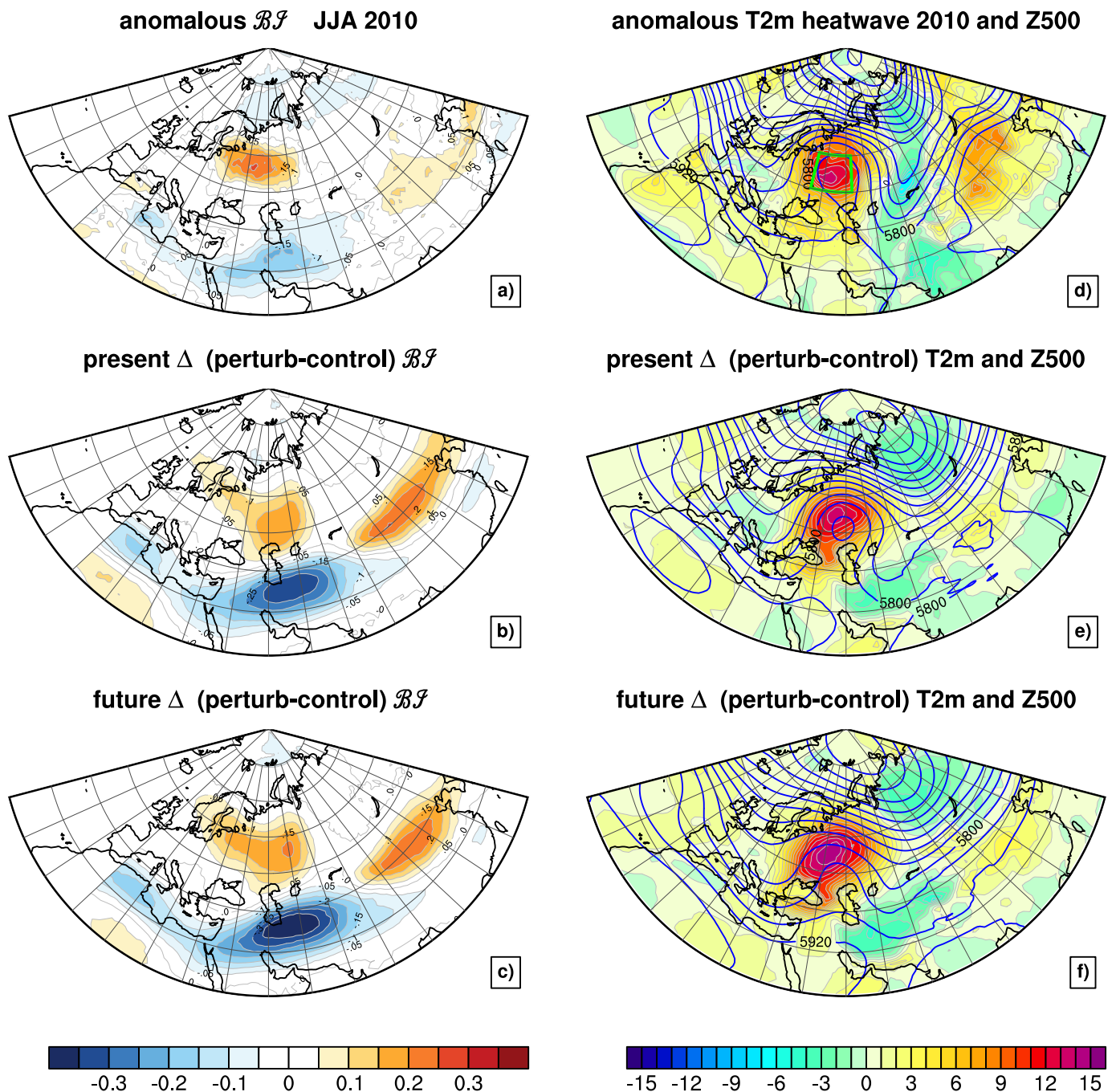
Tijdens de winter van 2013/14 (met name januari 2014) had de Noord-Atlantische straalstroom een meer zonale ligging dan gebruikelijk, waardoor de stormbanen, waarlangs stormen zich ontwikkelen en voortbewegen, zuidwaarts afbogen en over de Britse eilanden kwamen te liggen [7]. Aan de andere kant van de oceaan (aan de oostkust van de VS) werden koudere records gebroken terwijl de westkust van de VS en Alaska warmer dan gebruikelijk waren. Een persistente rug van hoge druk boven de Amerikaanse westkust en een diepe trog meer naar het oosten brachten koude Arctische lucht naar het Middenwesten en het oosten van de VS. Het grote temperatuurcontrast tussen de Atlantische oceaan en het vaste land van de VS zorgde voor actieve cyclogenese, waardoor de reeks depressies stroomafwaarts met de stormbanen werd meegevoerd [7].

Met het warmer worden van de winters in Europa zien we de totale hoeveelheid neerslag, maar ook de extremen daarin, toenemen [2]. Het was dan ook de verwachting dat een herhaling van de synoptische situatie van deze winter in een toekomstig opgewarmd klimaat voor nog meer neerslag zal zorgen. Dit blijkt, tegen alle verwachtingen in, niet het geval, zoals wij hier zullen aantonen. In onze studie [8] worden de positie en intensiteit van de straalstroom zoals waargenomen gedurende januari 2014 uit de ERA-Interim heranalyse (EIR) aan het model aangeboden om een 30-jaar lange simulatie te maken waarbij de straalstroom gedurende de wintermaanden

(DJF) in de richting van dit patroon geduwd wordt (zie Kader 1 voor uitleg). Het patroon uit de waarnemingen is duidelijk in de simulatie terug te vinden, met een versterkte en meer zonale ligging van de stormbanen over de Atlantische oceaan (hier niet getoond). De verstoring van de circulatie in de richting van de waargenomen circulatie in januari 2014 geeft een verandering in de 2m luchttemperatuur (T2m) en in de neerslag die in Figuur 1a duidelijk te zien is. Deze veranderingen in temperatuur en neerslag volgen dynamisch consistent uit de aanpassing van de straalstroom. De hoge temperaturen in Alaska en het westen van de VS, net als de extreme kou aan de oostkust zijn duidelijk te zien en komen overeen met de waargenomen situatie tijdens deze periode. Dat geldt ook voor de toename in de neerslag aan de hele westkust van Europa, waarbij het noordwesten van het Iberisch schiereiland de volle laag krijgt (conform de waarnemingen).

De toename in de stormactiviteit door deze circulatie is goed te zien in Figuur 2, waar de standaarddeviatie van de luchtdruk op zeeniveau (een eenvoudige maat voor de stormactiviteit) is weergegeven. Figuur 2a geeft deze maat voor de controle-simulatie waarbij de kraamkamer van de depressies aan de oostkust van de VS duidelijk te zien is. Door het sterke land-zee temperatuurcontrast is de barokliene onstabiliteit groot, zodat deze depressies sterker worden. Het pad waarlangs de stormen via IJsland Europa bereiken (de stormbaan) is ook in Figuur 2a te herkennen. Figuur 2b geeft de stormactiviteit in de geperturbeerde simulatie weer, waarin een duidelijke toename van de cyclogenese te zien is en een zuidwaartse verschuiving van de stormbaan.

Dit experiment wordt herhaald in een situatie met een klimaat dat, volgens het sterk opwarmende RCP8.5 scenario, rond 2100 mogelijk zou zijn. Hierbij wordt hetzelfde doelpatroon gebruikt (de sterkte en positie van de straalstroom zoals die was gedurende januari 2014). Deze simulatie geeft in eerste instantie hetzelfde beeld als het experiment onder het hedendaagse klimaat. Bij nadere beschouwing blijkt dat de stormactiviteit wel sterker is dan het langjarig gemiddelde (bepaald in een warm klimaat), maar niet zo sterk zoals in Figuur 2b (hier niet getoond). De verminderde toename van stormactiviteit in de gesimuleerde 2013/14 winter in een toekomstig klimaat ten opzichte van dezelfde winter onder huidige klimaatomstandigheden blijkt te maken te hebben met een relatieve afname van de (barokliene) onstabiliteit. Het blijkt dat in het oosten van de VS de temperaturen wel dalen door advectie van koude Arctische lucht door de trog in de bovenlucht, maar de afkoeling is veel minder sterk dan in het huidige klimaat. Daardoor is het land-zee temperatuur



Figuur 3. (a-c) 5-daagse voortschrijdend gemiddelde anomale Tibaldi-Molteni blokkade-index ($B\mathcal{J}$). (a) Gemiddeld over zomer (JJA) 2010, vergeleken met de 1979-2014 klimatologie (data: ERA-Interim reanalyse, EIR). (b-c) Gemiddelde van de EC-Earth simulaties, 30 zomers in het (b) huidige en (c) toekomstige klimaat, vergeleken met de 30-jarig gemiddelde control simulaties in het huidige (toekomstige) klimaat. (d-f) 5-daagse voortschrijdend gemiddelde 2-m luchttemperatuur (T2m) om 12:00 UTC en 500 hPa geopotentie hoogte (Z500; blauwe contour lijnen) (d) EIR gemiddeld tussen 20 juli en 31 juli 2010, vergeleken met de 1979-2014 klimatologie. (e-f) EC-Earth simulaties, gemiddeld over alle gesimuleerde dagen met hittegolf in het (e) huidige en (f) toekomstige klimaat vergeleken met de 30-jarig gemiddelde control simulaties in het huidige (toekomstige) klimaat.

contrast in dit warmere klimaat minder sterk, waardoor het ontstaan van stormen minder gestimuleerd wordt. De reden voor de minder sterke afkoeling, ondanks de aanvoer van Arctische lucht, is de opwarming van de aarde zelf. Vooral op hoge breedtegraden is de opwarming van de aarde sterk, waardoor uitbraken van koude lucht in het oosten van de VS minder intens zullen zijn dan in het huidige klimaat. Dit effect is geïllustreerd in Figuur 1c, waar de afwijking van de winter-temperatuur ten opzichte van een langjarig gemiddelde (in een warm klimaat) te zien is. In Figuur 1d is tevens de verandering in de totale neerslag te zien in dit experiment. De verschillen tussen Figuur 1b en Figuur 1d zijn erg klein en niet-significant over grote delen van Europa.

In de simulatie van de winter 2013/14 circulatie wordt er onder warmere klimaatomstandigheden niet méér waterdamp naar Europa getransporteerd vergeleken met dezelfde simulatie onder huidige klimaatomstandigheden (vochtadvectie naar Europa wordt hier gekwantificeerd door de verticale integraal van de waterdampflux over de 15 °W meridiaan – iets ten westen van Ierland). De reden hiervoor is dat de intense stormactiviteit van deze winter minder sterk is in een warmer klimaat. Dit experiment maakt duidelijk dat, ondanks de toename van de hoeveelheid vocht in de atmosfeer door een opwarmend klimaat, een herhaling van een situatie zoals die van de winter 2013/2014 niet tot een toename in neerslag hoeft te leiden.

De zomer van 2010 in een warmer klimaat

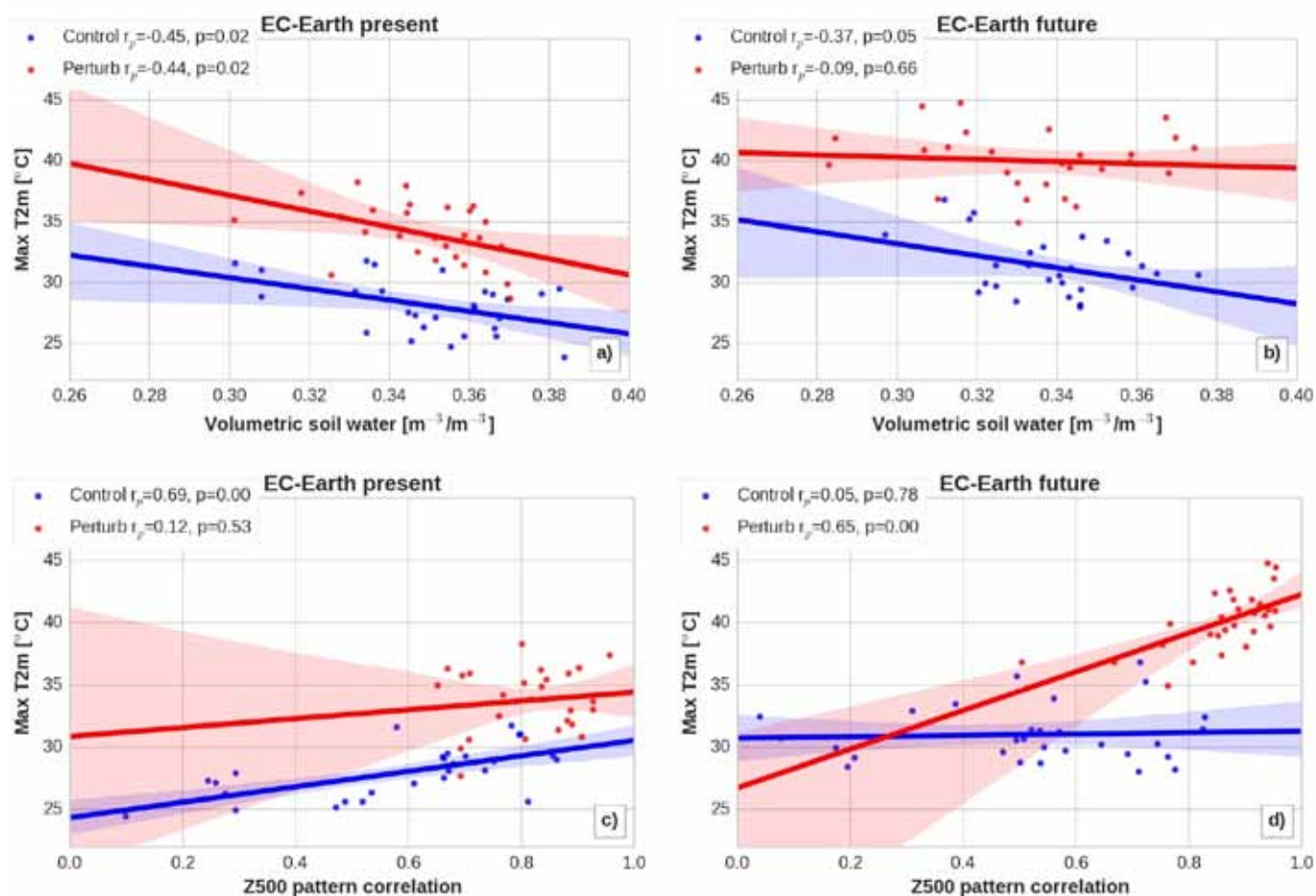
De extreme hittegolf die het westen van Rusland en het oosten van Europa tijdens de zomer van 2010 (hierna te noemen: EHW) trof werd veroorzaakt door een uitzonderlijk sterke en persistente atmosferische blokkade die weken aanhield, waardoor een zuidelijke stroming warme lucht naar Rusland leidde. De subsidentie in het hoog gaf volop zonneschijn en nauwelijks regen. De maximumtemperatuur in Moskou tijdens deze hittegolf was 38.2 °C, maar iets zuidelijker werden temperaturen van 41.5 °C gemeten. Ook 's nachts koelde het nauwelijks af. Zo werden er in Moskou 20 tropische nachten (met een minimumtemperatuur boven de 20 °C) bereikt, waar normaliter gemiddeld slechts één tropische nacht per twee jaar voorkomt [4].

De blokkade die tot deze hittegolf heeft geleid wordt geassimileerd in het EC-Earth model. In tegenstelling tot de studie van de winter van 2013/2014, wordt de straalstroom nu gedurende de zomermaanden (JJA) in de richting van de waargenomen circulatie geforceerd [9]. Een vergelijking tussen de waargenomen Tibaldi-Molteni blokkade-index, een maat voor de mate waarin de circulatie is geblokkeerd (Figuur 3a), met de simulaties van de EHW, zowel in het huidige klimaat (Figuur 3b), als in een toekomstig opgewarmd klimaat (Figuur 3c) laat zien dat het forceren van de straalstroom in de richting van de waargenomen straalstroom tijdens de zomer van 2010 goed werkt. In termen van vortciteit is er een goede overeen-

komst (patroon correlatie van ~0.7) tussen de waargenomen synoptische weersituatie gedurende de zomer van 2010 en de simulaties van de EHW.

De dagelijkse T2m waargenomen om 12:00 UTC gedurende de meest intense periode van de EHW, als afwijking van de 1979-2014 klimatologie, (Figuur 3d) valt goed te vergelijken met de simulaties van de EHW onder huidige klimaatomstandigheden (Figuur 3e). Er is geen significant verschil tussen de gesimuleerde en de waargenomen anomale oppervlakte-gemiddelde T2m binnen het groene kader aangegeven in Figuur 3d. In beide gevallen is de middagtemperatuur gemiddeld over de meest intense periode van de hittegolf en oppervlakte-gemiddeld over het gebied binnen het groene kader, 34 °C. Figuur 3d en 3e laten zien dat het EC-Earth model in staat is om de EHW realistisch te simuleren. Het toekomstige equivalent van de zomer van 2010 (Figuur 3f) zal veel warmer zijn dan onder huidige klimaatomstandigheden (Figuur 3e), met gemiddelde middagtemperaturen van 39 °C, gemiddeld over hetzelfde gebied. Lokaal kunnen middagtemperaturen tot 49 °C bereikt worden nabij Moskou, terwijl dat onder huidige klimaatomstandigheden "slechts" 43 °C is.

Relevant voor de temperaturen die bereikt worden in deze simulaties is de hoeveelheid vocht in de bodem. Met voldoende bodemvocht zal de inkomende kortgolvlige straling gebalanceerd worden met de latente warmteflux. Als er te weinig water beschikbaar is voor verdamping zal het oppervlak



Figuur 4. (a-b) 5-daags voortschrijdend gemiddelde bodemvocht in de lente (gemiddelde tussen 1 mei en 25 mei) versus de maximale 5-daags voortschrijdend gemiddelde temperatuur op twee meter (T2m) in de controle (blauw) en de geperturbeerde (rode) simulaties onder (a) huidige en (b) toekomstige klimaatcondities. (c-d) Patrooncorrelatie tussen zomer 2010 Z500 en gesimuleerde 5-daags voortschrijdend gemiddelde Z500 (ten tijde van de maximum zomertemperatuur) versus maximale 5-daags voortschrijdend gemiddelde T2m onder (c) huidige en (d) toekomstige klimaatcondities. De fit is een lineaire regressie. Pearson correlatiecoëfficiënten (r_p) en p -waarden (p) zijn aangegeven. Het geschaduwde gebied geeft het 95% betrouwbaarheidsinterval aan.

minder sterk afkoelen door verdamping, zoals tijdens de EHW gebeurde. In de simulatie gedaan onder huidige klimaatomstandigheden blijkt dat de hoeveelheid vocht in de bodem aan het eind van de lente in grote mate bepalend is voor de maximum opgetreden temperatuur in deze simulatie. Dit kunnen we simuleren door vanaf begin juni de blokkade te laten ontstaan; als gevolg hiervan gaan de temperaturen omhoog terwijl het bodemvocht afneemt vanwege de toegenomen verdamping. Figuur 4a geeft de correlatie tussen de hoeveelheid vocht in de bodem rond eind mei en de maximum opgetreden zomer-temperatuur. Er is een duidelijke negatieve correlatie: een nat voorjaar betekent een lagere kans op extreme temperaturen.

De herhaling van dit experiment onder toekomstige omstandigheden, waarbij wederom RCP8.5 gevolgd wordt, geeft een heel ander beeld. Net als in het huidige klimaat zien we vanaf het begin van de zomer de temperatuur omhoog en het bodemvocht omlaag schieten, maar halverwege de zomer blijkt de hoeveelheid vocht in de bodem te stabiliseren: er is dan zoveel vocht verdampt dat een verdere daling niet meer mogelijk is. Vanwege de uitdroging van de bodem verliest het klimaat zijn 'geheugen' en de eerder gevonden relatie tussen de opgetreden maximum temperatuur en bodemvocht aan het eind van de lente gaat niet meer op. Dit is ook te zien in Figuur 4b; de correlatie tussen deze twee grootheden is (vrijwel) nul. Er is in een toekomstig opgewarmd klimaat geen significante relatie meer tussen bodemvocht in het voorjaar en de maximale zomertemperatuur.

Conclusie

De mogelijkheid om een waargenomen circulatie te kunnen simuleren door het patroon van de circulatie te assimileren in plaats van feitelijke waarnemingen (wat nu de standaard aanpak is in bijvoorbeeld 4Dvar) levert allerlei nieuwe mogelijkheden op. Op deze manier is het mogelijk om op een realistische manier het achtergrondklimaat te veranderen, waarbij alle aspecten van klimaat, zoals zeewatertemperaturen, sneeuwbedekking of bodemvocht, zich op een dynamisch consistente manier aanpassen. Dit is een belangrijk verschil met eerdere studies waarbij opgetreden extremen in een toekomstig klimaat gesimuleerd worden door de 'standaard' assimilatiemethoden te gebruiken waarbij de temperatuurmetingen ad-hoc verhoogd worden om warmere omstandigheden na te bootsen [10]. De twee voorbeelden die hier besproken zijn geven aan dat het naspelen van opgetreden klimaatextremen in een toekomstig opgewarmd klimaat interessante inkijkjes geeft in de klimaatdynamica. De hypothese dat de natte winter van 2013/2014 in een warmer klimaat nog natter zou worden blijkt niet te kloppen, en het verkoelende effect van bodemvocht dat extreme temperaturen tijdens zomerse hittegolven in het huidige klimaat in toom houdt verliest zijn kracht in een verder opwarmende wereld. Merk op dat deze resultaten zijn gevonden binnen het kader van het EC-Earth model. Toch verwachten wij dat het gebruik van een ander model dezelfde resultaten zal opleveren met betrekking tot de circulatiekarakteristieken. De grootte van de geassocieerde neerslag en temperatuur respons zal ongetwijfeld van model tot model verschillen vanwege verschillende modelformuleringen.

Andere toepassingen van deze methode liggen voor de hand: de hittegolf van 2010 viel samen met extreme neerslag in Noord-Pakistan. Hoe zal deze extreme neerslag eruit zien in een warmer klimaat [11]? Maar ook verleden klimaten kunnen zo bestudeerd worden. Eerder is een reconstructie van de 500 hPa geopotentiële hoogte tijdens de laatste koude periode van

de Kleine IJstijd (1790-1820) al geassimileerd in een eenvoudig model [12]; het is interessant om dit opnieuw te doen in het (veel betere) EC-Earth model.

Literatuur

- [1] IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.
- [2] S.-K. Min, X. Zhang, F.W. Zwiers, and G. C. Hegerl. Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, 470:378–381, February 2011.
- [3] E. M. Fischer and C. Schär. Future changes in daily summer temperature variability: driving processes and role for temperature extremes. *Climate Dynamics*, 33:917–935, December 2009.
- [4] D. Barriopedro, E. M. Fischer, J. Luterbacher, R. M. Trigo, and R. García-Herrera. The Hot Summer of 2010: Re-drawing the Temperature Record Map of Europe. *Science*, 332:220–, April 2011.
- [5] H. M. van den Dool. Searching for analogues, how long must we wait? *Tellus Series A*, 46:314, May 1994.
- [6] J. Barkmeijer, T. Iversen, and T. N. Palmer. Forcing singular vectors and other sensitive model structures. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 129:2401–2423, July 2003.
- [7] C. Huntingford et al. Potential influences on the United Kingdom's floods of winter 2013/14. *Nature Climate Change*, 4:769–777, September 2014.
- [8] L. Rasmijn et al. Simulating the extreme 2013/2014 winter in a future climate. *J. Geophys. Res. (Atmospheres)* 121:5680–5698, doi:10.1002/2015JD024492, 2017.
- [9] L. Rasmijn et al. Future equivalent of 2010 Russian heatwave intensified by weakening soil moisture constraints. *Nature Climate Change* doi:10.1038/s41558-018-0114-0, 2018.
- [10] William K. M. Lau, J. J. Shi, W. K. Tao, and K. M. Kim. What would happen to superstorm Sandy under the influence of a substantially warmer Atlantic ocean? *Geophysical Research Letters*, 43(2):802–811, 2016.
- [11] van der Schrier, G., et al. The 2010 Pakistan floods in a warmer climate. *Climatic Change* doi:10.1007/s10584-018-2173-7, 2018.
- [12] van der Schrier, G. & Barkmeijer, J. *Climate Dynamics* 25: 537. doi:10.1007/s00382-005-0053-0, 2005.

Kader 1 – De forced sensitivity methode

Het doel van het gebruik van de Forced Sensitivity [6] methode is om de modelatmosfeer optimaal in de richting van een van te voren gedefinieerd doelpatroon te duwen door kleine verstoringen op te tellen bij de tendensen van de prognostische variabelen. In de toepassingen die hier beschreven worden is de perturbatiemethode toegepast op de divergentie en de vorticeiteit. Andere prognostische variabelen, zoals 2m-luchttemperatuur, specifieke vochtigheid en logaritme van oppervlaktedruk (en ook diagnostische variabelen zoals neerslag) worden vrij gelaten. De tendensverstoringen worden op iteratieve wijze bepaald door het minimaliseren van een kostfunctie die het verschil meet tussen de uitkomst van een modelrun en het doelpatroon, zodanig dat ze, na een bepaalde periode T (~5 dagen), een afbuiging van de atmosferische toestand in de richting van het doelpatroon bewerkstelligen. De variabiliteit op synoptische schaal wordt door deze methode vrij gelaten, en kan zich op dynamisch consistente wijze aanpassen aan de veranderende grootschalige atmosferische circulatie. Een klimaat simulatie bestaat uit een lange serie van deze geperturbeerde runs, met elk zijn eigen verzameling optimale tendensperturbaties. Het eind van elke geperturbeerde run met duur T projecteert nauw op het doelpatroon, waardoor het modelresultaat gemiddeld over een seizoen op de vooraf gespecificeerde circulatie lijkt. De experimenten worden gedaan onder huidige klimaatomstandigheden (vanaf 1970) en onder toekomstige klimaatomstandigheden (vanaf 2075). Voor beide klimaten worden er 30-jarige geperturbeerde (met toegevoegde tendensperturbaties) en 30-jarige controle (zonder toegevoegde tendensperturbaties) simulaties uitgevoerd. Voor de beginvoorwaarden maken we gebruik van bestaande lange EC-Earth historische (1850-2005) en RCP8.5 scenario (2006-2100) simulaties.



Bachelor of Science Soil, Water and Atmosphere



Master of Science in Meteorology and Air Quality

Wageningen University
Meteorology and Air Quality
www.maq.wur.nl

Contact:

Arnold Moene
arnold.moene@wur.nl

Information:

BSc: www.wur.nl/bbw
MSc: www.wur.nl/mee



De regel van Braak

COR SCHUURMANS, HUUG VAN DEN DOOL

De KNMI-klimatoloog Cornelis Braak schreef in 1933: 'Het blijkt, dat in den regel de meeste neerslag valt in het tijdvak dat loopt van het zonnevlekkenminimum tot het zonnevlekkenmaximum en dat na het vlekkenmaximum een drogere periode intreedt.' Hij leidde dit af uit neerslaggegevens gemiddeld over ons land over de periode 1853 - 1931. Voor de neerslag in De Bilt lijkt deze regel sindsdien stand te houden. Dat een empirisch gevonden regel in overeenstemming lijkt met onafhankelijke gegevens is een sterk staaltje. In dit artikel gaan we hier verder op in.

De regel

Toen de eerste auteur op zoek was naar literatuur over klimaatverschillen tussen de stijgende en dalende tak van de 11-jarige zonnecyclus (dit naar aanleiding van zijn artikel 'Mooie zomers' in *Meteorologica*, nr. 2, 2009) vond hij een verwijzing naar Braak die, evenals de destijds bekende Franz Bauer in Duitsland, gevonden zou hebben dat in Nederland, twee jaar voor een zonnevlekkenminimum, een scherp minimum in de neerslag optrad. In C. Braaks 'Het klimaat van Nederland', Mededelingen en Verhandelingen van het KNMI, nr. 34A, 1933, een deel dat over neerslag handelt, is deze uitspraak inderdaad terug te vinden (op pagina 51 en herhaald in de Engelse samenvatting op pagina 95). Braak vond dit voor de periode 1853 - 1931, die zeven 11-jarige cycli beslaat. Verrassend genoeg vond hij verder dat 'in den regel' de meeste neerslag valt in het tijdvak, dat loopt van het zonnevlekkenminimum tot het zonnevlekkenmaximum en dat na het zonnevlekkenmaximum een droger tijdperk intreedt. (Niet te verwarren met een andere regel van Braak die betrekking heeft op het aantal graden vorst dat nodig is om op slootjes een ijsdikte van 5 cm te laten ontstaan.) Voor het leven en werk van de KNMI-klimatoloog Cornelis Braak, zie Kader 1. In dit artikel slaat de "regel van Braak" overigens alleen op Nederland.

Als je dit leest vraag je je natuurlijk af: zou de regel van Braak ook gelden voor de jaren na 1931? Die vraag proberen we in dit artikel te beantwoorden, gebruik makend van de jaarsommen van neerslag in De Bilt voor de periode 1932 - 2014, die acht zonnecycli beslaat. (Braak werkte overigens met jaarsommen van de gemiddelde neerslag over heel Nederland). Deze zogenaamde Braak-reeks werd in ieder geval in 1976 (KNMI, 1976: De droogte van 1976. Publicatie No. 154, KNMI, De Bilt) nog gebruikt, een teken dat Braak grote invloed had. Het idee van een gebiedsgemiddelde reeks is dat er minder ruis is en dat eventuele fouten worden onderdrukt.

De periode van 1932 - 2014 telt 83 jaar, waarvan er 36 in de stijgende tak en 47 in de dalende tak van de 11-jarige cyclus zijn gelegen. De definitie van stijgende en dalende tak is hier gelijk aan die in bovengenoemd artikel in *Meteorologica*, no.2, 2009. De stijgende tak is gedefinieerd als het eerste jaar na het zonneminimum tot en met het zonnemaximum. De dalende tak als het eerste jaar na het maximum tot en met het minimum. Als minimum zijn de twee laagste zonnevlekkengetallen genomen, en als maximum de twee hoogste, soms drie hoogste, als tussen de twee hoogste een dip optreedt. (De gegevens over zonnevlekkengetallen zijn verkregen uit: Hoyt, D.V. and K.H. Schatten, 1997: The role of the sun in climate change, Oxford Univ. Press, (Appendix 2), en aangevuld met gegevens van NOAA's Space Weather Prediction Center.)

De berekende gemiddelde jaarsommen van de neerslag in De Bilt voor de periode 1932 - 2014 geven voor de stijgende tak een gemiddelde neerslag van 837.2 mm en voor de dalende tak 781.7 mm. Dit lijkt de regel van Braak te bevestigen: een jaar in de stijgende tak van de zonnecyclus is gemiddeld natter dan een jaar in de dalende tak. Het verschil van 55.5 mm is circa 40% van de interjaarlijkse standaarddeviatie en dus niet verwaarloosbaar klein. Hoe groot is de kans dat die 55 mm verschil (1932 - 2014) door toeval kan optreden? Uit een miljoen random trekkingen (36 stijgend, de overige 47 dalend) blijkt dat een verschil van minstens 55 mm een kans heeft van 3.7% om op te treden. Met andere woorden: hoewel de regel van Braak op het oog bewaarheid lijkt in de De Bilt reeks over de afgelopen 80 jaar zijn de gevonden verschillen tussen de op- en neergaande tak op z'n best marginaal significant op het vereiste 5% niveau.

Van de acht zonnecycli hebben we ook de gemiddelde jaarsommen voor de opeenvolgende dalende en stijgende takken berekend. Daarbij bleek dat in zes van de acht gevallen de gemiddelden in de stijgende tak groter (en soms beduidend groter) waren dan in de voorafgaande dalende tak. In de overige twee gevallen waren de verschillen klein

Jaren	Dalend	Stijgend	Vershil
1932 - 1938	657.3	792.8	135.5
1939 - 1948	776.8	773.0	-3.8
1949 - 1958	773.5	791.8	18.3
1959 - 1970	832.7	902.8	70.1
1971 - 1980	693.7	798.0	104.3
1981 - 1991	776.2	766.8	-9.4
1992 - 2001	825.8	971.4	145.6
2002 - 2014	835.5	862.4	26.9

Tabel 1. Gemiddelde jaarsommen van de neerslag te De Bilt (in mm) in de jaren van de dalende en stijgende takken van acht opeenvolgende zonnecycli in de periode van 1932 - 2014.

en negatief, zie Tabel 1.

De regel van Braak komt dus niet in iedere 11-jarige zonnecyclus even sterk tot uiting en soms is het verschil zelfs omgekeerd. De volgorde in de tabel (dalende tak - stijgende tak) is gekozen omdat 1932 (het eerste 'onafhankelijke' jaar nadat Braak z'n hypothese had geformuleerd) in een dalende tak valt (die al eerder begon, namelijk in 1929).

Braaks vermelding dat in zes van de zeven gevallen, binnen de periode 1853 - 1931, het tweede jaar voor het zonneminimum het droogste jaar was kunnen wij in de periode vanaf 1932 niet bevestigen, maar dat kan een gevolg zijn van iets verschillende definities van het zonneminimum. Wel vonden we dat in alle acht gevallen, in de laatste twee

jaar van de dalende tak, een opvallend droog jaar optrad, dat wil zeggen, een jaar met aanzienlijk minder neerslag dan de jaren die eraan voorafgingen en erop volgden. Dat ene jaar zou dan als het ware een uitroepteken kunnen zijn op hetgeen wij hier de regel van Braak noemen.

Verklaring

Hoe is zo'n neerslagverschil tussen de stijgende en dalende tak van de zonnecyclus te verklaren? In de literatuur hebben we tot nog toe geen afdoende verklaring voor deze regel kunnen vinden. Ook Braak wijdt er in zijn artikel uit 1933 geen woord aan. Toentertijd was een verwijzing naar de 11-jarige cyclus als zodanig kennelijk voldoende. Wel vonden we in de boeken van Hubert Lamb, 'Climate: Present, Past and Future', (Methuen & Co., 1972, vol. I, p. 496), mondiale kaartjes van de afwijkingen van de luchtdruk ten opzichte van normaal voor de stijgende en dalende tak van de 11-jarige zonnecyclus, maar alleen voor de maanden januari en juli. De luchtdrukanomalieën zijn voor Europa gering, maar de maand juli in de stijgende tak vormt hierop een uitzondering. Er is dan sprake van een significant lagere druk bij IJsland. Dat zou de nattere zomers in Nederland in de stijgende tak kunnen verklaren. Dit roept de vraag op of de regel van Braak vooral betrekking heeft op de neerslag in de zomer, en of de regel in enige vorm mogelijk ook buiten Nederland van toepassing is.

Alleen de zomer?

Voor de jaarsommen van de neerslag in De Bilt vonden we voor de onafhankelijke periode 1932 - 2014 een indicatie voor de regel van Braak. Vraag is onder andere of deze regel ook geldt voor afzonderlijke maanden. Wij noemen dit ook de regel van Braak, alhoewel Braak dit zelf niet heeft voorgesteld als hypothese gebaseerd op gegevens in de periode 1853 - 1931. We hebben dit onderzocht voor de gehele neerslagreeks van De Bilt (1906 - 2016). Ondanks de veel grotere variabiliteit vergeleken met de jaarsommen, bleken de maandsommen, behalve die van november, hetzelfde effect te vertonen, zie Tabel 2 (de tekentoets, 11 van de 12 hetzelfde teken zou hogelijk significant zijn).

Maand	Stijgend	Dalend	Vershil
Januari	67.3	66.8	0.5
Februari	60.8	44.1	16.7
Maart	55.1	50.7	4.4
April	49.1	46.5	2.6
Mei	58.1	56.7	1.4
Juni	70.7	62.2	8.5
Juli	78.1	78.0	0.1
Augustus	87.0	79.4	8.6
September	78.8	63.3	15.5
Oktober	73.3	72.6	0.7
November	69.1	79.4	-10.4
December	80.4	70.5	9.9

Tabel 2. Gemiddelde maandsommen (in mm) van de neerslag te De Bilt in de jaren van de stijgende tak en de dalende tak van de zonnecyclus voor de periode 1906 - 2016.

De maandverschillen zijn over het algemeen klein, maar de som bedraagt 58.6 mm en dat komt goed overeen met de 55.5 mm die we als jaarsomverschil vonden voor de periode 1932 - 2014. Vanwege het negatieve verschil in november valt

de som in het winterhalfjaar (oktober - maart) met 21.9 mm wat lager uit dan de 36.7 mm in het zomerhalfjaar (april - september). Braak rept zelf niet over een zomer - winterverschil in het door hem beschreven effect en Tabel 2 laat ook geen duidelijke seizoensvariatie zien.

Vooruitzicht: van de dalende tak naar de stijgende tak

De regel van Braak uit 1933 lijkt ook voor de periode tot

heden op te gaan, alhoewel de resultaten marginaal niet statistisch significant zijn en een 3.7% kans hebben dus ook door toeval tot stand kunnen zijn gekomen. Niet elke individuele zonnecyclus voldoet aan de regel, maar gemiddeld genomen zijn de jaren in de stijgende tak natter dan die in de dalende tak. In 2015 begon de dalende tak van de huidige 11-jarige zonnecyclus. Hoelang die voortduurt is niet exact bekend, wat voor toepassing van de regel van Braak (voor zover het als voorspelregel moet worden gezien) natuurlijk een handicap is. Als we echter precies 11 jaar aanhouden voor de huidige zonnecyclus (nr. 24), dan zou het komend minimum in de jaren 2019 - 2020 vallen (11 jaar na 2008-2009). We weten al wel zeker dat we het maximum zijn gepasseerd, namelijk in 2014. Volgens de regel van Braak bevinden we ons nu dus in een relatief droge (dalende) periode en zouden we na 2020, als de nieuwe cyclus begint, de jaarlijkse neerslagsommen weer moeten zien toenemen. Maar... geen regel zonder uitzonderingen, zoals Tabel 1 al overduidelijk laat zien. Mocht de periode na 2020 niet nat worden dan moeten we de regel ook niet meteen als 'verworpen' beschouwen, zie ook Kader 1.

Slotopmerkingen

De regel van Braak roept vele vragen op, vooral nu uit ons onderzoek is gebleken dat de regel stand lijkt te houden, ondanks het gegeven dat de gevonden relatie slechts significant is op het 5% niveau vanwege vooral de enorme interjaarlijkse variabiliteit in neerslag. In dit artikel hebben we ons echter beperkt tot een beschrijving van de resultaten voor de neerslagreeks van De Bilt (1906 - heden). Bij ons onderzoek is wel duidelijk geworden dat de variabiliteit van de jaarsommen van de neerslag op een enkel station zodanig groot is dat het Braak-effect alleen gemiddeld over een periode van tientallen jaren of meer (langer dan een eeuw zou nog beter zijn) duidelijk aan te tonen is. Braak leidde de regel af voor jaarsommen van de landgemiddelde neerslag (de zogenaamde Braakreeks die na 1980 blijkbaar in onbruik is geraakt) over de periode 1853 - 1931. Jaarsommen van de gebiedsgemiddelde neerslag zullen daarom waarschijnlijk



Figuur 1. Cornelis Braak.



Figuur 2. Het voltallig KNMI personeel, kort voor de oorlog, met Cornelis Braak op de voorste rij zittend, tweede van rechts.

Kader I

Cornelis Braak werd op 12-1-1880 geboren in Oudorp (nabij Alkmaar). Hij studeerde natuurkunde in Leiden en promoveerde in 1908 op een proefschrift getiteld 'Isothermen van waterstof' (promotor: Kamerlingh Onnes). Daarna begon hij een carrière bij de meteorologische dienst (KMMO) in Nederlands-Indië (zoals zoveel fysici na hun afstuderen in dienst getreden zijn bij het KNMI).

Braak begon in Indië met een studie van het klimaat van het eilandenrijk en stelde daarvan een uitgebreide beschrijving op (in 3 delen). Daarnaast ontwikkelde hij zich als meteoroloog. Niet om een dagelijks weerbericht op te stellen, want daar was in Indië weinig behoefte aan, zeker wat de temperatuur betreft. Hij legde zich toe op de voorspelling van de moesson op basis van een 3-jarige periode in de luchtdruk, de voorloper van ENSO, waar later ook Berlage met succes aan heeft gewerkt. Braak had ook bestuurlijke kwaliteiten en was kennelijk minzaam in de omgang met collegawetenschappers (seismologen, aardmagnetici, astronomen), waardoor hij van begin af aan plaatsvervangend directeur was van het KMMO. In 1921 werd hij de opvolger van directeur van Bemmelen. (Meer over deze Indische periode van Braak, door de tweede auteur, in 'Ons filiaal in Indië', *Meteorologica*, nr. 2, 2011).

In 1926 keerde Braak terug naar Nederland en werd klimatoloog op het KNMI (of zijn vertrek uit Indië iets te maken had met een volkomen mislukte moessonverwachting in 1925 hebben we niet kunnen vaststellen, maar hij zal het zich zeker aangetrokken hebben). In De Bilt begon hij al snel met het opzetten van een systematische klimatologie van Nederland, waaruit een aantal delen van de reeks 'Mededelingen en Verhandelingen van het KNMI' resulteerde. Hij verrichtte dit werk naast zijn functie als directeur van de Klimatologische Dienst. We hebben merkwaardig genoeg de populariteit van het Hellmann winterkaraktergetal aan Braak te danken. Voor de oorlog

voor een relatief korte periode het effect al laten zien. Hoe groot dat gebied moet zijn in relatie tot de lengte van de periode is een van de vele openstaande vragen.

Men kan al aan de referenties naar Baur en Lamb zien dat de regel van Braak al destijds 'elders' in Europa is bekeken. Wij hebben daarom een kaart gemaakt voor Europa van het verschil in de neerslag in stijgende en dalende takken. Daaruit blijkt dat stijgende jaren natter lijken dan dalende in een strook van Engeland tot de Oekraïne. Ten noorden en zuiden van deze strook ziet men het omgekeerde, dat wil zeggen, dalende jaren zijn natter. Hierbij doen zich uiteraard vragen voor over 'veldsignificantie', een complex en onderontwikkeld onderwerp dat buiten het bestek van dit artikel valt. Helaas moeten we verder vaststellen dat de waarnemingen voor De Bilt merkwaardige verschillen vertoonden met die van nabijgelegen roosterpunten. Idem dito voor Ukkel. Dit onderstreept nogmaals hoe lastig het is om een analyse van neerslag te maken en significante resultaten te verkrijgen.

was er een proliferatie aan getallen die de hoeveelheid kou in een winter moesten beschrijven. Als voorzitter van een commissie van wijze mannen werd Braak gevraagd hierin enige duidelijkheid te scheppen. Braaks oordeel (gebruik het Hellmann getal en verder niets) is daarna nooit meer in twijfel getrokken. Zelfs het van Everdingen-getal ging op de schroothoop.

Ondertussen bleef hij ook zijn interesse in langetermijnverwachtingen voortzetten (zoals H.P. Berlage en S.W. Visser na hun terugkeer naar Nederland ook deden). Naast de schommelingen in de luchtdruk in de tropen werkte hij aan de invloed van de 11-jarige zonnevlekkencyclus. Daaruit resulteerde de regel waar dit artikel over handelt. Of hij deze regel zelf als verwachting heeft toegepast hebben we niet kunnen achterhalen, maar de regel wordt wel vermeld in het boekje 'Weersverwachtingen op lange termijn' van dr. W. van der Bijl, KNMI Verspreide Opstellen, nr. 1, 1954. Van der Bijl ziet als statisticus weinig heil in de regel van Braak. Hij schrijft: "Passen we deze regel toe op de huidige tijd, dan zouden we ons nu in een droger tijdvak moeten bevinden, daar het zonnevlekkenmaximum in het jaar 1945 (noot van de auteurs: dit moet 1948 zijn!) plaatsgevonden heeft en het zonnevlekkengetal in 1953 zijn minimum nog niet voorbij is. Bezien we de regencijfers sinds 1945, dan blijkt niet daaruit, dat er een extreme droogte is geweest. Het jaar 1950 was zelfs het natste vanaf 1903. Dr. Braak baseerde zijn beschouwingen op het waarnemingsmateriaal van de jaren 1853 tot 1931. Het is mogelijk dat de lengte van het onderzochte tijdvak te gering was zodat toevallige omstandigheden nog een grote invloed hadden."

Maar van der Bijl (en ook Braak) hadden pech dat juist in die jaren de regel van Braak niet of nauwelijks opging, zie Tabel 1. Braak ging in 1948 met pensioen en heeft, voor zover bekend, op Van der Bijls conclusie niet meer gereageerd. Hij overleed in Bilthoven op 23 maart 1973, 25 jaar na zijn pensioen.

WEERSTATION ONLINE

MetStream™

Gill introduceert de MetStream™. De volgende stap in het zichtbaar maken van meetgegevens. Via een browserinterface kunt u actuele – live – meetgegevens weergeven op uw pc, tablet of smartphone (via internet of draadloos) en opslaan op server of pc. Ontwikkeld voor de meteorologische instrumenten van Gill, maar geschikt voor alle sensoren met digitale en analoge uitgangen.

Vanaf het dashboard kunt u individuele instrumenten configureren en weergeven zoals u wilt. Gill sensoren zijn zelfs via de "pick and click" methode het dashboard te synchroniseren.



ingenieursbureau wittich & visser bv
scientific and meteorological instruments



Handelskade 76
2288 BG Rijswijk

Tel. 070 3070706
Fax 070 3070938

www.wittich.nl
info@wittich.nl

Kanttekeningen bij de Sterrennacht van Vincent van Gogh

HENK DE BRUIN

Geheel terecht koos Bert Holtslag als illustratie bij zijn interessante artikel over de nachtelijke grenslaag de Sterrennacht van Vincent van Gogh (Meteorologica, maart 2018). Hoe toepasselijk deze keus was wordt duidelijk gemaakt in deze bijdrage.

Bert Holtslag laat zien dat in operationele weermodellen de nachtelijke grenslaag verre van volmaakt wordt beschreven. De reden hiervoor is dat atmosferische turbulentie tot op de dag van vandaag niet goed wordt begrepen. Vincent van Gogh werd geïnspireerd door het fonkelen van de sterren en dat verschijnsel wordt veroorzaakt door atmosferische turbulentie. Hij woonde destijds in Saint-Rémy-de-Provence in Zuid-Frankrijk waar vanwege de Mistral hoge windsnelheden voorkomen en waar de lucht doorgaans droog en helder is. Sterrenfonkelingen kunnen daardoor zeer intens zijn. In feite schilderde van Gogh het studieobject van Bert Holtslag: nachtelijke atmosferische turbulentie. Sterker nog, Mexicaanse natuurkundigen ontdekten dat in de Sterrenhemel een statistische wetmatigheid is verborgen die analoog is aan die Andrey Nikolaevich Kolmogorov (1903-1987) meer dan 50 jaar later ontdekte voor turbulentie. De Kolmogorov-

statistiek vormt ook de theoretische basis voor scintillometrie, een meetmethode waarmee turbulente fluxen van impuls en warmte kunnen worden gemeten. Bert Holtslag verwees naar de CASES-99 dataset en zijn eigen Wageningse groep heeft met scintillometerwaarnemingen aan deze dataset bijgedragen (Hartogensis, 2006).

Kolmogorov in de Sterrennacht van van Gogh

Aragón et al. (2008) analyseerden het gedigitaliseerde beeld van de Sterrennacht en vonden voor de lichtintensiteit (I) dat, $\left[\frac{I(x+r) - I(x)}{r} \right]^2 = Cr^{\frac{2}{3}}$ waarbij $\bar{X}$ het gemiddelde van X weergeeft, x een locatie van een beeldelement en r de afstand tussen twee beeldpunten. C is hier een constante. Dit is precies de relatie die Kolmogorov afleidde voor fluctuerende turbulente grootheden, zoals de brekingsindexfluctuaties van lucht (n) die het fonkelen van de sterren veroorzaakt (Tatarskii, 1961). Het blijkt



Figuur 1. De Sterrennacht van Vincent van Gogh (1889), geschilderd in de turbulente jaren vlak voor zijn dood.

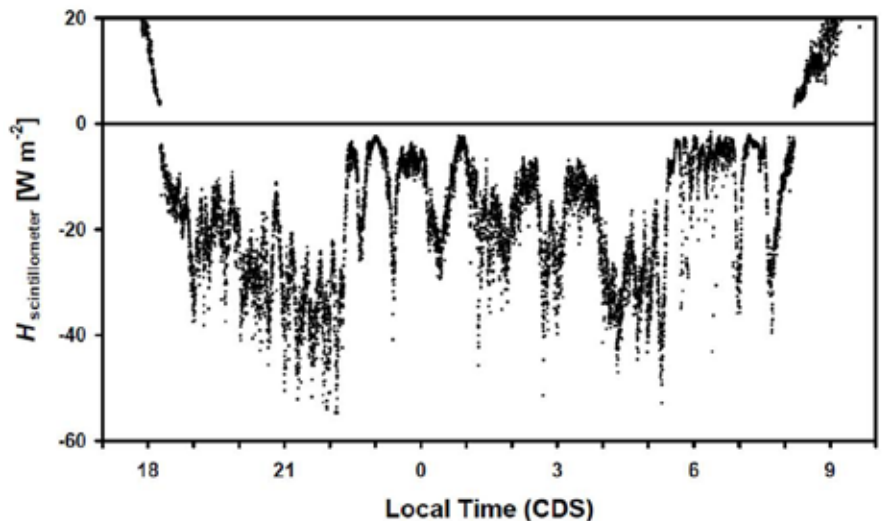
namelijk dat n -fluctuaties veroorzaakt worden door temperatuurfuctuaties, waarvoor geldt $\overline{[T(x+r) - T(x)]^2} = C_T^2 r^{\frac{2}{3}}$, waarbij C_T^2 de structuurparameter voor temperatuur is.

Scintillometrie en CASES-99

In 1999 nam Bert Holtslags Wageningse groep met een laserscintillometer (padlengte 115 m) deel aan CASES-99. Dit leverde 10-minutenwaarden op van de padgemiddelde C_T^2 en van de dissipatie van turbulente kinetische energie, ε . C_T^2 en ε hangen samen met oppervlaktefluxen van de voelbare warmtestroom en impuls (H en τ), de sturende grootheden voor de nachtelijke grenslaag (zie Meteorologica, maart 2018). Soms is bij lage windsnelheden grenslaagturbulentie afwezig. Turbulentie is dan “intermittant”, en het oppervlak koelt dan snel af. Zo’n situatie werd met de scintillometer waargenomen in de nacht van 4 op 5 oktober 1999, zie Figuur 2 (ontleend aan Hartogensis, 2006). Intermittent turbulentie was het promotieonderwerp van Bas van der Wiel (2002, promotor Bert Holtslag). Ook Bas gebruikte CASES-99 data.

Ten slotte

Van Gogh was in vele opzichten zijn tijd ver vooruit. Hij schilderde in 1889 tijdens de voor hem zeer turbulente laatste jaren



Figuur 2. Voelbare warmtestroom H gemeten met een scintillometer, tijdens CASES-99 in de nacht van 4 - 5 oktober 2002 (ontleend aan Hartogensis, 2006). Merk op dat H negatief is, dus naar het oppervlak toe gericht.

van zijn leven reeds Kolmogorov-turbulentie.

Literatuur

Aragon, J. Len coauteurs, 2008: J Math Imaging Vis (2008) 30: 275–283

Hartogensis, O, 2006: Proefschrift Wageningen Universiteit

Tatarskii V.I., 1961 Wave propagation in a turbulent medium. McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 285 pp

Wiel, B. van der, 2002, Proefschrift Wageningen Universiteit

Huug van den Dool ontvangt een hoge NOAA-onderscheiding

HENK DE BRUIN



In april 2018 werd aan ‘onze’ columnist Huug van den Dool door NOAA de prestigieuze “Distinguished Career” onderscheiding toegekend in de categorie “Scientific Achievement”. Dat is zeer uitzonderlijk voor een onderwijzerszoon opgegroeid in Waddinxveen (vlakbij het laagste punt van Nederland). Dat de prijs volkomen terecht is blijkt mede

uit zijn citatie- en H-index. In maart 2017 werd bovendien speciaal voor Huug een symposium georganiseerd in verband met zijn officiële pensionering. Bij die gelegenheid vatte Huug zijn carrière samen in aantal jaartallen. Enkele daarvan zijn: 1950 – als driejarige al weergek; 1963 – eerste voordracht over weer (de winter van 1962/63); 1965 – aanvang studie wis- en natuurkunde in Utrecht om meteorologie te kunnen studeren; 1974 – stage in Finland; 1975 – promotie aan de Universiteit Utrecht en wetenschappelijk medewerker

KNMI; 1976 – eerste bezoek aan de VS (bij Oort en Gilman); 1982 – emigratie naar de VS; 1983 – Scripps (San Francisco); 1984 – University of Maryland (in samenwerking met zijn partner Suru Saha); 1990-1999 – hoofd van het Climate Prediction Center. Inderdaad een indrukwekkende carrière die nog lang niet is beëindigd, want Huug is nog altijd actief in zijn vakgebied. Als onderzoeker, maar ook als schrijver van populairwetenschappelijke artikelen in zijn moerstaal. Hij zal bijdragen blijven leveren aan Meteorologica, waarvoor al minstens 30 artikelen van zijn hand zijn verschenen en meer dan 50 columns. Vooral uit zijn columns blijkt zijn ongeëvenaard talent die met recht Doolse humor kan worden genoemd. Ook voor het tijdschrift Zenit zal hij blijven schrijven. Een overzicht van zijn werk is te vinden op zijn eigen website: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/people/wd51hd/>.

Dat Huug zijn Nederlandse roots nooit heeft verloochend blijkt wel uit zijn actieve rol in de Association for the Advancement of Dutch-American studies en zijn bijdrage aan van stamboom van zijn familie. Namens alle leden van de NVBM, inclusief de redactie, feliciteer ik Huug van harte met deze prestigieuze onderscheiding. Alle NVBM-leden mogen terecht trots op hun ‘Dool’ zijn.

Debat (1)

HUUG VAN DEN DOOL

Tussen ruwweg Kerst en Driekoningen jongstleden was het ontzettend koud in het midden en oosten van de VS. Ik woon in het oosten van de VS en kan dus met het gezag van een slachtoffer melden dat het bar en boos was. Bij $T_x = -9^\circ\text{C}$ en veel wind schrapte ik m'n dagelijkse wandeling, en dat wil wat zeggen. Het bijzondere was vooral dat de kou zo lang duurde: twee weken. Kou van die intensiteit komt hier wel vaker voor, maar duurt dan slechts enkele dagen waarna een korte zachte periode volgt: het eindeloze heen en weer waarop we normaliter worden getraakteerd. De variantie zit in de oostelijke VS bij hogere frequenties dan in West-Europa, maar op alles is een uitzondering en dat maakten we nu mee. Een interessante persistente weersgebeurtenis, kortom. Het weer! Weet U nog wel? De M van het oude KNMI. (Jerome Namias, 1910-1997, een van mijn mentoren, zou me overigens op de vingers hebben getikt: "Hugh, het is niet persistentie, maar persistentie én recurrentie", en gelijk had-ie.) Niets is gevaarlijker dan in het weer van één moment/dag/periode de tendens in het klimaat te lezen. Niettemin gebeurt dit op grote schaal vanwege het klimaat-"debat" dat zich volgens ongeschreven regels voltrekt. Zoals Nederland ooit rekkelijken en preciezen had ronden we de geestesgesteldheid van klimaatdebatteerders af tot alarmisten en sceptici. In de VS is het debat helemaal ziek, al 25 jaar, en nu worden sceptici met ontblote tanden op hoge posities in de regering losgelaten om orde op zaken te stellen. Dat zal reuze helpen, maar niet heus, niet op de lange termijn, vraag het maar aan Macron. Reagerend op de ijskoude actualiteit en met enig gevoel voor humor liet de president van dit land (dhr. T.) via twitter weten dat een beetje global warming geen kwaad kan bij zoveel kou. Hij, twittertrol bij uitstek, zei dat vooral om de klimaatalarmisten te treiteren, en met succes, want er werd 36 uur lang verontwaardigd gereageerd tot de volgende enormiteit van onze gekozen leider de nieuwscyclus overnam. Een ex-president van de American Meteorological Society (AMS) verscheen in het nieuws om uit te leggen dat dhr. T. weer en klimaat door elkaar haalde. Als toelichting zei hij verder dat weer overeenkomt met je stemming en klimaat met je persoonlijkheid, iets waar de interviewende journalist erg om moest lachen. Had men mij geïnterviewd dan had ik gezegd dat het weer die ene realisatie is uit een (niet geheel bekende) probability density function (PDF) genaamd het klimaat. Daar zou in ieder geval niet om gelachen zijn. Wat denken ze wel? Bovendien suggereerde hij (de AMS-autoriteit) dat onderzoek heeft aangetoond dat je dit soort weer juist kan verwachten als gevolg van de mondiale opwarming. Dat laatste element, intense kou als gevolg van de opwarming, onlogisch als het klinkt, werd nader uitgewerkt in een specifieke situatie toen we op 3-5 januari een 'bom' kregen te verwerken waarvan de pers roodgloeiend stond. Een bom is, volgens de aloude definitie van MIT professor Fred Sanders (1923-2006), een lagedrukgebied dat in 24 uur met 24 hPa (of meer) uitdiept. Al op voorhand sprak de pers van een megabom en inderdaad, de uitdieping was maar liefst 36 hPa in 12 uur (41 hPa in 24 uur). Deze bom trok op 3-5 januari langs de oostkust van de VS snel naar het noorden en zoog aan de westkant, boven land dus, buitengewoon koude lucht

heel ver naar het zuiden. Deze synoptische gebeurtenis was het uitroepteken op die zogenaamd persistent-koude periode. Het idee is dat de klimatologisch opgewarmde oceaan voor extra barocliniciteit zorgt in de west-oost richting. Vandaar. De numerieke voorspellingen kwamen overigens geweldig goed uit.

In Nederland is het klimaatdebat een stuk sympathieker dan in de VS (daar zult u van opkijken), maar ook het KNMI en partners worstelen natuurlijk met dezelfde problematiek die ergens tussen wetenschap, politiek, beleidsuitvoering en PR valt. Toen er in December jongstleden een flinke hoeveelheid sneeuw in Nederland viel (meer dan 25 cm op de Veluwe) wist ik al wat er komen ging. Ik wist dat het KNMI een klimaatbericht zou schrijven waarin zou staan dat de kans op sneeuw is afgenomen als gevolg van global warming. Eigenaardig. Per implicatie zegt men dus tegen de lezer dat dit ene geval van zware sneeuwval de uitzondering is die de regel bevestigt. Blijkbaar wordt er vermoed (of gevreesd) dat mensen bij grote sneeuwval of intense kou gaan denken dat global warming wel meevalt of helemaal niet bestaat, en dat veronderstelde misverstand moet met wortel en tak worden uitgeroeid. Het KNMI volgt dit beleid al vele jaren, zo is mij empirisch gebleken. Zelfs de ongewone koudegolf in de VS is op deze wijze becommentarieerd in een KNMI klimaatbericht: dus dat de kans op hetgeen gebeurd was is afgenomen. Het is duivels moeilijk de kans in te schatten op iets wat net is gebeurd. Ik snap de verleiding, al is het kort door de bocht, om in een hele warme dag enig bewijs van global warming te zien, maar de logica van altijd maar weer hetzelfde commentaar op iets wat in dezelfde mate in tegenspraak *lijkt* met global warming ontgaat mij. Er is de zuiver wetenschappelijk vraag of global warming zo af en toe (maar niet te vaak natuurlijk) kan leiden tot extreme kou, iets wat op het eerste gezicht op een tegenspraak lijkt te duiden. Wat te denken van de sneeuwval in de Sahara deze winter? Dat is altijd al zeer zeldzaam, maar gebeurde toch, terwijl we een afname zouden moeten verwachten...? Ik wachtte in spanning af wat het KNMI zou gaan zeggen. Het KNMI-klimaatbericht volgde in dit geval de lijn van de voormalige AMS-president, namelijk dat als gevolg van global warming zich bepaalde circulaties vaker kunnen voordoen waarbij het extreem koud is op een plek waar je dat niet zou verwachten. Willem van Ockham (1287-1347) zou er niet van willen horen, want echte verklaringen kunnen alleen simpel zijn.

Vier dagen na het einde van de synode van Dordrecht (u gedenkt toch hopelijk ook dat deze synode 400 jaar geleden plaatsvond, in 1618-19?) werd de leider van de rekkelijken onthoofd. Een verbijsterende uitkomst van een debat waar ik me als geboren Nederlander diep voor schaam (nog meer dan voor een standbeeld voor J.P. Coen). Het is niet voor het eerst dat de politiek een doorslaand argument is in een discussie binnen een 'kennis' vak, destijds de theologie. We zullen zien wie in geval van de klimatologie zal winnen, en wie er onthoofd gaat worden. Om het ludiek te houden verwacht ik dat de kolenboer binnenkort 100 mud antraciet voor de deur van dhr. T. zal uitladen. Wedden dat hij daar niets mee kan doen?

NVBM vacature algemeen lid bestuur

BESTUUR NVBM

Het bestuur van de NVBM is met spoed op zoek naar een nieuw algemeen bestuurslid.

Heb je tijd en energie om je in te zetten voor de Nederlandse meteorologie? De NVBM heeft als doel om de weerkundige beroepsuitoefening te bevorderen, op wetenschappelijk en maatschappelijk vlak. Vanuit dit oogpunt organiseert de NVBM jaarlijks activiteiten met een breed scala aan aansprekende onderwerpen en sprekers van allerlei organisaties. Als bestuurslid ben je medeorganisator van deze activiteiten: de jaarlijkse ALV en minimaal twee symposia en één excursie per jaar. Ook vertegenwoordig je de NVBM bij diverse gelegenheden.

Momenteel is het bestuur aan het nadenken over het betreden van nieuwe paden, bijvoorbeeld over de digitale mogelijkheden die de vernieuwde NVBM-website kan bieden, maar ook naar andere mogelijkheden om nieuwe, jonge leden te werven. Ook onderzoekt het bestuur actief de mogelijkheden om meer interactie met zusterorganisaties op te zetten. Het bestuur staat nadrukkelijk open voor nieuwe ideeën die een nieuwe bestuurslid met zich meebrengt.

De werkzaamheden van bestuursleden:

- Proactieve aanwezigheid tijdens vergaderingen
- Gezamenlijk brainstormen en organiseren van activiteiten (symposia en excursie)
- Meedenken over nieuwe mogelijkheden om leden te werven
- Ondersteuning bieden aan verscheidene bestuurstaken

Wat bieden wij:

- De kans om je netwerk binnen de Nederlandse meteorologie uit te breiden
- De mogelijkheid om je organisatorische kwaliteiten te ontplooien
- Een enthousiast team

Gemiddeld vergadert het bestuur vier keer per jaar (per Skype of in persoon), waarvan één keer gezamenlijk met de redactie van Meteorologica. De tijdsbesteding is variabel. Het bestuur zet zich vrijwillig in om richting en inhoud te geven aan de vereniging.

Er zijn geen specifieke eisen aan deze functie verbonden.

Mocht je interesse hebben of iemand weten die interesse heeft, neem dan contact op met ons (bestuur@nvbm.nl), ook voor meer informatie over de taken als algemeen lid en functioneren van het bestuur. Het bestuur zal de verdere selectie uitvoeren.



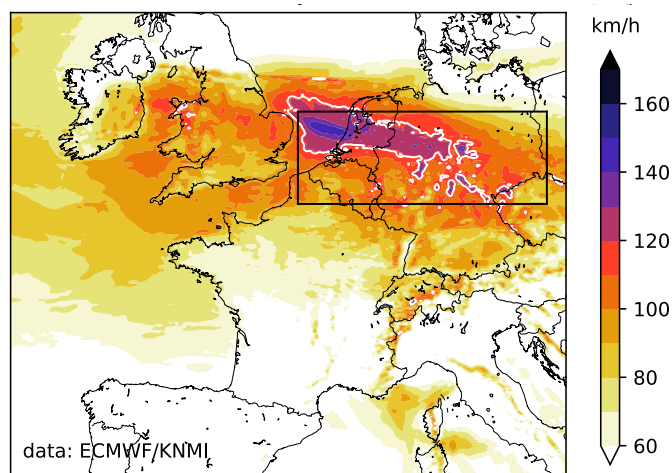
De storm van 18 januari 2018: de opwarming en de verruwing

GEERT JAN VAN OLDENBORGH (KNMI), HYLKE DE VRIES (KNMI), ROBERT VAUTARD (LSCE/IPSL)

Op 18 januari 2018 trok een kleine maar felle storm over Nederland, “Friederike”, zo genoemd door de Duitse weerdienst. De gevolgen waren groot. De Nederlandse Spoorwegen staakten voor het eerst in hun geschiedenis de gehele treindienst. Ook Schiphol moest dicht en zo’n 300 vluchten werden geannuleerd. Op de wegen was het bovendien een chaos door omgewaaide vrachtwagens en bomen. De invloed van de opwarming op stormen is nog slecht begrepen, en dus grijpen we deze aanleiding aan om beter naar de waargenomen, gemodelleerde en verwachte trends in dit soort felle stormen te kijken.

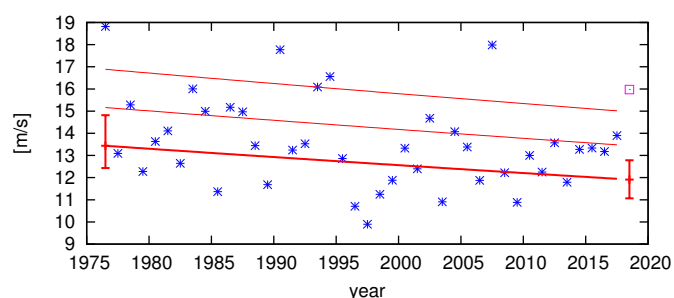
Waarnemingen

De ECMWF verwachting (Figuur 1) kwam goed overeen met de waarnemingen in Nederland, daarbuiten kennen we geen analyses van windstoten. Hij laat zien dat de storm het hevigst was aan de Nederlandse kust en daarna langzaam in intensiteit afzwakkend naar het oosten wegtrok. Waarnemingen uit de ISD-lite database van synoptische waarnemingen (NOAA/NCEI) bevestigen dit beeld. We hebben voor elk station of roosterpunt per dag de maximale windsnelheid bepaald uit 3-uurlijkse data, wat net goed genoeg bleek om de storm te karakteriseren. Deze dagmaxima gemiddeld over de rechthoek in Figuur 1 zijn de basis van onze definitie van de gebeurtenis.



Figuur 1. Maximale windstoten op 18 januari 2018 in de 24-uurs deterministische verwachting van het ECMWF van 00 UTC.

Daarnaast hebben we hebben ook de waarnemingen van de KNMI-stations in Nederland gebruikt; hiervan nemen we het dagmaximum van de uurgemiddelde wind. Het KNMI heeft voor Nederlandse stations ook de potentiële wind uitgerekend; dit is de wind op 10 meter hoogte bij neutrale stabiliteit als de ruwheid boven land 2 cm en boven zee 3 mm zou zijn (Weber en Groen, 2009). Tijdens storm is de grenslaag in goede benadering neutraal stabiel. De veranderingen in ruwheid worden uit de hoogfrequente windmetingen afgeleid, met inbegrip van informatie over het type windmeter en recorder die daarop van invloed zijn (Weber en Groen, 2009). Het blijkt dat met deze definitie (regio) de herhalingstijd van een storm als Friederike nu zo’n 20 jaar bedraagt.



Figuur 2. Maximale waarde van de index (hoogste waarde in de winter van het dagmaximum van de 3-uurlijkse wind gemiddeld over de rechthoek van Figuur 1) over 1976–2018 in de ISD-lite data. Het wintermaximum wordt goed beschreven door een Generalised Extreme Value (GEV) distributie die schaalt met de tijd. De dikke rode lijn geeft de waarde van de positieparameter μ aan met 95% onzekerheidsmarges in 1977 en 2018, de dunne lijnen $\mu + \sigma$ en $\mu + 2\sigma$ met σ de schaalparameter. De storm Friederike (paars vierkantje) is niet meegenomen in de fit.

Een analyse van de ISD-lite data laat een sterk dalende trend in de intensiteit van dit soort stormen zien (Figuur 2). Sinds 1980 is de intensiteit met ongeveer 12% afgenomen (95% onzekerheidsmarge: 0% tot 30%). Dit correspondeert met een afname van de kans op dit soort windsnelheden met ongeveer een factor vier (met een marge van 1 tot 100 keer). Dit wordt bevestigd door de KNMI-metingen, die een afname in intensiteit van 13% (7% tot 16%) over alle landstations samen laten zien (Figuur 3). Vanaf 1990 is de neerwaartse trend minder groot.

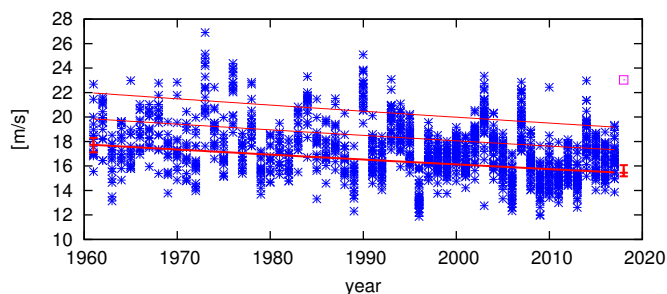
Er zijn een aantal mogelijke oorzaken aan te wijzen voor de waargenomen afname in de intensiteit van stormen boven land. De eerste is toeval. De afname is vaak marginaal significant op de standaard test $p < 0.05$ (tweezijdig). We zien echter dat de afname in Nederland consistent is met een groter gebied, bijvoorbeeld in Frankrijk in het gebied van de storm Eleanor (Vautard et al., 2018), en de afname is ook consistent met de afname in de gemiddelde wind in veel grotere gebieden en zelfs met de toename van de kans op weinig wind in heel Europa (Vautard et al., 2017). De consistentie van al deze observaties geeft aan dat de afname niet door toevallige fluctuaties in het weer veroorzaakt is. We concluderen, net als Smits et al. (2005) en Vautard et al. (2010), dat er een systematische trend in de waarnemingen is naar lagere windsnelheden.

Die trend zou echter kunnen zijn veroorzaakt door een inhomogeniteit van de metingen. Wind is notoir lastig nauwkeurig te meten. Echter, dezelfde consistentie tussen verschillende landen met verschillende meetmethoden is ook een argument dat dit aspect de neergaande trend niet kan verklaren.

We gaan er dus vanuit dat de trend echt is. Er zijn een aantal plausibele verklaringen. Vautard et al. (2010) vonden dat de toename in ruwheid van het landoppervlak waarschijnlijk een grote rol heeft gespeeld bij de afname van de gemeten windsnelheden. Dit komt door meer en hogere bebouwing en ook een toename in bebouwing de afgelopen decennia. Ten slotte kan uiteraard het versterkte broeikaseffect stormen van karakter veranderd hebben door middel van veranderingen in de grootschalige circulatie en een toename in de beschikbare condensatiewarmte vanwege meer vocht in de atmosfeer.

Ruwheid

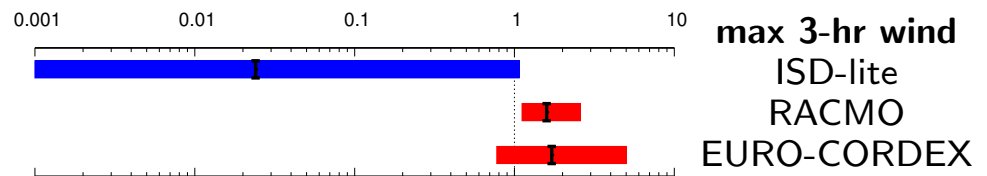
De invloed van ruwheid kunnen we in Nederland goed onderzoeken. De potentiële wind is namelijk een schatting van wat de wind geweest zou zijn voor een constante ruwheid. We vinden dat de trend in de potentiële windextremen boven land veel kleiner is dan die in de waargenomen stormen, waarbij de afname ongeveer 5% bedraagt. Hieruit kunnen we concluderen dat een aanzienlijk deel van de afname van stormintensiteit in Nederland een gevolg is van de toename van de oppervlakteruwheid. Helaas is deze analyse nog niet gedaan voor windmetingen buiten Nederland.



Figuur 3. Als Figuur 2 maar dan voor het jaarmaximum van de uurgemiddelde wind op 36 KNMI-stations. De reeksen zijn genormaliseerd zodat ze hetzelfde gemiddelde jaarmaximum hebben. Voor 2017–2018 wordt alleen de hoogst gemeten waarde weergegeven; deze kwam voor op 18 januari op station Hoek van Holland.

Klimaatmodellen

Om het effect van antropogene klimaatverandering op stormen te onderzoeken hebben we de uitvoer van een aantal klimaatmodellen geanalyseerd. We hebben alleen modellen beschouwd waarvan de resolutie hoog genoeg is om een storm van zo'n 100 km doorsnede (Figuur 1) te kunnen beschrijven. Het KNMI 12-km RACMO ensemble van 16 leden (gebruikt voor de KNMI'14 scenario's) voldoet hieraan, evenals het 12-km EURO-CORDEX ensemble van 11 leden (met verschillende regionale en mondiale modellen). Dit laatste ensemble is door het Franse onderzoeksinstituut LSCE al gecorrigeerd voor modelfouten, maar voor RACMO is dat niet het geval. Het blijkt dat stormen in het model RACMO ongeveer 10% te zwak zijn vergeleken met



Figuur 4. Verandering van de kans (Risk Ratio, RR) op stormen zoals Friederike tussen 1976 en 2055 in de waarnemingen (ISD-lite) en in twee regionale klimaatmodellen (RACMO en EURO-CORDEX). Een $RR < 1$ geeft aan dat de kans is afgenomen, en bij $RR > 1$ is de kans toegenomen. De zwarte streep geeft de meest waarschijnlijke waarde aan, en de gekleurde stroken de 95% onzekerheidsmarges. De trend in de waarnemingen is geëxtrapoléerd uit de trend 1976–2017.

waarnemingen. Dit corrigeren we hier simpelweg door de winduitvoer met een factor 1.1 te vermenigvuldigen. Na deze correcties zijn de overige statistische eigenschappen van stormen in deze twee modellen goed in overeenstemming met de waarnemingen.

Zowel RACMO als EURO-CORDEX laten nauwelijks verschil zien tussen de intensiteit van stormen in het huidige klimaat en die van 50 jaar geleden. Voor de toekomst, rond 2055, berekenen de modellen een toename van een paar procent in de intensiteit van stormen als Friederike vanwege de opwarming, corresponderend met een toename van de kans op een storm als Friederike van een factor ongeveer anderhalf, dus van 1 op 20 jaar naar 1 op 10 of 15 jaar. Deze modellen hebben een constante ruwheid van het aardoppervlak en constante aerosolconcentraties.

Conclusies

Klimaatmodellen voorspellen een kleine toename in de kans op stormen zoals 'Friederike' (18 januari 2018) vanwege het versterkte broeikaseffect (Figuur 3). Dit is consistent met eerdere analyses, bijvoorbeeld door Leckebusch en Ulbrich (2004). De resultaten van deze modellen is echter niet consistent met de trend in de waarnemingen tot nu toe, die een afname laten zien. Dit betekent dat er andere factoren dan klimaatverandering een rol spelen en de intensiteit van stormen boven land bepalen, factoren die niet in de modellen opgenomen zijn. De argumenten van Vautard et al. (2010) en de veel kleinere trend in potentiële wind in Nederland geven aan dat een toename van de ruwheid van het landoppervlak een belangrijke factor is die nog niet in de klimaatmodellen wordt meegenomen. Mogelijk zijn er nog meer factoren die een rol spelen, zoals de effecten van aerosolen en decadale variabiliteit. Van al deze factoren moeten dus ook scenario's voor de toekomst opgesteld worden; voor de ruwheid van het aardoppervlak dient ook de mogelijke bijdrage van windturbines op de ruwheid in ogenschouw te worden genomen. Pas als zulke scenario's gemaakt zijn en klimaatmodellen alle relevante factoren correct representeren kunnen we de modellen gebruiken om betrouwbare projecties van de intensiteit van stormen boven land te maken.

Referenties

- Leckebusch, G.C. & U. Ulbrich (2004). On the relationship between cyclones and extreme windstorm events over Europe under climate change. *Global and Planetary Change*, 44, 181–193.
- Smits, A.A. K. T., A. M. G. Klein Tank, & G. P. Können. (2005). Trends in storminess over the Netherlands, 1962–2002. *International Journal of Climatology*, 25(10), 1331–1344.
- Vautard, R., J. Cattiaux, P. Yiou, J.-N. Thepaut, & P. Ciais. 2010: Northern Hemisphere atmospheric stilling partly attributed to an increase in surface roughness. *Nature Geoscience*, 3, 756–761.
- Vautard, R., A. Colette, E. van Meijgaard, F. Meleux, G. J. van Oldenborgh, F. Otto, I. Tobin & P. Yiou, 2017: Attribution of wintertime anticyclonic stagnation contributing to air pollution in Western Europe. *Bull. Am. Meteor. Soc.*, in "Explaining extreme events of 2016 from a climate perspective", special supplement, S70–S75.
- Weber, N. & G. Groen, 2009: Improving potential wind for extreme wind statistics, KNMI Scientific Report WR 2009-02.

Museum 't Fiskershúske in Moddergat

HENK DE BRUIN

Op 17 april jongstleden bezocht Henk de Bruin, de eerste auteur van het artikel “Toepassing van moderne heranalyse-technieken – de ramp van Moddergat in 1883” op uitnodiging van de directeur Ihno Dragt het Museum 't Fiskershúske, in Moddergat, dat voor een belangrijk deel gewijd is aan het dagelijkse leven in een vissersdorp anno 1883 en aan de ramp zelf. Tegenover het museum staat het vissersmonument ter nagedachtenis aan de ramp. De tekst op het monument luidt:

A.D. 1883 stieken fan dit plak 109 fiskers mei 22 skippen yn sê. Yn in swiere stoarm binne 83 man en 17 skippen bleaun. As de dea it skip berint, Dan is der gjin ûntkommen. O wetter, o wif elemint! De sê hat jown, hat nommen. 1883 - 6 maart - 1958.

Henk en zijn vrouw werden hartelijk ontvangen door medewerkers van het museum. Henk overhandigde de directeur een exemplaar van *Meteorologica* (zie foto) met daarin het Moddergat-artikel (De Bruin en van den Dool, 2018). In de komende weken zal een reeks van ongeveer 12 - 15 vereenvoudigde 6-uurlijkse heranalyse-kaartjes worden gemaakt van het weersverloop dat leidde tot de ramp van Moddergat, die vervolgens op een groot bord zullen worden getoond. Het doel is dit weerkaartenbord met een toelichting een permanente plaats in het museum te geven. Ook zullen exemplaren van het artikel tegen kostprijs aan de museumbezoekers worden aangeboden. Kortom, de reis paste perfect in de doelstellingen van de NVBM: het bevorderen van de meteorologie. Bijzonder detail is dat de heer Siebren van der Zwaag ons met de auto van station Leeuwarden naar Moddergat heeft gebracht. Hij is voorzitter van het Obe Postma Skelskip geweest. In hetzelfde nummer van *Meteorologica* werd namelijk een artikel (van Kees Dekker) gepubliceerd over een verhandeling over wolken van Obe Postma.

Ten slotte is het noemenswaardig te vermelden dat Deltares nagaat of het mogelijk is de golfhoogte in het Noord-

zee-rampgebied te berekenen met hun operationele golfmodel uit de digitaal beschikbare gegevens die beschikbaar zijn via de NOAA site: https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.20thC_ReanV2c.html. Als dat lukt dan zal het een zeer speciale toepassing zijn van het golfhoogtemodel dat oorspronkelijk door het KNMI is ontwikkeld (Komen, 1994). We zullen de lezers op de hoogte houden van verdere ontwikkelingen rondom de ramp van Moddergat.

Literatuur

Komen, G. J., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann and P. E. A. M. Janssen, 1994: Dynamics and modelling of ocean waves. Cambridge University Press, 532 pp.

Henk de Bruin en Huug van den Dool, *Meteorologica* 2018-01, 12-15.



Henk de Bruin (rechts) overhandigt een exemplaar van *Meteorologica* aan Ihno Dragt (links).

Houten (Utrecht) nieuwe locatie van Weerplaza

MARCO VERHOEF (WEERPLAZA)

Weerplaza, onderdeel van Infoplaza, heeft het Hilversumse achter zich gelaten. Bij de start van het bedrijf in 2009 was Weerplaza gevestigd in het pand van de Wereldomroep aan de Witte Kruislaan. Met het oog op de groei (en ook omdat het gebouw overging naar Avro-Tros...) werd vervolgens enkele jaren (vanaf 2013) kantoor gehouden op het Mediapark. In december 2017 is de overstap gemaakt naar een groot en nieuw kantoor in Houten (zie foto).

Er zijn meerdere redenen aan te geven waarom deze stap goed voelt. De bereikbaarheid van Hilversum laat te wensen over, vooral in de spits. Veel personeelsleden hebben daar last van gehad. Wat dat betreft is Houten, hoewel ook gesitueerd in het hart van het Nederlandse verkeersnet, een veel prettiger locatie. Zelfs vanuit het noorden doen collega's er amper langer over. De extra tijd die nu nodig is om naar het zuiden te rijden was men anders kwijt om dwars door Hilversum het Mediapark te bereiken.

Uiteraard zit er vooral een zakelijk idee achter deze verhuizing. In het nieuwe pand heeft Infoplaza een heel groot vloeroppervlak. Door de ruime en transparante opzet kunnen de collega's op diverse plekken overleggen. Het nodigt uit om even naar elkaar toe te lopen om de koppen bij elkaar te steken. Door de inspirerende

ruimte is er veel interactie. Hier kunnen wij met heel veel plezier verder werken aan de groei van ons bedrijf, door nieuwe oplossingen op maat te creëren voor elke sector, en snel en gericht te innoveren. Ook kunnen klanten goed worden ontvangen. Het is misschien een wild idee, maar zelfs een symposium voor ongeveer 50 personen is denkbaar. Voor de meteorologen is de blik naar buiten geweldig. Vanaf de tweede etage heeft men vrij uitzicht op de zuidwesthoek, kortom, laat dat fotogenieke onweer maar komen.

Met deze verhuizing maakt Infoplaza, en dus ook Weerplaza, een volgende stap in zijn ontwikkeling. Het geeft veel ruimte om nog meer zichtbaar te worden voor zowel de consument als de zakelijke markt.



Bestuurswissel NVBM

BESTUUR NVBM

Op vrijdagmiddag 6 april 2018 vond de jaarlijkse algemene ledenvergadering (ALV) met aansluitend het voorjaarssymposium plaats. Tijdens de ALV heeft Albert Klein Tank afscheid genomen als voorzitter van de NVBM vanwege zijn nieuwe functie als directeur van het Hadley Centre in de UK. Het



voltallige bestuur bedankt Albert voor zijn inzet over de afgelopen zes jaar voor de vereniging, zijn inspanningen voor het vinden van een nieuwe hoofdredacteur en het efficiënt leiden van de bestuursvergaderingen. Met zijn uitgebreide professionele netwerk heeft Albert bovendien vele interessante sprekers op diverse NVBM-symposia weten te regelen, wat resulteerde in hoge bezoekersaantallen.

De voorzittershamer is nu in handen van Gert-Jan Steeneveld (WUR), die tot dan toe algemeen bestuurslid was (foto links). Tijdens de ALV is Reinder Ronda (KNMI) tot het bestuur toegetreden als nieuw algemeen bestuurslid (foto rechts), waar we zeer blij mee zijn. We blijven desondanks op zoek naar verdere versterking van het NVBM bestuur. Elders in deze Meteorologica staat een vacaturetekst hieromtrent. Ben je geïnteresseerd, neem dan contact met ons op.

Wij danken hierbij nogmaals Albert voor zijn goede werk en inspirerende leiding over de afgelopen zes jaar en wensen tegelijkertijd Gert-Jan en Reinder de komende jaren veel succes toe in het NVBM-bestuur.

Kwetsbaarheid van groene stroom

GERARD VAN DER SCHRIER, KARIN VAN DER WIEL (KNMI)

Het opwekken van zonne- en windenergie is sterk afhankelijk van het weer. Deze afhankelijkheid brengt met zich mee dat de energievoorziening van de samenleving kwetsbaar kan worden voor variaties in het weer en klimaat. Binnen het KNMI wordt onderzoek gedaan naar de invloed van klimaatverandering en variaties in het weer op de productie van groene stroom.

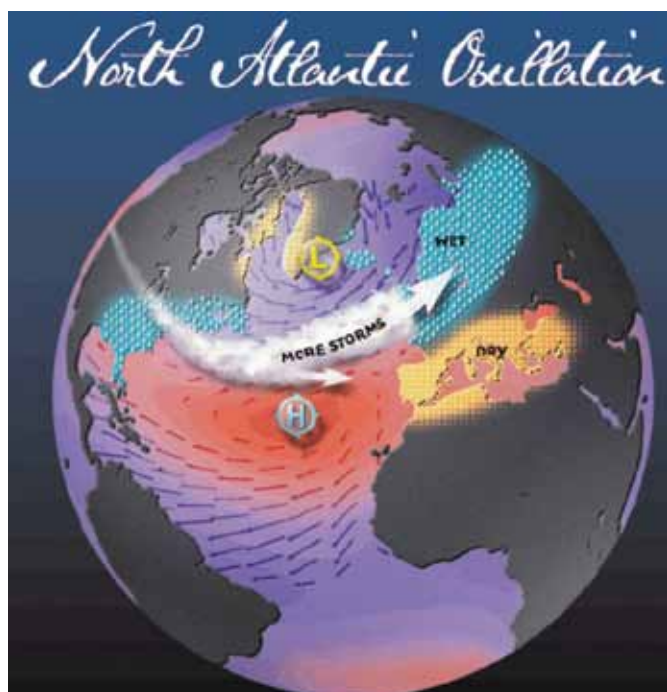
Onderzoekers van het KNMI hebben gekeken naar lange koude perioden met windstil weer over een groot deel van Noordwest-Europa, inclusief de Noordzee waar een groot deel van de capaciteit voor windenergie staat. Dit weertype hangt samen met de Noord Atlantische Oscillatie (NAO). In het algemeen zal voor Noordwest-Europa een positieve NAO zachte en natte winters met veel wind geven, terwijl een negatieve NAO minder onstuimig zal zijn en vooral koud en droog weer tot gevolg heeft. De weersystemen die samenhangen met de NAO zijn groot: vrijwel geheel Europa 'voelt' de effecten van de NAO. De Figuren 1 en 2 illustreren de twee verschillende fasen van de NAO.

De ruimtelijke uitgebreidheid van de NAO heeft als consequentie dat tegenvallende windenergieopbrengsten in het Nederlandse deel van de Noordzee niet gecompenseerd kunnen worden met opbrengsten uit buurlanden: tijdens een negatieve NAO hebben zij immers ook te kampen met een gebrek aan wind. Ook de import van zonne-energie uit Zuid-Europa

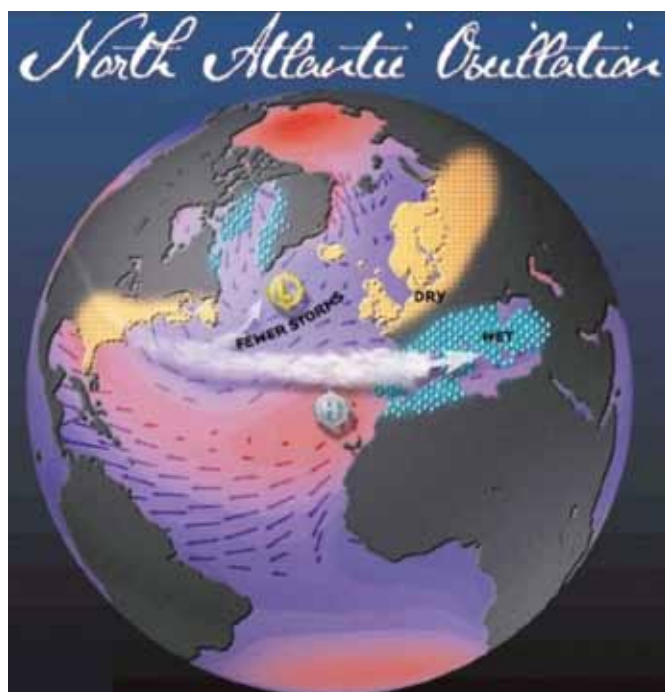
is – afgezien van de technische moeilijkheden – problematisch: een negatieve NAO zorgt voor stormachtig en bewolkt weer rondom de Middellandse zee, waardoor de opbrengst van de zonne-energie daar dus zal tegenvallen.

De kwetsbaarheid voor klimaatvariaties zoals de NAO worden vergroot doordat een periode met rustig weer zoals bij een negatieve NAO vaak samenvalt met koud en vriezend weer. Dus een periode met lage windenergieopbrengsten valt vaak samen met een periode waar de vraag naar energie hoog is. Er wordt op dit moment veel onderzoek gedaan om deze kwetsbaarheid voor grootschalige variaties, zoals de NAO, in kaart te brengen en te kwantificeren. Dat deze vraag zeer actueel is bewijst een recente gebeurtenis: op 30 april dreigde een stroomtekort doordat die dag de opbrengst van zowel de zonne- als de windenergie tegenviel, terwijl de vraag naar energie hoger uitviel dan verwacht.

Dit is het (bewerkte) KNMI-klimaatbericht van 16 maart 2018.



Figuur 1. In de positieve fase van de Noord Atlantische Oscillatie zijn de winters in Noordwest-Europa mild en nat, en gaan de stormen meer over dit deel van Europa heen. Het Middellandse Zeegebied is droog en zonnig.



Figuur 2. Bij een negatieve fase is het juist rondom de Middellandse Zee onstuimig en nat, terwijl Noordwest-Europa droog, koud en rustig weer heeft. (Bron figuren: Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, New York).

NWO kent 18 miljoen euro toe aan het Ruisdael Observatorium

HENK DE BRUIN

In 2015 vroeg het KNAW ideeën aan te leveren voor groot-schalige onderzoeksfaciliteiten waarmee Nederland wetenschappelijke grenzen kan blijven verleggen, om te komen tot een Nationale Roadmap Groot-schalige Wetenschappelijke Infrastructuur die aan de regering kon worden aangeboden. Onder de bezielende leiding van de Delftse hoogleraar Herman Russchenberg (hoofd van het Delftse Klimaatinstituut) stelde Meteorologisch Nederland een ambitieus plan op betreffende een landelijk dekkend netwerk voor metingen van de atmosfeer. Geïnspireerd door de 17e-eeuwse schilder Jacob Ruisdael, beroemd om zijn typisch Nederlandse wolkenluchten, kreeg dit netwerk de naam Ruisdael Observatorium. Een KNAW-commissie beoordeelde alle ingediende ideeën op wetenschappelijke kwaliteit en originaliteit en selecteerde in 2016 uiteindelijk 13 aanvragen, waaronder dus het Ruisdael Observatorium. In het vervolgtraject kon financiële ondersteuning bij NWO worden aangevraagd door het Ruisdael consortium, bestaande de TU Delft, Wageningen Universiteit & Research, Universiteit Utrecht, het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, het Energieonderzoek Centrum Nederland, de Vrije Universiteit Amsterdam, TNO Utrecht, de Rijksuniversiteit Groningen en het KNMI, met Herman Russchenberg als hoofdaanvrager. In april 2018 kende NWO

aan tien Nationale Roadmap-projecten €138 miljoen toe, waaronder €18 miljoen aan het Ruisdael Observatorium. Het nieuwe landelijk netwerk van geavanceerde weersensoren zal worden gekoppeld aan een

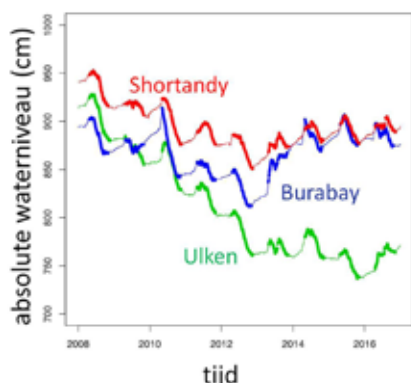
realtime 3D simulatienetwerk – synergie tussen meten en modelleren. Ruisdael kan gezien worden als een belangrijke Nederlandse bijdrage aan twee grote Europese onderzoek infrastructuren: ICOS voor het onderzoeken en monitoren van broeikasgasemissies en ACTRIS voor het begrijpen en monitoren van aerosolen, straling en bewolking.

Voor meer informatie over Ruisdael zie <https://knaw.nl/shared/resources/adviezen/bestanden/KNAWagendaRuisdaelobservatorium.pdf>.



Watertemperatuurmodel gepubliceerd in Meteorologica toegepast op endoreïsche meren in Kazachstan

HENK DE BRUIN



Figuur 1. Gemeten waterniveau van de drie Kazachstaanse meren.

In april 2018 werden in Wenen tijdens de Assemblee van de Europese Geofysische Unie (EGU) de eerste resultaten gepresenteerd van een studie over de water- en energiebalans van drie dicht bij elkaar gelegen endoreïsche meren in Kazachstan, meren

die niet afwateren op zee. De studie betrof een samenwerkingsverband tussen de Nazarbayev Universiteit in Astana (Kazachstan) en de Universiteit van Reading (VK). Anne Verhoef uit Reading studeerde en promoveerde in Wageningen en zij las destijds het artikel over toepassingen van een watertemperatuur- en energiebalansmodel op het waterbekken de Petrusplaat in de Biesbosch (de Bruin en van den Dool,

Meteorologica, nr. 04, 2015). De onderzoekers pasten het model toe op de endoreïsche meren Burabay, Shortandy en Ulken Shabakty in Kazachstan. Hoewel deze meren redelijk dicht bij elkaar liggen verschillen ze aanzienlijk. Voor de periode 2008 - 2016 werd het model toegepast met meteorologische invoergegevens van automatische weerstations of van de ECMWF heranalyse database (ERA-interim). Opvallend is dat het verloop van de waargenomen waterhoogte van de drie meren (zie Figuur 1) onderling zeer verschilt. Net zoals de Bruin en van den Dool eerder concludeerden voor de Petrusplaat blijkt de energie die nodig is voor de verdamping de grootste term in de energiebalans te zijn, na de netto straling. Verder werd gevonden dat de jaar-op-jaar variaties van de term in de energiebalans die de warmte opgeslagen in het water beschrijft het grootst was.

Vadim Yapiyev, Anne Verhoef, and Zhanay Sagintayev: The multi-year (2008-2016) water and energy balance of three small endorheic lakes in Burabay National Nature Park, Kazakhstan, Northern Central Asia, Geophys. Res. Abstr. Vol. 20, EGU2018-15223, EGU General Assembly 2018.

Vrijwilligers...? Iemand...?

GERARD VAN DER SCHRIER



column

“Both sexes, all ages, and all classes.” Met deze brede kwalificatie zocht Georg Symons halverwege de 19e eeuw via advertenties in de landelijke dagbladen van het Verenigd Koninkrijk naar vrijwilligers voor zijn gedroomde netwerk van regenmeters. Symons, al sinds zijn 17e lid van de Britse Royal Meteorological Society en medewerker in de voorloper van het UK Met Office, was overtuigd van het belang om een dicht netwerk van regenmeters te hebben. De ronduit slechte hygiëne in veel Engelse huishoudens aan het begin van de industriële revolutie in combinatie met de droogte van 1854-1858, wat tot problemen in de drinkwatervoorziening leidde, gaven Symons de drive om zijn leven aan het opbouwen van een netwerk van regenmeters te wijden.

De toenmalige directeur van het UK Met Office, admiraal Fitzroy, zag weliswaar het belang in van het doen van metingen, maar maakte zich vooral zorgen dat door de brandende ambitie van Symons andere, meer ambtelijke taken, in het gedrang zouden komen. Metingen doen is leuk en aardig, maar de weerdienst moet blijven draaien. En metingen van vrijwilligers... Tja, wat moet je daarmee? Fitzroy had zelf korte tijd als vrijwilliger neerslagmetingen gedaan, maar om nu te zeggen dat hij de visie van Symons deelde...

Symons koos uiteindelijk eieren voor zijn geld en nam in 1863 ontslag om in zijn eigen tijd het netwerk van regenmeters steeds verder uit te breiden. Rond zijn dood in 1900 ontving hij van wel 3404 vrijwilligers neerslagmetingen. Een buitengewone prestatie, want het eerste gepubliceerde overzicht uit 1861 was op slechts 168 waarnemingen gebaseerd.

Dit unieke netwerk vormt vanaf 1919 de basis voor de berichtgeving over waargenomen neerslag, neerslagextremen en neerslagveranderingen. Door de lange historie van metingen, op vrijwel onveranderde manier uitgevoerd, is het historisch perspectief van neerslagvariaties voor de Britse eilanden lang en gedetailleerd. En het draait nog altijd op vrijwilligers.

Het Engelse voorbeeld is in veel landen gevolgd; ook in Nederland is vanaf het eind van de 19e eeuw een netwerk van vrijwillige neerslagwaarnemers opgebouwd. Sterker nog: de metingen van het hele klimatologische netwerk, met in eerste instantie driemaal daagse waarnemingen, werden tot circa 1990 uitgevoerd door vrijwilligers. Alleen voor de hoofdstations werden KNMI-meteorologen ingezet. Het Nederlandse netwerk van neerslagmeters bestaat sinds 1950 uit ongeveer 325 stations.

Het unieke van dit soort netwerken is dat de waarnemers een dwarsdoorsnede van de

samenleving vormen. De stationsinspecteur van het KNMI controleert elke twee jaar de regenmeteropstelling en heeft dus dagelijks te maken met waarnemers van allerlei pluimage. Er zijn talloze anekdotes over bijzondere waarnemers. Zo staan in Limburg en Noord-Brabant veel regenmeters bij kloosters. De KNMI-inspecteur werd jarenlang door de broederportier van de abdij bij Echt begroet met de woorden ‘jullie worden betaald voor de leugen’ – een hint naar de kwaliteit van de weersverwachting, of een herinnering dat het weer louter in Gods hand ligt. De zorg voor de kwaliteit van de meting wordt gedeeld door alle waarnemers: zo is er een waarnemer in Friesland die op kniestukken door de tuin naar het schuurtje schuifelt om de neerslagmeter leeg te gieten, uit angst om te vallen en de verzamelde regen te verliezen. Of neem de waarnemer uit Nijkerk, die niet begreep waarom er steeds van die rare deukjes in de koperen regenmeter kwamen, totdat bleek dat zoonlief een aansprekend doelwit voor zijn luchtbuks had ontdekt.

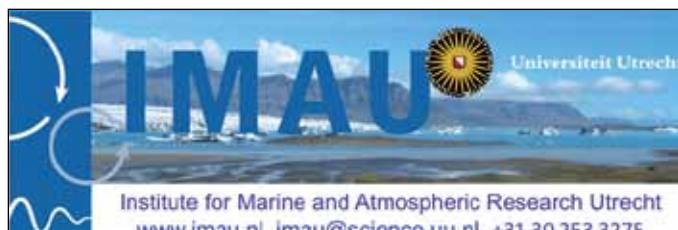
Zoals het doen van de neerslagmeting soms van generatie op generatie doorgegeven wordt, wat ideaal is voor de homogeniteit van de metingen, zo is vaak ook de relatie tussen de vrijwilliger en stationsinspecteur een langdurige. Het is niet uitzonderlijk dat de inspecteurs tijdens hun bezoeken de vakantiefoto's te zien krijgen.

Hoe kneuterig dit ook allemaal lijkt, in Nederland is het netwerk van deze vrijwillige waarnemers essentieel voor de kwaliteit van de meteorologische dienstverlening. De KNMI-neerslagradars worden gekalibreerd met deze metingen, de kaartjes met dagelijkse neerslagsommen zijn gebaseerd op deze metingen, langjarige trends in neerslag en stortbuien zijn gebaseerd op dit netwerk, en de hoge dichtheid van het netwerk is van groot belang om met enige nauwkeurigheid de grootte van extreme neerslag te bepalen – bij uitstek een voorbeeld waar een hoge maatschappelijke relevantie en de noodzaak voor een dicht regenmeternetwerk hand in hand gaan.

Onbewust was de meteorologie zijn tijd ver vooruit: het gebruik van vrijwilligers – ongeacht sekse, leeftijd of sociale klasse – voor het verkrijgen van een dicht netwerk van regenwaarnemingen is een prachtig voorbeeld van citizen science. En dat alles ver voordat rijksoverheden en geldschietters dit interessant vonden. Er is geen andere discipline in de wetenschap die zo'n sterke verankering in de samenleving heeft.

Noot: met medewerking van Ronald van de Vate.

Sponsors van de Nederlandse Vereniging ter Bevordering van de Meteorologie



Colofon

Redactie

Hoofdredacteur: Richard Bintanja (e-mail: bintanja@gmail.com, tel: 030-2206499).

Redactieleden: Wim van den Berg, Aarnout van Delden, Robert Mureau, Rob Sluijter en Fiona van der Burgt.

Artikelen en bijdragen

Deze dienen uitsluitend digitaal (bv. per e-mail) te worden aangeleverd, als Word document met figuren apart. Uiterste inleverdata hiervoor zijn: 1 februari, 1 mei, 1 augustus en 1 november voor respectievelijk nummer 1, 2, 3 en 4. Voor meer informatie over de procedure, zie http://www.nvbm.nl/meteorologica/informatie_voor_auteurs/

Artikelen uit Meteorologica mogen uitsluitend worden overgenomen na voorafgaande schriftelijke toestemming van de redactie.

Meteorologica (ISSN 0929-1504) verschijnt vier maal per jaar en is een uitgave van de Nederlandse Vereniging ter Bevordering van de Meteorologie (NVBM).

Penningmeester en administratie: Olaf Vellinga (penningmeester@nvbm.nl)

Vormgeving: Colorhouse, Almelo

Vermenigvuldiging: Colorhouse, Almelo

Abonnementen

Alle leden van de NVBM zijn automatisch geabonneerd op Meteorologica. Ook niet-leden kunnen zich abonneren door 31,- euro voor vier nummers over te maken naar IBAN: NL66INGB0000626907, BIC: INGBNL2A, ten name van:

NVBM-Meteorologica
Postbus 464
6700 AL Wageningen

onder vermelding van:
"Abonnement Meteorologica" en uw adres.

Abonnementen worden telkens aangegaan voor een heel kalenderjaar; bij tussentijdse betaling worden de reeds verschenen nummers van dat jaar toegestuurd. Voor abonnees in het buitenland zijn de kosten 38,- euro per jaar. Ook losse nummers kunnen op deze manier worden besteld (zolang de voorraad strekt) voor 10,- euro per stuk, onder vermelding van de gewenste jaargang en nummer(s). Instellingen betalen 65,- euro voor een abonnement. Een student-abonnement kost 16,- per jaar. Opzeggingen per email naar het bestuur (bestuur@nvbm.nl); hierbij geldt een opzegtermijn van drie maanden.

Lid worden van de NVBM

Het lidmaatschap van de NVBM kost 55,- euro per jaar. Meer informatie hierover is te vinden op de NVBM website: www.nvbm.nl. Opzeggingen per email naar het bestuur (bestuur@nvbm.nl); hierbij geldt een opzegtermijn van drie maanden.

Advertenties

Adverteren in Meteorologica is mogelijk. Advertenties worden geplaatst op 3 formaten: A5, A4 of A3.

Uiterste inleverdata voor advertenties zijn: 1 februari, 1 mei, 1 augustus en 1 november voor respectievelijk nummer 1, 2, 3 en 4. Tarieven zijn op te vragen bij Richard Bintanja (e-mail: bintanja@gmail.com, tel: 030-2206499).

Sponsorschap NVBM

Men kan sponsor worden van de NVBM. Een sponsorschap wordt afgesloten voor minimaal 1 jaar. Een sponsor heeft diverse rechten, o.a.:

- Het plaatsen van advertenties in Meteorologica
- Plaatsing van het firmalogo in het blad.
- Het bijwonen van congressen e.d. georganiseerd door de NVBM.

Voor meer informatie over het sponsorschap kunt u contact opnemen met Richard Bintanja of Olaf Vellinga (zie boven).



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Werken bij het KNMI: the best place to be voor onderzoekers!

Het weer is grillig, de bodem beweegt en het klimaat verandert. Voor onze veiligheid en welvaart moeten we weten welke risico's en kansen dit oplevert.

En: hoe we ons het beste kunnen voorbereiden.

Die kennis heeft het **Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)** in huis als het nationale kennis- en datacentrum voor weer, klimaat, oceanografie en seismologie. Betrouwbaar, onafhankelijk en gericht op wat Nederland nodig heeft. Voor een veilig Nederland dat voorbereid is op de invloed van weer, klimaat en aardbevingen.

Voorbereiden, waarschuwen en adviseren

In ons dichtbevolkte land van water, wind en dijken leven we al eeuwenlang met de elementen. Nu de aarde opwarmt, de zeespiegel stijgt en extreem weer vaker voorkomt, groeit de kans dat het weer ons onaangenaam verrast. De weerkamer van het KNMI staat 24/7 paraat om Nederlanders te waarschuwen als er gevaarlijk of extreem weer dreigt. Tijdig, gericht en met oog voor de impact van het verwachte weer.

Evalueren, onderzoek en wetenschap

Na elke gebeurtenis maken we de balans op. We plaatsen incidenten in een bredere context. We willen ervan leren en nieuwe kennis opdoen. Zodat we risico's preciezer kunnen bepalen en onze kwaliteit als kennisinstituut kunnen waarborgen. Uniek aan het KNMI is de koppeling tussen operationeel en wetenschap. Praktijkervaringen kunnen meteen wetenschappelijk onderzocht worden. Kennis kan direct ingezet worden ten behoeve van de operationele diensten van het KNMI.

Uniek onderzoek bij het KNMI

In de R&D vakgroepen van het KNMI wordt gewerkt aan verbetering van het waarnemingsstelsel en van de modellen. Unieke expertise ligt op het gebied van satellietmetingen van de atmosferische samenstelling. Het KNMI heeft de wetenschappelijke leiding over het TROPOMI satellietinstrument dat in 2017 succesvol is gelanceerd. TROPOMI is de opvolger van OMI, en brengt de mondiale luchtkwaliteit in kaart. Ook wordt gewerkt aan innovatieve metingen met kleine sensoren op de grond. Op het gebied van modellering wordt gewerkt aan het HARMONIE hoge-resolutie model.

Werken bij het KNMI?

Voor onze R&D vakgroepen zoeken we regelmatig onderzoekers, zowel OIO's als post-doc's, die een bijdrage willen leveren aan ons internationaal hoog gewaardeerde onderzoek.

Kijk voor onze actuele vacatures op
www.werkenvoornederland.nl/knmi.

