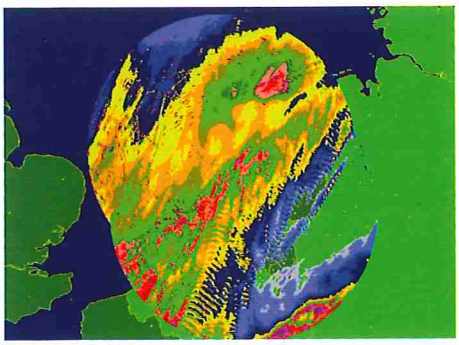
JAARGANG 18 - NR. 2 - JUNI 2009

METEOROLOGICA

Voorlopig geen mooie zomers meer?

Veranderend klimaat en de kwetsbaarheid van Nederland

De Noordpool kende ooit een subtropisch klimaat



Verwachting van extreme neerslag kan nog beter

Condities voor het ontstaan van wervelstraten

UITGAVE VAN DE NEDERLANDSE VERENIGING VAN BEROEPSMETEOROLOGEN

WindMaster

geheel vernieuwde

3D ultrasone anemometers

GILL INSTRUMENTS

Wittich & Visser presenteert de geheel vernieuwde **WindMaster** serie, de 3D ultrasone windmeters van marktleider Gill Instruments. Met een 3D ultrasone anemometer wordt niet alleen de horizontale wind, maar ook de verticale luchtbewegingen (valwinden) goed gemeten.

De WindMaster serie is daarmee ideaal om het turbulente windveld rond grote gebouwen, bruggen, tunnels, windturbines of onder andere complexe situaties te monitoren voor windsnelheden tot 65 m/s.

Nieuw:

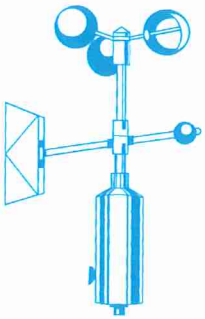
- geschikt voor turbulentie- en eddycorrelatiestudies
- verbeterde resolutie van de verticale windsnelheidsmeting
- verhoogde meetnauwkeurigheid van de temperatuur
- WindMaster Pro nu geheel in RVS uitgevoerd en geschikt voor windsnelheden tot 65 m/s
- geheel vernieuwde elektronica en software
- sterk verlaagde prijzen

maatwerk in meten

WindMaster serie

het juiste instrument voor in het turbulente windveld

Kijk op www.wittich.nl voor meer informatie



ingenieursbureau wittich & visser

wetenschappelijke en meteorologische instrumenten

tel 070 3070706 | fax 070 3070938 | info@wittich.nl | www.wittich.nl

JAARGANG 18 - NR. 2 - JUNI 2009

ARTIKELEN

4 MODELLEREN VAN WERVELSTRATEN IN DE LUWTE VAN MADEIRA
Annick Terpstra

7 OVERZICHT VAN HET NVBM SYMPOSIUM 27 MAART 2009
Albert Klein Tank, Roderik van de Wal, Bert Vermeersen, Caroline Katsman, Andreas Sterl, Jaap Kwadijk, Henk de Bruin en Geert Groen

15 VERIFICATIE VAN PUBLIEKE NEERSLAG(KANS)VERWACHTINGEN VOOR NEDERLAND
Seijo Kruizinga

19 MOOIE ZOMERS
Cor Schuurmans

23 HET ÉÉNGRAADOPPERVLAK (EGO) ALS ECOLOGISCHE VOETAFDRUK VOOR KLIMAATVERANDERING
Peter Siegmund

RUBRIEKEN

Promoties 14
Opmerkelijke publicaties 24
Ingezonden brieven 25
Korte mededelingen 26
Seizoensoverzicht 26
NVBM mededelingen 29

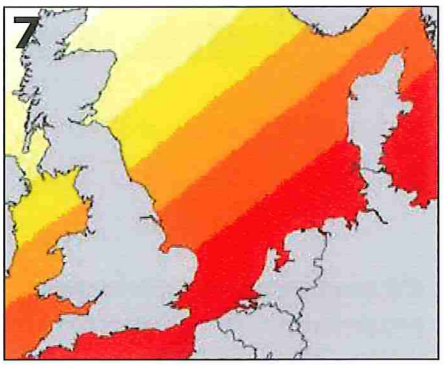
COLUMNS

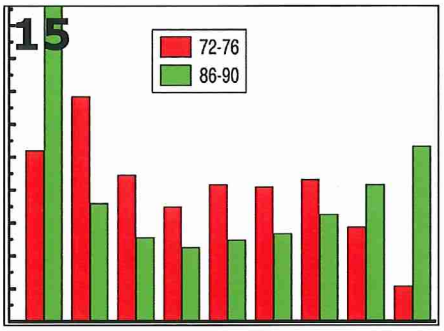
VLOEDMELDER 20
Huug van den Dool
WETENSCHAP EN ONTWIKKELING IN AFRIKA, EEN RELATIE DIE BETER KAN 30
Kees Stigter

ADVERTENTIES

Wittich en Visser 2
Bakker & Co 12
Telvent 22
Catec 28
Ekopower 29
Buienradar 32

Colofon 31





OMSLAG

Grote figuur. Wervelstraten benedenwinds van Madeira en de Canarische Eilanden. Als een stabiel gelaagde stroming verstoord wordt door bergen, dan kunnen dit soort patronen zichtbaar worden in de bewolking. Met behulp van mesoschaalmodellen zijn deze patronen te reproduceren en kunnen de condities waaronder ze ontstaan onderzocht worden. (Foto: NASA Terra MODIS satelliet op 5 juli 2002; zie bladzijde 4).

Figuur geheel boven. Van sommige zomers kan het weer nogal eens flink tegenvallen. Het lijkt erop dat de kans op mooie zomers groter is in een bepaalde periode van de cyclus van de zonneactiviteit. Statistisch onderzoek kan hier enige indicaties voor geven (zie bladzijde 19).

Figuur middenboven. De kust ter hoogte van Texel. Door klimaatveranderingen is de kwetsbaarheid van Nederland voor het water weer hoogst actueel. In het NVBM-symposium werd uitgebreid aandacht besteed aan het rapport van de Deltacommissie (Foto: Jos van Alphen, Esther Rijken, Rob Stroeks; www.katrinadestruction.com; zie bladzijde 7).

Figuur middenonder. Gedurende het extreme broeikasklimaat van het Paleoceen-Eoceen temperatuurmaximum, 55 tot 56 miljoen jaar geleden, had de atmosfeer kooldioxideconcentraties van ongeveer 3000 ppm tegen momenteel bijna 400 ppm. Boven de Noordpool en omgeving heerste in die tijd een bijna subtropisch klimaat (zie bladzijde 24).

Figuur geheel onder. Cumulatieve neerslag over 24 uur vanaf 25 mei 2009 10.00 uur uit radargegevens. In delen van Nederland en België viel toen extreem veel neerslag. Uit verificatie van neerslagverwachtingen blijkt dat dit soort grote hoeveelheden neerslag nog niet goed verwacht wordt. (bron: Buienradar.nl; zie bladzijde 15).

VAN DE HOOFDREDACTEUR

De publicatie van het rapport van de Deltacommissie vorig jaar heeft heel wat teweeg gebracht. Niet in het minst bij meteorologen, klimatologen en hydrologen die al dan niet nauw bij de totstandkoming van dit rapport betrokken waren. Dit was mede de aanleiding tot het NVBM symposium in maart dit jaar. De achtergronden van het rapport werden daar van veel kanten toegelicht en kritisch bekeken. Een samenvatting van de presentaties en van de afsluitende discussie is in dit nummer te vinden. Verder zijn nog enkele andere klimaatgerelateerde onderwerpen in dit nummer opgenomen. Cor Schuurmans heeft, in vervolg op zijn artikel in het maartnummer van 2008, uitgezocht of mooie zomers vaker voorkomen in bepaalde perioden en of de zonneactiviteit daar iets mee te maken heeft. Het lijkt erop dat we nog wel 3 of 4 jaar moeten wachten op een mooie zomer. In Nederland, tenminste. Peter Siegmund komt met een originele en begrijpelijke eenheid voor het effect van ons dagelijks energieverbruik, bijvoobeeld bij het zetten van een kopje thee, op klimaatverandering. Aarnout van Delden toont aan dat de straling in de huidige state-of-the-art modellen nog voor veel verbeteringen vatbaar is. Het lijkt erop dat stralingsmodellen niet zo robuust zijn als we wel dachten en ons bij sterk afwijkende klimaatomstandigheden aardig in de steek laten.

Door al dit klimaatgeweld komen de meteorologische fenomenen wat in de verdrukking. Er was gelukkig nog ruimte voor het artikel van Annick Terpstra die met een mesoschaalmodel gerekend heeft aan wervelstraten die soms bij eilanden in de bewolking zichtbaar zijn. Ze komt tot verrassende resultaten. Seijo Kruizinga bekijkt de neerslagprognoses van twee providers op zijn inmiddels bekende manier. Met statistiek zijn de overeenkomsten en verschillen goed zichtbaar te maken. Onze twee columnisten ten slotte melden, ieder vanuit zijn eigen kenmerkende optiek, iets over zaken die hen na aan het hart liggen.

Veel leesplezier, Leo Kroon

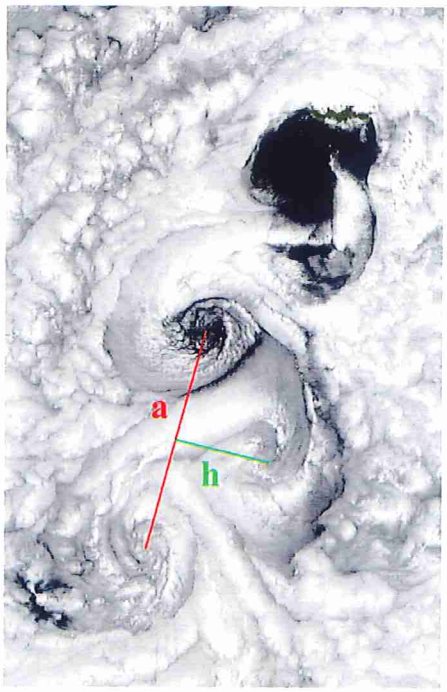
Modelleren van wervelstraten in de luwte van Madeira

ANNICK TERPSTRA (WAGENINGEN UNIVERSITEIT)

Op satellietbeelden kan soms een opmerkelijk patroon waargenomen worden in de stratocumulusbewolking aan de lijzijde van geïsoleerde eilanden. De gevormde structuren tonen gelijkenissen met zogenaamde Karman-straten: een repeterend patroon van tegengesteld draaiende wervels. In dit artikel wordt de invloed van de hoogte van de berg en veranderingen in zeewatertemperaturen op de vorming van wervelstraten besproken.

Wervelstraten

Typische omstandigheden waarin atmosferische wervelstraten voorkomen zijn: een goed gemengde laag over de zee die wordt afgetopt door een sterke inversie, welke lager is dan de bergtop van het eiland. Bovendien is een grootschalig stationair windveld nodig voor het genereren en handhaven van de wervelstraat. In het geval van wervelstraatvorming ontstaan er twee contraroterende wervels in de luwte van het eiland. Als deze toestand instabiel wordt, dan gaan de wervels zich van het eiland af bewegen en ontstaat er een herhaald patroon van afwisselend, tegen elkaar in draaiende wervels benedenwinds van het eiland. Deze wervels zijn zichtbaar in de stratocumulusbewolking op satellietbeelden (figuur 1, zie voorzijde omslag). Voor bestudering van de vorming van wervelstraten is als uitgangspunt een wervelstraat benedenwinds van Madeira gebruikt, zoals te zien is op satellietbeelden van 5 juli 2002. Madeira is een eiland in de Atlantische Oceaan voor de kust van Afrika en heeft afmetingen van ongeveer 57 km bij 22 km. Op het eiland bevindt zich een oost-west georiënteerde bergkam, met als hoogste punt 1862 meter.



Figuur 2. De golflengte (a) en de wervelafstand (h).

Hiervoor is een gevoeligheidsanalyse gedaan met behulp van het mesoschaal model MM5. De uitvoer van het model is geanalyseerd door het toepassen van een theoretisch concept en vergelijking van de eigenschappen van de gemodelleerde wervelstraten met eerdere analyse van atmosferische wervelstraten.

Splitsing van stroomlijnen

Of een luchtstroom geblokkeerd wordt door een object of er over of omheen stroomt, hangt af van de barrièrekenmerken, de eigenschappen van de luchtstroom en de stabiliteit van de lucht. Deze parameters zijn opgenomen in het dimensieloze Froude-getal (Fr):

$$Fr = \frac{U}{NH} \quad \text{met} \quad N = \left(\frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} \right)^{1/2} \qquad (1)$$

Hierin is U de windsnelheid (eigenschap van de luchtstroom zelf), N de Brunt-Vaisala frequentie (een maat voor de stabiliteit van de atmosfeer) en H de hoogte van de berg (barrière kenmerk). Uit laboratoriumexperimenten is gebleken dat voor kegelvormige objecten Karman-straten ontstaan als Fr < 0.4. Om luchtstromingen over een object te laten gaan is er een bepaalde hoeveelheid energie nodig; als de beschikbare hoeveelheid kinetische energie kleiner is dan de benodigde energie dan zal de luchtstroming om het object heen gaan. Dit heeft geleid tot het concept van splitsing van stroomlijnen: onder een bepaalde hoogte zal de beschikbare energie kleiner zijn dan de benodigde energie en zal de luchtstroming niet meer over het object gaan, maar er omheen. De hoogte van deze scheidingslijn (hc) kan berekend worden met:

$$hc = H(1 - Fr) \qquad (2)$$

Eigenschappen van wervelstraten

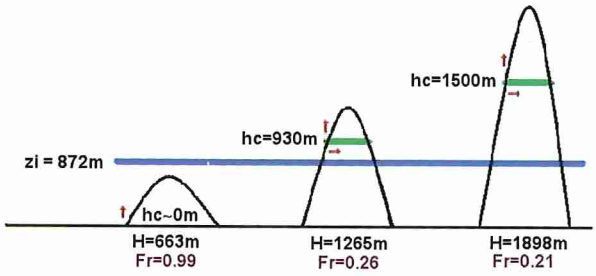
De eigenschappen van een wervelstraat kunnen worden beschreven door de vormfactor (d.i. de lengte-breedteverhouding van de wervels: a/h, en een dimensieloze breedteparameter: h/d, waarbij d de diameter van het eiland is, h de afstand tussen twee tegengesteld draaiende wervels en a de golflengte van de wervelstraat (figuur 2). Young et al. (2005) onderzochten 30 satellietbeelden van wervelstraten en vonden gemiddeld a/h = 0.42 en h/d = 1.61. Een andere eigenschap van wervelstraten is de voortplantingssnelheid, welke berekend kan worden met:

$$f = \frac{Ue}{a} \qquad (3)$$

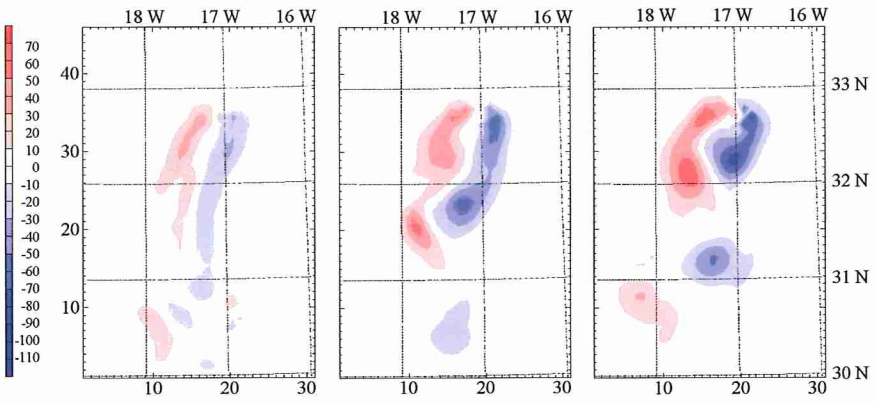
Waarbij f de frequentie van de wervelstraat en Ue de voortplantingssnelheid is.

Model

Het mesoschaalmodel MM5 is gebruikt voor het modelleren van atmosferische wervelstraten. Een geneste roosteropzet is gebruikt met 3 domeinen: het buitenste domein bestaat uit 41x41 roosterpunten en heeft een resolutie van 27 km, het tweede domein bevat 46x31 roosterpunten met een resolutie van 9 km en het binnenste domein bevat 52x100 roos-



Figuur 3. De berekende hoogte van de scheidingslijn (hc) en de grenslaaghoogte (zi) voor verschillende hoogtes van de berg. Het Froudegetal (Fr) en de hoogte van de berg (H) staan onderaan gegeven.



Figuur 4. Relatieve vorticiteit (in $10^{-5}s^{-1}$) op 950 hPa in domein 2 bij verschillende berghoogtes (H): 663 m (links), 1265 m (midden) en 1898 m (rechts). Tijdstip 5 juli 2002 12 UTC, windrichting NNO. Madeira ligt rechts bovenin de figuur. Op de NVBM-website (www.nvbm.nl) is een animatie te zien van deze wervels).

terpunten met een resolutie van 3 km. Dit laatste domein heeft een lengte van 300 km, wat voldoende moet zijn om minstens 2 à 3 wervels van een wervelstraat te kunnen bevatten. Voor de verticale resolutie worden 27 sigmaniveaus gebruikt, met een top op 100 hPa. 72% van deze niveaus bevinden zich beneden 800 hPa om een hogere resolutie te verkrijgen in de atmosferische laag waarin zich de wervelstraten vormen. De totale looptijd van het model is 72 uur, waarvan de eerste 24 uur worden gebruikt als spin-up tijd. De gebruikte schema's zijn: grenslaagschema: MRF, vochtschema: simple-ice en cumulusschema: Grell. Gegevens van het ECMWF worden gebruikt om te voorzien in de initiële gegevens van het model. In totaal zijn er 5 simulaties uitgevoerd: een initiële simulatie waarbij de voorwaarden gelijk zijn aan de op 5 juli 2002 heersende omstandigheden, twee simulaties met een veranderde berghoogte: 0.5 en 1.5 maal de oorspronkelijke hoogte van de berg en twee simulaties met veranderde zeewatertemperaturen: +5 en -5 graden ten opzichte van de initiële omstandigheden.

Methode

Om de luchtstroming en de invloed van stratificatie op de vorming van wervelstraten te analyseren is voor iedere simulatie het Froude-getal en de hoogte waarop de luchtstroming splitst berekend. Voor de berekening hiervan zijn de MM5-gegevens gebruikt van een bovenwinds punt van het eiland. Omdat de windsnelheid niet uniform is met de hoogte, wordt de volgende vergelijking gebruikt voor het berekenen van de hoogte waarop de luchtstromingen splitsen (Elting, 1989):

$$\frac{1}{2}U^2(hc) = \int_{hc}^{H} N^2(z)(H-z)\,dz \qquad (4)$$

De bijbehorende Froude-getallen zijn berekend met vergelijking (2). Als er wervelstraten worden gevormd in een simulatie dan worden de eigenschappen (frequentie, vormfactor, dimensieloze breedte) berekend. Hiervoor zijn MM5-gegevens van het tweede domein gebruikt voor het bepalen van de golflengte en de afstand tussen twee tegengesteld draaiende wervels. De relatieve vorticiteit op 950 hPa wordt gebruikt voor het bepalen van het centrum van de wervels (maximale relatieve vorticiteit). De hartlijn van de wervelstraat is het midden van de twee rijen, welke elk gedefinieerd zijn door twee wervels. De frequenties van de wervelstraten zijn berekend aan de hand van vergelijking (3) en de relatie tussen Ue en U (Li, et al. 2002):

$$4\pi(h/a)(Ue/U)(1-Ue/U)=1 \qquad (5)$$

waarbij U de windsnelheid van de ongestoorde luchtstroming is, hiervoor is de gemiddelde windsnelheid tussen de grenslaag en de bergtop van een bovenwinds punt genomen.

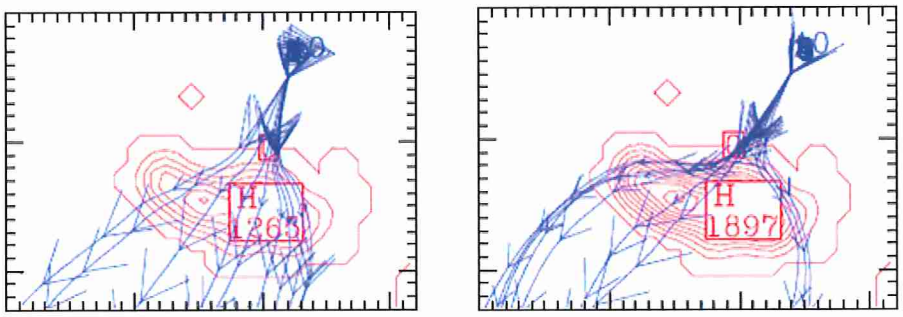
Verandering in berghoogte

Door het veranderen van de berghoogte kan een verschil worden waargenomen in de vorming van wervelstraten. Volgens de berekende Froude-getallen kan bij de initiële en hogere berg de vorming van wervelstraten plaatsvinden. Voor beide gevallen geldt dat de hoogte waarop de stroomlijnen splitsen zich boven de grenslaaghoogte bevindt (figuur 3). Dit impliceert dat er sprake is van een horizontale stroming in een stabiele laag, wat niet het geval is voor de laagste berg. In het geval van de hoogste berg is er een dikkere laag met horizontale stroming in een stabiele atmosfeer, en de gegenereerde vorticiteit is sterker (figuur 4).

In de simulatie met de hoogste berg is de gegenereerde vorticiteit sterker. Een verklaring zou kunnen zijn dat doordat als de berghoogte verandert, ook de verhouding berghoogte/diameter verandert: de berg wordt steiler. Bij een hogere verhouding is de hoogte waarop de stroomlijnen zich splitsen meer uniform over de gehele breedte van de berg, hetgeen kan leiden tot een sterkere generatie van vorticiteit. Met behulp van MM5 zijn luchtpakketjes op een bovenwinds punt vrijgegeven op verschillende hoogtes, de trajectoriën van de luchtpakketjes zijn weergegeven in figuur 5. In het geval van de hogere berg gaan alle luchtpakketjes over of om de berg, maar als de berg lager is dan passeren de pakketjes de berg op verschillende hoogtes.

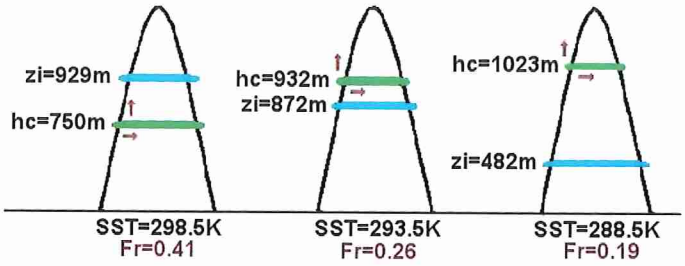
Verandering in zeewatertemperaturen

Ook de verandering in zeewatertemperatuur is van invloed op de vorming van wervelstraten. De berekende Froude-getallen tonen aan dat er wervelstraten zullen ontstaan bij een verlaging van deze temperatuur, maar niet bij een verhoging ervan. Bij een stijging in de zeewatertemperatuur is er geen horizontale stroming in een stabiele laag. Wanneer de zeewatertemperatuur verlaagd wordt is er, in vergelijking met de initiële tempe-



Figuur 5. Trajectoriën van luchtdeeltjes vanaf een bovenwinds punt en vanuit verschillende hoogtes. Hoogte van de berg (H) is 1265 m (links) en 1897 m (rechts).

Tabel 1. Berekende grootheden van gemodelleerde wervelstraten.		
Hoogte van de berg H (m)	1265	1898
Wervelafstand h (km)	56	55
Golflengte a (km)	98	134
Vormfactor (h/a)	0.55	0.43
Breedteparameter (h/d)	1.39	1.38
Voortplantingssnelheid Ue (m/s)	4.60	4.15
Ue/U	0.82	0.76
Periode (uren)	5.92	8.94



Figuur 6. De berekende hoogte van de scheidingslijn (hc) en de grenslaaghoogte (zi) voor verschillende zeewatertemperaturen. Het Froudegetal (Fr) en de zeewatertemperatuur staan onderaan gegeven. De hoogte van de berg (H) is 1265 m.

ratuur, een dikkere laag met horizontale stroming in een stabiele laag (figuur 6). Uit de figuur van de relatieve vorticiteit blijkt dat voor een verlaagde zeewatertemperatuur de gegenereerde wervels meer uitgestrekt zijn dan voor de initiële temperatuur. Bij een verhoging van de zeewatertemperatuur vormen zich wel twee tegengesteld draaiende wervels stroomafwaarts van het eiland, maar deze verwijderen zich niet van het eiland en vormen dus geen wervelstraat (figuur 7). De wervels gevormd bij de verlaagde zeewatertemperaturen zijn, in vergelijking met de initiële temperaturen, meer uitgestrekt van vorm. Het windprofiel voor de simulatie met verlaagde zeewatertemperaturen laat een maximum zien op 700 m, welke 2 m/s meer is dan de windsnelheid voor de initiële simulatie. Deze verhoogde windsnelheid kan bijdragen in het verschil in de vorming van de wervels.

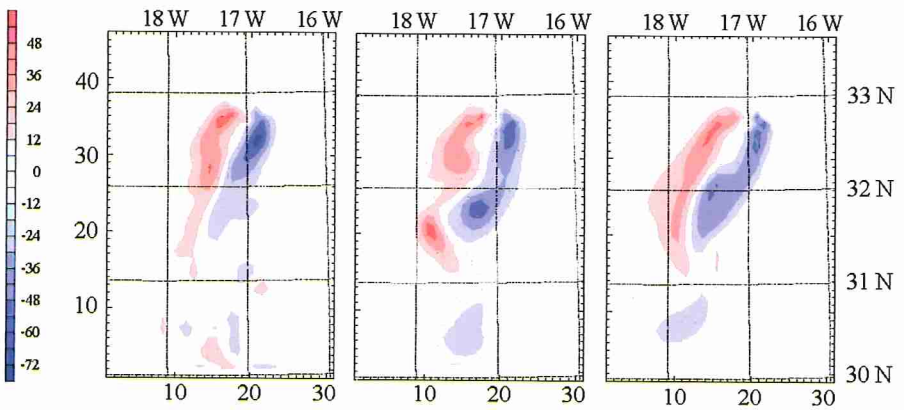
Eigenschappen van de wervelstraten

Het bepalen van de vormfactor en de breedteparameter is alleen mogelijk voor de initiële condities en de simulatie met de verhoogde berg, de resultaten zijn te zien in tabel 1. De breedteparameter geeft aan dat de wervelstraat een grotere doorsnede heeft dan de breedte van het eiland. De verhouding Ue/U is kleiner dan 1, wat aangeeft dat de wervels zich langzamer voortplanten dan de onverstoorde luchtstroming. Als de hoogte van de berg toeneemt, dan wordt de periode benodigd voor het generen van een contraroterend wervelpaar langer (5.92 uur voor de initiële berghoogte versus 8.94 uur voor de hogere berg).

Young et al. hebben 30 satellietbeelden van wervelstraten statistisch geanalyseerd op de vormfactor en de breedteparameter. In het geval van de hoogste berg vallen zowel de vormfactor als de breedteparameter binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval van hun analyse. Voor de initiële berghoogte is de vormfactor te groot, maar de breedteparameter in overeenstemming met hun metingen. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat, voor de bepaling van de afstanden, ook de eerste wervel van de wervelstraat gebruikt wordt. Deze is wellicht niet representatief voor de wervelstraatgeometrie door haar recente scheiding van het eiland. De theoretische waarde voor Ue/U is 0.71 en de waargenomen waarde in laboratoriumexperimenten is ongeveer 0.85 (Chopra, 1965). De waarden voor de gemodelleerde wervelstraten liggen hier tussen in, wat aangeeft dat de voortplantingssnelheid van de gemodelleerde wervelstraten een realistische waarde heeft.

Conclusie

Het is mogelijk om de formatie van wervelstraten te modelleren met MM5, ook de eigenschappen van deze wervelstraten komen zeer goed overeen met observaties gedaan met behulp van satellieten. Het belang van stabiele stratificatie voor de vorming van wervelstraten wordt weergegeven door het berekenen van de hoogte waarop de stroomlijnen zich splitsen. Wervelstraten worden alleen gegenereerd als er een horizontale luchtstroming is in een stabiele laag. Daarbij is het van belang dat de top van de berg zich ook in deze luchtlaag bevindt. Onder deze voorwaarden zal een hogere berg wervels genereren met een sterkere vorticiteit, maar met een lagere voortplantingssnelheid. Het veranderen van de zeewatertemperatuur resulteert in veranderingen in de atmosferische opbouw, waarbij in dit geval de wervels meer uitgestrekt bleken te zijn bij hogere windsnelheden.



Figuur 7. Relatieve vorticiteit (in $10^{-4}s^{-1}$) op 950 hPa in domein 2 bij verschillende zeewatertemperaturen: 298.5 K (links), 293.5 K (midden) en 288.5 K (rechts). De hoogte van de berg (H) is 1265 m. Tijdstip 5 juli 2002 12 UTC, windrichting NNO. Madeira ligt rechts bovenin de figuur.

Literatuur

Elting, D., 1989: On Atmospheric Vortex Streets in the Wake of Large Islands, *Meteorol. Atmos. Phys.*, **41**, 157-164.

Elting, D., 1990: Mesoscale Vortex Shedding from Large Islands: A Comparison with Laboratory Experiments of Rotating Stratified Flows, *Meteorol. Atmos. Phys.*, **43**, 145-151.

Chopra, K.P., and L.F. Hubert, 1965: Mesoscale Eddies in Wake of Islands, **J. Atmos. Sc., 22**, 652-757.

Young, G.S., and J. Zawislak, 2005: An Observational Study of Vortex Spacing in Island Wake Vortex Streets, *Mon. Wea. Rev.*, **134**, 2285-2294.

Li, X., P. Clemente-Colon, W. Pichel, P. Vachon, and K. Friedman, 2002: Imaging the sea surface imprints of Atmospheric Vortex Streets by space-borne Synthetic Aperture Radar . AMS 6th Symposium on Integrated Observing Systems, Orlando, Florida, USA.

Overzicht van het NVBM symposium 27 maart 2009

ALBERT KLEIN TANK, RODERIK VAN DE WAL, BERT VERMEERSEN, CAROLINE KATSMAN, ANDREAS STERL, JAAP KWADIJK, HENK DE BRUIN EN GEERT GROEN

Op 27 maart 2009 vond in Utrecht het NVBM-symposium plaats. Plaats van handeling was het Wentgebouw van de Universiteit Utrecht. Hier gaf een zevental inleiders achtergrondinformatie over zaken die direct gekoppeld zijn aan de bevindingen van de Deltacommissie die in 2008 rapporteerde over de gevaren die Nederland loopt op het gebied van water en die een gevolg zijn van de opwarming van de aarde. Na de presentaties vond, onder leiding van Henk de Bruin, een discussie plaats over hetgeen de inleiders te berde hadden gebracht. Hieronder volgt een samenvatting van deze dag.

IPCC rapport, KNMI scenario's en de Deltacommissie

ALBERT KLEIN TANK (KNMI)

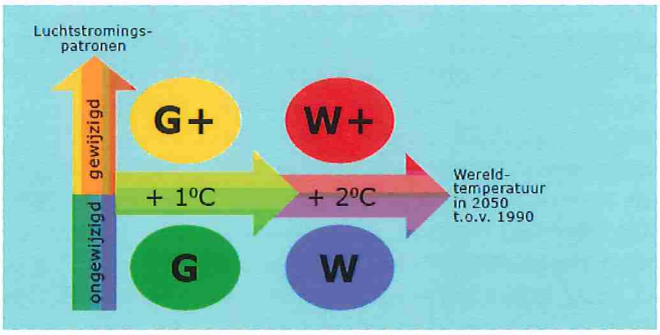
Aanvullend onderzoek

Op 3 september 2008 is het advies van de Deltacommissie gepresenteerd. De Deltacommissie heeft aanvullend onderzoek laten uitvoeren naar toekomstige klimaatverandering in Nederland. Het KNMI heeft hieraan een belangrijke bijdrage geleverd. In dit onderzoek is vooral aandacht besteed aan "plausibele bovengrenzen" voor toekomstige zeespiegelstijging, gekoppeld aan de primaire opdracht van de commissie: "Hoe kan Nederland zo worden ingericht dat ons land ook op de zeer lange termijn veilig is tegen overstromingen".

Voor de zeespiegelstijging is een extreem scenario ontwikkeld uitgaande van een extrapolatie van de waargenomen veranderingen in de ijskappen en een wereldgemiddelde temperatuurstijging tot +6°C in 2100. Het KNMI heeft verder bijgedragen aan het werk van de Deltacommissie met gegevens voor de veranderingen in de stormcondities boven de Noordzee en gegevens voor de neerslagveranderingen die leiden tot veranderingen in de afvoer van de Rijn.

Klimaatscenario's van het KNMI bestonden toch al?

Klimaatscenario's zijn consistente en plausibele beelden van een mogelijk toekomstig klimaat. Het KNMI heeft in 2006 vier klimaatscenario's voor Nederland gepresenteerd (figuur 1). Deze generieke scenario's zijn gebaseerd op de uitkomsten van berekeningen met een groot aantal klimaatmodellen die door wetenschappers zijn uitgevoerd voor het 4e rapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) uit 2007. Uitgangspunt is de berekende verandering in de wereldtemperatuur (+1°C of +2°C in 2050; +2°C of +4°C in 2100) en de berekende verandering in de luchtstroming boven West-Europa. Deze projecties zijn "vertaald" naar meer gedetailleerde veranderingen in temperatuur, neerslag, verdamping, wind, en zeespiegel in Nederland. De KNMI'06 scenario's beschrijven de bandbreedte van meest waarschijnlijke uitkomsten en zijn bedoeld voor algemene toepassing door een brede groep gebruikers in studies naar de effecten van klimaatverandering en de mogelijkheden hierop te anticiperen.



G	Gematigd	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
G+	Gematigd +	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind
W	Warm	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
W+	Warm +	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind

Figuur 1. Overzicht van de KNMI'06 scenario's.

Waarom aanvullende scenario's?

De precieze toekomstige klimaatverandering in Nederland is onzeker. Er bestaat een kans dat de klimaatverandering vooral op de lange termijn extremer zal verlopen dan in de vier KNMI-scenario's. Dat hangt ook af van de precieze ontwikkeling van de wereldbevolking en de -economie, en van het gebruik van fossiele brandstoffen. Bij het klimaatbestendig maken van ons land kan, afhankelijk van het type investering en de termijn waarvoor die geldt, het belangrijk zijn om rekening te houden met aanvullende, meer extreme scenario's. Vanuit die optiek is op verzoek van de Deltacommissie de mondiale zeespiegelstijging en de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust voor de jaren 2100 en 2200 opnieuw onderzocht en is opnieuw gekeken naar het toekomstige wind- en neerslagklimaat. Voor wind en neerslag kiest de commissie op basis van de

Tabel 1. Vergelijking van scenario's.

Deltacommissie scenario	KNMI'06 scenario's
'Plausibele bovengrens' van de mogelijkheden	Bandbreedte van meest waarschijnlijke uitkomsten
Specifiek voor het doel van deze commissie: lange-termijn veiligheid tegen overstromingen	Algemeen voor iedereen: brede range van toepassingen
Gericht op 2100 en daarna	Gericht op 2050 en 2100
Uitgaan van IPCC 'likely' bovengrens voor wereldtemperatuurstijging (+6°C in 2100 t.o.v. 1990)	Uitgaan van IPCC 'best estimates' voor wereldtemperatuurstijging (+2°C of +4°C in 2100 t.o.v. 1990)
Extreme extrapolatie onzekerheden ijskapdynamica	Minder extreme extrapolatie onzekerheden ijskapdynamica
Maximale zeespiegelstijging in 2100 van 120 cm (excl. 10 cm bodemdaling)	Hoogste scenario zeespiegelstijging in 2100 is 85 cm (excl. bodemdaling)

nieuwe analyse niet voor een extremer scenario dan KNMI'06. Voor de zeespiegel in 2050 gebruikt de commissie ook de KNMI'06 scenario getallen. Maar de uitkomsten van het aanvullende scenario voor de zeespiegelstijging in 2100 wijken fors af van de KNMI'06-scenario's (zie tabel 1).

Voortschrijdend inzicht

Klimaatscenario's weerspiegelen de wetenschappelijke inzichten van een bepaald moment en absolute bovengrenzen, bijvoorbeeld voor zeespiegelstijging, zijn niet te geven. Gezien de hiaten in onze kennis over de huidige zeespiegelveranderingen en de onzekerheden in het modelleren ervan moet het gepresenteerde Deltacommissiescenario worden beschouwd als "plausibel bovengrensscenario" van wat de groep van geconsulteerde zeespiegeldeskundigen mogelijk acht op basis van de huidige wetenschappelijke kennis. Zoals alle lange-termijn (klimaat)scenario's zal ook dit "bovengrensscenario" moeten worden bijgesteld naarmate de wetenschap voortschrijdt. Wanneer het inzicht groeit in onder andere het gravitatie-effect (nu door de grote onzekerheid uiteindelijk door de commissie buiten beschouwing gelaten) en het smelt- en afkalfproces van de ijskappen van Groenland en Antarctica, en wanneer opnieuw aanvullende waarnemingen beschikbaar komen, kan de bandbreedte van de schattingen kleiner worden. Ook de cijfers voor de afvoer van de Rijn kunnen wijzigen wanneer de verandering in de variabiliteit van meerdaagse neerslag volledig in kaart is gebracht.

Toekomst

In overeenstemming met de werkwijze van het IPCC, en de werkwijze waarmee de KNMI'06 scenario's zijn opgesteld, worden nieuwe inzichten in een volgende generatie algemene KNMI klimaatscenario's verwerkt. Die staat gepland voor omstreeks 2013 zodat het nieuwe materiaal van het dan te verschijnen 5e rapport van het IPCC kan worden meegenomen. In juli 2009 zal het KNMI een nieuwe scenariopublicatie uitbrengen getiteld "Aanvullingen op de KNMI'06-klimaatscenario's voor Nederland". Daarin wordt nagegaan wat de onderzoeksresultaten van de afgelopen jaren betekenen voor de scenario's uit 2006. Ook worden aanvullende gegevens gepresenteerd en de koers geschetst naar de volgende generatie scenario's voor Nederland.

De nieuwe scenariopublicatie en de Nederlandse vertaling van het achtergronddocument voor de Deltacommissie zijn beschikbaar op http://www.knmi.nl/klimaatscenarios

Landijssmelt in het Deltacommissie rapport

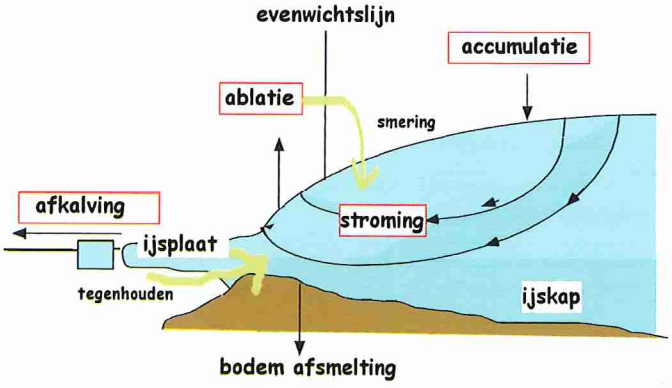
RODERIK VAN DE WAL (IMAU)

Het eustatische zeeniveau stijgt met ongeveer 3 mm per jaar blijkt uit satellietmetingen. Dat is nog niet zo veel, maar er zijn vele processen denkbaar die tot een versnelling hiervan kunnen leiden. In het kader van de totstandkoming van het Deltarapport dat uitgekomen is in september 2008, is nog eens kritisch gekeken naar wat nu een bovengrens zou kunnen zijn voor de zeespiegelstijging de komende eeuw en wel in het bijzonder de bijdrage van Groenland en Antarctica daaraan.

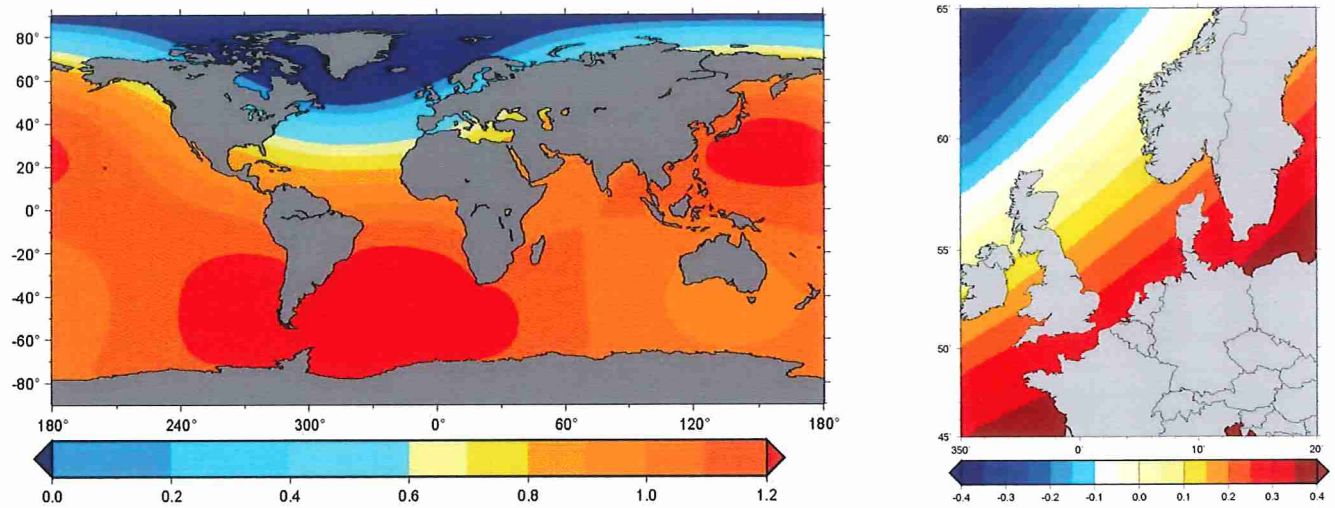
Aan het werk van de wetenschappelijke adviescommissie van de Deltacommissie ligt dan ook een andere filosofie ten grondslag dan aan het in 2007 verschenen IPCC-rapport wat onder andere tot doel had om de volledige range van klimaatveranderingen en de daarbij behorende zeespiegelvoorspellingen te presenteren in een grondige beoordeling. In het IPCC-rapport is er na uitgebreide discussie voor gekozen om de verwachte zeespiegelstijging op zodanige wijze te presenteren dat de dynamische processen, die wellicht grote veranderingen in het volume van Antarctica en Groenland kunnen veroorzaken, niet worden meegenomen. Dit ogenschijnlijk ambivalente standpunt is zeer goed verdedigbaar als men zich realiseert dat er pas 10 jaar serieuze schattingen zijn van het massabudget van ijskappen en veel processen nog onvolledig begrepen zijn, laat staan in modellen meegenomen worden. Daar komt nog bij dat er ten tijde van het sluiten van de markt voor het IPCC, medio 2006, veel artikelen verschenen waarin grote recente veranderingen geconstateerd werden op basis van satelliet- en veldwaarnemingen, maar waarvan onduidelijk was of ze het begin van een trend aangaven of slechts een tijdelijk fenomeen waren. Een mooi voorbeeld hiervan is de snelle terugtrekking van 'outlet gletsjers' aan de zuidoostkant van Groenland. Drie jaar geleden, net voor het verschijnen van het vierde Assessment Report (4AR) was hier veel ophef over, maar inmiddels lijkt het erop dat deze gletsjers weer gestabiliseerd zijn.

Twee jaar na het verschijnen van het IPCC 4AR ligt de nadruk meer op de vraag: welke processen kunnen nu tot een snelle destabilisatie van het ijs leiden? Figuur 2 geeft een schematisch plaatje van een ijskap waarin aangegeven is hoe een ijskap van grootte kan veranderen. We moeten daarvoor allereerst onderscheid maken tussen (1) de trage processen die voortkomen uit de klimaatverandering zelf en die tot extra afsmelting en verandering van de neerslag/accumulatie aanleiding geven en (2) de snelle processen die mogelijkerwijs voortkomen uit de interne dynamiek van de ijskappen. De trage processen krijgen ook nog veel aandacht en het laatste woord daarover is zeker nog niet geschreven. Als echter de nadruk ligt op schatting van de bovengrens van zeespiegelstijging is het ook van belang te kijken naar de dynamica van de ijskap zelf.

Twee processen lijken daarbij een belangrijke rol te spelen. Allereerst is gesuggereerd dat meer afsmelting kan leiden tot grotere waterdruk aan de bodem waardoor de ijssnelheden groter worden en er meer ijs in laaggelegen delen zou komen te liggen zodat dit proces zich als het ware zelf zou kunnen versterken. Recent gepubliceerde gegevens laten zien dat de toename van de snelheid op korte tijdschalen zeer groot is en dat de snelheidstoename over grote gebieden van de ijskap optreedt. Echter over een periode van zo'n 18 jaar lijkt deze snelheidstoename niet op te treden. Ogenschijnlijk wordt de ijskap efficiënter in



Figuur 2. Schema van de structuur van een ijskap en de processen die van belang zijn bij veranderingen in de omvang van de ijskap. Massabalans: accumulatie = afkalving + ablatie + bodemafsmelting.



Figuur 3. Het effect van afsmelt van ijs boven Groenland op de zeespiegel. De inzooming (rechts) vertoont het beeld voor Nederland. De kleurschaal is zodanig dat deze de afwijking laat zien van uniforme zeespiegelstijging (deze laatste komt overeen met de waarde 1). Een blauwe kleur betekent zelfs een zeespiegeldaling ten gevolge van ijsafsmelt! De effecten van het elastisch doorbuigen van de aardbodem en poolvlucht van de aardrotatie-as zijn verdisconteerd. Merk op dat de zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust slechts ongeveer een factor 0,3 is van de uniforme waarde. Deze factor 0,3 is vrijwel onafhankelijk van de hoeveelheid ijs die afsmelt, maar dus wel sterk afhankelijk van waar het ijs ten opzichte van Nederland afsmelt: bijvoorbeeld voor zeespiegelverandering aan de Nederlandse kust ten gevolge van ijsafsmelt op Antarctica zou deze factor 1,1 zijn.

het afvoeren van smeltwater op langere tijdschalen, maar kan het de snelle fluctuaties in de loop van een seizoen in het wateraanbod niet verwerken waardoor de druk oploopt en de ijssnelheden stijgen. Dit betekent dat het lubrificatie proces voor snelle zeespiegelstijgingen op een tijdschaal van 100 jaar niet belangrijk is omdat de ijskap zich dus in de tussentijd aanpast.

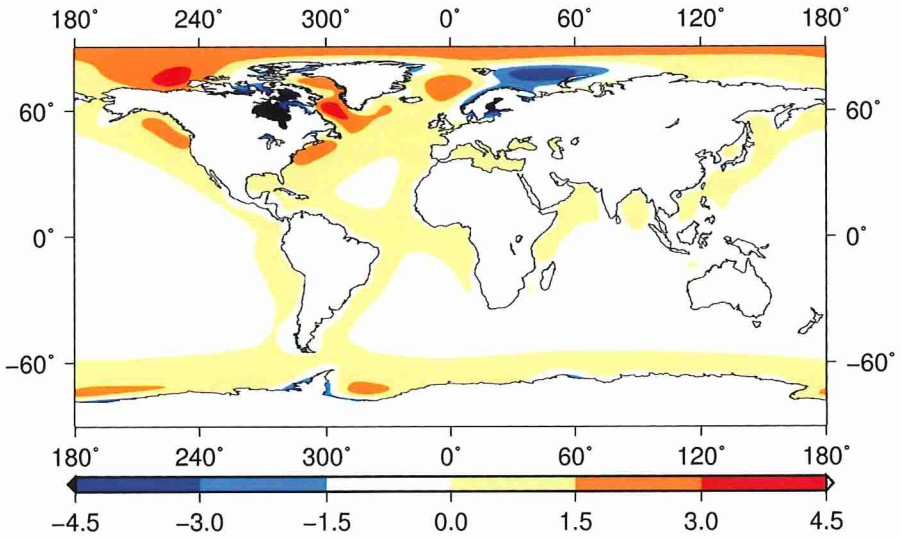
Het tweede dynamische proces dat in de belangstelling staat is gerelateerd aan de interactie tussen oceaan en ijs. Als een ijstong in zee uitkomt is er een evenwicht tussen enerzijds de afsmelting aan de onderkant en de productie van ijsbergen en anderzijds de aanvoer van ijs uit hogere delen. Het lijkt er op dat in een aantal gebieden dit evenwicht verstoord is, en het ijs zich terugtrekt. Als dit echter gebeurt in gebieden waar de helling van de bodem oploopt richting de zee kan het evenwicht zich niet meer herstellen. Er is dan sprake van een dynamische verstoring. Vermoedelijk zijn er delen van West-Antarctica en mogelijk ook Groenland, waar dit proces gaande is. De kwantificering hiervan in termen van zeespiegelstijging heeft er dan ook toe geleid dat een schatting van de bovengrens van de eustatische zeespiegelstijging voor de komende eeuw naar boven toe is bijgesteld in het deltarapport tot 55-110 cm in 2100. Deze getallen kunnen het beste vergeleken worden met de schattingen van het IPPC 4AR voor het A1FI scenario die, inclusief de dynamische verstoring, op 79 cm uitkomen.

Zeespiegelstijging: zeebodemvariaties en zelfgravitatie

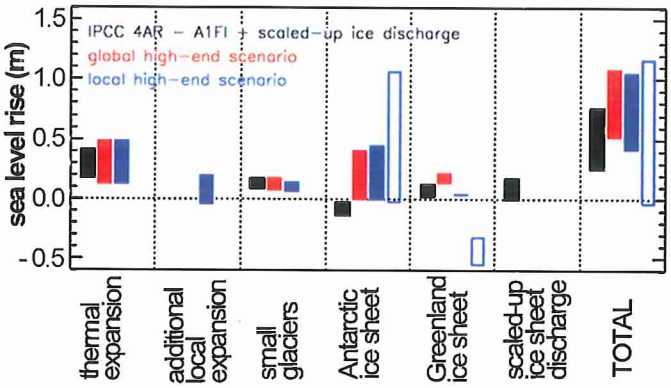
BERT VERMEERSEN (TU-DELFT)

Sinds kort is, niet alleen binnen Nederland maar ook elders ter wereld, het besef gegroeid dat de relatie tussen continentale ijsmassaveranderingen en zeespiegelvariaties gecompliceerder is dan gewoonlijk werd verondersteld. De zeespiegelverandering is niet uniform over de oceanen indien landijs boven Groenland, Antarctica of vanaf gletsjers afsmelt. Zo veroorzaken de met de ijsafsmelt gepaard gaande veranderingen in het zwaartekrachtsveld dat, ongeacht de hoeveelheid ijs die afsmelt, binnen een straal van 2200 km het oceaanwater daalt ten gevolge van landijssmelt. Tussen 2200 en 6700 km stijgt weliswaar de zeespiegel, maar minder dan men op grond van een evenredige herverdeling van het smeltwater zou verwachten. Voor afstanden verder dan 6700 km van landijsafsmelt verwijderd stijgt het oceaanpeil daarentegen ietsjes meer, tot maximaal een factor 1.28, dan de gemiddelde waarde.

De bovengenoemde waarden veranderen nog een klein beetje omdat (1) de aarde ook elastisch deformeert ten gevolge van oppervlaktebelastingen zoals ijs en smeltwater en (2) omdat de herverdeling van ijs en water de positie van de rotatieas van de aarde ten opzichte van het aardoppervlak beïnvloedt (de zogenaamde poolvlucht). Een voorbeeld voor afsmelt van Groenlands ijs en de gematigde gevolgen hiervan voor Nederland staat in figuur 3. Aangezien de aardmantel op



Figuur 4. Huidige zeespiegelverandering (mm/jaar) ten gevolge van afsmelt van de ijsmassa's uit de laatste IJstijd. Voor de modellering is het ICE-5G afsmeltmodel van Peltier (2004) gebruikt; het aardmodel bestaat uit een 120 km dikke elastische lithosfeer op een viscoelastische aardmantel, waarbij de viscositeit van de ondermantel tien keer groter is dan die van de bovenmantel.



Figuur 5. Bijdragen van verschillende componenten en totaal voor verschillende scenario's voor zeespiegelstijging. Zwart: mondiaal bovengrens scenario uit IPCC (2007) voor A1FI emissie scenario, inclusief een extra bijdrage van de ijskappen. Rood: mondiaal bovengrens scenario ontwikkeld voor de Deltacommissie. Blauw: lokaal bovengrensscenario voor Nederland ontwikkeld voor de Delta Commissie, voor twee verschillende waarden voor de "vingerafdrukken" van de ijskappen van Groenland en Antarctica.

tijdschalen van duizenden jaren viskeus is, beweegt de oceaanbodem nog steeds in verticale richting ten gevolge van het zo'n tien- à twintigduizend jaar geleden afsmelten van de enorme ijsmassa's uit de laatste IJstijd. De bijdrage aan de huidige zeespiegelverandering - voor een bepaald aardmodel en Pleistoceen ijsafsmeltmodel - valt af te leiden uit figuur 4. Hoewel vele andere geofysische verschijnselen hiermee nog niet eens in rekening zijn gebracht (bijvoorbeeld sterische effecten als opwarming van het oceeanwater of veranderingen van zoutgehalte, dynamische oceaanstromingsveranderingen en verticale tektonische processen van de oceaanbodem) is de relatie tussen continentale ijsafsmelt en (regionale) zeespiegelstijging dus al zeer gecompliceerd.

Bovengrensscenario's voor zeespiegelstijging - uitzetting van de oceaan en synthese

CAROLINE KATSMAN (KNMI)

Op verzoek van de nieuwe Deltacommissie is door een team van twintig binnen- en buitenlandse experts een plausibel bovengrensscenario voor lokale zeespiegelstijging bepaald op basis van modelresultaten, observaties en *expert judgement*. Dit type scenario beschrijft gebeurtenissen met een kleine kans maar met mogelijk grote gevolgen, en dus toch een aanzienlijk risico, en verschilt daarin wezenlijk van en is een aanvulling op de, meer waarschijnlijke, reguliere KNMI-scenario's. In het scenario zijn bijdragen van de lokale uitzetting van de oceaan, en het slinken van kleine gletsjers en van de grote ijskappen op Groenland en Antarctica meegenomen (figuur 5).

Net als in de KNMI'06 scenario's zijn de verschillende bijdragen (deels) afhankelijk verondersteld van de wereldgemiddelde temperatuurstijging. Een uitzondering hierop is de bijdrage van Antarctica: de processen die daar een rol spelen zijn sterk gerelateerd aan het gedrag van de oceaan en de geometrie van de ijskap. Er is uitgegaan van een wereldgemiddelde stijging van 2 tot 6°C in 2100, vergelijkbaar met de bandbreedte gegeven voor het A1FI emissiescenario (IPCC 2007).

De relatie tussen de wereldgemiddelde uitzetting van de oceaan en de wereldgemiddelde temperatuurstijging is bepaald aan de hand van een analyse van een groot aantal klimaatmodellen, analoog aan de analyse voor KNMI'06, en daarna geëxtrapoleerd naar de hoge temperaturen die hier als uitgangspunt dienen. Er is ook nog een tweede, semi-empirische methode gebruikt, met vrijwel hetzelfde resultaat. Ook de bijdrage van mogelijke extra lokale uitzetting in de Noordoost Atlantische Oceaan, als gevolg van veranderingen in de oceaancirculatie, is bepaald uit een analyse van klimaatmodellen.

De bijdrage van kleine gletsjers is bepaald aan de hand van een schalingsrelatie met de temperatuurstijging op basis van observaties die ook in IPCC (2007) is toegepast. Voor de bijdragen van Antarctica en Groenland is een schatting gemaakt van de mogelijke effecten van snelle ijsdynamica (zie bijdrage van Van de Wal in dit artikel).

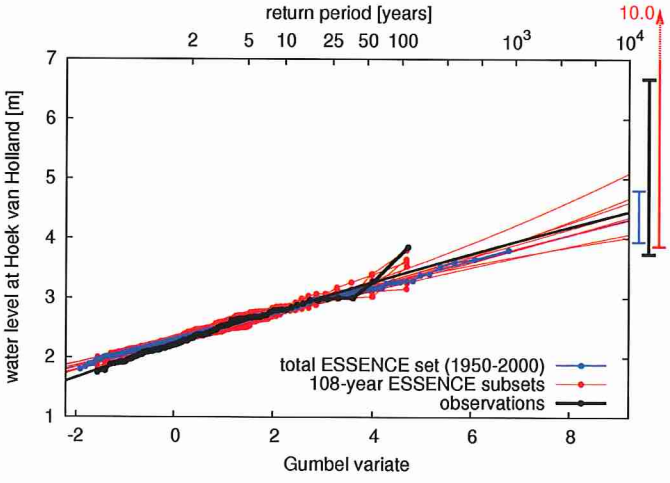
Om de lokale bijdragen van het landijs te bepalen moet rekening gehouden worden met het zelf-gravitatie effect (zie bijdrage van Vermeersen in dit artikel). Het smeltwater van een ijsmassa veroorzaakt een specifiek patroon van zeespiegelstijging (de "vingerafdruk" van de ijskap), die wordt gebruikt om de wereldgemiddelde bijdrage te schalen naar de lokale bijdrage. Voor Groenland en Antarctica blijken er grote verschillen te bestaan in de gepubliceerde vingerafdrukken. Daarom zijn in het achtergrondrapport twee bovengrensscenario's gepresenteerd aan de Deltacommissie, op basis van twee verschillende vingerafdrukken voor de ijskappen. De analyse geeft een bovengrens van respectievelijk 40 tot 105 cm en –5 tot 115 cm in 2100.

De Deltacommissie heeft er in haar rapport voor gekozen het zelf-gravitatie effect achterwege te laten, en de wereldgemiddelde bijdragen van het landijs te gebruiken. Aan het zo verkregen scenario is een gemiddelde bodemdaling van 10 cm/eeuw toegevoegd. Het eindresultaat is een bovengrensscenario voor de relatieve zeespiegelstijging van 65 tot 130 cm.

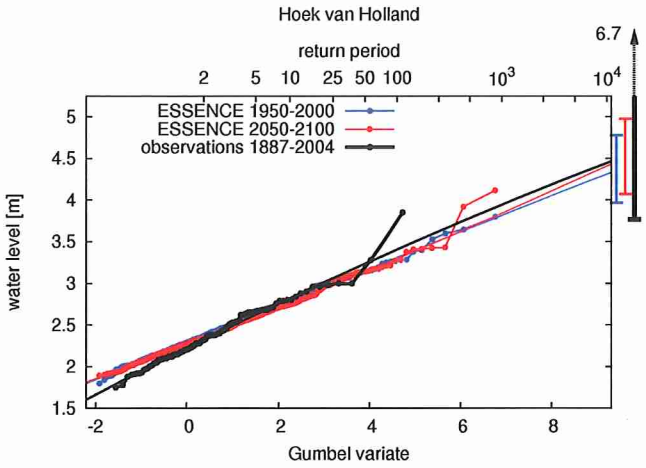
Stormklimaat en hoogwaters

ANDREAS STERL, HENK VAN DEN BRINK, REIN HAARSMA, HANS DE VRIES, ERIK VAN MEIJGAARD (KNMI)

Voor een laag liggend land als Nederland is de hoogte van (toekomstige) stormvloeden extreem belangrijk. We onderzoeken hier de vraag of en hoe de klimaatverandering de hoogte van extreme waterstanden tijdens stormvloeden beïn-



Figuur 6. Gumbel plot voor waterstanden in Hoek van Holland. Zwart: 120 jaar waarnemingen (1888-2005, dik) en GEV fit (dun). Rood: simulatie data van acht keer 108 jaar van ESSENCE-WAQUA/DCSM98 (dik) en bijbehorende fits (dun) voor het huidige klimaat (1950-2000). Blauw: Alle ESSENCE data samen (867 jaar). De foutenbalken aan de rechterkant geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de 10.000-jaar terugkeerwaarde weer. De rode balk is voor de curve met de hoogste beste schatting van 5 m.



Figuur 7. Gumbel plot voor waterstanden in Hoek van Holland volgens het ESSENCE-WAQUA/DCSM98 ensemble. Zwart: waarnemingen, blauw: huidig klimaat (1950-2000), rood: toekomstig klimaat (2050-2100). Waarnemingen en simulaties voor het huidige klimaat zoals in figuur 6. De dunne lijntjes zijn de GEV fits, en de foutenbalken markeren het 95% betrouwbaarheidsinterval van de 10.000 jaar terugkeerwaarde.

vloedt. We doen dat aan de hand van een 17 leden tellend ensemble van runs met een waterstandsmodel voor de Noordzee. Dit grote ensemble bevat genoeg data om betrouwbare uitspraken over veranderingen in de bij wet voorgeschreven 10.000 jaar terugkeerwaarde van waterstanden te kunnen maken.

Volgens de Deltawet mogen de belangrijkste waterkeringen maar eens in de 10.000 jaar overstroomd worden. De daarbij horende dijkhoogte moet uit de bestaande meetreeksen afgeleid worden. Omdat deze niet langer dan 120 jaar zijn, vereist dat een extrapolatie over twee ordes van grootte. Iedereen zal beseffen dat dat tot grote onzekerheden in de uitkomst leidt. Deze grote onzekerheid maakt het lastig, zo niet onmogelijk, om iets te zeggen over veranderingen in de waterstand tijdens stormvloeden als gevolg van klimaatverandering. Let wel, we hebben het hier puur over het effect van de wind op de locale waterstand (stormvloed), bovenop de door warmteuitzetting of het afsmelten van gletsjers veroorzaakte stijging van de globale zeespiegel.

Om de statistische onzekerheid bij het extrapoleren sterk te verkleinen hebben we gebruik gemaakt van het al eerder in Meteorologica besproken ESSENCE ensemble (Sterl et al., 2008) van maar liefst 17 runs met een klimaatmodel voor de periode 1950-2100. Dit grote ensemble leidt tot een goede statistiek van extreme gebeurtenissen. De gemodelleerde winden laten een geringe toename van hoge windsnelheden over de zuidelijke Noordzee zien. Deze toename komt echter uitsluitend op rekening van zuidwestenwinden. Omdat winden uit die richting niet tot hoge stormvloeden langs de Nederlandse kust leiden, verwachten we geen verandering in hoge stormvloeden.

Om dit vermoeden te bevestigen hebben we het op het KNMI operationeel gebruikte waterstandsmodel voor de Noordzee (WAQUA/DCSM98) met de wind- en drukvelden uit ESSENCE aangedreven. Ondanks de, vergeleken met de operationeel gebruikte HIRLAM forcering, grove resolutie van ESSENCE blijkt WAQUA/DCSM98 goed in staat om de statistiek van hoge waterstanden langs de Nederlandse kust te reproduceren (figuur 6).

Deze figuur vraagt wat uitleg. Zoals in het eerder genoemde artikel over ESSENCE is uitgelegd, worden herhaaltijden van extreme gebeurtenissen geschat door een GEV-verdeling aan de jaarmaxima te fitten. Het resultaat wordt als functie van de Gumbel variate (onderste x-as in figuur) geplot, die direct aan de herhaaltijd (bovenste x-as) gerelateerd is. De datapunten worden geplot door aan het hoogste jaarmaximum een terugkeertijd van (N+1) jaar toe te kennen (N = aantal jaren in tijdreeks). Het op een na hoogste maximum krijgt een herhaaltijd van (N+1)/2, etc. In de figuur zijn de punten de data en de dunne lijnen de GEV fits. Duidelijk is te zien dat de hoogste waargenomen waterstand (1953!) zeer extreem was – hij ligt ver boven de fit (dunne zwarte lijn).

De GEV-fit kan worden doorgetrokken naar een herhaaltijd van 10.000 jaar. De daarbij behorende statistische onzekerheid (dikke zwarte balk rechts) loopt van 3,8 m tot 6,8 m, met een beste schatting van 4,5 m. Deze grote onzekerheidsmarge wordt bevestigd door de ESSENCE resultaten. De acht dunne rode lijnen in figuur 6 zijn GEV-fits aan telkens 108 ESSENCE jaarmaxima. De onzekerheid kan oplopen tot 10 m! Met een zo grote onzekerheid is een verandering als gevolg van de klimaatverandering nooit vast te stellen. Alleen als we alle ESSENCE maxima voor het huidige klimaat (= 1950-2000) bij elkaar vegen (blauw) krijgen we met minder dan 1 m een betrouwbaarheidsinterval dat klein genoeg is om veranderingen eventueel aan te kunnen tonen. Figuur 7 laat naast de jaarmaxima voor het huidige klimaat (waarnemingen en ESSENCE) ook die voor het toekomstige klimaat (2050-2100) zien. De drie GEV-fits zijn nagenoeg identiek, en de onzekerheidsintervallen voor de twee ESSENCE periodes ook. Binnen het ESSENCE ensemble verandert de statistiek van de waterstandextremen tijdens stormvloeden dus niet, alleen komen die in de toekomst bovenop een gestegen zeespiegel (zie bijdrage van C. Katsman in dit artikel).

Bovengrensscenario's voor de Rijn

JAAP KWADIJK (DELTARES), JULES BEERSMA, (KNMI) EN RITA LAMMERSEN (RIJKSWATERSTAAT, WATERDIENST)

De Commissie Veerman, ook wel de tweede Deltacommissie, heeft voor haar onderzoek het KNMI en Deltares gevraagd om zogenaamde "bovengrensscenario's" te produceren voor de afvoer van de Rijn in de komende 200 jaar. Het onderzoek is een interpretatie van bestaand onderzoek naar afvoeren van de Rijn bij een veranderend klimaat. De bovengrensscenario's moeten worden gezien als scenario's die uitgaan van extreem grote klimaatveranderingen welke misschien niet als meest waarschijnlijk kunnen worden gekenschetst maar nog wel tot de (fysische) mogelijkheden behoren (plausibele bovengrens scenario's).

Afvoerscenario's voor de Rijn worden gemaakt door (a) uit te gaan van diverse projecties van klimaatveranderingen in het Rijngebied, gebruikmakend van de uitkomsten van klimaatmodellen; (b) vertaling van verandering in neerslag, temperatuur en verdamping naar veranderingen in de Rijnafvoer, waarbij gebruik gemaakt wordt van hydrologische modellen; (c) simulatie van de afvoergolven door de rivier met behulp van hydraulische modellen; en (d) frequentieanalyse en/of het genereren van zeer lange synthetische afvoerreeksen om herhalingstijden te bepalen van zeer zeldzame extreme gebeurtenissen waarop de waterkeringen in Nederland worden ontworpen.

Voor hydrologische studies worden twee methoden gebruikt om klimaatveranderingen over het Rijngebied te projecteren: de deltamethode en de

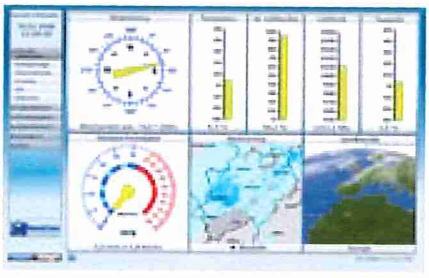
Bakker&Co

Uw partner in Meteo en Klimaat!

Handels- en Ingenieursbureau Bakker & Co levert een scala aan meetoplossingen en meetinstrumenten op het gebied van meteorologie en klimatologie. Van (klassieke)instrumenten, sensoren tot complete weerstations inclusief data acquisitie en software.

Meteorologische sensoren
- ✓ Windrichting / windsnelheid
- ✓ Temperatuur
- ✓ Luchtvochtigheid
- ✓ Atmosferische druk
- ✓ Zon intensiteit
- ✓ Neerslag

Toepassingen
- ➢ Marine
- ➢ Off-shore
- ➢ Chemie
- ➢ Brandweer
- ➢ Gebouwautomatisering
- ➢ Musea



Handels- en Ingenieursbureau Bakker & Co., Industrieterrein "de Geer", Gildenweg 3
Postbus 1235, 3330 CE Zwijndrecht.
Tel. 078-610 66 66, Fax. 078-610 04 62
E-mail meettechniek@Bakker-Co.nl
www.Bakker-Co.com

Tabel 2. Verandering in gemiddelde seizoensafvoeren van de Rijn bij Lobith.			
	Referentie	**2050**	**2100**
Gemiddelde zomerafvoer (m^3/s)	1700	1100 – 1700	700 – 1700
Verandering in zomerafvoer (%)		-35 – 0	-60 – 0
Gemiddelde winterafvoer (m^3/s)	2750	2950 – 3200	3100 – 3600
Verandering in winterafvoer (%)		+5 – +15	+15 – +30

directe methode. De deltamethode maakt gebruik van gemiddelde klimaatveranderingen voor een bepaalde tijdhorizon, bijvoorbeeld 2050 of 2100 ten opzichte van een referentieperiode (hier 1968-1998). Deze veranderingen zijn gebaseerd op de klimaatscenario's van het KNMI (o.a. Van den Hurk et al., 2006). Invoerseries in de hydrologische modellen worden vervolgens gemaakt door de gemeten klimaatseries (1961-1990) aan te passen op basis van de gemiddelde veranderingen volgens de klimaatscenario's. Deze methode kan gemakkelijk worden uitgevoerd en levert eenduidige veranderingen op ten opzichte van de huidige omstandigheden. Nadelen zijn dat (a) eventuele veranderingen in de variabiliteit van de neerslag niet worden meegenomen, per definitie blijft de historische variabiliteit het uitgangspunt en; (b) er gemiddelde projecties worden gebruikt over het hele Rijngebied, terwijl er regionale verschillen in klimaatverandering kunnen optreden bijvoorbeeld in gebieden met een duidelijk ander klimaat zoals het Alpengebied.
De directe methode, waarbij de uitvoer uit de klimaatmodellen direct de invoer vormt van hydrologische modellen kent deze nadelen niet. Nadeel van de directe methode is echter dat de kwaliteit van de huidige generatie klimaatmodellen dusdanig is dat de huidige afvoer van de Rijn niet betrouwbaar kan worden gesimuleerd. Dit maakt beoordeling van de uitkomsten van de simulaties veel lastiger. Biascorrectie van de klimaatmodeluitvoer is daarom gewenst.

Voor het schatten van omvang en herhalingstijd van zeer extreme klimaatgebeurtenissen is in een aantal onderzoeken gebruik gemaakt van een weersgenerator om synthetische neerslagseries te genereren voor het gehele Rijngebied.

Om de veranderingen in klimaat te vertalen in veranderingen afvoer bij Lobith wordt gebruik gemaakt van twee hydrologische modelsystemen, RHINEFLOW en het FEWS-RHINE systeem. Vooral over de omvang van de neerslagveranderingen in het Rijngebied bestaan er grote verschillen tussen de klimaatmodellen, dit leidt ook tot verschillen in de grootte van de afvoerveranderingen. Wel leiden nagenoeg alle projecties tot hogere afvoeren gedurende de hoogwater- en lagere afvoeren tijdens de laagwaterperiode. Tabel 2 geeft de breedte in de te verwachten seizoensafvoeren weer. Een toename van extreem lage afvoeren is vooral te verwachten onder de condities gesuggereerd door de KNMI W+ en G+ scenario's.

De toename van hoge afvoeren leidt tot een forse toename van de afvoer waarop de huidige waterkeringen zijn gedimensioneerd. Deze afvoer is nu 16.000 m^3/s waarbij de verwachting is dat deze in de loop van de tijd zal toenemen tot ver boven de huidige waarde. De waarden in tabel 3 zijn gebaseerd op de afvoerverwachtingen waarbij het effect van overstromingen wordt genegeerd. Nagenoeg alle scenario's leiden tot omstandigheden waarbij de maatgevende afvoer (ver) boven de huidige afvoer uit zal komen, tot een grootte van maximaal 22.000 m^3/s aan het einde van deze eeuw.

Het beeld verandert echter indien rekening wordt gehouden met de overstromingen die bij dergelijke afvoeren optreden in het bovenstroomse gebied. Momenteel wordt de bescherming in Duitsland verbeterd en de verwachting is dat dit omstreeks 2020 gereed zal zijn. Hydraulische simulaties suggereren dat bij die randvoorwaarden zeer hoge afvoergolven worden gedempt tot een maximum van omstreeks 18.000 m^3/s. Hoe groot dit effect in de verre toekomst zal zijn, hangt sterk samen met de wijze waarop het bovenstroomse gebied in Duitsland tussen Bonn en Lobith in de loop van de tijd (extra) beschermd zal worden.

Tabel 3. Verandering in de ontwerpafvoer bij Lobith waarbij het dempende effect van overstromingen bovenstrooms niet is meegenomen.			
	Referentie	**2050**	**2100**
Ontwerpafvoer (m^3/s)	16.000	16.500 – 19.000	17.000 – 22.000
Verandering (%)		3 - 19	6-38

Discussie

GEERT GROEN (KNMI)

Inleidende peiling

Onder deskundige leiding van Henk de Bruin (bij de voorbereiding bijgestaan door Gerbrand Komen) werd een levendige discussie gevoerd over de individuele positie in het onderzoek en de rapportage voor de Deltacommissie. Hij hield een kleine peiling onder de aanwezigen: bent u een klimaatalarmist, activist en wereldverbeteraar, een klimaatscepticus die actief 'Kyoto' bestrijdt of de onbevooroordeelde wetenschapper? Wordt u gedreven door wetenschappelijke nieuwsgierigheid of door politieke betrokkenheid? Negeert u liever onzekerheid of ziet u juist teveel wetenschappelijke onzekerheid?

Het bleek dat alle aanwezigen zichzelf ingedeeld zagen in de rol van de onbevooroordeelde wetenschapper.

De reacties uit de goed bezette zaal waren vooral gericht op de positie van de wetenschapper naar politiek en maatschappij en zijn door mij gebundeld tot een aantal statements.

Communicatie

De wetenschapper wordt geleidelijk een bevooroordeelde boodschapper vanuit de door hem/haar gevonden onderzoeksresultaten. Door deel te nemen aan het onderzoek ben je onderdeel van het communicatietraject van de Deltacommissie en dat veroorzaakt bij de betrokken wetenschappers soms een petten-probleem.

Geconstateerd wordt dat op de site van de Deltacommissie de urgentie tot beleidsmaatregelen a-priori als doel wordt geformuleerd, terwijl de opdracht van de minister neutraler is geformuleerd.

Alleen de naam Deltacommissie geeft al

politieke lading aan de opdracht en benadrukt de kabinetsprioriteit tot duurzame ontwikkeling. Moet de wetenschapper ook de boodschapper en alarmist zijn? Of moet je dat dan doen op persoonlijke titel? De klimaatboodschap is wel urgent en verontrustend genoeg hiervoor.

Tien jaar geleden was klimaatverandering alleen nog wetenschap, gelukkig raakt het nu ook de politiek en de burger. Soms krijg je nu daarbij het gevoel: kan het wat minder, er zijn nog zoveel onzekerheden. Organiseer naast de wetenschap ook de communicatie.
Wetenschap moet je op de verschillende platforms gevarieerd communiceren: in de wetenschap publiceren, naar de maatschappij begrijpelijk en naar de politiek helder en compact. We moeten dat zelf doen.
In de communicatie naar politiek en publiek, die niet gebaat zijn bij onzekerheid en nuances, worden one-liners uitvergroot.

(Vrijheid van) wetenschap
Het is meer dan een wetenschappelijk rapport, er is veel voorwerk gedaan en het heeft een lange toekomst, er is daardoor een groot verschil tussen de wetenschappelijke en de politieke geest.

Algemeen vond men dat de gedragscode voor het wetenschappelijke onderzoek van de Koninklijke Nederlandse Academie voor Wetenschappen en de Vereniging van Nederlandse Samenwerkende Universiteiten (een vijftal algemeen aanvaarde principes van de wetenschap: zorgvuldigheid, betrouwbaarheid, controleerbaarheid, onpartijdigheid en onafhankelijkheid), welke is onderschreven door het kabinet en dus door instituten zoals het KNMI, Deltares, ALTERRA, RIVM, etc. door de Deltacommissie onder druk was gezet. We mogen ons zelf verwijten dat we de wetenschappelijke bijlage zoveel later lieten publiceren.
De voorlichter filtert op de boodschap van de wetenschap en voegt additionele voorwaarden toe aan de wetenschappelijke gedragscode, dat werkt verlammend en geeft schuldgevoel. Als dat leidt tot een muilkorf komt (na tijdig informeren van de baas) het punt om zelf naar buiten treden vanuit een plicht tot urgentie, het is maatschappelijk relevant genoeg! Tegelijk zullen we indianenverhalen in de media moeten vermijden, omdat die slecht zijn voor de geloofwaardigheid van de wetenschap.

Henk stelde de vraag: Stel dat een onderzoeker in dienst van het KNMI, DELTARES, ALTERRA e.d. vindt dat de zeespiegel zal dalen in de komende eeuw - in dit geval dus in strijd met de conclusies van de Deltacommissie- kan deze ongestraft dit resultaat publiceren? Reacties: volgens de meeste aanwezigen was het antwoord ja, maar er kwam ook een bericht dat er in het verleden om deze reden ontslagen zijn gevallen.

Maatschappelijk
We hebben te maken met een complexe boodschap met robuuste bevindingen, maar ook met onzekerheden en met adaptatie en mitigatie onder verschillende ministeries. De stelligheid van de boodschap zonder communicatie over de onzekerheden is koren op de molen van de sceptici, maar de politiek heeft geen boodschap aan nuances.
Als intelligente burger hoor je er nu genoeg van te weten, neem dan ook zelf klimaatvriendelijke maatregelen en maak de boodschap persoonlijker: wat kun je zelf doen? Net als in de jaren zeventig na de Club van Rome een actiegroep Samen Overleven?

De reacties op de stellingen van Henk uit de zaal geven mij de indruk dat ten aanzien van de Deltacommissie de wetenschappers zich bewust zijn van het politieke belang. Maar men vroeg wel respect voor de onderzoeksresultaten en de nuances erbij vanwege de onzekerheden. Verschillende aanwezigen vonden dat de Deltacommissie daarvoor onvoldoende respect heeft getoond. Resultaten (rapport en wetenschappelijke bijlage) horen tegelijkertijd te worden gepubliceerd. De communicatie naar politiek en publiek komt desnoods van de wetenschapper zelf, gezien de maatschappelijke urgentie en de geaccepteerde gedragscode voor wetenschappelijk onderzoek.

Literatuur

Sterl A., G.J. van Oldenborgh, W. Hazeleger, and H. Dijkstra, 2008: Extreme maximumtemperaturen in de toekomst, *Meteorologica,* **17** no 3 , 4-7.
Vellinga, P., Caroline Katsman, Andreas Sterl, Jules Beersma, 2008: Exploring high end climate change scenarios for flood protection of the Netherlands.
Van den Hurk B., Albert Klein Tank, Geert Lenderink, Aad van Ulden, Geert Jan van Oldenborgh, Caroline Katsman, Henk van den Brink, Franziska Keller, Janette Bessembinder, Gerrit Burgers, Gerbrand Komen, Wilco Hazeleger and Sybren Drijfhout, 2006: KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KMNI WR 2006-01.

Promoties

WIM VAN DEN BERG

Deze keer heeft de rubriek een bescheiden lengte, want alleen het proefschrift van **Robert Leander** kwam bij de redactie binnen.
Robert promoveerde op 7 mei 2009 aan de Universiteit Utrecht met als promotor prof. B. van den Hurk en dr. T. Buishand als co-promotor. Robert heeft onderzocht of de hoogwaternormen voor het stroomgebied van de Maas standhouden onder een toekomstig klimaat. Dat blijkt nog niet zo eenvoudig te zeggen, want de berekeningen zijn nogal gevoelig voor ijking tegen historische meetreeksen en voor de gebruikte klimaatmodellen. Bovendien zijn die reeksen te kort, en is "resampling" nodig om meer te kunnen zeggen over de echte extremen. Robert past verschillende "resampling" technieken toe en gebruikt die vervolgens ook bij de analyse van de uitvoer van het regionale klimaatmodel (RCM) RACMO. Historische metingen van regenval en temperatuur worden doorgerekend met het Zweedse hydrologische HBV model om zo te komen tot de benodigde waterafvoeren.
Het jaar 1995 was extreem. Het blijkt veel uit te maken of dit jaar meegenomen wordt in de statistiek of niet.
De analyse van Robert toont aan dat het belangrijker is voor een hoogwater om de neerslagsom over 5-10 dagen goed te simuleren dan het neerslagextreem op één enkele dag. Berekeningen van RACMO moeten zo bewerkt worden dat de bias in de meerdaagse neerslagsom zo klein mogelijk is en ook mag de dagelijkse variatie in de neerslag niet afwijken van de realiteit. Deze correcties zijn afhankelijk van het *Global Climate Model (*GCM) waarmee RACMO wordt gevoed. Het blijkt net als bij de waargenomen afvoeren belangrijk te zijn om voldoende grootschalige regensituaties in de datareeks te hebben, het is voor dit doel beter om een lange GCM run te hebben dan om de resolutie van het RCM op te voeren. Verder verdient het aanbeveling om een ensemble van GCM's te gebruiken om de RCM's aan te drijven.

Verificatie van publieke neerslag(kans)verwachtingen voor Nederland

SEIJO KRUIZINGA

In Meteorologica van september 2007 is een vergelijkende verificatie van temperatuurverwachtingen beschreven. Daarbij werd uitgegaan van temperatuurverwachtingen van vier providers die op het internet beschikbaar zijn. Ten behoeve van die studie zijn sinds december 2006 de internetweerberichten van deze providers opgevraagd en vastgelegd. Voor twee providers bevatten deze berichten ook kwantitatieve verwachtingen voor de neerslagkans en de neerslaghoeveelheid van de volgende dag. In deze studie gaan we deze verwachtingen verifiëren en de resultaten onderling vergelijken. Daarnaast zullen we deze verificatieresultaten ook vergelijken met soortgelijke resultaten uit het verleden.

Inleiding

De internetverwachtingen die we in deze studie zullen gebruiken zijn: de meerdaagse van het KNMI en de meerdaagse (voor Midden Nederland) van Weather News (WNI). Beide verwachtingen worden om omstreeks negen uur 's ochtends opgevraagd en gearchiveerd. Vervolgens worden daaruit de verwachtingen voor de neerslagkans en de neerslaghoeveelheid voor de volgende dag geëxtraheerd. Beide providers formuleren hun neerslagkansen in veelvouden van 10% waarbij 0% en 100% vrijwel niet worden gebruikt. De neerslaghoeveelheid wordt opgegeven in hele millimeters.

In de toelichting bij de meerdaagse van het KNMI wordt gesteld dat de kansverwachting betrekking heeft op de 24-uurs periode van 00 UTC tot 24 UTC. Het betreft een kansverwachting voor de locale neerslagkans die toepasbaar is voor iedere locatie in Nederland. De neerslaghoeveelheid heeft betrekking op dezelfde periode maar betreft de neerslaghoeveelheid gemiddeld over Nederland.

De verwachtingen van WNI zijn voor dezelfde periode als die van het KNMI maar hebben betrekking op de regio Midden Nederland. In deze studie zullen we ze op gelijke wijze als de meerdaagse van het KNMI interpreteren.

Voor de waarnemingen waartegen we verifiëren zijn we uitgegaan van de bestanden met daggegevens van tien Nederlandse locaties. Deze bestanden worden door de Klimatologische Dienst van het KNMI op het internet beschikbaar gesteld en bevatten onder meer de neerslagsom over het etmaal van 00 tot 24 UTC. Een etmaal met een neerslagsom groter dan of gelijk aan 0,3 mm wordt beschouwd als een neerslagdag.

Voor de vergelijking met verificatieresultaten uit het verleden werd gebruikt gemaakt van een extractie uit de verificatiebestanden die indertijd op het KNMI door Daan (1993) zijn samengesteld. Deze bestanden bevatten neerslagkansverwachtingen, de collectieve verwachting opgesteld om 11 UTC (hier W11 genoemd), voor De Bilt voor eerstvolgende periode van 18 tot 18 UTC en de bijbehorende waarnemingen.

Kansverwachtingen geverifieerd tegen De Bilt

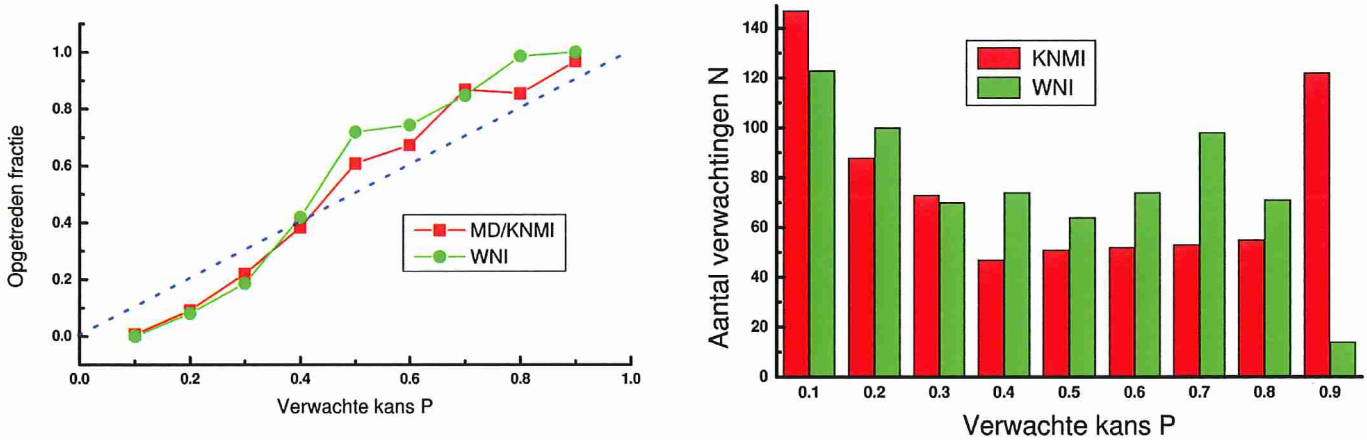
De locatie De Bilt ligt in het doelgebied van beide providers. De verificatieresultaten die hierna volgen zijn gebaseerd op alle dagen waarvoor zowel de verwachtingen van beide providers als de waarnemingen beschikbaar waren. In totaal betreft het 688 dagen in de periode van december 2006 tot en met november 2008.

Brier Score

De Brier Score wordt algemeen geaccepteerd als een goede score om (neerslag) kansen te verifiëren. Om de Brier Score te berekenen zetten we de kansen in procenten om naar fracties, dus 10% wordt P=0,1 enzovoorts. Bij de waarnemingen noteren we Obs=1,0 voor een regendag en anders Obs=0,0. De Brier Score (BS) over N dagen wordt dan berekend met:

$$BS = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(P_n - Obs_n)^2$$

waarin P_n de verwachte kans voor dag n en Obs_n de bijbehorende waarneming. Voor perfecte verwachtingen wordt de Brier Score nul. Voor minder goede verwachtingen resulteert een uitkomst tussen



Figuur 1. (a) Betrouwbaarheid van de kansverwachtingen van WNI en het KNMI. (b) Spreiding van de kansverwachtingen over de kansniveaus eveneens van WNI en het KNMI.

0,0 en 1,0. Daarbij duidt een kleinere score op betere verwachtingen.

Als we de verwachte kansen verifiëren tegen de neerslag in de Bilt dan vinden we voor de meerdaagse van het KNMI een Brier Score van 0,1136 en voor de meerdaagse van WNI vinden we 0,1302. Op zich zeggen die scores echter niet zoveel. Meestal worden de resultaten dan ook vergeleken met de score van een simpele verwachting zoals klimatologie. Een eenvoudige maar voor deze toepassing voldoende klimatologie (neerslagkans in de maanden februari t/m juli 40% anders 50%) resulteert in een Brier Score van 0,2479. Op basis hiervan kunnen we dan een Brier Skill Score berekenen via:

$$BSS = 100 * (1 - \frac{BS_{verwachting}}{BS_{klimatologie}})$$

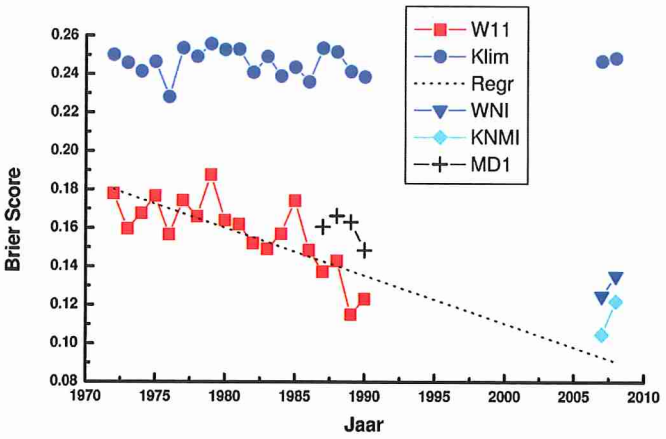
De BSS geeft de verbetering (in %) van de score van de verwachting vergeleken met de score van de klimatologie. De Brier Skill Scores van WNI en KNMI zijn respectievelijk 54% en 47%. Alleszins redelijke skill scores als we ze vergelijken met de target van 44,6% die de Britse Meteorologische dienst (2008) zichzelf heeft opgelegd. Bij de Britse Meteorologische dienst heeft dit wel betrekking op het gemiddelde over 11 locaties.

Betrouwbaarheid

Een belangrijke eigenschap van kansverwachtingen is de betrouwbaarheid. Intuïtief nemen we aan dat na een neerslagkansverwachting van 10% (P=0,1) slechts in 1 van 10 dagen neerslag wordt waargenomen. Bij een verwachting van 90% (P=0,9) zal dat voor 9 van de 10 dagen het geval zijn. Als voor alle kansniveaus aan deze veronderstelling wordt voldaan noemen we de verwachting (of het systeem dat ze produceert) betrouwbaar. In principe kun je betrouwbaarheid ook uitdrukken in een score. In de meeste gevallen echter wordt de betrouwbaarheid aan de hand van een grafiek bestudeerd.

Om zo'n grafiek te maken selecteren we alle verwachtingen van bijvoorbeeld P=0,1 en tellen het aantal keren dat neerslag is opgetreden. Als we nu in totaal M van deze verwachtingen hebben gevonden en in K van deze gevallen is neerslag opgetreden dan is dus in een fractie K/M neerslag opgetreden. Datzelfde doen we dan ook vervolgens voor P=0,2, enzovoorts tot P=0,9. In een grafiek zetten we nu de fracties (op de verticale as) uit tegen de kansen P op de horizontale as. Als de verwachtingen betrouwbaar zijn zullen punten van die grafiek op een rechte lijn van linksonder (0,0) naar rechtsboven (1,1). Afwijkingen van die lijn zijn dan een indicatie voor een mindere betrouwbaarheid.

In figuur 1a is de betrouwbaarheidsgrafiek van de onderzochte kansverwachtingen uitgezet zowel voor de verwachtingen van WNI als voor die van het KNMI. In deze grafiek zien we dat bij de kansen onder P=0,4 de punten onder de lijn liggen. De fracties opgetreden zijn dus kleiner dan de bijbehorende kansen. Oftewel de neerslagkans wordt steeds te hoog ingeschat. Voor kansen boven de P=0,4 geldt juist het omgekeerde, de kans op neerslag wordt onderschat. Deze conclusies gelden voor beide providers. Opvallend is vooral dat bij WNI voor P=0,8 de fractie opgetreden zelfs 0,98 is, oftewel WNI onderschat dan sterk de kans op neerslag.



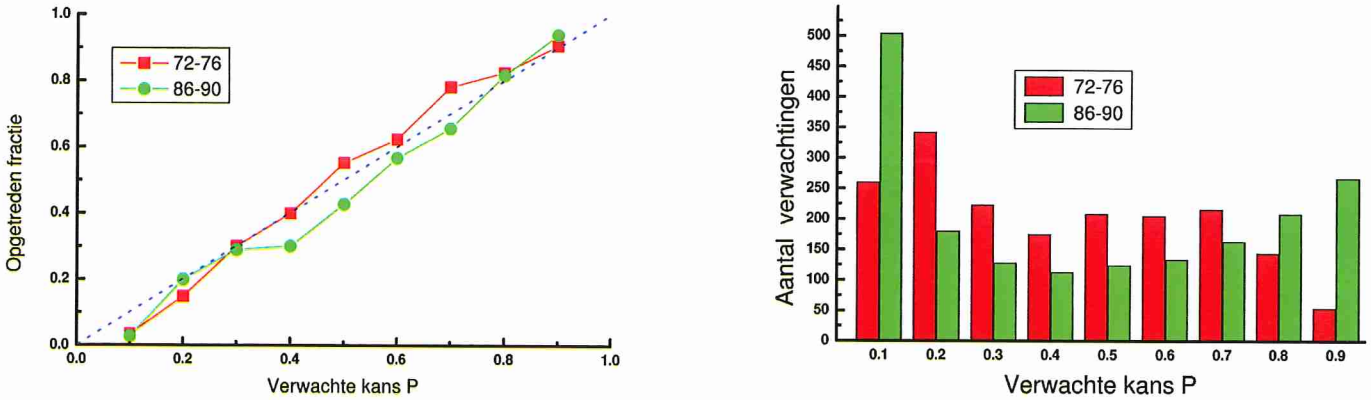
Figuur 2. Jaargemiddelde Brier Scores van de KNMI neerslagkansverwachtingen voor De Bilt, uitgegeven om 11 uur in de ochtend en geldig voor de volgende dag, in de jaren 1972 t/m 1990. De stippellijn representeert de lineaire trend in de jaren 1972-1990. Bij 2007 en 2008 staan de jaargemiddelde Brier Scores van WNI en KNMI uit deze studie. In 1987, 1988, 1989 en 1990 zijn ook de Brier Scores van de kansverwachting van 's morgens 6 uur vermeld.

Verdeling van de verwachting over de kansklassen

De voorgaande grafiek is vooral informatief in combinatie met een grafiek waarin de verdeling van de kansverwachtingen over de verschillende kansniveaus wordt uitgezet. In figuur 1b hebben we het aantal keren dat een bepaalde kans is verwacht (op de verticale as) uitgezet tegen de kans P op de horizontale as, wederom voor beide providers. Heel duidelijk is dat het KNMI veel vaker kansen van 90% en 10% uitgeeft dan WNI. Bij WNI concentreren de hoge kansen zich rond 70 à 80%.

Historische verificatieresultaten voor De Bilt

Om beter te kunnen beoordelen of we van goede Brier Scores kunnen spreken gaan we de behaalde resultaten vergelijken met overeenkomstige resultaten uit het verleden. Zoals gezegd is door Daan in de jaren 1972 tot en met 1993



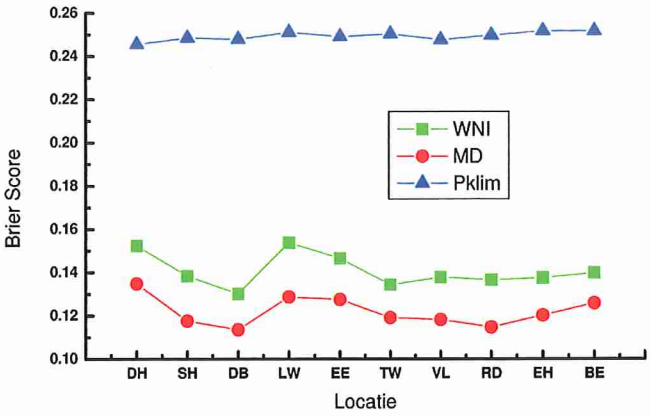
Figuur 3 (a) Betrouwbaarheidsdiagrammen van de eerste 5 jaar respectievelijk de laatste 5 jaar van de historische verificatiegegevens. (b) Overeenkomstige spreidingsdiagrammen van de perioden van figuur 3a.

een verificatiebestand samengesteld met daarin ook kansverwachtingen voor de neerslag in De Bilt. Ook de bijbehorende waarnemingen zijn opgenomen in dat bestand. De kansverwachtingen hebben betrekking op het optreden van neerslag in de periode van 18 UTC op dezelfde dag tot 18 UTC de volgende dag. De verwachtingen werden opgesteld tijdens de weerbespreking om 11 UTC, en worden aangeduid met W11. Voor deze studie maken we gebruik van een extractie voor de jaren 1972 t/m 1990.

Weliswaar hebben de verwachtingen betrekking op een andere periode dan 00 tot 24 UTC maar het effect hiervan op de Brier Score zal zeer gering zijn. Ook is de verwachtingstermijn van de historische dataset iets korter dan die van de huidige gegevens dus mogen we in het verleden een iets lagere Brier Score verwachten (zie later).

In figuur 2 zijn de jaargemiddelde Brier Scores van het meteorologische jaar (december tot en met november) uitgezet tegen het jaartal (van november). Ook de overeenkomstige Brier Scores van de klimatologie zijn in deze figuur uitgezet. We zien een duidelijke neerwaartse trend in de Brier Scores van de verwachting en de rechte lijn in de figuur geeft de regressielijn behorend bij de Brier Scores van 1972 t/m 1990. Deze regressielijn is doorgetrokken tot 2007/2008 en hier zijn de Brier Scores van deze twee jaren van het KNMI en WNI geplot. De resultaten van de laatste twee jaren liggen boven de doorgetrokken regressielijn. Omdat de verwachtingstermijnen van de vergelijkingen enigszins verschillend zijn is een directe vergelijking moeilijk. De verwachtingstermijn in de historische data is duidelijk korter (van 11 UTC tot 18 UTC) dan de verwachtingstermijn van de recente resultaten (van ongeveer 04 UTC tot 00 UTC daaraanvolgend). In figuur 3 zijn daarom ook de resultaten opgenomen van de zogenaamde MD1 verwachting die in de Daan-bestanden voor de laatste vier jaar beschikbaar waren. Deze verwachtingen werden aanzienlijk vroeger, om 06 UTC, opgesteld en zijn dus beter vergelijkbaar. Deze resultaten liggen ook ongeveer evenveel hoger boven de regressielijn dan de scores in 2007/2008. We mogen dus concluderen dat de trend, in verbetering van de kansverwachtingen, die we hebben gezien in de jaren '72 t/m '90 nog steeds doorgaat.

In figuur 3a zijn de betrouwbaarheidsdiagrammen van de historische data van W11 over de eerste vijf jaar en de laatste vijf jaar uitgezet. De betrouwbaarheid van deze verwachtingen was zowel in de eerste vijf jaar als in de laatste vijf jaar veel beter dan de betrouwbaarheid van de recente verwachtingen (zie figuur 1a).



Figuur 4. Brier Score voor 10 locaties in Nederland.

Figuur 3b bevat de overeenkomstige verdelingsdiagrammen. Het is duidelijk te zien dat in de laatste vijf jaren de verwachtingen meer naar 10% respectievelijk 90% zijn verschoven. Deze verschuiving naar de extreme kansklassen zorgt bij gelijkblijvende betrouwbaarheid voor een betere Brier Score. Het verdelingsdiagram van WNI, over 2007/2008, lijkt duidelijk meer op het verdelingsdiagram van de eerste 5 jaar. Bij het KNMI is de overeenkomst met de laatste vijf jaar zeer duidelijk.

Brier Scores op andere locaties

Het KNMI geeft aan dat de neerslagkans in de meerdaagse overal in Nederland (met evenveel succes) mag worden toegepast. Om deze claim te controleren gaan we de verwachtingen ook verifieren tegen een aantal andere locaties in Nederland. Naast de reeks van De Bilt zijn op internet ook reeksen voor De Kooij, Schiphol, Leeuwarden, Eelde, Twente, Vlissingen, Rotterdam, Eindhoven en Beek beschikbaar.

In figuur 4 zijn de Brier Scores van WNI, KNMI en van de hiervoor genoemde klimatologie geplot voor ieder van de genoemde locaties. We zien dat de Brier Score van de klimatologie nauwelijks varieert. De scores van KNMI en WNI variëren wel degelijk en op vrijwel identieke wijze. Omgerekend naar Brier Skill Score varieert de skill van WNI van 38 tot 47% met een gemiddelde van 44%. Voor het KNMI varieert de score van 45 tot 54% met een gemiddelde 51%.

Verificatie van neerslaghoeveelheden

De neerslaghoeveelheden die in de verwachtingen worden vermeld hebben betrekking op het landelijk (KNMI) resp. regionaal (WNI) gemiddelde. Voor de opgetreden waarde zijn we uitgegaan van het gemiddelde van de 32 locaties waarover we via de KD-bestanden kunnen beschikken. Dit is niet het ware landelijk (laat staan regionaal) gemiddelde maar de fout die we hierbij maken zal vermoedelijk nog klein zijn vergeleken met de fout in de verwachting.

De verificatie van neerslaghoeveelheden is heel lastig. Dat is een gevolg van de scheve kansverdeling van de neerslaghoeveelheden met een cluster bij nul en zeldzame extreem hoge uitschieters. De resultaten van klassieke scores als standaarddeviatie worden veelal sterk bepaald door deze hoge uitschieters. Er is dan ook niet een algemeen aanvaarde score, zoals bijvoorbeeld de Brier Score voor neerslagkansen, voor de verificatie van neerslaghoeveelheden. In dit verhaal zullen we de verificatie baseren op een reeks van 2x2 contingentietabellen voor verschillende grenswaarden. Zo'n tabel toont in welke mate de verwachting onderscheid kan maken tussen dagen met neerslag boven de grenswaarde en dagen met neerslag onder de grenswaarde. Een geschikte score waarmee we het onderscheidend vermogen, uit de tabel, kunnen kwantificeren is de Hanssen-Kuipers skill score (HKS). Als voorbeeld werken we hier de contingentietabel van de meerdaagse van het KNMI voor de grenswaarde van 2,5 millimeter neerslag uit (tabel 1).
Deze tabel zegt dus: op 428 dagen in de periode 2007/2008 was de verwachting van het KNMI minder dan 2,5 mm neer-

Tabel 1. Contingentietabel voor grenswaarden van de neerslag.

		Opgetreden	
		<2.5 mm	>=2.5 mm
Verwacht	< 2.5 mm	428 (a)	46 (b)
	>= 2.5 mm	39 (c)	175 (d)

slag en is ook minder dan 2,5 millimeter gemeten. Op 39 dagen werd 2,5 mm of meer verwacht maar de opgetreden waarde was kleiner dan 2,5 mm, enzovoorts. De indicaties a, b, c en d zijn gekozen in overeenstemming met de notatie (of conventie) in Wilks, 1995. De Hanssen-Kuipers skill score wordt nu volgens de volgende formule berekend:

$$HKS = \frac{a}{a+c} + \frac{d}{b+d} - 1$$
$$= \frac{428}{467} + \frac{175}{221} - 1 = 0{,}708$$

Op deze manier kunnen we dus voor meerdere grenswaarden, voor beide providers de HKS-score berekenen (figuur 5). We zien in deze figuur dat beide providers ongeveer gelijk scoren en dat de maximale score (maximaal onderscheidend vermogen) bij beiden bij 2,5 mm ligt. De HKS kan maximaal 1,0 worden en een HKS van 0,0 geeft aan dat er geen onderscheidend vermogen in de verwachting zit.

Deze vergelijking van KNMI en WNI is mogelijk niet helemaal eerlijk omdat de verwachtingen van het KNMI betrekking hebben op het landelijk gemiddelde en de WNI verwachtingen hebben betrekking op het regionaal gemiddelde. In figuur 6 zijn beide verwachtingen daarom geverifieerd tegen het gemiddelde van drie locaties in regio Midden Nederland, De Bilt, Lelystad en Deelen. Ook dan is er, bij lage neerslagsommen, weinig verschil tussen KNMI en WNI. Bij hoge neerslagsommen scoorde het KNMI (in de geverifieerde periode) duidelijk beter. Wel liggen de scores over het algemeen iets lager dan bij verificatie tegen het landelijk gemiddelde.

Discussie en conclusies

Uit de verificatie tegen de waarnemingen in De Bilt blijkt dat de dag 1 verwachting voor de neerslagkans van het KNMI, in de periode 2007/2008, beter scoorde dan de verwachting van WNI voor dezelfde locatie en periode. Kijken we daarbij naar de betrouwbaarheid van de verwachtingen dan zien we dat beide providers hetzelfde patroon vertonen, overschatting van de kans bij lage kansen en onderschatting van de kans bij hoge kansen. Bij de spreiding zien we heel duidelijke verschillen, de verwachtingen van het KNMI tenderen veel meer naar de uiteinden van de schaal 10% en 90% dan de verwachtingen van WNI. Als we dit combineren met het feit dat bij WNI bij P=0,8 de onderschatting heel groot is dan kunnen we concluderen dat met name WNI de verwachtingen veel meer naar de klimatologie trekt dan nodig is.

De neiging tot overschatten bij lage kansen en onderschatten bij hoge kansen wordt mogelijk ook ingegeven door de gewoonte dat de verwachte kansen in tientallen procenten worden geformuleerd. De kansen 0% en 100% worden daarbij terecht vermeden. Deze gewoonte stamt uit de begintijd van de kansverwachtingen. Destijds kwamen ook verwachtingen als 10% en 90% veel minder voor, zie het spreidingsdiagram voor 72-76. Dit pleit er voor om deze gewoonte te gaan verlaten. Wil men zich daarbij beperken tot een beperkt aantal uitspraken dan kan men beter kiezen voor de reeks 5%, 15%, tot en met 95%. De historische betrouwbaarheidsdiagrammen (figuur 3a) geven duidelijk aan dat een hoge graad van betrouwbaarheid mogelijk is.

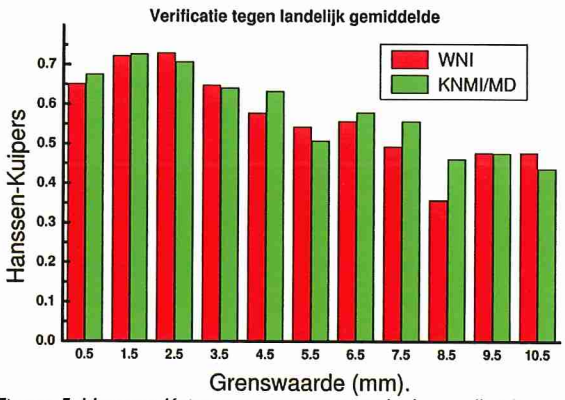
Uit figuur 4 blijkt dat WNI voor alle locaties slechter scoorde dan het KNMI. Tevens blijkt uit die figuur dat één kansuitspraak voor heel Nederland tot een redelijke score leidt. De locatie Den Helder (De Kooij) wijkt relatief veel af maar blijft toch nog binnen aanvaardbare grenzen. Daarbij moeten we wel opmerken dat de WNI-verwachting bedoeld is voor Midden Nederland en dus feitelijk niet daarbuiten gebruikt mag worden.
Als we de trend in de Brier Score die we in de historische data zien, doortrekken naar het heden (extrapolatie over 18 jaar) dan zien we dat de huidige resultaten daar aardig in passen. Mogelijk zitten we dus nog steeds in dezelfde trend maar de volgende jaren moeten daarover meer helderheid verschaffen.

Bij de verificatie van verwachtingen voor de neerslaghoeveelheid zien we veel minder verschil tussen beide providers. Uit figuur 5 blijkt dat ook bij hoge neerslagsommen de verwachtingen nog skill vertonen. Het optimum in onderscheidend vermogen ligt bij beide providers bij ongeveer 2,5 mm neerslag.

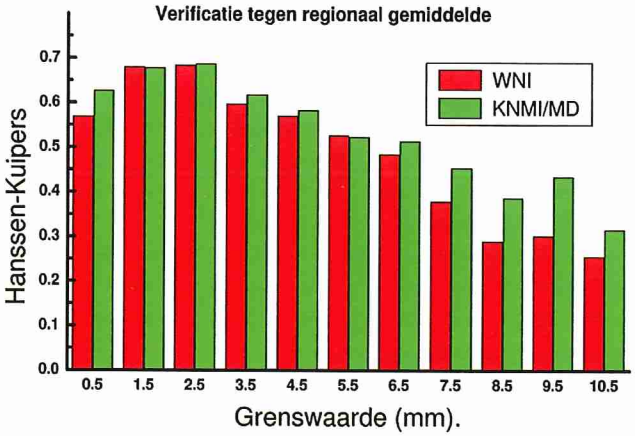
Mijn dank gaat uit naar de Hoofddirecteur van het KNMI voor zijn toestemming om de historische verificatiebestanden te mogen gebruiken voor deze studie. Verder heb ik dankbaar gebruik gemaakt van de bestanden met daggegevens die de Klimatologische Dienst van het KNMI, via internet, beschikbaar stelt. Aanvankelijk waren deze daggegevens slechts voor 10 locaties beschikbaar. Begin dit jaar is het aantal locaties aanzienlijk uitgebreid tot 32 locaties. De verificatie van de neerslaghoeveelheden werd daarom opnieuw uitgevoerd.
Op de website seijo.nl is meer en recentere informatie te vinden met betrekking tot deze en voorgaande verificatiestudies.
Ik ben Kees Kok dankbaar voor zijn commentaar op een eerste versie van dit verhaal.

Literatuur

Daan, H., 1993: Verificatie weersverwachtingen, Technische rapporten KNMI, TR-159, De Bilt.
Wilks, D.S., 1995: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Academic Press, 1995.
UK Met. Office, 2008: http://www.metoffice.gov.uk/corporate/verification/city.html



Figuur 5. Hanssen-Kuipers score voor neerslaghoeveelheidverwachtingen, geverifieerd tegen het landelijk gemiddelde, voor grensniveaus variërend van 0,5mm tot 10,5 mm.



Figuur 6. Als figuur 5 maar nu geverifieerd tegen het regio gemiddelde voor Midden-Nederland.

Mooie zomers

COR SCHUURMANS (VOORHEEN KNMI/IMAU)

De zomers van 2003 en 2006 waren in ons land erkend mooie zomers. Wanneer komt de volgende? Pas na 2012?

Inleiding

In het maartnummer 2008 van Meteorologica schreef ik een stukje onder de titel Mooier weer? Het ging over het toegenomen aantal mooiweer-dagen in ons land als gevolg van de gestegen temperaturen. Een mooiweer-dag werd gedefinieerd als een dag met warm (Above), droog (Dry) en zonnig (Sunny) weer, volgens objectieve klimatologische normen. Vastgesteld werd dat het aantal ADS-dagen per jaar in Nederland (De Bilt) is toegenomen van gemiddeld 36 (1881-1970) tot 50 in de periode 1988-2007. Omdat ADS-dagen vooral in de zomer voorkomen kan het aantal gebruikt worden als zomerindex. Slechte zomers (juni, juli, augustus) kennen nauwelijks ADS-dagen (namelijk slechts 1 in de zomers van 1907, 1918 en 1962) terwijl een superzomer als 1947 er 51 telt. Gemiddeld heeft een zomer er tussen de 10-20 en bij 25 of meer kunnen we gerust van een mooie zomer spreken. Aldus gedefinieerd nam de kans op een mooie zomer toe van 15,6% in de periode 1881-1970 tot 26,3 in de periode 1971-2008.

In bovengenoemd artikel werd het verschijnsel ter sprake gebracht dat in West Europa de zomers van de oneven jaren gemiddeld meer zomerweer (en dus meer ADS- dagen) opleveren dan de zomers van de even jaren. Over dit verschijnsel werd in de jaren zestig van de vorige eeuw veel geschreven, vooral door Engelse meteorologen. Op basis van het aantal ADS-dagen per zomer was deze wetmatigheid ook aan te tonen voor Nederland. In de periode 1881-1970 bedroeg het verschil (oneven-even) te De Bilt gemiddeld 4 dagen (Schuurmans, 1975). Uit mijn vervolgonderzoek bleek de oneven/even-regel voor de recente periode van 1971-2006 nog steeds op te gaan (Schuurmans, 2008). De verklaring van dit verschijnsel werd destijds vooral gezocht in de QBO (Quasi Biennial Oscillation) van de wind in de stratosfeer in de tropen, maar voor zover ik weet is een overtuigende relatie nooit aangetoond. Omdat de periode van de QBO gemiddeld 28 maanden bedraagt zou de oneven/even- regel natuurlijk ook al snel mis moeten gaan. Een mogelijk betere verklaring, mij vorig jaar aan de hand gedaan door Huug van den Dool, is daarom de Tropospheric Biennial Oscillation (TBO), een exact 2-jarige schommeling in de Stille en Indische Oceaan, die mogelijk via teleconnecties invloed op ons gebied zou kunnen uitoefenen (Meehl, 1997).

Verder onderzoek

Verder onderzoek aan de mooie zomers (in De Bilt tenminste 25 ADS-dagen) heeft mijn aandacht gevestigd op nog een andere factor, namelijk de fase van de 11-jarige activiteitscyclus van de zon. Het was me opgevallen dat van de 24 mooie zomers (voor jaartallen zie Schuurmans, 2008, p.28) er meer voorkomen in de buurt van het minimum dan van het maximum van de zonnecyclus. Het idee dat de fase van de bekende 11-jarige zonnevlekkencyclus invloed zou kunnen hebben op het weer is niet nieuw. In de literatuur zijn meerdere artikelen te vinden die hierop wijzen (Roczniк, 1973; Lawrence, 1996). Ook een van de vroeger nogal bekende Baur-regels voor lange-termijn weersverwachtingen ging uit van de fase van de zonnevlekkencyclus: twee jaar voor het minimum van de 11-jarige cyclus zou de kans op een droge zomer in West-Europa het grootst zijn.
Mijn meer systematisch onderzoek liet zien dat het vooral de dalende tak (D) van de 11-jarige cyclus is die mooie zomers oplevert. In de stijgende tak (S) zijn mooie zomers zeldzaam, zoals Tabel 1 laat zien.

De stijgende tak is hier gedefinieerd als het eerste jaar na het minimum tot en met het maximum. De dalende tak als het eerste jaar na het maximum tot en met het minimum. Als minimum heb ik genomen de twee laagste jaargemiddelden van de zonnevlekkengetallen in opeenvolgende jaren. Als maximum de twee hoogste, soms drie, als tussen de twee hoogste een dip optreedt (bron: Hoyt and Schatten, 1997).

Mooie zomers, in totaal tenminste 25 ADS-dagen in de maanden juni, juli en augustus, vinden we dus vooral in de dalende tak van de 11-jarige cyclus. Dit verschijnsel doet zich voor in beide tijdvakken van zes zonnecycli. De reeks van ADS-dagen voor De Bilt begint pas in 1881 en zonnecyclus no. 12 was toen al een aantal jaren oud. De zes cycli 12 t/m 17, tellen daarom minder jaren dan de volgende 6 cycli.

Allereerst heb ik me afgevraagd of het verband niet door het toeval ontstaat omdat de dalende tak meer jaren en dus ook meer oneven jaren telt dan de stijgende tak. Maar dat kan het grote verschil niet verklaren, zeker niet als percentage. Het lijkt er op dat het zonne-effect een afzonderlijke factor is, naast de biennial cycle.

Hoe een en ander werkt is allerminst duidelijk. Uit stralingsmetingen met satellieten is bekend dat gedurende de stijgende tak van de zonnecyclus de zonnestraling iets toeneemt (orde 0,1 %) en tijdens de dalende tak weer afneemt. Is die kleine stralingstoename voldoende om de oceanen extra op te warmen, die vervolgens met enkele jaren vertraging bij ons voor mooie zomers zorgen? Of zijn er andere activiteitsverschijnselen in het spel die een directe invloed hebben: ongunstig zolang de activiteit toeneemt, gunstig wanneer deze afneemt?

Conclusies

Ook al weten we niet hoe het werkt, Tabel 2 laat zien dat de waargenomen verschillen tussen de stijgende en dalende tak van de 11-jarige cyclus even markant zijn als die tussen even en oneven jaren.

De matrices voor de afzonderlijke peri-

Tabel 1. Aantal mooie zomers n per N jaar in de stijgende (S) en dalende tak (D) van de 11 jarige zonnecyclus.

Tijdvak	1881- 2007	1881- 1934	1935-2007
Zonnecycli	12 t/m 23	12 t/m 17	18 t/m 23
S (n/N)	6/56 (11%)	2/25 (8%)	4/31 (13%)
D (n/N)	18/71 (25%)	9/29 (31%)	9/42 (21%)

Tabel 2. Aantal mooie zomers (n) te De Bilt per N jaar in de stijgende (S) en dalende tak (D) van de 11-jarige zonnecyclus in even (E) en oneven (O) jaren. Periode 1881- 2008.

	E	O
S	n = 2 N = 29 6.9%	n = 4 N = 27 14.8%
D	n = 5 N = 35 14.3%	n = 13 N = 37 35.1%

oden 1881-1970 en 1971-2008 vertonen hetzelfde beeld: verreweg de grootste kans op een mooie zomer bestaat in oneven jaren van de dalende tak van de zonnecyclus, de kleinste in de even jaren van de stijgende tak en de klassen (O,S) en (E,D) liggen daar tussenin en ontlopen elkaar niet veel. Wel zijn ze beide lager dan de 18,5 % die je klimatologisch krijgt over de hele periode 1881-2008.

Vooruitzichten

Dit jaar 2009 bevinden we ons vermoedelijk aan het begin van de stijgende tak van de nieuwe 11-jarige zonnecyclus (no.24). De stijgende tak duurt gemiddeld slechts 3-4 jaar. Afgaande op het verleden (zie Tabel 2) zijn de vooruitzichten op een mooie zomer (25 of meer ADS-dagen in De Bilt) op korte termijn dus tamelijk ongunstig. Een voortzetting van de warme trend zou de vooruitzichten kunnen verbeteren. Toch lijkt het niet onwaarschijnlijk dat we voor de volgende mooie zomer moeten wachten tot na 2012.

Naschrift

Ongeveer de helft van de mooie zomers heeft een of meer hittegolven. Op grond van het bovenstaande verbaast het dus niet dat voor hittegolven in De Bilt hetzelfde geldt als voor de mooie zomers. Uit de lijst van hittegolven sinds 1901 (KNMI, 2008) blijkt namelijk dat de kans op tenminste één hittegolf in de jaren van de dalende tak van de 11-jarige cyclus 52% bedraagt, tegen 21% in de jaren van de stijgende tak. De 31 jaren sinds 1901 met een of meer hittegolven vertonen overigens geen voorkeur voor even of oneven jaren.

Dank aan Huug van den Dool voor verbeteringen in de tekst en voor de (nog niet afgeronde) discussie over dit onderwerp.

Literatuur en bronnen

Hoyt, D.V. and K.H.Schatten, 1997: The role of the sun in climate change, Oxford Univ. Press (Appendix 2).
KNMI, 2008: Hittegolven sinds 1901 (www.knmi.klimatologie/lijsten/hittegolven.html)
Lawrence, E.Norman, 1996: A weather eye on the sunspots, *New Scientist*, **2044,** 24 August 1996.
Meehl, G.A., 1997: The South Asian monsoon and the tropospheric biennial oscillation (TBO). *J. Climate*, **10**, 1921 – 1943.
Rocznik, K., 1973: Sonnenaktivitat und Jahreszeiten-Witterung in Mitteleuropa, *Meteorol. Rundschau*, **26**, 129- 132.
Schuurmans, C., 2008: Mooier weer?, *Meteorologica*, **17**, nr. 1, 27- 29.

Vloedmelder

HUUG VAN DEN DOOL

In 1970 wist ik van niets. Professor Schmidt had vanwege mijn klaarblijkelijke onhandigheid besloten dat ik ongeschikt was voor experimenteel werk. Dat sloot mijn deur naar de fysische meteorologie. Deze student moest dan maar dynamische meteorologie gaan doen! Het IMOU had overigens een heel behoorlijk laboratorium voor experimenteel werk, gesitueerd in de kelder van de Universiteitswerkplaats, en menig student werkte daar een poosje. Het werd gerund door Jeroen van der Hage, een geboren experimentator die ondanks een budget van niets allerlei apparatuur maakte of bijeenscharrelde, vaak uit andermans afval. Schmidt zelf had een grote en toch afstandelijke interesse in 'het experiment'; ik kan mij niet herinneren dat hij ooit de soldeerbout ter hand nam. In de studiegids stond dat ik ook als dynamicus een maand fysische meteorologie moest doen. Een tweede kans om mijn ongeschiktheid te bewijzen!

In die tijd heerste er op het IMOU meestal een sociale atmosfeer. Als er in Utrecht een stadsklimaat-campagne werd gehouden hielp iedereen een handje mee: zelfs de secretaresse, de rekenaar, bijvakkers met hoofdvak chemie, geografen en ik. Dat hield in dat ik bijvoorbeeld wel eens een eindje met de door het Utrechts Nieuwsblad gefinancierde Weerbus reed of ergens een ochtend een apparaat mocht "bemannen", dat wil zeggen, ik moest het publiek op afstand houden, vriendelijk uitleggen wat we deden en er voor zorgen dat de apparatuur waar ik niet veel van wist bleef werken. We maten wind rond gebouwen in de Uithof, en gingen naar het strand om metingen te doen met apparaatjes die aan een vlieger hingen. Het telde niet voor mijn doctoraal, maar het was leuk.

Mijn fysisch practicum diende zich zodoende vanzelf aan. Van der Hage had altijd een stroom ideeën en plannen. Hij had gelezen dat bij de branding een ladingsscheiding optreedt tussen grote en kleine zeewaterdruppeltjes. Aangezien de grote druppels eerder terugvallen is er een netto elektrische stroom van de aarde naar de atmosfeer. Dit kan van belang zijn want het elektrische veld rond de aarde, dat bij mooi weer langzaam weglekt, wordt door onweersbuien in stand gehouden, althans volgens de gangbare mening, maar wie weet speelden andere processen een rol, bijvoorbeeld de branding die overal ter wereld dag en nacht werkt. Jeroen had bedacht dat we dit konden meten aan zee als de wind de kleine geladen druppels wegvoert en er via inductie een effect op het aardmagnetisch veld ter plaatse zou zijn. Dit idee was voorgelegd aan de Professoren Schmidt en Veldkamp; zij hadden een en ander bestudeerd en goedgekeurd hoewel Schmidt bij een voorbespreking waarschuwde: "Begin er toch niet aan Van der Hage, atmosferische elektriciteit is een uitvinding van de duivel". De metingen aan zee zouden achteraf met die van het magnetisch station Witteveen in Drenthe moeten worden vergeleken. Het kwam er op neer dat Van der Hage mensen zocht die enkele weken op het strand van Terschelling wilden bivakkeren om deze metingen mogelijk te maken. Nou dat leek me wel wat! Dit was MIJN fysisch meteorologisch practicum.

Ik ben een keer of drie naar Terschelling gereisd, met de trein, of met de Weerbus. Weliswaar niet het buitenland, maar het kostte een halve dag, inclusief een mooie boottocht met rederij Doeksen van Harlingen naar West Terschelling. In het voorjaar van 1970 gingen we een weekend met een heel stel, zoals ook op de foto te zien is. Deze trip was bedoeld om apparatuur uit te proberen, de zaak te verkennen en een goeie plek te vinden. Die plek vonden we bij 'paal 20'. Dat was voorbij het laatste dorp (Oosterend), aan de westgrens van de Bosplaat. Hoe minder publiek hoe beter. Bovendien was er bij paal 20 een biologisch station (Schellingerland, bestaat niet meer) waar we onze basis hadden; er was ook een telefoon voor contact met de buitenwereld. Van der Hage regelde de vergunningen en alles was klaar voor de meetcampagne van een maand in juli.

We groeven de "compensatiemeter" in het zand, en stelden wat eenvoudige meteorologische apparatuur op.

Het onderhoud aan de zelfregistrerende apparatuur was goed te overzien. Wij zagen het aardmagnetisch veld mooie bokkensprongen maken, niet zelden als de zeewind inzette, zodat zich een groot enthousiasme van ons meester maakte: het effect was meetbaar! Het bleef noodzakelijk om de apparatuur continu te bemannen. Zelfs bij paal 20 verschijnt namelijk publiek dat op afstand moet worden gehouden. Omdat je af en toe weg moet (eten, winkelen, het toilet enz) hadden we continu twee man nodig. We sliepen en huisden in een flinke tent op het strand; er was een huiskamer en twee slaapkamertjes. Om de tent heen hadden we een soort fort gebouwd dat onderhoud vergde. Met nieuw hout, touw en plastic dat dagelijks aanspoelde werd het fort een kleine nederzetting waarin we enige beschutting hadden tegen de wind en het zand. Het leven was eenvoudig. Een bad kon je in zee nemen. Ik hoefde mijn haar niet te kammen want dat bleek na drie dagen onmogelijk vanwege zand en zout. We aten cornflakes met melk. Van der Hage had een methode om koffie-extract te maken. Een beetje warm water erbij, we hadden een primus in de tent, en klaar is Kees. Veeleisend waren we niet.

Zo af en toe gingen we door de duinen naar het biologisch station, om wat op te halen of om iets warms te kokkerellen als avondmaaltijd. Hier hadden we ook menselijk contact. De Weerbus op de parkeerplaats riep sowieso vragen op. Het had daar veel weg van een studentenclub, een jeugdherberg of het leger, dat wil zeggen veel overmoedige praat, en flink drinken. "Vieze" plaatjes werden rondgedeeld. Het verhaal over de unieke veenbes (cranberry), kracht bijgezet door flinke teugen van deszelfs jenever, staat mij eeuwig bij. Het waren de jaren van revolutionaire discussies waar niemand voor iemand wilde onderdoen; het establishment moest er aan. De milieubeweging radicaliseerde. De stationsbaas, ene George Visser, moest alles in goede banen zien te leiden met dit volkje en dat lukte. Enigszins onder invloed, en bijgelicht door de sterren, vonden we 's avonds struikelend onze weg terug naar de tent op het strand. De biologen kwamen ook bij ons op bezoek, om een groot vuur op het strand te maken of om 's nachts te gaan zwemmen; nooit eerder had ik beestjes in zeewater zien oplichten als ik molenwiekend rondzwom. Het is een feest om drie weken aan het strand te zitten.

Maar niet iedereen stelde onze aanwezigheid op prijs. Het strandjuttersgilde had besloten dat men geen pottenkijkers wilde. Op een nacht om 2 uur verscheen een groep bebaarde woestelingen met zuidwesters bij onze tent. Er werd geschreeuwd dat als we niet in 10 minuten de boel hadden ingepakt en afgevoerd de heren de hele boel met genoegen kort en klein zouden slaan. Ik was, lichtslaper, als eerste op; in mijn slaapdronkenheid wist ik echter totaal niet wat te doen. Gelukkig waren we met zijn tweeën en de inderhaast wakker geporde gezondslaper Van der Hage is een eindje met de heren gaan wandelen om ze tot inkeer te brengen. Dat lukte nog ook. Ja de vele offers voor wetenschappelijk werk zijn niet alom bekend.

Ook moeder natuur heeft zo haar eigen ideeën. Het klinkt leuk om een maand op het strand te zitten, maar dan zijn er de elementen. Eenmaal zaten we 's ochtends vroeg in een spectaculaire donderbui die niet wegtrok. De bliksem sloeg links en rechts in. Waren we in levensgevaar in onze tent? Hadden wij met Schmidt's duivel van doen? Op de knetterende tonen (transistorradio) van "God only knows" van de Beach Boys deden wij een vergelijkende studie met betrekking tot onze overlevingskansen door a) te blijven waar we waren, en b) naar het biologisch station hollen. We zijn besluiteloos blijven zitten. Daarnaast hadden we sterk variërend hoogwater en wat te doen als onze bedoening onder zou lopen? Dat moest, hoe dan ook, niet gebeuren! Ik raakte aangestoken door het uitvindvirus van Van der Hage en het mocht in de beste IMOU traditie niets kosten. Ik plaatste een uit zee aangespoelde loodzware plank evenwijdig aan de vloedlijn. De plank hield met een touw een wasknijper op afstand open. De wasknijper had twee metalen contacten die met draden naar een alarmbel liepen. Mocht het water de plank optillen en in onze richting stuwen, dan zou de wasknijper dichtgaan, een circuit kortsluiten en zou de alarmbel ons waarschuwen. De bel is inderdaad een keer afgegaan, maar ik heb geen octrooi aangevraagd voor deze uitvinding.

Na drie weken werd het zeer onstuimig weer. Dagenlang stond er minstens krachtige wind en begon het zand horizontaal ons fort binnen te dringen, en trouwens ook mijn bilnaad. Met stormachtige vooruitzichten en na overleg met Van der Hage in Utrecht (hij was afgelost door Piet Jonker) hebben we toen permissie gekregen de boel af te breken en het experiment eerder te beëindigen. Drie weken zou wel genoeg zijn hoopten we maar.

Een maand later moest ik onze stroken met die van Witteveen vergelijken. Ze zagen er onheilspellend gelijk uit. Alleen was de verhouding van de x en y-as niet hetzelfde, zodat we de stroken niet over elkaar konden leggen om het verschil te meten. In Trans I had men een mechanisch apparaat waardoor men via het traceren van de ene grafiek een andere aspect ratio kon verkrijgen op een ander stuk papier. Dat werd mijn laatste opdracht. Ik was hiermee nog maar nauwelijks begonnen toen Van der Hage ineens binnen kwam hollen en zei dat het project over was, en dat ik subiet op moest houden. De alarmerende gelijkenis van het aardmagnetisch veld in Witteveen en Terschelling had hem gedwongen nog eens diep na te denken over de orde van grootte van het effect dat we wilden meten. Alles narekenend was hij tot de slotsom gekomen dat we ons enkele nulletjes hadden vergist door

Tafereel op het strand van Terschelling, voorjaar 1970. Bij deze eerste trip waren aanwezig v.l.n.r. Kees Floor (liggend half zichtbaar), Huug van den Dool, Louk Conrads, Jeroen van der Hage en de onzichtbare fotograaf Jan Wasserman. Ook Piet Jonker was langdurig van de partij. Men kan aan de krat Heineken (links) en het wijnkruikje zien dat spirituele zaken niet werden verwaarloosd.

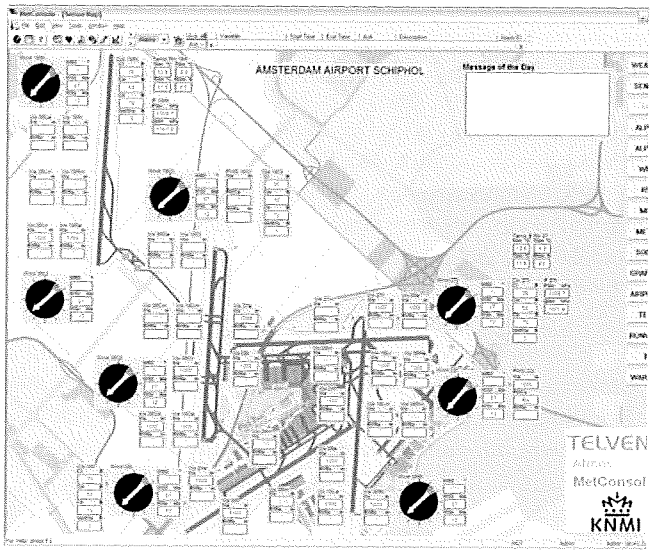
TELVENT
Almos

Telvent Almos biedt sinds 1986 wereldwijd meteorologische oplossingen.

Van het brede product portfolio, onder de naam **METWORX®**, is door Telvent Almos o.a. het volgende geleverd:

- **Automated Weather Stations (AWS)-Networks** (Nationale meetnetten):
  Australië (BOM), Nederland (KNMI), Zwitserland (MeteoSwiss), Kuwait, Brunei;
- **Automated Weather Observation System (AWOS)**:
  Nederland (16 vliegvelden, incl. Schiphol Airport), België (18 vliegvelden, incl. Brussel), Hongarije, Peru, Kosovo, Zambia, Namibië, Spanje;
- **Automated Terminal Information Service (ATIS)**:
  België (3 vliegvelden, incl. Brussel D-ATIS), Iran (10 vliegvelden), Hongarije, Zuid-Africa (3 vliegvelden), Barbados, Namibië;
- **Low Level Windshear Alert System (LLWAS)**:
  Taiwan (2 vliegvelden), Kuwait International Airport, Spanje (2 vliegvelden);
- **Runway Visual Range (RVR) sensor** (Transmissometer):
  Hungary (Budapest), Kosovo (Prishtina), Kroatië (Zagreb), UK;
- **World Area Forecast System (WAFS) -SADIS/ISCS**:
  Korea (Inchon en Kimpo), Hongarije (Budapest), Kosovo (Prishtina), Kroatië (Zagreb);
- **Forecaster Workstations**: Koninklijke Luchtmacht, Belgische Luchtmacht;
- **Meteorological Switching Systems**:
  Koninklijke Luchtmacht, Belgische Luchtmach Italiaanse CAA.

Met het modulaire softwarepakket van Telvent Almos , **METCONSOLE®**, is het mogelijk alle producten in één systeem te integreren en te presenteren:



Contact gegevens:
Telvent Netherlands B.V.
Landzichtweg 7, 4105 DP, Culemborg
Tel: +31 (0) 345 544 080
Fax: +31 (0) 345 544 099
Internet: www.telvent.com

TELVENT The Global RealTime IT Company

een verwarring in het eenhedenstelsel. Ik heb zelden zo onthutst opgekeken in mijn toen nog prille bestaan, maar mijn lijden was niets vergeleken bij de ontgoocheling van Van der Hage zelf; ontslag op staande voet leek hem de nog wel meest redelijke behandeling. Dat is gelukkig niet gebeurd, wellicht omdat de broodheren deze fout toch ook zelf hadden moeten vinden.
Ik geef het idee van de vloedmelder gratis door aan hen die deze metingen nog eens over willen doen, maar nu tien tot de tiende keer zo nauwkeurig. Ik geef niet op. Het bestaat niet dat het effect niet bestaat. De aantekening 'bevredigend' op de studiekaart heb ik toch niet voor niets gekregen?

Met dank aan Jeroen van der Hage voor enkele correcties en suggesties.

Het ééngraadoppervlak (EGO) als ecologische voetafdruk voor klimaatverandering

PETER SIEGMUND (KNMI)

Klimaatverandering door het versterkte broeikaseffect is voor veel mensen een abstract begrip. Om het meer concreet te maken, introduceren we het ééngraadoppervlak, afgekort EGO. De opwarming door de uitstoot van een bepaalde hoeveelheid CO_2 kun je in gedachten concentreren tot een gebied ter grootte van het EGO, waarvan het oppervlak zodanig is dat de opwarming erbinnen één graad Celsius bedraagt en erbuiten nul. Het EGO kun je zien als een ecologische voetafdruk voor klimaatverandering. De dagelijkse CO_2-uitstoot door de gemiddelde Nederlander geeft een EGO van ongeveer 10 m^2.

Voor velen is de klimaatverandering als gevolg van het versterkte broeikaseffect een abstract begrip. De jaarlijkse temperatuurstijging waar het om gaat bedraagt slechts enkele honderdsten van een graad en de bijdrage van één mens hieraan is nog een paar miljard keer zo klein. De gedachte dat je in je eentje op z'n best het elfde cijfer achter de komma van de jaarlijkse temperatuurstijging kunt beïnvloeden, zal niet iedereen stimuleren om zuinig te zijn met energie. Om de individuele bijdrage aan de temperatuurstijging minder abstract en meer 'voelbaar' te maken, is er behoefte aan een maat die deze bijdrage op een meer aansprekende wijze kwantificeert. Een dergelijke maat is het ééngraadoppervlak, afgekort EGO. Bij deze maat wordt de wereldwijde temperatuurstijging die het gevolg is van de uitstoot van een bepaalde portie broeikasgassen in gedachten geconcentreerd op een oppervlak ter grootte van het EGO, waarvan het oppervlak zodanig is dat de opwarming erbinnen één graad Celsius bedraagt en erbuiten nul. Dit EGO is het product van het oppervlak van de aarde (5.1×10^{14} m^2) en de wereldgemiddelde temperatuurstijging die het gevolg is van deze uitstoot.

Enkele voorbeelden. In de periode 1995-2005 steeg de CO_2-concentratie met 19 ppmv (ppmv = volumeconcentratie in delen per miljoen), waardoor de stralingsforcering toenam met 0.28 Wm^{-2} (IPCC, 2007). De stralingsforcering is de verandering in de sterkte van de netto neerwaartse straling (langgolvig plus kortgolvig) op de hoogte van de tropopauze, als gevolg van een verandering van, in dit geval, de CO_2-concentratie. De klimaatgevoeligheid bedraagt ongeveer 0.75 °C/Wm^{-2} (Soden and Held, 2006), zodat deze stralingsforcering correspondeert met een wereldgemiddelde temperatuurstijging van 0.21°C. De Nederlandse CO_2-uitstoot is 0.6% van de totale uitstoot. Uitgaande van 16 miljoen Nederlanders, volgt hieruit voor de dagelijkse CO_2-uitstoot per persoon een EGO van ruim 10 m^2. De gemiddelde dagelijkse CO_2-uitstoot per Nederlander veroorzaakt dus een opwarming die overeenkomt met 1°C in een gebied van 10 m^2. Dit getal zal velen meer tot de verbeelding spreken dan de corresponderende wereldgemiddelde temperatuurstijging, die slechts 2×10^{-14} °C bedraagt. De EGO's van een liter benzine en van een kilowattuur uit aardolie verkregen elektrische energie zijn respectievelijk ongeveer 1 m^2 en 0.1 m^2. Hierbij is verondersteld dat de helft van de CO_2-uitstoot in de atmosfeer blijft en de andere helft wordt opgenomen door de oceanen en de biosfeer. Voor gegevens over de CO_2-uitstoot van verschillende energiedragers zie: Hermans (2008).

Het EGO lijkt enigszins op de ecologische voetafdruk, die weergeeft hoeveel biologisch productieve grond- en wateroppervlakte een persoon gebruikt om zijn consumptieniveau te kunnen handhaven en zijn afvalproductie te kunnen verwerken. Bij beide begrippen wordt het menselijk gedrag immers gekwantificeerd met een aansprekende oppervlaktemaat. Er is echter ook een belangrijk verschil. De ecologische voetafdruk is een vast oppervlak dat elk jaar weer opnieuw gebruikt kan worden, terwijl de EGO's van afzonderlijke jaren bij elkaar moeten worden opgeteld om het EGO van de totale periode te krijgen.

Natuurlijk zitten er onzekerheden in de grootte van het EGO. Om te beginnen is de klimaatgevoeligheid niet precies bekend. Hetzelfde geldt, in mindere mate, voor de stralingsforcering. Daarnaast hangt bij CO_2 de stralingsforcering niet lineair maar logaritmisch af van de concentratie, waardoor het EGO van een portie CO_2 kleiner is naarmate de CO_2-concentratie groter is. Dat neemt niet weg dat het EGO het klimaateffect van het individuele energiegebruik op een aansprekende wijze kwantificeert. Een bijkomend voordeel is dat enkele karakteristieke waarden van het EGO ronde getallen zijn: 10 m^2 voor de gemiddelde dagelijkse CO_2-uitstoot per Nederlander, 1 m^2 voor een liter benzine en 0.1 m^2 voor een kilowattuur elektriciteit uit aardolie. Tenslotte merken we op dat het EGO van het zetten van een kopje thee ongeveer gelijk is aan de doorsnede van het theekopje.

Literatuur

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 996 pp.
Soden, B. J., and I. M. Held, 2006: An assessment of climate feedbacks in coupled ocean-atmosphere models, *Journal of Climate*, **19**, 3354-3360.
Hermans, J., 2008: Energie Survival Gids, BetaText v.o.f., 192 pp.

Fouten in de representatie van straling in klimaatmodellen

Aarnout van Delden (IMAU)

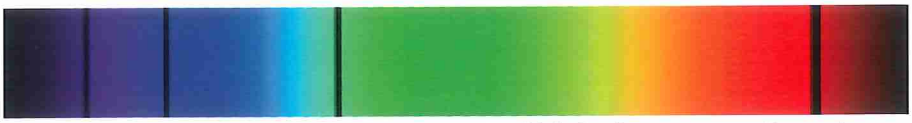
Klimaatmodellen zijn vrij goed in staat om de waargenomen temperatuurverdeling in de atmosfeer te reproduceren. Dit lijkt een grote verdienste, maar is het eigenlijk niet. Vooral de stralingsschema's in deze modellen zijn in hoge mate geijkt aan de hand van de waargenomen temperatuurverdeling. Klimaatmodellen zijn in staat het waargenomen temperatuurverloop nabij het aardoppervlak over de laatste eeuw vrij nauwkeurig te reproduceren. De relatief lage wereldgemiddelde temperatuur in de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw kan daarmee verklaard worden als een effect van toegenomen reflectie van zonnestraling door een vuilere atmosfeer. Sinds de jaren zeventig is de atmosfeer op veel plaatsen geleidelijk schoner geworden, waardoor meer zonnestraling het aardoppervlak bereikt. De temperatuurstijging nabij het aardoppervlak, die daar mede het gevolg van is, wordt goed berekend door de klimaatmodellen.

Het vertrouwen in klimaatmodellen is groot. Daarom is in de afgelopen 10 jaar de behoefte ontstaan om deze modellen te gebruiken voor studies naar het klimaat uit het verre verleden (Heinemann, 2009). Er is een grote interesse in het extreme broeikasklimaat van het zogenaamde PETM (Paleoceen-Eoceen temperatuurmaximum), 55 tot 56 miljoen jaar geleden. De samenstelling van de atmosfeer was toen heel anders dan nu. Kooldioxideconcentraties in die tijd worden door Pearson en Palmer (2000) geschat op ongeveer 3000 ppm; de huidige concentratie is bijna 400 ppm (zie ook Zachos et al., 2008). Boven de Noordpool en omgeving heerste in die tijd een bijna subtropisch klimaat. Geologen hebben geconcludeerd dat de jaargemiddelde temperatuur rond de Noordpool boven de 20°C moet hebben gelegen. Binnen de poolcirkel op het noordelijk halfrond groeide loofbos (figuur 1). Tegelijkertijd was het bij de evenaar maar ietsjes warmer dan nu. Het temperatuurverschil tussen de Noordpool en de tropen was daarom veel kleiner dan nu het geval is. Wetenschappers tasten nog steeds in het duister bij het zoeken naar de verklaring hiervoor (Abbota en Tziperman, 2008). De klimaatmodellen kunnen het geringe temperatuurcontrast niet reproduceren, ook al wordt de CO_2 concentratie in het model vertienvoudigd ten opzichte van de huidige waarde.

Met dit soort experimenten worden de modellen echter flink op de proef gesteld. Het is de vraag of klimaatmodellen de extreme toestand van het PETM aan kunnen. Een recente studie van Goldblatt, Lenton en Watson (2009) laat zien dat dit waarschijnlijk niet het geval is omdat de stralingscodes in deze modellen grote fouten bevatten als ze worden toegepast op situaties waarbij de samenstelling van de atmosfeer heel anders is dan de samenstelling waarop ze geijkt zijn. Absorptie en emissie van straling door zogenaamde "broeikasgassen" in de atmosfeer, zoals waterdamp, kooldioxide en wolken, is sterk afhankelijk van de golflengte van de straling. Broeikasgassen emitteren en absorberen straling in soms zeer kleine golflengte-intervallen (figuur 2). Voor een nauwkeurige berekening van de absorptie en emissie van straling in de atmosfeer is het nodig om het spectrum op te splitsen in minstens 1000 intervallen. Dit leidt tot een zeer rekenintensieve code. De snelste computers zijn niet snel genoeg om deze code toe te passen in een klimaatmodel. Daarom heeft men voor toepassing in klimaatmodellen sterk versimpelde stralingscodes ontwikkeld, waarbij het langgolvige spectrum slechts in hooguit 10 zogenaamde absorptiebanden wordt onderverdeeld. Voor elke band wordt een interval-gemiddelde van een experimenteel bepaalde golflengte-afhankelijke absorptiecoëfficiënt gebruikt. Deze absorptiecoëfficiënten zijn echter niet alleen een functie van de golflengte van de straling maar ook een functie van de temperatuur en de druk. De vraag is of de gebruikte waarden van de absorptiecoëfficiënten wel van toepassing zijn op de omstandigheden van het PETM. Voor wie meer wil weten over dit onderwerp,

Figuur 1. Het Arctische landschap 55 miljoen jaar geleden?

is het aanstaande boek van Raymond Pierrehumbert zeer aan te raden. Een eerste bijna complete versie van dit boek is via de website van de auteur te downloaden (zie de referentielijst).



Figuur 2. Het zichtbare deel van het zonnespectrum. Rood licht heeft een grotere golflengte dan blauw licht. De zwarte lijnen zijn zogenaamde absorptielijnen.

Goldblatt et al., (2009) hebben de 9-bandige langgolvige stralingsmodule van het Hadley Centre (UK Met. Office) klimaatmodel vergeleken met het meest nauwkeurige stralingsmodel waarin alle mogelijke spectrale "absorptielijnen" van zoveel mogelijk broeikasgassen worden opgelost. De CO_2-concentratie is opgeschroefd tot ver boven de huidige concentraties. Tot een concentratie van 1000 ppm doet het klimaatmodel het schijnbaar goed. Echter, dit is slechts schijn, want een nadere bestudering van het stralingsbudget laat zien dat de fouten in, respectievelijk, de opwaartse en neerwaartse stralingsfluxen relatief groot zijn en elkaar bovendien gedeeltelijk compenseren, waardoor het eindresultaat op het eerste gezicht nog niet zo slecht lijkt. Vooral nabij het aardoppervlak wordt de stralingsenergie in het Hadley Centre klimaatmodel bij hogere CO_2-concentraties slecht gerepresenteerd, waardoor de verandering in de intensiteit van convectie bij een toename van de CO_2-concentratie het verkeerde teken heeft. CO_2-concentraties van 1000 ppm in het jaar 2100 zijn niet ondenkbaar. Er is dus nog heel veel werk aan de winkel voordat klimaatmodellen betrouwbare verwachtingen kunnen leveren voor het klimaat van de komende eeuw.

Lenton en Watson hebben een speciale positie in de klimaatwetenschap. Beiden worden geassocieerd met "Daisyworld", een didactisch model van een wereld waarin de biosfeer (het leven) het klimaat voor een belangrijk deel reguleert. Andrew Watson en James Lovelock hebben dit model in 1982 ontworpen om de zogenaamde "Gaia-hypothese" kracht bij te zetten. Timothy Lenton, die vele publicaties over Daisyworld op zijn naam heeft, heeft onlangs een overzichtsartikel over "Daisyworld" gepubliceerd in Reviews of Geophysics (Wood et al., 2008).

Literatuur

Abbota, D. S. and E. Tziperman, 2008: A high-latitude convective cloud feedback and equable climates. *Q.J.R.Meteorol.Soc.*, **134**, 165–185.

Goldblatt, C., T.M. Lenton and A.J. Watson, 2009: An evaluation of the long-wave radiative transfer code used in the Met Office Unified Model. *Q.J.R.Meteorol.Soc.*, **135**, 619-633.

Heinemann, M., J. H. Jungclaus, and J. Marotzke, 2009: Warm Paleocene/Eocene climate as simulated in ECHAM5/MPI-OM. Clim. Past Discuss., 5, 1297–1336.

Pearson, P.N., and M.R. Palmer, 2000: Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature*, **406**, 695-699.

Pierrehumbert, R.T., 2009: Principles of Planetary Climate. Nog niet gepubliceerd. Te downloaden vanaf de website van de auteur: http://geosci.uchicago.edu/~rtpl/

Wood, A.J., G.J. Ackland, J.G. Dyke, H.T.P. Williams en T.M. Lenton, 2008: Daisyworld: a review. *Rev.Geophys.*, **46**, RG1001, 1-23.

Zachos, J.C., G.R. Dickens and R.E. Zeebe, 2008: An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature*, **451**, 279-283.

Ingezonden brieven

Commentaar op: Hoogtij in de Delta

HENK DE BRUIN

Met veel plezier heb ik de verkorte versie van de intreerede van Pier Vellinga gelezen in het maartnummer van METEOROLOGICA. Het is een enthousiasmerend betoog en ik heb grote waardering voor de daadkracht die er als het ware 'uitspat'. Maar het gaat ook om het aanvaarden van een academisch ambt en dat vereist academische zorgvuldigheid. Op dit punt heb ik wat bedenkingen. Als voorbeeld neem ik figuur 4 betreffende grote natuurlijke rampen. De bijbehorende tekst luidt: "Er is nog steeds discussie over het aandeel van klimaatverandering in deze statistiek, maar dat is een kwestie van tijd. Immers de aarde is bijna 1 graad warmer geworden." Klopt dit? In het rapport van Munich Re waaruit figuur 4 is ontleend staat ook een tabelletje van de getoonde rampen gerangschikt naar materiele schade. Op nummer 1 staat Katrina, de tropische storm die New Orleans trof en op nummer 2 staat een aardbeving. Deze twee rampen tezamen dragen circa 50% bij aan de totale schade veroorzaakt door de 10 'duurste' rampen (zie Tabel 1). Was Katrina het gevolg van 'global warming'? Volgens Lawrence H. Roth, Deputy Executive Director, American Society of Civil Engineers niet. Hij stelt dat de verwoestingen door Katrina niet door de storm zelf werden veroorzaakt maar door een reeks van bouwkundige en politieke blunders[1]. Verder vonden 8 van de top-10 rampen in de VS plaats. Dat is een rijk land dat een grote welvaartstijging heeft doorgemaakt in de laatste decennia en waar het weer door zijn ligging zeer extreem kan zijn. Deze schadegevallen hebben dus waarschijnlijk meer met economie en geografische ligging te maken dan met 'global warming'.

Tabel 1. De top-10 rampen gerangschikt naar materiele schade. Bron: Munich Re.

Jaar	Ramp	Schade Miljard US$
2005	USA, Hurricane Katrina	138.000
1994	USA, Northridge earthquake	63.300
1992	USA, Hurricane Andrew	45.700
2004	USA, Caribbean Hurricane Ivan	26.000
2005	USA, Mexico Hurricane Wilma	22.000
2005	USA, Hurricane Rita	17.500
1991	Japan, Typhoon Mireille	16.000
2004	USA, Caribbean Hurricane Charley	20.300
1990	Europe, Winter Storm Daria	11.400
1989	Caribbean, USA Hurricane Hugo	15.800
	Totaal	376.000

[1] http://eng.auburn.edu/admin/marketing/seminars/2007/l-roth.html

Korte mededelingen

Rob Sluijter versterkt de redactie
Nadat Robert Mureau en Henk van Dorp het KNMI hadden verlaten (Meteorologica 18 no.1) werden de banden met dit instituut toch wel erg gering. Heleen ter Pelkwijk was nog het enige redactielid met directe KNMI-banden. Gelukkig hebben we Rob Sluijter bereid gevonden tot de redactie toe te treden. Rob is binnen de afdeling Klimaatdata en -advies van het KNMI klimatoloog en coördinator voorlichting. Hij werkt aan projecten zoals de Klimaatatlas 1981-2010, "vrije data" (uitbouw gegevensverstrekking via internet) en de modernisering van het Maandoverzicht van het weer in Nederland. Verder is hij sinds kort op het KNMI coördinator weer/klimaat & gezondheid. Rob heeft fysische geografie gestudeerd in Utrecht en heeft, voordat hij bij het KNMI kwam, als onderzoeker gewerkt bij het CBS en het RIVM. Bij dat laatste instituut heeft hij zich bezig gehouden met onderzoek op het gebied van luchtkwaliteit in Europese stedelijke gebieden. Rob is getrouwd en heeft drie kinderen. We zijn verheugd dat Rob de redactie komt versterken en hopen dat de banden met het KNMI hiermee weer voldoende stevig zijn. Veel succes Rob!

Seizoensoverzicht

Winter 2008/2009

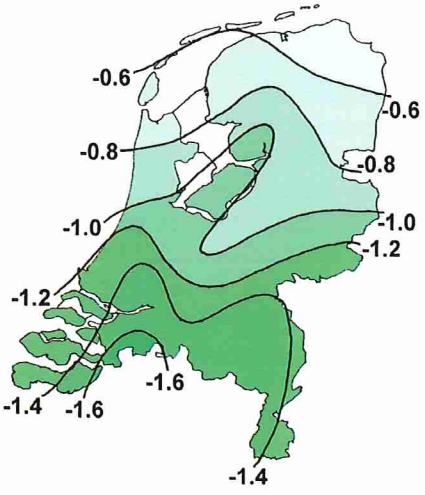
KLAAS YBEMA EN HARM ZIJLSTRA (WEERSPIEGEL)

Groot lijken door achter een rij kleuters te gaan staan. Dat is wat de winter van 2009 deed. Na een sneeuwdek even fel uit de hoek komen in het zuidoosten, om na 11 januari stilletjes af te druipen. In het zuiden van het land was het op zijn best een onvoltooide, maar hoopvol stemmende winter. In het noorden was het allemaal al voorbij voor het echt begonnen was. Daar was het dan ook zeker niet de koudste winter in twaalf jaar. De winter van 2003 was er duidelijk kouder en zorgde in vrijwel het hele land ook voor hogere vorstgetallen. De afgelopen winter was eerder te koud door het ontbreken van echt zachte dagen dan door de aanwezigheid van heuse kou. Verder verliep het seizoen vrij droog en was het aanzienlijk zonniger dan normaal, ondanks de sombere februarimaand. Onweer deed zich nauwelijks voor en zware stormen bleven uit. Het was een van de rustigste winters van de laatste honderd jaar.

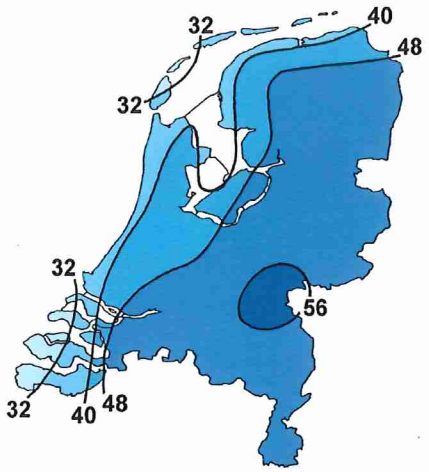
Temperatuur

Met een etmaalgemiddelde van 2.2°C tegen 3.2°C normaal, was de winter in De Bilt de koudste sinds 1997. Zowel het gemiddeld maximum van 4.9°C als het gemiddeld minimum van –0.6°C lag in De Bilt een graad onder normaal. De hoogste temperatuur bedroeg daar 10.7 °C op 20 december en dat is een opmerkelijk lage waarde, recentelijk alleen onderschreden door 2006 (10.5°C). Opvallender nog is het hoogste minimum dat slechts 6.5°C bedroeg en voor het laatst lager lag in de winter van 1970 (destijds 5.5 °C). De laagste waarde van –10.5°C werd in De Bilt afgelezen op 10 januari. Het was de eerste strenge vorst in de winter sinds januari 2003.

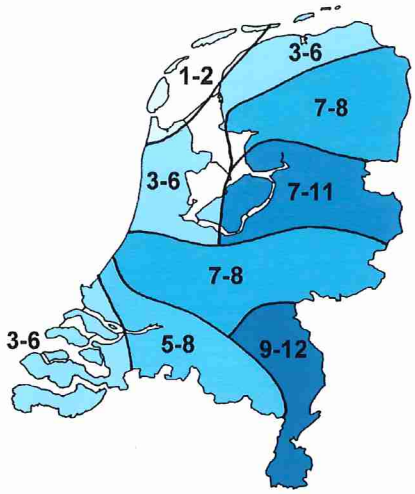
Met uitzondering van de zachte week van 17 tot 24 december verliep de eerste wintermaand aan de koude kant. Pas na de Kerstdagen werd de vorst serieuzer en kwam het tot een aantal ijsdagen. Met veel vallen (in het noorden) en opstaan (in het zuiden) hield deze vorstperiode het tot 11 januari vol. Terwijl het uiterste noordwesten van het land na de jaarwisseling geen enkele ijsdag meer kon bijschrijven en het in Den Helder nog slechts tweemaal matig vroor, grossierde Limburg in een reeks ijsdagen en strenge- vorstnachten. Op de 6e werd in Ell –20.8°C afgelezen, de laagste januaritemperatuur in ons land sinds 1997, toen Eerbeek op de 2e –21.2°C noteerde. De media sprongen er bovenop met reportages van feestelijke schaatstoertochten en interviews die neerkwamen op "eindelijk kan het weer". De misvatting begon te ontstaan dat we met een strenge winter te maken hadden. De eerste januaridecade eindigde in De Bilt op een 10e plaats sinds 1901 en in Maastricht op een derde plaats sinds 1951 met gemiddeld –5.6 °C. Niet gek, maar ondertussen stond het Vlielandse kwik gemiddeld op bijna 2 graden boven nul! Na een zachter intermezzo eindigde januari licht winters en februari maakte weinig meer klaar op vorstgebied. De laatste decade verliep zacht en onbeduidend.



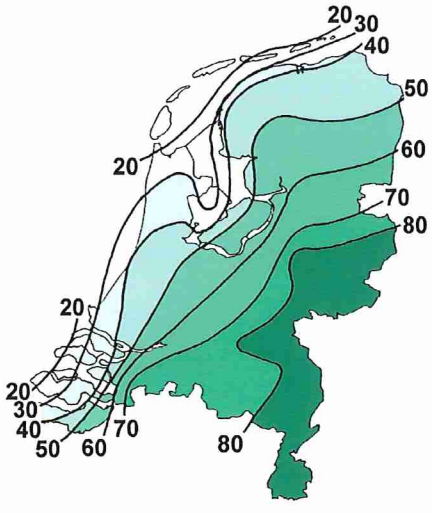
Figuur 1. Afwijking van de seizoensgemiddelde temperatuur (gemiddeld -1.1 °C).



Figuur 2. Aantal vorstdagen (gemiddeld 46, normaal 36).



Figuur 3. Aantal ijsdagen (gemiddeld 7, normaal 9).



Figuur 4. Koudegetal van Hellmann (gemiddeld 56, normaal 60).

In De Bilt kwam het tot 44 vorstdagen tegen 38 normaal en 47 in 2003. Ook het aantal dagen met minima ≤ –5 graden (12, normaal 11) lag het hoogst sinds de winter van 2003 met 21. Voor meer dan 2 etmalen met strenge vorst in De Bilt moeten we zelfs terug naar 1997. Het aantal ijsdagen, 7 tegen 8 normaal, geeft

Tabel 1. Temperatuur in De Bilt (in °C) en aantal dagen boven of onder gegeven waarde.

	dec	jan.	feb	winter	normaal
Gemiddelde temperatuur	2.4	0.8	3.3	2.2	3.2
Afwijking	-1.6	-2.0	+0.3	-1.0	
Aantal dagen met Tmin < 0 °C	15	17	12	44	38
Aantal dagen met Tmin ≤ –5 °C	4	8	0	12	11
Aantal dagen met Tmin ≤ -10 °C	0	2	0	2	3
Aantal dagen met Tmax < -0 °C	3	4	0	7	8

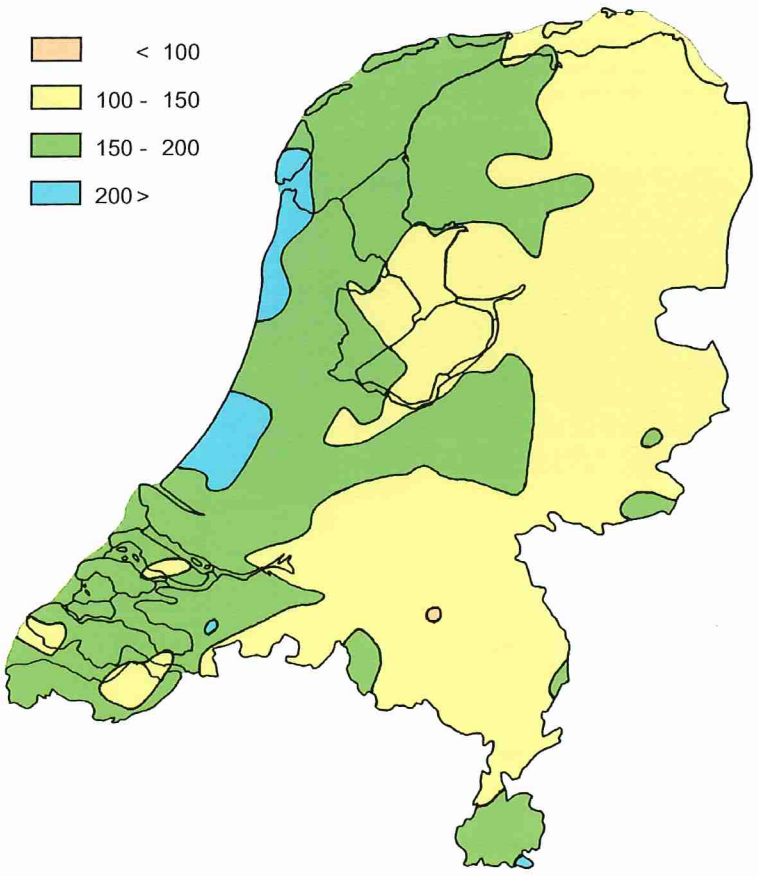
aan dat de winter feitelijk ondermaats is verlopen. Nergens kwamen er meer dan 12 op de teller en Vlieland liet het zelfs bij één.
De koudegetallen volgens Hellmann zijn genadeloos. Met 56.5 werd in De Bilt de normaalwaarde (58) niet eens gehaald en datzelfde geldt voor vrijwel het hele land met uitzondering van het zuidoosten. Maastricht (82.4) eindigde 19 punten boven normaal en was tevens de enige van de hoofdstations waar de winter van 2003 nipt verslagen werd. Voor de rest van het land gaf 2003 hogere koudegetallen en in Eelde was het verschil zelfs zeer aanzienlijk (119.7 tegen 43.3)!

Wind

Alle maanden verliepen rustiger dan normaal en stormen van betekenis bleven uit. De Kooy noteerde met gemiddeld 5.2 m/s (normaal 6.8) zelfs de minst winderige winter ooit (oude record 5.3 uit 1917). Voor Vlissingen geldt een gemiddelde van 5.8 m/s tegen normaal 7.3. Hier waren de winters van 2006 en 1964 nog iets minder winderig. Met gemiddeld 7.4 m/s was Vlieland zoals gebruikelijk de winderigste plaats en Arcen eindigde onderaan met 2.9 m/s. Vlieland noteerde nog 15 dagen met een uurgemiddelde van 7 Bft maar de 8 Bft werd er niet gehaald en dat mag zeker uitzonderlijk heten in een winterseizoen. Op 19 januari werden in het zuidwestelijk kustgebied de hardste windvlagen gemeten van 24 m/s.

Sneeuw

De Bilt telde 18 sneeuwdagen; dat is één meer dan normaal, aanzienlijk meer dan de beide voorgaande winters en evenveel als in 2006. Het landelijk aantal sneeuwdagen (33) lag eveneens het hoogst sinds de winter van 2006 (toen 41). Twente noteerde met 24 het hoogste



Figuur 5. Neerslagsom in mm (gemiddeld 154 mm, normaal 192 mm).

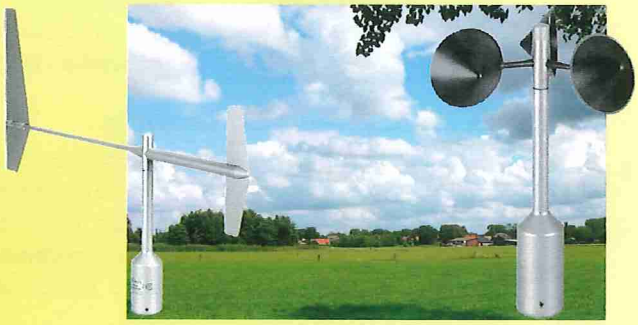
CaTeC Meteorologische apparatuur

Turfschipper 114 | 2292 JB Wateringen | Tel. 0174 272330 | Fax. 0174 272340 | info@catec.nl | www.catec.nl

De EE-23 serie vocht & temperatuur transmitters zijn multifunctioneel, hebben een hoge nauwkeurigheid, eenvoudige montage en service. Optioneel is er een weer- en stralingskap voor meteorologische toepassingen. In corrosieve omgeving kan men gebruik maken van een optionele coating.

Disdrometer, de optimale neerslagmeter met laser.
De Disdrometer werkt met een optische laser waarmee nauwkeurig neerslag analyses gemaakt kunnen worden. De sensor detecteert en onderscheidt de **hoeveelheid** verschillende vormen van neerslag zoals: ***motregen, regen, hagel en sneeuw.***

Ultrasone Anemometer 2Da en compact
Meet windsnelheid, windrichting en virtuele temperatuur. De 2D leent zich uitstekend voor gebruik in zeeklimaat, proces, lucht en scheepvaart, meteorologie, langs rijkswegen enz. en voldoet aan de WMO eisen.



Windsnelheid en Windrichting Transmitter
"First Class" hoge nauwkeurigheid

Meetbereiken	: 0.3...75 m/s - 0...360°
Omgevingstemp.	: -50...+80°C
Toepassingen	: Windpark referentie
	Meteorologie
	Onderzoek

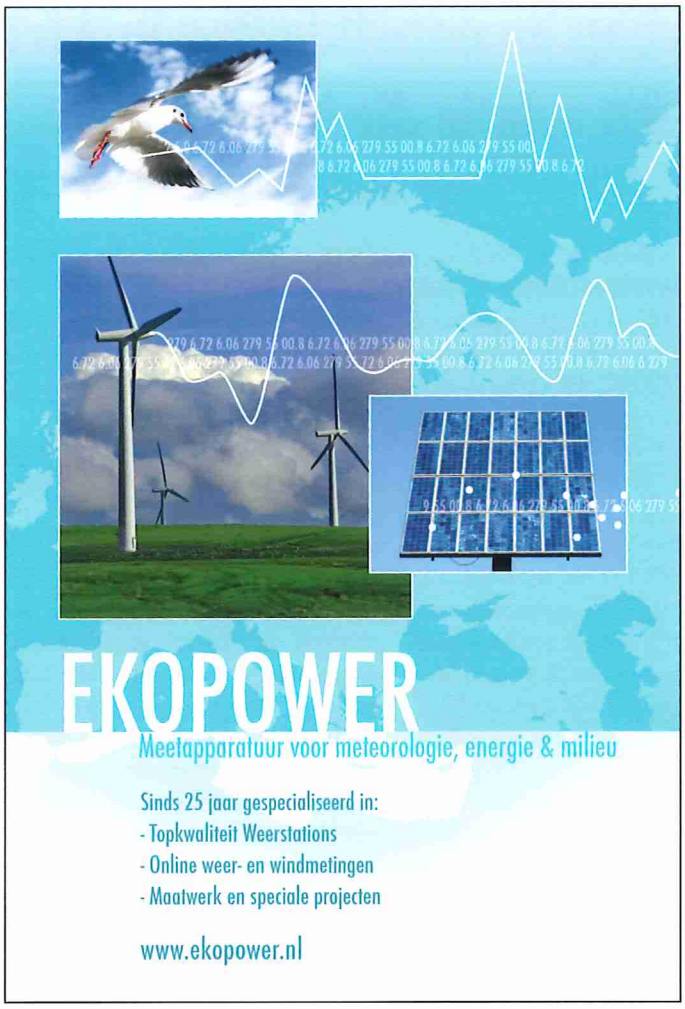
Pyranometer GSM 3.3

Meetbereik	: 0-1300 W/m^2
Uitgangen	: 0/4-20mA, 0-5/10V
Spectraal bereik	: 0.4 - 1.1 µm
Omgevingstemp.	: -30...+60°C
Toepassingen	: Meteorologie
	Glastuinbouw
	Verkeer

Ultrasone Windmeter 3D
Meet windsnelheid en windrichting in 3 dimensies X, Y en Z, hoge precisie, digitale en analoge uitgangen.
Toepassingen :

Meteorologie	Air monitoring
Klimatologie	Immissie controle
Luchtvaart	

Van stand-alone tot complete systemen
Voor meer informatie, prijzen of een gespecificeerde offerte:
www.catec.nl - info@catec.nl - tel: 0174 272330 - fax: 0174-272340



aantal sneeuwdagen, Middelburg kwam niet verder dan 3 dagen.
December leverde weinig sneeuwval op; alleen op de 3e viel in het (zuid)oosten van het land plaatselijk 5 tot 8 cm en op de 9e verspreid enkele centimeters. Ook in januari was het aantal sneeuwsituaties schaars, maar in de nacht van 4 op 5 viel er zuidoostelijk van de lijn Roosendaal-Zwolle-Almelo genoeg sneeuw voor een korte, felle vorstperiode. Zuid-Limburg meldde plaatselijk 12 cm. Februari gaf veel meer sneeuwdagen, maar meestal leverde dat weinig meer op dan enkele natte vlokken of hooguit een papperig laagje dooisneeuw.
Het aantal sneeuwdekdagen varieerde van nul hier en daar aan de kust tot meer dan 15 plaatselijk in Zuid-Limburg.

Neerslag

Er was sprake van een afnemende hoeveelheid neerslag van west naar oost. Het Hollandse kustgebied registreerde vooral dankzij december een te natte winter, terwijl de oostelijke regio's een neerslagtekort kenden. Gemiddeld over het land viel er 154 mm tegen 192 normaal. Het was daarmee op een na (2006 met 137 mm) de droogste winter van de laatste twaalf jaar. De Bilt registreerde 133 mm (normaal 190) en was daarmee eveneens het droogst sinds 2006.
Het aantal droge dagen (<0.1 mm) bedroeg in De Bilt 46 tegen 41 normaal en liep uiteen van 50 in Westdorpe (Z) tot 35 op Schiphol. Dagen met 1 mm of meer kwamen minder voor dan normaal: landelijk werden er 28 berekend (normaal 35).
Met ruim 90 uren neerslag was februari in De Bilt goed voor een zesde plaats sinds 1930; voor het laatst in 2002 had het daar langer geregend in februari. Hierdoor kwam de winterse neerslagduur nog rond normaal uit met in De Bilt 185 uur (normaal 183).

Tabel 2. Aantal dagen sneeuw (en afwijking ten opzichte van normaal).

	Landelijk	De Bilt
December	7 (-6)	3 (-2)
Januari	9 (-7)	5 (-1)
Februari	17 (+3)	10 (+4)
Winter	33 (-10)	18 (+1)

Conclusie

Een rustige, zonnige en vrij droge winter met een vorstperiode. Akkoord. Maar een legendarisch seizoen, waarvoor superlatieven tekort schieten? Kom nou. Veertig jaar terug zou deze dreumes niet zijn opgevallen tussen de grote jongens.

Een uitgebreid overzicht is te vinden in het tijdschrift Weerspiegel.

NVBM Mededelingen

Jaarvergadering NVBM

Tijdens de NVBM Jaarvergadering van 17 april 2009 is de samenstelling van het bestuur gewijzigd en wel op de volgende wijze. **Seijo Kruizinga** is afgetreden als voorzitter en is opgevolgd door **Boudewijn Hulsman.** Boudewijn werkt bij de Luchtmacht Meteorologische groep. Ook heeft de vergadering ingestemd met het bestuurslidmaatschap van **Gert-Jan Steeneveld**. Gert-Jan is werkzaam bij Wageningen Universiteit.

Besloten is om door te gaan met het in kleur drukken van Meteorologica. Hierdoor is het noodzakelijk geworden om zowel het lidmaatschapsgeld als het abonnementsgeld te verhogen. Dit jaar zal de verhoging in beide gevallen €3,- bedragen. Volgend jaar komt hier nog €2,- bij.

Tot slot de enquêtes. Vorig jaar heeft een ieder de kans gekregen zijn of haar wensen en ideeën over de NVBM duidelijk te maken d.m.v. het invullen van een enquête. Dit is maar mondjesmaat gedaan maar toch voldoende om als bestuur een beter beeld te krijgen bij de wensen van de leden. Uiteraard is belangstelling voor het klimaat en de klimaatdiscussies groot. Hier zullen we aandacht aan moeten besteden. Ook een grotere interactie met het bestuur en onderling kwam regelmatig naar voren. De website kan hierin een rol spelen. De definitieve conclusies volgen als binnen het bestuur alle enquêtes zijn besproken en samengevoegd.

Wetenschap en ontwikkeling in Afrika, een relatie die beter kan

KEES STIGTER

Mijn eerste artikeltje schreef ik in 1962 voor Folia Civitatis, toen het mededelingen- en opinieblad van de UvA. Het was een opiniërend verslagje van een cursus "Ontwikkelingsproblematiek", van het NUFFIC. Het ging daarbij soms ook om wat wij met wetenschap in de Derde Wereld konden doen.

Bijna 25 jaar later in 1985/1986 schreef ik een aantal columns in NUFFIC's opinietijdschrift Overzicht over Voorbeelden van Verborgen Vooronderstellingen (VVVs). Ik ontleende die aan negen jaar onderwijs- en onderzoekervaring in Tanzania en mijn project (onderwijs in onderzoek) in Tanzania, Soedan, Kenia en later Nigeria. Mijn eerste column was over de VVV "Meer wetenschap betekent meer ontwikkeling".

Nog eens bijna 25 jaar later, afgelopen maart, gaf ik een telefonisch interview over precies dat onderwerp voor Afrika, in Europees verband: "Betekent meer wetenschappelijke samenwerking met arme landen ook meer ontwikkeling?". Ik was net 20 toen in Amsterdam en nu op weg naar de 70. Is er in bijna vijftig jaar niets veranderd?

Toch wel. Dezelfde vragen betekenen nog niet dezelfde antwoorden. We waren ons begin jaren zestig nog niet echt bewust van de schaal van het probleem. Maar 25 jaar later nam ik deel aan een conferentie "Physics for Development" op het "International Center for Theoretical Physics (ICTP)" in Triest. Ik ontleende daaraan in mijn column de conclusie dat er overal een diep gelovige vooronderstelling leefde dat meer fundamentele wetenschap tot meer ontwikkeling zou bijdragen. Een geloof waar ik in Tanzania ook herhaaldelijk voor gewaarschuwd had, wat mij bij sommigen tot vijand nummer één maakte!

Weer 25 jaar later constateer ik, na het stuk voor *research*eu* gezien te hebben waar mijn telefoongesprek toe bijdroeg, dat dat onvoorwaardelijke geloof veranderd is. Er is nu een algemener bewustzijn van voorwaarden waaraan voldaan moet worden om met wetenschap iets gedaan te krijgen waar mensen in een minder ontwikkelde wereld iets aan hebben. En ook zijn we het eens dat in de praktijk nog steeds niet aan een groot aantal van die voorwaarden wordt voldaan. De voornaamste daarvan zijn, volgens *research*eu*:

- Er is praktisch geen dialoog in Afrika tussen wetenschap en samenleving.
- Afrikanen zijn internationaal nu wel overal bij betrokken maar kunnen er zonder speciale maatregelen de vruchten helemaal niet van plukken.
- Opleidingen moeten niet bij ons maar vooral in Afrika plaats vinden.
- Infrastructuren (internet en elektriciteit vooral uit zonne-energie) maar ook van en voor ontwikkelingsrelevant onderzoek, zijn in Afrika volstrekt onvoldoende.
- De Afrikaanse wetenschapper moet uit zijn laboratoriumschulp naar de lokale problemen van alledag.

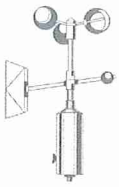
Een voorbeeld van dit laatste behandel ik in één van mijn verhalen over Landbouwmeteorologische Dienstverlening waar ik mee rondreis. Ik ben er van overtuigd dat aan het voorkómen van sommige conflicten die nu tot oorlogen over hulpbronnen hebben geleid, op tijd iets gedaan had kunnen worden met wetenschappelijke ondersteuning.

Klimaatverandering lijkt in Afrika een sterk negatieve invloed te hebben op beschikbaarheid van land en water. Dit maakt dat gevestigde boeren ook land gaan gebruiken dat oorspronkelijk voor beweiding en trek was bestemd. En dat terwijl om economische redenen kuddes groeien. Nu bestaan er manieren, ontleend aan de Koran, om zulke conflicten op te lossen. In Darfur en Kordofan (Soedan) werden zulke problemen opgelost door lokale Sjeiks op het niveau van dorpshoofd. De grootste bedreiging van die traditionele conflictbestrijding is de groeiende ernst en frequentie van conflicten die voortkomen uit de bemoeienis van concurrerende "hogere" autoriteiten die zich met die hulpbronnen gaan bezig houden, en dan is het te laat.

Wetenschappelijk onderzoek had kunnen helpen bij het vinden van betere oplossingen om die hulpbronnen gezamenlijk te gebruiken. In Nigeria vonden we dat de maximale hoeveelheid mest die nomaden bij afgesproken landgebruik achterlieten nog lang niet tot de maximaal mogelijk opbrengsten leidde bij de neerslagregimes op de betreffende zandgronden. Een groter aantal dieren zou een positieve bijdrage leveren tot optimaal gebruik van organische mest, de enige mest die de boeren zich kunnen veroorloven. Maar daarvoor moet dan natuurlijk wel het noodzakelijke voer gevonden kunnen worden zonder tot overbeweiding te leiden.

Het is dat soort wetenschappelijk onderzoek waar lokale wetenschappers zich mee bezig zouden moeten houden en waarbij wij met samenwerking kunnen helpen. Duurzaam landbeheer is vooral een zaak van het oplossen van conflicten tussen belanghebbenden. Met dat uitgangspunt kan ook landbouwmeteorologie heel wat nuttiger gebruikt worden.

Sponsors van de Nederlandse Vereniging van BeroepsMeteorologen zijn:



ingenieursbureau **wittich & visser** bv
wetenschappelijke en meteorologische instrumenten

postbus 1111 2280 cc rijswijk nederland
telefoon 070-3070706 fax 070-3070938
www.wittich.nl **info@wittich.nl**

Bakker&Co

Postbus 1235, 3330 CE Zwijndrecht, Tel. 078-6101666

EKOPOWER

SPECIALISTEN IN WEERSTATIONS
P.O.BOX 4904, 5604 CC EINDHOVEN
website www.ekopower.nl

TELVENT
Almos

Professionele
Meteosystemen

Telvent Netherlands
Adres: Landzichtweg 70
4105 DP, Culemborg
Postbus 422
4100 AK, Culemborg
Nederland
Tel: +31 (0) 345 544 080
Fax: +31 (0) 345 544 099
Internet: www.telvent.com

CaTeC

Turfschipper 114
2292 JB Wateringen
☎ 0174-272330
🖷 0174-272340
✉ info@catec.nl

www.catec.nl

Buienradar.nl

Colofon

Redactieadres:
Meteorologica
Postbus 464
6700 AL Wageningen
e-mail: leo.kroon@wur.nl
Tel. 0317-482604

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

Hoofdredacteur: Leo Kroon
Redactieleden: Wim van den Berg, Aarnout van Delden, Henk van Dorp, Robert Mureau, Heleen ter Pelkwijk en Rob Sluijter.
Administratie: Heleen ter Pelkwijk (pelkwijk@knmi.nl)
Penningmeester: Kees Blom (blom@knmi.nl)
Vormgeving: Rob Stevens
Vermenigvuldiging: CopyProfs, Almelo

Abonnementen
Alle leden van de NVBM zijn automatisch geabonneerd op Meteorologica. Ook niet-leden kunnen zich abonneren door 26,- Euro voor vier nummers over te maken op Postbank gironummer 626907 ten name van:

NVBM-Meteorologica
Postbus 464
6700 AL Wageningen
onder vermelding van:
• Abonnement Meteorologica
• 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 32,- Euro per jaar. Ook losse nummers kunnen op deze manier worden besteld (zolang de voorraad strekt) voor 9,- Euro per stuk, onder vermelding van de gewenste jaargang en nummer(s). Instellingen betalen 55,- Euro voor een abonnement.

Einde abonnement
Afgesloten abonnementen worden stilzwijgend per kalenderjaar verlengd. Stopzetting dient schriftelijk te geschieden voor 15 november van het lopende jaar. De mededeling omtrent stopzetting kunt U richten aan NVBM-Meteorologica (adres: zie boven).

Lid worden van de NVBM
Het lidmaatschap van de NVBM kost 48,- Euro per jaar voor gewone leden en 37,- Euro per jaar voor buitengewone leden. Meer informatie hierover is te vinden op de NVBM website: www.nvbm.nl.

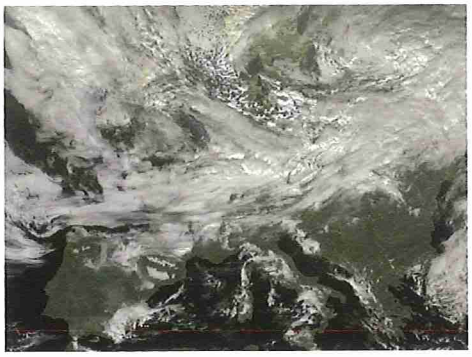
Artikelen uit Meteorologica mogen uitsluitend worden overgenomen na voorafgaande schriftelijke toestemming van de redactie.

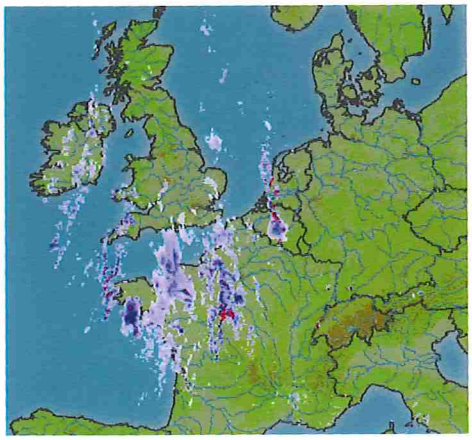
Adverteren in Meteorologica is mogelijk. Advertenties worden geplaatst op 3 formaten: A5, A4 of A3.
Uiterste inleverdata voor advertenties zijn: 1 februari, 1 mei, 15 augustus en 1 november voor respectievelijk nummer 1, 2, 3 en 4.
Tarieven kunt u opvragen bij
Leo Kroon
Tel. 0317-482604
e-mail: leo.kroon@wur.nl

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 Leo Kroon (zie boven).

Buienradar.nl





Ziet U de bui al hangen?