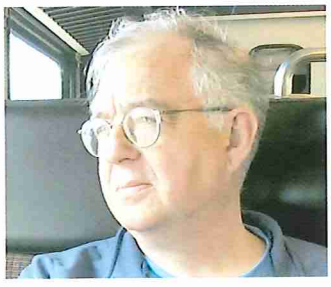
JAARGANG 15 - NR. 3 - SEPTEMBER 2006

METEOROLOGICA

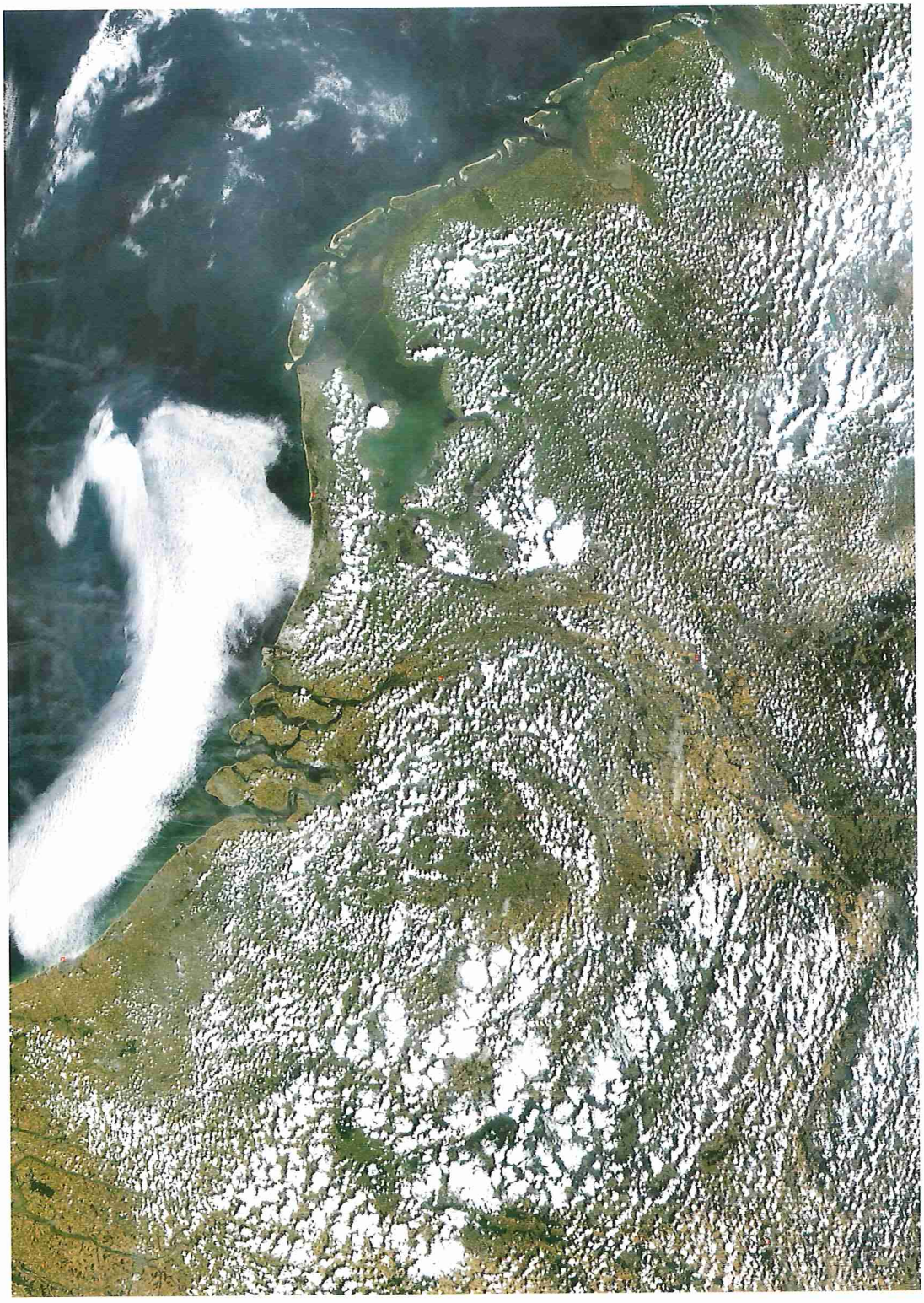
40 Jaar ontwikkeling in meteorologische datacommunicatie

KNMI overhandigt klimaatscenario's aan staatssecretaris

Meteorologische voorlichting voor D-Day



Gerbrand Komen over communicatie in het onderzoek



Voorboden van het einde van een droge zomerperiode

UITGAVE VAN DE NEDERLANDSE VERENIGING VAN BEROEPSMETEOROLOGEN

VOOR DE WIND

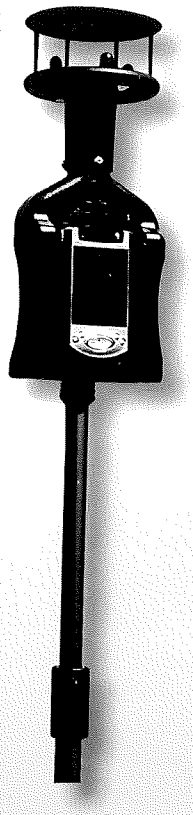
AirStat ultrasone handwindmeter

met WindSonic en PDA

meet en registreert

windsnelheid en windrichting

- resolutie 1 cm/s
- geen overspeeding
- nauwelijks onderhoud
- data in Excel-formaat



optie: statief

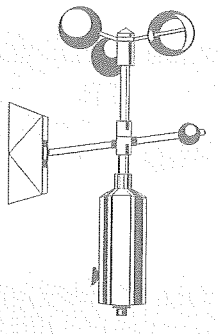
Ideaal voor:

- mobiele weerstations
- milieu-inspectie
- sportevenementen (EK Atletiek 2006!)
- scheepvaart

maatwerk in meten

kijk voor meer informatie op

www.wittich.nl



ingenieursbureau **wittich & visser**

wetenschappelijke en meteorologische instrumenten

postbus 1111 tel: 070 3070706 info@wittich.nl

2280 cc rijswijk fax: 070 3070938 www.wittich.nl

INHOUD

Begin augustus 2006: spectaculair einde van een hittegolf 4
GEERT GROEN

De nieuwe KNMI'06 klimaatscenario's voor Nederland 7
BART VAN DEN HURK, E.A.

40 jaar ontwikkeling in de operationele meteorologie 14
Deel 2: Datacommunicatie
RUUD IVENS

Communicatie over klimaatonderzoek 17
GERBRAND KOMEN

Waarschuwen of niet? 22
SEIJO KRUIZINGA

D-day revisited 26
WOUTER LABLANS

Rubrieken
NVBM Mededelingen 28

Columns
Bleeker's Herfst 11
HUUG VAN DEN DOOL
Gevoelsklimaat 31
HENK DE BRUIN

Advertenties
Wittich en Visser 2
CaTeC 6
Bakker & Co 12
Ekopower 18
Almos 24
Eijkelkamp 29

Colofon 30

Van de hoofdredacteur

Het weer blijft ons verrassen. De zomer van 2006 werd gekenmerkt door een droge en hete julimaand, met maar liefst twee hittegolven, en een aanmerkelijk koelere maar vooral natte augustusmaand. Een groot verschil dus tussen die twee. Geert Groen gaat daarom maar eens na wat er op het omslagmoment allemaal aan de hand was en doet daarvan verslag in dit septembernummer. De rest van het nummer lijkt wel een speciale editie, maar is louter toevallig zo tot stand gekomen. Veel van de overige artikelen hebben namelijk te maken met het begrip communicatie.

"Hoe vertel ik het de overheid en de media?" gold vooral voor de presentatie van de klimaatscenario's die dit voorjaar door het KNMI werd gehouden. Het eerste exemplaar werd onder grote belangstelling aan de staatsecretaris aangeboden. Bart van den Hurk en maar liefst 12 mede-auteurs (een record voor Meteorologica?) geven een kijkje in de keuken en laten zien hoe de bereiding van deze scenario's in zijn werk is gegaan. Communicatie van een heel ander soort, namelijk het uitwisselen van meteorologische gegevens, wordt besproken door Ruud Ivens. In het tweede deel van zijn drieluik over 40 jaar operationele meteorologie gaat het dit keer over de ongelofelijke ontwikkelingen die op het gebied van datacommunicatie zijn opgetreden. Gerbrand Komen belicht in zijn artikel hoe lastig het is om met de media om te gaan: voor je het weet worden je teksten of woorden door de media verkeerd begrepen, aangepast of uit hun verband gerukt, ook al heb je de teksten nog zo zorgvuldig opgesteld. Dat kan uiteen lopen van zinsneden uit een IPCC rapport tot aan de flaptekst van een boek. Hoe ga je daar als wetenschapper nou mee om? In het artikel van Seijo Kruizinga gaat het er om of je waarschuwingen of verwachtingen door je klanten ter harte worden genomen. Ook nu is communicatie, naar de klant in dit geval, essentieel. Er kan zelfs een economisch model op worden losgelaten. Wouter Lablans, ten slotte, vertelt ons iets over de moeizame communicatie tussen de diverse meteorologische diensten tijdens de voorbereidingen van D-day. In het juninummer, waar het beter op zijn plaats was geweest natuurlijk, was er jammer genoeg geen plaats meer voor, vandaar.

Dit septembernummer wordt gecompleteerd door de vaste columns van Huug en Henk. Huug van den Dool haalt herinneringen op aan zijn eerste stapjes op het academische pad. Die werden gezet onder de hoede van de grote Bleeker, een bijzondere man. Ook bijzonder was de Mexicaanse collega van Henk de Bruin die hem ooit op Kreta vergezelde om daar metingen van het (gevoels)klimaat te verrichten. De rubriek van Aarnout van Delden, tsja daar was na zoveel artikelen geen ruimte meer voor, maar daar hebben we op een goede manier over gecommuniceerd.

Leo Kroon

Grote foto. Nederland en België aan het einde van een hete julimaand. Op deze opname van 24 juli 2006 zijn zeewindcirculaties langs alle kusten en ook langs het IJsselmeer zichtbaar. Bij Hoorn ontstaat door samenvloeiing een buienwolk. De buien boven de Veluwe en de zeemist voor de kust maakten nog geen echt einde aan de droogte, maar geven wel aan dat de atmosfeer vochtiger is geworden. De opname is van MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) aan boord van de Terra satelliet (Foto: MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC; zie bladzijde 4).

Foto boven. Rekken met communicatieapparatuur in de computerkelder van het KNMI. De huidige situatie is vrijwel niet te vergelijken met de manier waarop 40 jaar geleden meteorologische informatie werd uitgewisseld (zie bladzijde 14).

Foto midden boven. Hoofddirecteur Frits Brouwer van het KNMI overhandigt op 30 mei 2006 de nieuwe KNMI klimaatscenario's (KNMI'06 scenario's) aan staatsecretaris Melanie Schultz van Haegen van het Ministerie van V&W; foto: Wim Spaans V&W (zie bladzijde 7).

Foto midden onder. Amerikaanse marine-infanteristen landen op 6 juni 1944 in Normandië (Foto © BBC, Worldwide). De weersverwachting voor deze dag was verre van eenvoudig en leverde veel stof tot discussie (zie bladzijde 26).

Foto onder. Prof. dr. Gerbrand Komen, hoofd van de afdeling Klimaatonderzoek en Seismologie van het KNMI en tot 2005 hoogleraar Klimaatdynamica bij het IMAU, Universiteit Utrecht, denkt na over de vele problemen die zich voordoen bij het communiceren over de resultaten van klimaatonderzoek (zie bladzijde 17).

Begin augustus 2006: spectaculair einde van een hittegolf

GEERT GROEN (KNMI)

De zomer van 2006 had een uitzonderlijk warm karakter met twee hittegolven in een langdurige zuidoostelijke circulatie in juli. De eerste hittegolf van de zomer die op 30 juni begon duurde precies een week. De tweede hittegolf, de zesde in de 21e eeuw, begon op 15 juli en hield 16 dagen aan en was de langste in dertig jaar. Het komt zelden voor dat een zomer twee of meer hittegolven oplevert. De laatste zomer met twee hittegolven dateert uit 1948. Aan de zeer warme periode kwam begin augustus een spectaculair einde met drie dagen met zware buiencomplexen. Enkele aspecten, zoals de contrasten in de wind op kleine schaal, de grootschalige neerslag en de modelprestaties gedurende deze periode, worden in dit artikel kort belicht.

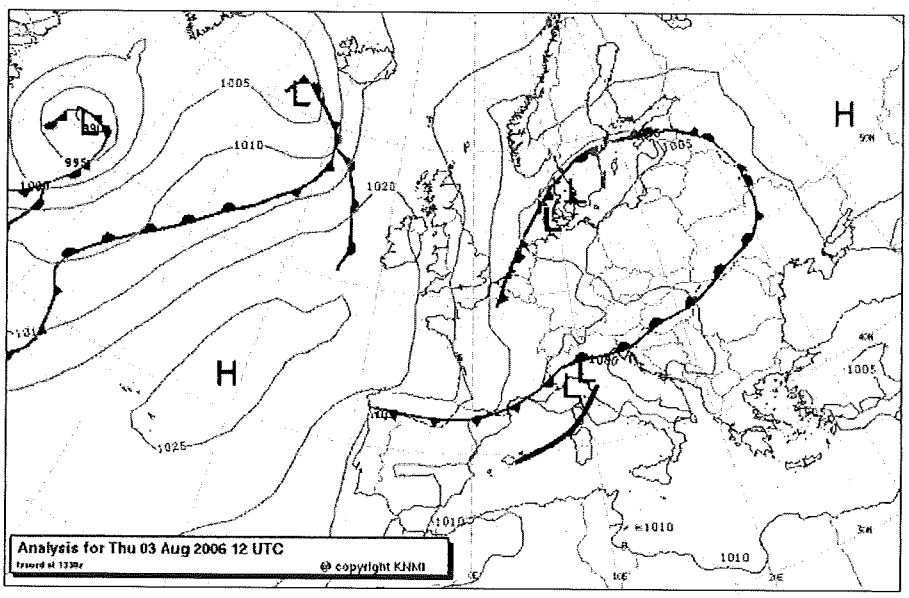
Synoptische situatie

Van 2 op 3 augustus zorgde een lagedrukgebied dat vanaf Schotland naar het oostzuidoosten trok, voor een naar noord ruimende circulatie (figuur 1). Aan de rand van het lagedrukgebied roteerde een occlusie over ons land en ontstonden in de polaire lucht boven het warme land en de warme kustwateren zware buiencomplexen. Door de warme juli was de temperatuur van het zeewater en het water van het IJsselmeer sterk opgelopen tot uitzonderlijk hoge waarden tussen 20 en 24 graden. Langs de occlusie werd convergentie versterkt doordat aan de westzijde ervan boven zee en aan de kust veel wind stond. Deze occlusie trok in twee dagen tijd zuidoostwaarts over het land. De intensiteit van de buien en het lijnvormige karakter leidden geregeld tot wateroverlast door zware buien en meldingen van waterhozen.

Grote verschillen

Een voorbeeld van de grote contrasten tijdens de periode is de situatie van 3 augustus 2006 rond 16 uur (figuur 2). Op zeer korte afstand werd toen een enorm windverschil geregistreerd: Vlieland (noord 33 knopen) en Terschelling (zuidwest 7 knopen). Dit windverschil trad met een zuidelijke systeemverplaatsing op langs de hele westkust en bleef een halve dag zichtbaar. Deze verschillen waren ook het gevolg van de grote luchtdrukgradiënt nabij de westkust en boven zee. Deze werd nog versterkt door de opbouwende luchtdruk boven zee. Vanuit de ruimte gezien (figuur 3, zie achterzijde) bedekte het hiermee samenhangende buiencomplex van donderdagmiddag bijna de helft van Nederland en België. De geelgroene kleur geeft "waterwolken" weer met temperaturen boven nul, de paars-roze kleur geeft de koudere bewolking weer.

De buiencomplexen waren ook lastig voor de lucht- en scheepvaart. Diverse keren werden waarschuwingen uitgegeven voor buienlijnen en windhozen (voor windhozen wordt alleen gewaarschuwd na waarneming). Het algemene publiek werd hiervoor door het KNMI en de providers gewaarschuwd via de algemene berichtgeving in weersverwachtingen. Verder waren er doelgroepgerichte waarschuwingen voor scheepvaart en luchtvaart.



Figuur 1. Analyse van 3 augustus 12 UTC. Een noordelijke stroming met occlusie bij ons land zorgde voor intense lijnvormige buiencomplexen.

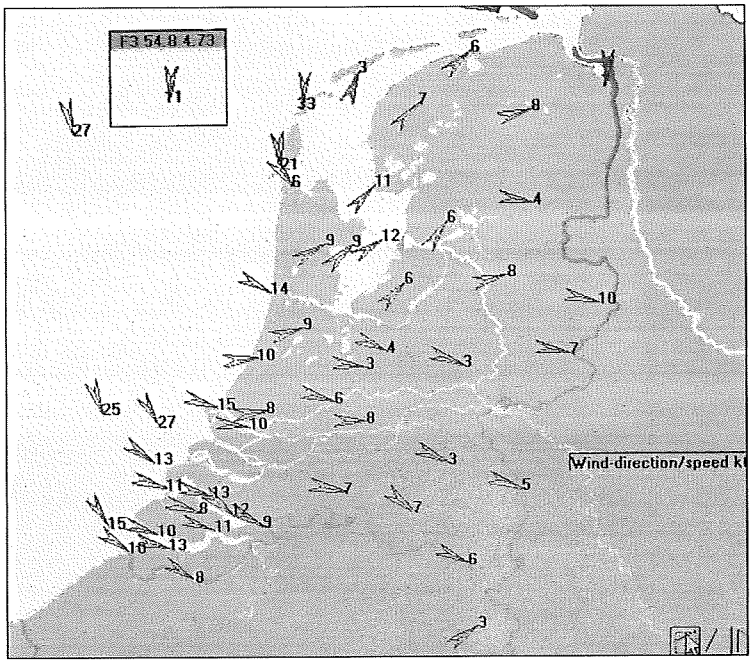
Vooral in de nacht van 2 op 3 augustus waren de buien bijzonder actief met name in Zeeuws-Vlaanderen (figuur 4). In Schoondijke tapte men in 24 uur liefst 93 mm af. De eerste vier dagen van augustus leverden in het zuiden van Zeeland al zo'n 150 mm op. Statistisch gezien vallen hoeveelheden van meer dan 75 mm in 24 uur op een willekeurige plek in ons land eens in de 125 jaar. Toevallig blijkt in Zeeuws-Vlaanderen deze keer de frequentie van zware neerslag met wateroverlast wel wat hoger te zijn. De bewoners van een woonzorgcentrum werden voor de derde keer in korte tijd geconfronteerd met overlast, het water kwam via het riool in de woonvertrekken. Vorig jaar juni nog moesten ze worden geëvacueerd, maar dat bleek dit keer niet nodig te zijn."

Was dit een weeralarm waard?

De afgesproken criteria voor een weeralarm voor grootschalige neerslag zijn:

- ≥ 75 mm in 24 uur of
- geaccumuleerd ≥ 100 mm in 3 dagen
- gebiedsgrootte minimaal 50x50 km.

Op de tweede dag van deze periode met zware buien is gekeken naar de kans op het halen van deze criteria. Uiteindelijk is besloten om geen weeralarm uit te geven, ten eerste omdat er in de weersverwachtingen voortdurend werd gewezen op de kans op lokale wateroverlast door de zware buien ("overkill aan waarschuwingen") en ten tweede omdat het twijfelachtig was of met het opschuiven van het neerslagsysteem naar het oosten op vrijdag een gebied van 50x50 km met meer dan 100 mm zou worden gehaald. Dit blijkt achteraf een terechte beslissing te zijn geweest.



Figuur 2. AVW-registraties met spectaculaire windverschillen langs de westkust op 3 augustus om 16 uur.

Modelprestaties

Aan het begin van de week was de ontwikkeling van deze weersituatie al duidelijk zichtbaar in de meerdaagse modellen: de neerslagpluim van het ECMWF gaf op dinsdag 1 augustus een signaal voor de periode woensdag-vrijdag tussen 3 en 10 mm met enkele leden van het Ensemble Prediction System rond 15 mm (ongeveer 5% kans). Voor De Bilt was dit toevallig een behoorlijk goede prestatie, de radarneerslagaccumulatie over een periode van 3 dagen geeft 30-35 mm. Het Hirlam-model in de 22-km-versie gaf geregeld in opvolgende runs neerslagmaxima in de frontale band van 15-20 mm per zes uur, maar niet in een consistent beeld in opvolgende runs. Hierdoor bleef regionalisatie tot 24 uur vooruit op dinsdag en woensdag een hachelijke zaak, donderdag was wel duidelijk dat de volgende dag alleen het oosten nog met de zware buien te maken zou hebben.

In de praktijk is goede modelinformatie steeds belangrijker. Het berekenen van convectieve neerslag is daarbij een groot probleem, omdat de roosterafstanden in de modellen veelal tussen 10 en 30 km liggen en eerder een gemiddeld beeld dan de extremen geven. Als modellen voor hetzelfde gebied (bijv. Nederland en directe omgeving) erg verschillen qua hoeveelheden en/of locatie en de atmosfeer is erg onstabiel, dan is het modelverschil wel een bruikbaar signaal bij kansuitspraken of extremere verschillen in ruimte en tijd.
In de guidance vanuit de centrale weerkamer werd op 30 juli voor de periode van 2 tot en met 4 augustus al gewezen op kans op lokale wateroverlast door intensieve buien, ook omdat de buien langzaam zouden verplaatsen. Het begeleiden vanuit de weerkamers van overlast door zware buien blijkt steeds weer een kwestie van nowcasting op een termijn van hooguit enkele uren met direct contact met de belanghebbenden en een waarschuwing met een zeer algemeen karakter voor langere termijn.

Augustus erg nat

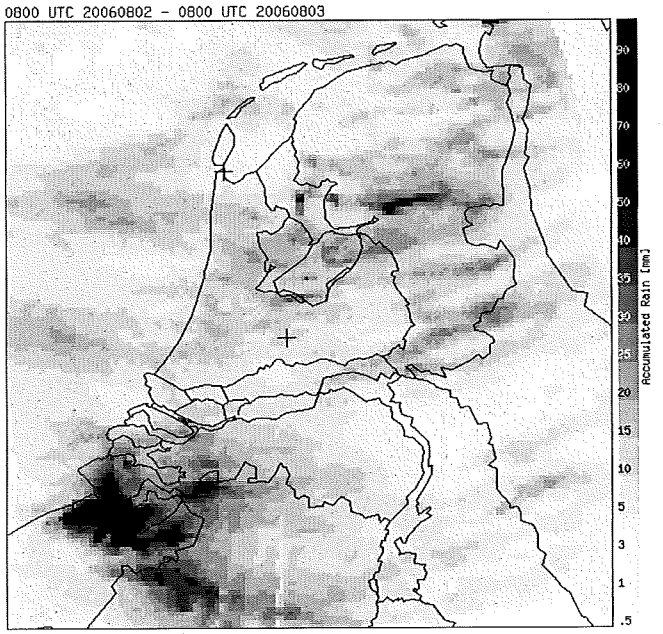
Doordat veelvuldig traag trekkende lagedrukgebieden met koude bovenlucht en warm zeewater voor perioden met intensieve buien zorgden werd augustus over het land extreem nat. Met gemiddeld over het land circa 185 mm neerslag tegen normaal 62 mm was augustus de natste oogstmaand in 100 jaar. Het oude record stond op naam van augustus 1969 met 152 mm. In Schoondijke werd 320 mm afgetapt, nagenoeg gelijk aan de 325 mm die in augustus 2004 te Maasland werd gemeten. Dat is de hoogste maandsom die ooit op een KNMI-neerslagstation werd afgetapt. Ook op diverse andere stations werd deze maand de 300 mm overgeschreden (figuur 5, zie achterzijde).

Het aantal dagen met zware regen (ergens op een KNMI-weerstation minstens 50 mm) is deze zomer opgelopen tot een recordaantal van 13, waarvan 11 dagen in augustus. Geregeld werd bij zware buien een intensiteit waargenomen van meer dan 100 mm/uur bij de passage van de zwaarste kernen.

Ondanks het slechte weer van augustus eindigt de zomer op de gedeelde derde plaats in de top tien en die is daarmee net zo warm als die van 1976, rond 18,4 °C. Alleen de zomers van 1947 (18,7 °C) en 2003 (18,6 °C) waren nog warmer. De warmte in juli, met gemiddeld 22,3 °C liefst 4,9 graden boven het langjarig gemiddelde, is zo uitzonderlijk dat de zomer wel bij de toppers moest eindigen. Een weersomslag naar het extreem natte weer in augustus is zeldzaam. Volgens de KNMI klimaatdesk komt augustus gemiddeld uit op 16,3 °C, zes graden kouder dan juli. Zo'n groot verschil is in de meetreeks niet eerder voorgekomen (bron: KNMI-site).

Dankwoord

Met dank aan diverse KNMI-collega's.

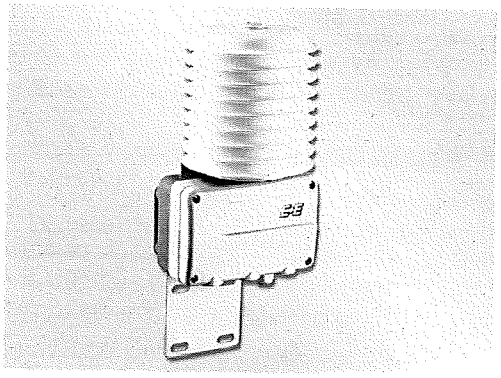


Figuur 4. Radarneerslagsom over 24 uur van 3 augustus om 08 uur.

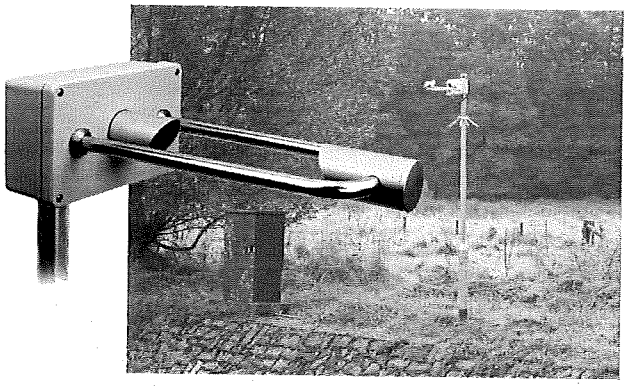
CaTeC

Professionele meteorologische apparatuur voor windsnelheid, windrichting, vocht, temperatuur, straling, barometrische druk, dauwpunt en neerslag.

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

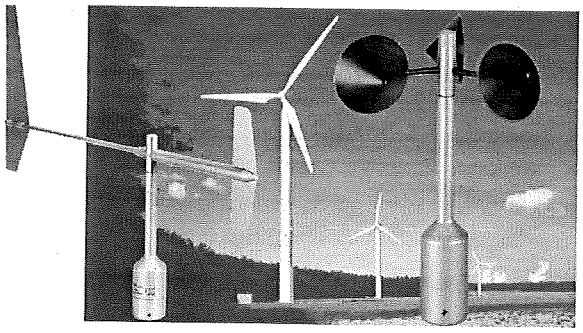


De EE-23 serie vocht & temperatuur transmitters zijn multifunctioneel, hebben een hoge nauwkeurigheid, eenvoudige montage en service. Optioneel is er een weer- en stralingskap voor meteorologische toepassingen. In corrosieve omgeving kan men gebruik maken van een optionele coating.



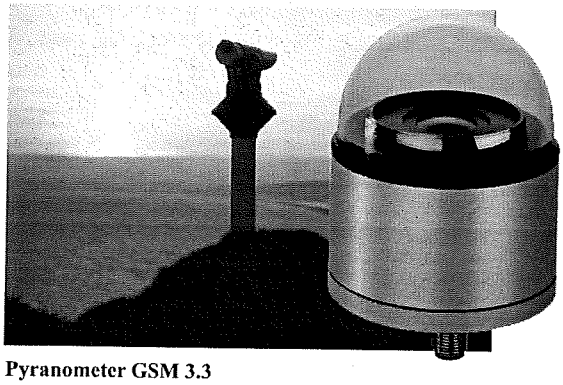
De Disdrometer werkt met een optische laser waarmee nauwkeurig neerslag analyses gemaakt kunnen worden. De sensor detecteert en onderscheidt de **hoeveelheid** verschillende vormen van neerslag zoals: ***motregen, regen, hagel en sneeuw.***

Ultrasone Windmeter 2Da
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.



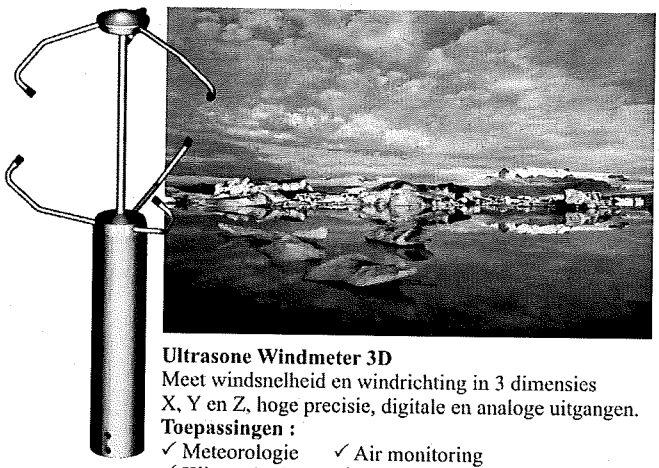
Windsnelheid en Windrichting Transmitter
"First Class" hoge nauwkeurigheid

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/m²
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 ✓ Immisie 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

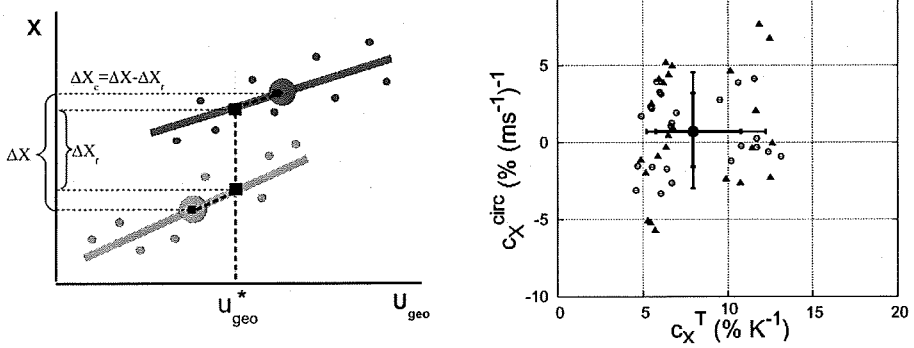
De nieuwe KNMI'06 klimaatscenario's voor Nederland

BART VAN DEN HURK, 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 EN SYBREN DRIJFHOUT (KNMI)

Amper had het KNMI in het voorjaar de nieuwe klimaatscenario's voor Nederland gepresenteerd, of West-Europa krijgt te maken met eerst een uitzonderlijk warme juli-maand en fikse neerslagsystemen in augustus. Beide situaties passen in het beeld van de richting waarin het klimaat zich lijkt te ontwikkelen. De werkelijke toekomstige ontwikkelingen laten zich uiteraard zelden vangen in eenduidige scenario's. Die scenario's zijn dan ook niet bedoeld als een klimaatverwachting, zoals bijvoorbeeld een weersverwachting wordt opgesteld. Het zijn veeleer projecties van hoe ons toekomstig klimaat er mogelijk uit zal komen te zien, als inspiratie voor de manier waarop de Nederlandse samenleving zich zou kunnen of moeten ontwikkelen om ook onder andere klimatologische omstandigheden te blijven functioneren. De scenario's spannen samen wel een brede range aan mogelijke klimatologische veranderingen op, om daarop zo goed mogelijk te kunnen anticiperen. Systematische veranderingen in de kans op droge hete zomers (denk aan juli) vergen andere maatregelen en denkrichtingen dan veranderingen in herhalingstijden van extreme neerslag (augustus). In dit artikel wordt globaal beschreven hoe de scenario's tot stand zijn gekomen, wat ermee gedaan kan worden, en welk aanvullend onderzoek in de nabije toekomst zal worden uitgevoerd om scenario-gebruikers te kunnen voorzien van de nodige informatie.

Nederland ligt in een gebied waarin klimaatprojecties met Global Climate Models (GCM's) voor verschillende toekomstige broeikasgas-omstandigheden behoorlijk uiteen lopen. Grof gezegd liggen we in een overgangszone tussen Noord-Europa waar wintertemperaturen in het algemeen sterker stijgen dan globaal gemiddeld, en Zuid-Europa waar juist de zomer relatief droog en warm lijkt te worden. Het Nederlandse klimaat is voorts sterk afhankelijk van de gemiddelde atmosferische circulatie: aanvoer van lucht vanuit het westen geeft in de winter relatief milde en natte omstandigheden, terwijl de zomers vrij droog en warm worden als de gemiddelde aanvoer van lucht uit oostelijke richtingen komt. Naast verschillen in mondiale opwarming tussen klimaatprojecties is ook de variabiliteit in geprojecteerde veranderingen in de atmosferische circulatieregimes op gematigde breedte een belangrijke bron van onzekerheid voor het toekomstige klimaat in onze regio.

Voor Nederland en omgeving zijn klimaatscenario's geconstrueerd die een grote bandbreedte aan mogelijke toekomstige klimaatomstandigheden omvatten. Deze bandbreedte is voornamelijk afgeleid uit GCM simulaties. Voor temperatuur, neerslag, windsnelheid en potentiële verdamping wordt in de scenario's rekening gehouden met zowel verschillende snelheden van mondiale opwarming als met de onzekere reactie van de regionale atmosferische circulatie daarop. Voor de zeeniveaustijging is rekening gehouden met onzekerheid in de zogenaamde thermosterische component (uitzetting van zeewater bij hogere temperatuur) als in de bijdrage van afsmeltende gletsjers en ijskappen. De meteorologische variabelen in de scenario's worden gegeven voor twee verschillende seizoenen (zomer en winter) en voor verschillende statistische gegevens (gemiddelde en extremen). De herhalingstijd van de extremen is een gekozen compromis tussen gebruikersbehoefte enerzijds (die soms geïnteresseerd zijn in zeer extreme waarden, zoals getallen voor de stormopzet eens in de 10.000 jaar voor de kustverdediging) en statistische robuustheid anderzijds (die beperkt wordt door de lengte van beschikbare meetreeksen en modelsimulaties).



Figuur 2. Links: Ontbinding van de circulatie-afhankelijke en -onafhankelijke verandering van een klimaatvariabele X tussen een controle- en een scenariosimulatie met een RCM. Rechts: voorbeeld van deze afzonderlijke bijdragen aan de verandering van de 99% percentielwaarde van neerslag op een zomerse regendag inclusief een bepaling van de spreiding van de regressiecoëfficiënten (zie tekst voor verdere uitleg).

Stuurvariabelen voor de scenario's

Een scenario is in ons geval een set variabelen die onderling consistent zijn onder aanname van een aantal (externe) voorwaarden, of anders gezegd, bij aangenomen waarden voor een aantal stuurvariabelen. De grootste onzekerheid over het toekomstige klimaat van Nederland komt voort uit:

- onzekerheid over de toekomstige wereldgemiddelde temperatuurstijging, als gevolg van onzekere natuurlijke en menselijke forceringen en klimaatgevoeligheid;
- onzekerheid over de reactie daarop van de regionale atmosferische circulatie en zeewatertemperatuur in de Noord-Atlantische Oceaan;
- onzekerheid over de fysische mechanismen die een directe invloed hebben op het lokale klimaat, zoals processen die te maken hebben met sneeuw (albedo), bodemuitdroging, directe en indirecte aërosoleffecten, convectie en turbulente menging.

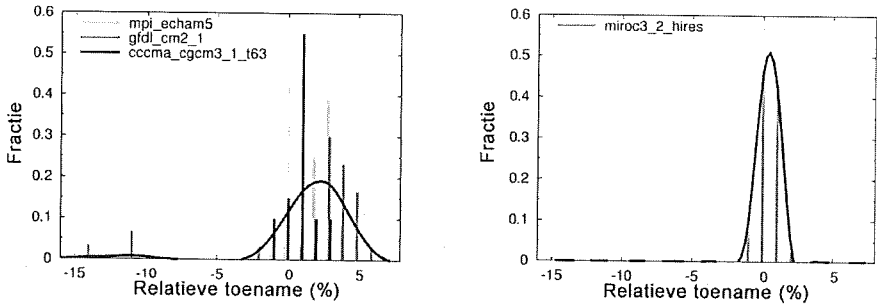
De scenario's zijn ontworpen om een

belangrijk deel van deze onzekerheid te omvatten. Dit is gedaan door basisaannamen die eraan ten grondslag liggen onderling sterk te laten verschillen. Aan de andere kant moet het aantal scenario's uiteraard beperkt worden, om te voorkomen dat je verdrinkt in de schier oneindige rij mogelijke scenario's, en om ervoor te zorgen dat onderlinge afstemming van verschillende beleidsterreinen kan plaatsvinden. Daarom zijn er vier scenario's gemaakt door twee waarden te kiezen voor twee belangrijke stuurvariabelen:

- de globale temperatuurstijging tussen 1990 en 2050: ΔT_{glob}, en
- de verandering van de sterkte van de seizoensgemiddelde westelijke component van de geostrofe wind ΔU_{geo}. Een deel van de overige bronnen van onzekerheid is meegenomen door rekening te houden met de spreiding van de resultaten van een ensemble aan modelresultaten.

De mondiale temperatuurstijging in 2050 is afgeleid uit alle beschikbare GCM simulaties die uitgevoerd zijn ter voorbereiding van het 4e Assessment Rapport van het IPCC (dat in het voorjaar van 2007 zal verschijnen). De modelruns zijn allemaal gearchiveerd en op te vragen bij de Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI) group van Lawrence Livermore National Laboratory. Deze (unieke!) database bevat resultaten van controleruns voor het huidige klimaat, en runs die doorlopen in de 21e eeuw waarbij verschillende emissiescenario's zijn opgelegd. 90% van alle GCM's die de scenario's (A1B, A2 en B1) hebben gedraaid komen uit op een waarde van ΔT_{glob} tussen +1 en +2 °C in 2050 . Dit zijn de twee waarden die voor de KNMI'06 scenario's zijn gekozen.

De reactie van U_{geo} op een gestegen wereldgemiddelde temperatuur in het gebied rondom Nederland verschilt sterk tussen de verschillende GCM's. Voor het controle klimaat is de kwaliteit van de GCM projecties geëvalueerd met betrekking tot de stromings- en drukpatronen op het noordelijk halfrond, en vijf modellen zijn geselecteerd die een adequate beschrijving geven van de hedendaagse circulatiestatistiek. Voor deze vijf modellen toont figuur 1 (zie achterzijde) de responsie van U_{geo} als functie van ΔT_{glob} gedurende de 21e eeuw simulaties voor een A1B emissiescenario. In de zomer (JJA) verschilt ΔU_{geo} sterk tussen de onderlinge GCM's maar kun je vrij goed een lineaire schaling met ΔT_{glob} uitvoeren. In de winter zie je meer decadale variabiliteit optreden en dan is een lineaire schaling minder vanzelfsprekend. De waarden voor ΔU_{geo} die uiteindelijk zijn gebruikt zorgen er in ieder geval voor dat resultaten van veranderingen in seizoensgemiddelde neerslag in Nederland en omgeving, zoals uitgerekend met een ensemble regionale klimaatmodellen (RCM's), de GCM bandbreedte goed reproduceert. In de zomer wordt in de scenario's ofwel een kleine positieve ofwel een sterk negatieve waarde voor ΔU_{geo} gehanteerd, waarbij die laatste waarde gepaard gaat met warme en droge continentale luchtaanvoer. In de winter is ΔU_{geo} ofwel nihil ofwel positief, met in het laatste geval aanvoer van relatief warme vochtige lucht.



Figuur 3. Frequentieverdeling van relatieve veranderingen (%) van jaarlijks maximale daggemiddelde wind u_{10}^{ann} behorend bij een mondiale temperatuurstijging van +2° C. Links de verzameling GCM's die voor het G+ en W+ scenario zijn gebruikt, rechts het GCM met een geringe circulatieverandering die voor G en W is gebruikt. De verticale staven geven het relatieve aantal roosterpunten weer voor een gegeven verandering.

De vier scenario's zijn genoemd G, G+, W en W+. De letters G of W staan voor een Gematigde of Warme mondiale opwarming van +1 of +2 °C in 2050, en een '+' is toegevoegd voor de scenario's met een sterke verandering van U_{geo}.

Temperatuur- en neerslagscenario's

De verandering van de seizoensgemiddelde temperatuur in Nederland kan sterk verschillen van de mondiaal gemiddelde temperatuurverandering, afhankelijk van veranderingen in de circulatie die bovenwindse anomalieën meevoert. In de meeste GCM projecties voor de 21e eeuw stijgt de zeewatertemperatuur in de Noord Atlantische Oceaan minder sterk dan mondiaal gemiddeld door een verzwakking van de thermohaliene circulatie, terwijl landtemperaturen op hogere breedtegraden sterker stijgen, vooral tijdens de winter. Daarom stijgt de wintergemiddelde temperatuur in de G+ en W+ scenario's 1.15 °C per graad ΔT_{glob}, en in de zomer zelfs 1.4 °C/°C. In de G en W scenario's is de seizoensgemiddelde temperatuurstijging ongeveer 0.85 °C/°C in zowel de zomer als de winter, door de relatief lage zeewatertemperatruur. De tabel aan het eind van dit artikel geeft een overzicht van alle scenariogetallen. Deze getallen zijn meestal afgerond op hele cijfers.

De seizoensgemiddelde neerslag is eveneens sterk afhankelijk van de circulatie respons. Analyses van de GCM resultaten voor Nederland geven een stijging van 3.5 tot 7% neerslag per graad ΔT_{glob} in de winter, waar de grootste stijging samengaat met een sterke toename van U_{geo}. In de zomer doet een negatieve waarde van ΔU_{geo} de kans op neerslag aanzienlijk afnemen, waardoor de seizoensgemiddelde neerslag afneemt met 9.5%/°C. In de G en W scenario's neemt de neerslag juist toe met 2.7%/°C.

Naast deze seizoensgemiddelde temperatuur- en neerslagveranderingen zijn ook verschuivingen in de extreme waarden gekwantificeerd. De resolutie van een typisch GCM rooster is te grof om realistische schattingen te krijgen van bijvoorbeeld de frequentie van het aantal natte dagen of de extreme neerslag of temperatuur. Daarom is aanvullende "downscaling" (vertaling naar de lokale situatie) met regionale klimaatmodellen (RCM's) uitgevoerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van een ensemble RCM simulaties die zijn opgenomen in de database van het Europese PRUDENCE project. Daarin zitten simulaties voor de tijdvakken 1961-1990 (de controle simulaties ofwel het referentieklimaat) en 2071-2100 (de scenario-runs). De meeste RCM simulaties zijn aangedreven met een enkele GCM simulatie voor een A2 emissiescenario. Om de volledige bandbreedte van de KNMI'06 scenario's af te dekken is er daarom een aanvullende schaling uitgevoerd om RCM resultaten als het ware te extrapoleren naar tijdvakken en atmosferische omstandigheden die overeenkomen met de scenario-aannames.

Voor elke variabele en elk seizoen is een lineaire relatie bepaald tussen U_{geo} en de desbetreffende variabele X in elk gesimuleerd tijdvak (zie figuur 2, links). Met deze lineaire relatie is een onderscheid gemaakt tussen de circulatie-afhankelijke en –onafhankelijke component in de verandering tussen de controle- en scenarioruns. De circulatie-afhankelijke bijdrage c_X^{circ} wordt gegeven door de (gewogen gemiddelde) helling tussen X en U_{geo}, en de resterende verandering c_x^T wordt toegeschreven aan een directe respons op de mondiale opwarming.

Het rechter plaatje in figuur 2 toont een voorbeeld van de waarden van c_X^{circ} en c_X^T waarbij X de 99% percentielwaarde van de dagsom neerslag in de zomer voorstelt. De spreiding tussen de coëfficiënten is onder andere veroorzaakt door gebruik van meerdere RCM's en van verschillende statistische methoden om de regressies op U_{geo} uit te voeren. Deze procedure is toegepast op alle variabelen in Tabel 1. Voor de temperatuurvariabelen werd gewerkt met RCM uitvoer van steeds vier roostervakken van elk 50×50 km, om betere statistiek te krijgen. Voor neerslag zijn zelfs 11×11 roostervakken gebruikt.

In de vier KNMI'06 scenario's zijn de waarden voor de klimaatvariabelen bepaald door de waarde van de stuurvariabelen (ΔT_{glob} en ΔU_{geo}) te combineren met (gewogen gemiddelde) waarden voor c_X^{circ} en c_X^T. De weging van de coëfficiënten zorgde ervoor dat voor elk seizoen en scenario een verschillende selectie van gebruikte RCM's werd gekozen. Bijvoorbeeld, de verandering van neerslag in de zomer verschilde sterk binnen het PRUDENCE RCM ensemble. De meeste modellen gaven een uitdroging die typisch overeenkomt met het W+ en G+ scenario, maar een enkel RCM liet deze uitdroging veel minder sterk zien doordat de interne hydrologische cyclus relatief sterk was door een groot bodemvochtreservoir. De resultaten van dit RCM zijn derhalve gebruikt voor het G en W zomerscenario.

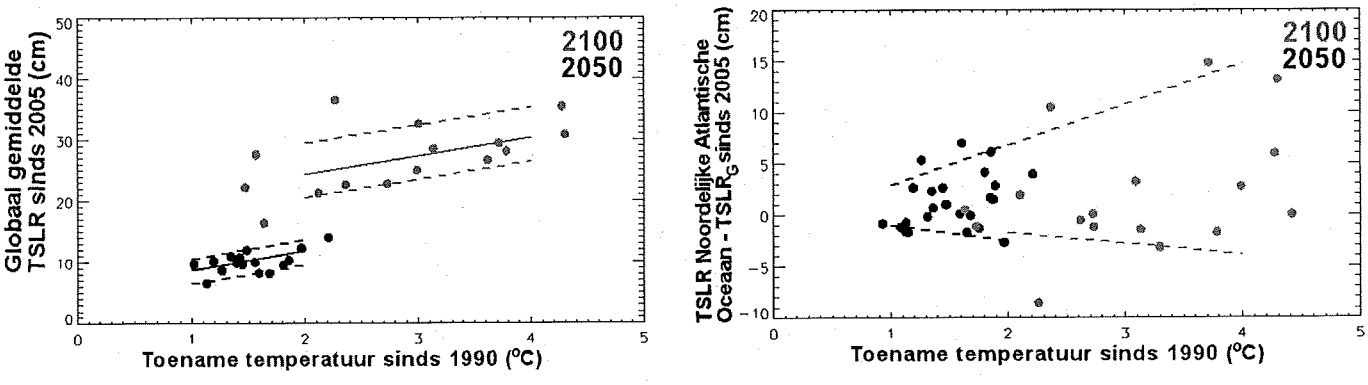
Scenario's voor windsnelheid

De Nederlandse kustverdediging rekent met wateropzetwaarden die statistisch gezien slechts eens per 10000 jaar voorkomen. Dit getal kan onmogelijk rechtstreeks worden afgeleid uit GCM tijdreeksen van op z'n best 100 jaar lang zonder een forse statistische extrapolatie uit te voeren. Deze extrapolatie is een nieuwe bron van (aanzienlijke) onzekerheid en is daarom niet uitgevoerd voor de generieke KNMI'06 klimaatscenario's. In plaats daarvan is de verandering van de extreme windsnelheid boven de Noordzee uitgedrukt in een 'soft extreme' definitie, en wel de daggemiddelde windsnelheid die eens per jaar wordt overschreden, Δu_{10}^{ann}. Scenario's voor deze grootheid zijn afgeleid uit resultaten van 4 van de 5 GCM's die ook voor de temperatuur- en neerslagscenario's zijn gebruikt. Velden van daggemiddelde windsnelheid voor de referentieperiode 1961-2000 en voor drie 20-jaars perioden tussen 2000 en 2300 zijn uit het PCMDI archief gehaald. Waarden voor de 10m wind voor alle Noordzeeroosterpunten werden daaruit gevist, en voor elk model en elk tijdvak werd de jaarlijks maximale waarde gemiddeld. De veranderingen tussen de referentieperiode en de toekomstige tijdvakken werden geschaald met de simultane veranderingen in de wereldgemiddelde temperatuur, en via een aangenomen lineaire relatie tussen ΔT_{glob} en Δu_{10}^{ann} zijn waardes verkregen voor ΔT_{glob} = +1 en +2°C. Uit de verzameling modellen en Noordzee roosterpunten werden kansverdelingen van Δu_{10}^{ann} opgesteld. Resultaten van één van de 4 GCM's weken enigszins af doordat in dat GCM de atmosferische circulatie duidelijk minder veranderde bij een gestegen wereldgemiddelde temperatuur dan in de andere 3 GCM's, en daarom is daarvoor een aparte kansverdeling opgesteld (zie Figuur 3). De resultaten van dit GCM werden gebruikt voor het G en W scenario, terwijl de G+ en W+ getallen zijn opgesteld aan de hand van de overige GCM's. De kansverdelingen tonen aan dat de gemiddelde verandering van u_{10}^{ann} vrij gering is (ongeveer nul of licht positief), maar dat er een redelijke spreiding optreedt in de verdelingen die groter is dan de gemiddelde verandering. Met andere woorden: de signaal/ruisverhouding van Δu_{10}^{ann} is nogal klein. In de KNMI'06 scenario's is een zekere spreiding in Δu_{10}^{ann} aangebracht door de 10% en 90% percentielwaarden van deze kansverdelingen op te nemen.

In recente wetenschappelijke literatuur wordt wel gesteld dat een versterkt broeikaseffect gepaard gaat met een afname van het aantal zwakke en matige stormen op gematigde breedte, maar dat de intensiteit van de meest extreme stormen juist toeneemt. De (geringe) positieve trend van jaarlijks maximale daggemiddelde windsnelheid lijkt in tegenspraak met de aangenomen neergaande trend. In de GCM simulaties die wij hebben geanalyseerd is de respons van de wind in de oostelijke sector van de Noord Atlantische oceaan in het algemeen positief, maar de fysische achtergrond daarvan is nog niet geheel duidelijk.

Zeespiegelscenario's

De zeespiegelscenario's voor het oostelijk deel van de Noord Atlantische Oceaan zijn gebaseerd op verschillende bronnen. De thermosterische zeespiegelstijging (ZSS) is afgeleid uit de GCM berekeningen in het PCMDI archief.



Figuur 4. Links. Mondiaal gemiddelde thermosterische zeespiegelstijging (TSLR, relatief ten opzichte van 2005) als functie van T_{glob} (ten opzichte van 1990) voor een groep GCM's die met 3 verschillende emissiescenario's zijn aangedreven. Waardes voor 2050 (2100) zijn aangegeven in zwart (grijs). De doorgetrokken en gestreepte lijnen geven de mediaan en de 90% betrouwbaarheidsintervallen weer. Rechts: hetzelfde, maar dan voor het verschil tussen de zeespiegelstijging in het oostelijk deel van de Noord Atlantische Oceaan en de wereldgemiddelde zeespiegestijging.

De bijdrage van smeltende ijskappen en gletsjers is afgeleid uit een combinatie van waarnemingen, literatuur, en wetenschappelijke expertise. De waargenomen ZSS tussen 1990 en 2005 wordt geschat op 4 ± 1 cm. ZSS scenario's worden gegeven voor 2050 en 2100, ten opzichte van 1990. Voor de 2100 scenario's wordt uitgegaan van ΔT_{glob} van +2 en +4 °C.

De mondiaal gemiddelde thermosterische ZSS (als gevolg van het uitzetten van opwarmend water) loopt in het algemeen achter bij de mondiaal gemiddelde atmosfeer-temperatuur door de grote traagheid waarmee de oceaan kan reageren op veranderingen. Daarom is de relatie tussen thermosterische ZSS en ΔT_{glob} verschillend voor de tijdvakken rond 2050 en 2100. In beide tijdvakken laten GCM's een grotere ZSS zien bij een grotere ΔT_{glob} (figuur 4). De zeespiegelstijging in het oostelijk deel van de Noord Atlantische oceaan blijkt echter vaak af te wijken van de wereldgemiddelde ZSS, als gevolg van variaties in de mate waarin de thermohaliene circulatie verzwakt. Wanneer hiermee rekening wordt gehouden varieert de thermosterische ZSS in 2100 tussen de 20 en 33 cm voor het lage temperatuurscenario, en tussen de 25 en 45 cm voor +4 °C.

Waarnemingen van de afsmeltingssnelheid van Groenland en Antarctica sinds 1961 zijn gebruikt als startpunt voor de smeltbijdrage aan de KNMI'06 zeespiegelscenario's. De Groenlandse ijskap krimpt met 0.21 ± 0.07 mm/jr, maar sinds de laatste tientallen jaren lijkt een versnelling plaats te vinden. Schattingen van de groei- of krimpsnelheid van Antarctica lopen uiteen van -0.10 tot +0.60 mm/jr. De gecombineerde bijdrage aan de huidige ZSS van Groenland en Antarctica samen wordt geraamd op 0,4 ± 0.4 mm/jr. Op basis van berekeningen van 18 gekoppelde klimaatmodellen wordt geschat dat de temperatuurafhankelijkheid van de massabalans van de Groenlandse ijskap 0.18 ± 0.14 mm/jr/K is. Voor Antarctica is dat –0.31 ± 0.24 mm/jr/K. Het teken van deze temperatuurgevoeligheid is voor Antarctica echter niet eenduidig: negatief wanneer uitgegaan wordt van modelberekeningen, maar positief met recente waarnemingen. We nemen dan ook aan dat de gemiddelde temperatuurgevoeligheid voor Antarctica nihil is, en dat de gevoeligheid van de gecombineerde Groenland/Zuidpool ijskap voor de mondiaal gemiddelde temperatuurstijging gelijk is aan 0.2 ± 0.4 mm/jr/K. Deze waarde is vervolgens lineair geïnterpoleerd tussen 2005 en de scenario-jaren 2050/2100 om de mediaan en lage betrouwbaarheidsmarge van de smeltbijdrage te schatten. Voor de hoge betrouwbaarheidsmarge wordt echter rekening gehouden met onvoorziene versnelde afsmelting op basis van recente literatuurgegevens. Versnelde afsmelting van de Groenlandse ijskap wanneer de globale temperatuur met 4 °C of meer is gestegen lijkt niet te kunnen leiden tot ZSS meer dan 5 mm/jr. Wanneer hiermee rekening wordt gehouden wordt de totale bijdrage van afsmelten van Groenland en Antarctica aan de zeeniveaustijging geraamd op 0 tot 19 cm voor het lage temperatuurscenario, en tussen -2 en +33 cm voor het hoge scenario.

Bijdragen van kleinere ijskappen en gletsjers zijn gebaseerd op schattingen van het huidige ijsvolume (die variëren tussen de 15 en 24 cm). Aangenomen is dat de temperatuurafhankelijkheid van de smeltsnelheid gelijk is aan 0.5 ± 0.25 mm/jr/K, de ZSS uit deze bijdrage varieert tussen de 2 en 14 cm in 2100, afhankelijk van het temperatuurscenario. Andere bijdragen zijn klein en blijven onder de +2 cm in 2100.

Samenvatting en vervolgonderzoek

Tabel 2 geeft een samenvatting van de KNMI'06 scenario's. Deze tabel zal slechts voor een beperkt aantal gebruikers direct antwoord geven op de vragen die gesteld worden in het kader van omgaan met toekomstprojecties. In de regel is een nadere detaillering nodig om de informatie geschikt te maken voor de specifieke toepassing. Het KNMI coördineert in het kader van het BSIK programma Klimaat voor Ruimte een zogenaamde scenario-tailoring project, waarin voor een aantal case-studies deze nadere detaillering wordt uitgevoerd.

Daarnaast is er een aantal generieke onderwerpen waaraan op dit moment of op korte termijn aanvullend onderzoek wordt verricht. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- Jaarlijkse gang: de scenario's geven alleen getallen voor zomer en winter. Met eenvoudige schalingsregels worden de scenario's voor temperatuur, neerslag en potentiële verdamping afgeleid voor elke kalendermaand.
- Neerslag uit buien: de scenario-getallen voor neerslag gelden voor dagsommen, en in principe niet voor individuele buien op een enkele dag. Voor stedelijk waterbeheer is echter informatie nodig over neerslaggebeurtenissen met een veel kortere duur dan een etmaal. Er zal worden nagegaan of de scenario-getallen ook kunnen worden toegepast op buien.
- Verandering in variabiliteit: de scenario's geven geen informatie over eventuele veranderingen in variabiliteit op tijdschalen van seizoenen tot jaren: de veranderingen gelden in principe voor klimatologische perioden van 30 jaar. Toch laten GCM-studies zien dat de maand-tot-maand en jaar-tot-jaar grilligheid van de neerslag en temperatuur verandert: de winters zullen meer op elkaar gaan lijken terwijl de zomers juist sterker onderling van elkaar zullen gaan verschillen. Er zal worden getracht ook deze veranderingen kwantitatief te maken.
- Extremere of juist minder extreme wind: voor de windenergiesector zijn veranderingen in gemiddelde wind waarschijnlijk meer van belang dan de jaarmaxima, terwijl voor de kustverdediging of wateropzet in het binnenland juist extremere situaties moeten worden doorgerekend. Hier zullen nadere analyses over worden uitgevoerd.
- Extreme zeespiegelscenario's: ondanks dat er in de KNMI'06 scenario's rekening wordt gehouden met onvoorziene versnelde ijskapafsmelting worden extreme zeespiegelstijgingen (enkele meters bijvoorbeeld) niet gegeven. Toch is er voor sommige toekomstverkenningen behoefte aan een theoretisch 'maximaal' ZSS scenario. Specifiek zal nader onderzoek gedaan worden naar de fysische mechanismen achter snelle ijskap-afsmelting.

Dit zijn voorbeelden van lopend of

Variabele	Temperatuur	Neerslag
Seizoensgemiddelde	•	•
Mediaan (50%-percentiel)	•	•
Frequentie natte dagen		•
Neerslag op een natte dag		•
10% & 90%-percentiel	•	
99%-percentiel		•

Tabel 1. Lijst van variabelen waarvoor RCM resultaten zijn gebruikt om de veranderingen in een toekomstig klimaat te kwantificeren. Voor alle variabelen zijn de veranderingen voor zowel de zomer (JJA) als winter (DJF) berekend.

		G	G+	W	W+
Wereldwijde temperatuurstijging (°C)		+1	+1	+2	+2
Verandering in luchtstromingspatronen		nee	ja	nee	ja
Winter[1]	Gemiddelde temperatuur (°C)	+0,9	+1,1	+1,8	+2,3
	Koudste winterdag per jaar (°C)	+1,0	+1,5	+2,1	+2,9
	Gemiddelde neerslaghoeveelheid (%)	+4	+7	+7	+14
	Aantal natte dagen (≥ 0,1 mm) (%)	0	+1	0	+2
	10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden (%)	+4	+6	+8	+12
	Hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar (%)	0	+2	-1	+4
Zomer[1]	Gemiddelde temperatuur (°C)	+0,9	+1,4	+1,7	+2,8
	Warmste zomerdag per jaar (°C)	+1,0	+1,9	+2,1	+3,8

Tabel 2. KNMI'06 klimaatscenario's: veranderingen in 2050 ten opzichte van 1990. Het klimaat in het basisjaar 1990 is beschreven met gegevens van 1976 tot en met 2005.

[1] Onder 'winter' wordt hier verstaan december, januari en februari, 'zomer' staat gelijk aan juni, juli en augustus.

gepland onderzoek, al dan niet al ondergebracht in concrete onderzoeksprojecten. Het is niet op voorhand te zeggen wanneer resultaten zullen worden gepresenteerd, maar na de presentatie van de KNMI'06 scenario's in het afgelopen voorjaar is de aandacht voor dit onderzoeksterrein voorlopig nog volop aanwezig.

Nawoord

De KNMI'06 klimaatscenario's zijn mede namens het BSIK programma Klimaat voor Ruimte tot stand gekomen.
Een volledige wetenschappelijke beschrijving van de KNMI'06 scenario's is te vinden in een KNMI Wetenschappelijk Rapport, te verkrijgen via www.knmi.nl/klimaatscenarios. Daar zijn ook aanvullend beeldmateriaal en rekentools te vinden.

Bleeker's Herfst

HUUG VAN DEN DOOL

Ik ontmoette Bleeker voor het eerst toen ik in grote vreze voor de wereld buiten mijn geboortedorp onder de hoede van een zes jaar oudere broer (toen een aankomend RK priester, gekleed in het zwart met wit boordje) op het KNMI verscheen. Op de algemene voorlichtingsdag op de Universiteit kort daarvoor was er niemand geweest die de aankomend student (schrijver dezes) over meteorologie had kunnen voorlichten. Nee, volgens een bekakte afpoeierfiguur aan het Domplein in Utrecht moest daartoe via een secretaresse een afspraak worden gemaakt met Prof. Dr. W. Bleeker op het KNMI, zo stond in een boekje. Geen bemoedigend begin. Het huilen stond mij nader dan het lachen. Via de bode en de secretaresse werden we twee weken later toegelaten tot de onneembare veste van de buitengewoon hoogleraar, tevens hoofddirecteur van het KNMI. Bleeker bleek een bijzonder figuur. Een jongen van het land, een streekgenoot, recht voor z'n raap, geen gepolijste intellectueel die je niet kan doorzien. Hij begreep natuurlijk meteen dat hij hier met een weerliefhebber van doen had, en stelde me op m'n gemak. Hij maakte grapjes over zichzelf (is het koud boven?); z'n bijzondere lengte dus (en ik was nog heel klein!). En gromde instemmend over alle metingen die ik op m'n eentje jarenlang te W had verricht - dat kon geen kwaad. Informeerde losjes naar mijn eindexamenpunten en stelde vast dat ik het misschien wel zou redden als ik hard werkte. Daartoe was ik meer dan bereid. Maar weet wel, meteorologie komt eigenlijk pas na het kandidaatsexamen, voor die tijd gewoon 95% wis- en natuurkunde. Bleeker keek wat vermaakt heen en weer naar de kinderlijke a.s. student en de hem begeleidende priester. Zoiets had hij nog niet eerder meegemaakt. Hij vertelde mij, een volstrekte beginneling, iets over radioactiviteit in de atmosfeer en een artikel voor Elsevier waar hij aan werkte. Te zeggen dat ik geïmponeerd was door deze benaderbare-onbenaderbare grootheid is het understatement van het jaar 1965.

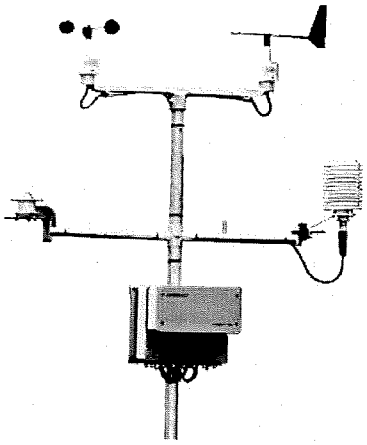
De eerste jaren in Utrecht waren een bloedbad in wis- en natuurkunde. 40% zou het kandidaats niet halen, zo voorspelde een hoge juffrouw van het Bureau Studentenbelangen (Mejuffrouw Mr. van Lansschot) vanaf het verafgelegen sprekersgestoelte bij een massaintroductiebijeenkomst in Tivoli. Een deprimerende waarschijnlijkheidsverwachting, ook al groeiden de bomen door het dak van Tivoli. Hoorde ik bij die 40%? Ik worstelde om aan de goede kant van de streep te blijven. De voorkandidaatscolleges van Bleeker, een keer per week, waren een adempauze. Niet alleen was dit het onderwerp waar ik het ten slotte allemaal om deed, maar Bleeker gaf les zoals een leraar op school. Met omhaal van woorden, weinig notatieproblemen en in een matig tempo, zonder dat het erg moeilijk werd. In feite doceerde hij uit z'n befaamde Leerboeken der Meteorologie die geschreven waren voor hen die zich voor een zeevaart- of luchtvaartexamen voorbereidden, dan wel waarnemer wilden worden. Niet dat wij deze boeken hadden (al jaaaaren uitverkocht) maar hij volgde de inhoud van delen van zijn boeken uit de jaren dertig en veertig vrij precies. Plus af en toe wat meer theorie, over bijvoorbeeld de eerste hoofdwet, adiabaten, potentiële temperatuur en straling. De afstand professor-student was minder groot dan bij bijvoorbeeld. de wiskundige Freudenthal die lesgaf zonder de indruk te maken veel op z'n gehoor te letten (tenzij hij erg geïrriteerd werd). De klas was natuurlijk wat kleiner, misschien zo'n 25 voor N3 (Geofysica) in de rode zaal, terwijl we met 200 in de blauwe zaal waren bij de algemene wiskundecolleges. Bleeker gaf zelfs beurten, dat kan natuurlijk helemaal

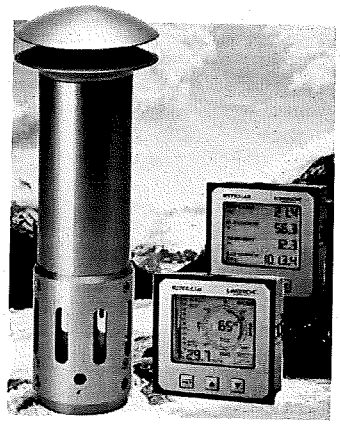
Bakker&Co

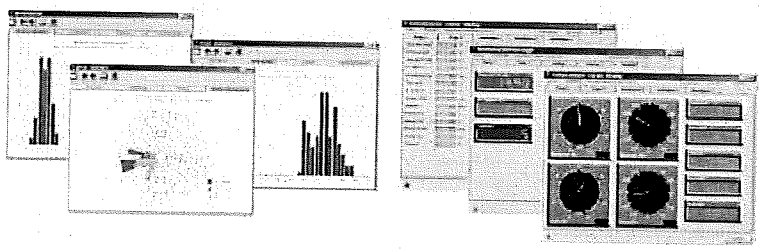
Uw partner in Meteo en Klimaat!

Handels- en Ingenieursbureau Bakker & Co levert een scala aan meetoplossingen en meetinstrumenten op het gebied van meteorologie en klimatologie. Van instrumenten, sensoren tot complete weerstations inclusief data acquisitie en software voor toepassingen in de industrie, offshore en gebouwautomatisering.

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







Handels- en Ingenieursbureau Bakker & Co., Industrieterrein "de Geer", Gildenweg 3
Postbus 1235, 3330 CE Zwijndrecht.
Tel. 078-610 16 66, Fax. 078-610 04 62
E-mail meettechniek@bakker-co.com
www.bakker-co.com

niet met anonieme studenten die je met U aanspreekt, maar dat wist Bleeker blijkbaar allemaal niet. Je mocht zelfs met opgestoken vinger blijk geven het begrepen te hebben.

Tijdens de pauze stelden de studenten zich gewoontegetrouw voor de koffieautomaat op en, wat verder nooit gebeurde in Transitorium I, deed Bleeker dus wel: hij wandelde als docent met ons mee en stond in de rij voor de bekertjesgooiende automaat, pratend tegen eenieder die maar wilde en de moed had iets terug te zeggen. Zo'n hoogleraar dus. Wie heeft er een kwartje voor me, ik bedoel wie kan er een rijksdaalder wisselen? Vijfentwintig studenten trokken de portemonnee. Bleeker had een groot enthousiasme. Hier was een man die ondanks z'n leeftijd (60) en vermoedelijk heel veel ambtelijke rompslomp in z'n KNMI baan het aanstekelijk enthousiasme van een beginner had behouden. Geen voorzichtig manoeuvrerende man. Nee, als je enthousiast bent over iets, dan 200% toewijding en niet minder. Van de 25 studenten waren er trouwens maar een paar die Meteorologie als roeping hadden, alleen Kees Floor, Daniël Oldenziel en ik; verder was er de KNMI medewerker Kees Korevaar die als eerstejaars begon in het kader van een soort tweede kans onderwijs gestimuleerd door de werkgever. Wij waren de kasplantjes van Bleeker, al betekende dat weinig tot na het kandidaats. Alleen Kees Korevaar zag Bleeker vaak; hij moest met goede punten op z'n rapport (studiekaart) aantonen dat het KNMI geen geld weggooide.

Bleeker gaf grotendeels zittend college, want z'n veel te grote en slecht gebouwde frame werd krakkemikkig van het staan. Ook hierover maakte hij grapjes. Soms bracht hij een assistent(e) mee, zoals z'n KNMI secretaresse of de jeugdige Louk Conrads. Die deelden paperassen uit, zoals weerkaarten, pagina's dictaat, of lieten dia's zien enz. Bleeker die het actuele weer besprak, dat was natuurlijk een feest. We kregen de weerkaarten gratis zolang de hoofddirecteur van het KNMI dat bij de gratie Gods toestond. 'En de hoofddirecteur van het KNMI..... dat ben ik zelf', voegde hij daar schalks aan toe. Een gigant, zowel fysiek als in het bestuurlijke. We wisten natuurlijk dat het dankzij Bleeker was dat we in Utrecht pas sinds 64/65 doctoraal wis- en natuurkunde met hoofdvak meteorologie konden studeren, al was het Academisch Statuut nog steeds niet definitief aangepast. Het lag in de bedoeling van Bleeker om na zijn KNMI pensioen op de Universiteit door te gaan. Bleeker was de meteorologie. Niemand kon ook maar bij benadering in z'n schoenen staan.

En waar ging het college over? Verticale stabiliteit (eindeloos gedoe met deeltjes), velerlei adiabaten, plotjes, luchtsoorten, brongebieden, straling, de grenslaag, hogen, lagen, wiggen, zadels en vores etc., geostrofie met wrijving en kromming, lokale winden, wolken (eindeloos veel wolken; met dia's), depressies à la de Noorse school, fronten, occlusies, het weersverloop bij een typische depressiepassage, dwarsdoorsnedes, aërologie en luchtvaartmeteorologie, singlestation verwachtingen, mist, conservatief (als begrip), vochtigheidsindicatoren. De dia's van wolken waren bijzonder, waren vaak van Aalders, al dan niet opgenomen in de wolkenatlas. Die wolkendia's trokken me aan, ook om wat er soms onbedoeld te zien was, een stukje van een mij bekende weg 30 jaar eerder, de patrijspoort van 'ons' weerschip Cirrus, of een reeds lang gepensioneerde veel te serieuze waarnemer met een weerballon.

Deel van de Nederlandse delegatie naar de Algemene Vergadering van de WMO Commissie voor Synoptische Meteorologie (CSM) in maart 1966 te Wiesbaden. De lange man met hoed is prof. Bleeker. Links van hem dr. Postma, toenmalig directeur van de Weerdienst van het KNMI en Cor Schuurmans, rechts van Bleeker staat Dick Timmerman werkzaam bij de Weerdienst. Prof. Bleeker was op dat moment Hoofddirecteur van het KNMI. Ondanks zijn drukke werkzaamheden in De Bilt en aan de Rijksuniversiteit Utrecht (in 1966 richtte Bleeker het IMOU op) hield hij ook internationaal graag alle touwtjes in handen. Vandaar de uitgebreide delegatie naar de CSM. (foto prof. C. Schuurmans).

Regelmatig was Bleeker afwezig. Hij was natuurlijk een drukbezet man, vergaderde nationaal en internationaal, was ook nogal eens ziek blijkbaar of anderszins verhinderd en eigenlijk had hij geen tijd om fatsoenlijk college te geven, maar dat wilde hij blijkbaar toch niet opgeven. Zodoende werd het college wel eens afgelast of was er een vervanger, zoals Cor van der Ham van het KNMI die ik van stem al kende van z'n weerpraatjes op TV en van naam als 'onze medewerker' in de Volkskrant. Ook had Bleeker geen tijd om het klassikaal schriftelijk afgenomen tentamen aan het eind van het eerste jaar na te kijken. Dat leidde bijna tot een rel want de Utrechtse administrateurs die onze studiekaart bijhielden pikten het niet dat we pas na 6 maanden met een examenbriefje verschenen; dat viel buiten de geldigheidstermijn; wat dachten we wel?

Zo genoten wij van achtereenvolgens Synoptische Meteorologie en Klimatologie colleges. Als jongeling neem je alles absoluut, je hebt levensverwachting en je rekent toch een beetje op de continuïteit der dingen. Een kind gaat er niet van uit dat z'n ouders er morgen niet meer zullen zijn. Ik was geheel onvoorbereid op wat er in het voorjaar van 1967 gebeurde. Nadat Bleeker al heel wat verzuimd had vertelde Kees Korevaar op een dag dat het college vandaag niet doorging omdat Bleeker was overleden. Hij zag er totaal onthutst uit bij deze mededeling. Een mokerslag bij duistere hemel. Wat nu? Ja, wat nu? Deze vraag zou nog decennialang bestaan voor onze kersverse opleiding. Een antwoord was er niet, alleen lapmiddelen. De steunberen, pilaren en dwarsbalken van het studiehuis meteorologie waren ingestort. Ik haalde weliswaar mijn kandidaatsexamen, zodat die hoge juffrouw van mij een Brier Score (0.6-1) in het kwadraat kreeg voor haar weinig bemoedigende praatjes, maar van de beloftes van het mooie vak meteorologie aan de Universiteit was zo goed als niets over. Ik heb geen moment overwogen naar rechten of niet-westerse culturele antropologie om te zwaaien. Ik was geboren om meteoroloog te worden en dan laat je je niet door wat zwaar weer uit balans brengen.

40 Jaar ontwikkeling in de operationele meteorologie

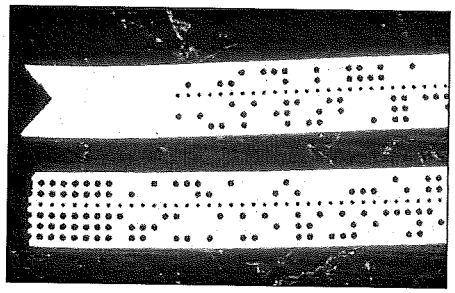
DEEL 2: DATACOMMUNICATIE

RUUD IVENS (EX-KNMI)

De operationele meteorologie heeft de afgelopen 40 jaar een grote ontwikkeling doorgemaakt. Enerzijds als gevolg van de toegenomen kennis voortkomend uit meteorologisch onderzoek, anderzijds door toepassing van een zich steeds verder ontwikkelende technologie, waardoor de nieuwe kennis voor praktisch gebruik beschikbaar kon komen. Denk bij dat laatste vooral aan de exponentiële ontwikkeling in de rekenkracht van computers, waardoor rekenmodellen bijna real-time de toestand van de atmosfeer met grote nauwkeurigheid kunnen beschrijven en voorspellen tot ruim een week vooruit. Ook niet te vergeten: de snelle wereldwijde datacommunicatie en gegevenspresentatie. In de vorige aflevering is de ontwikkeling van het waarnemen belicht. Dit deel is gewijd aan de datacommunicatie. Ik wijs er wel op dat het geen nauwgezette historische uiteenzetting wordt. De nadruk ligt vooral op verschillen tussen toen en nu, juist om de stormachtige ontwikkeling te benadrukken die zich binnen één meteorologengeneratie heeft voltrokken.

Gegevensuitwisseling in alfanumerieke vorm

Het betreft in dit verband de uitwisseling van gegevens betreffende de waarnemingen, verwachtingen en waarschuwingen. Rond 1965 vond de meteorologische gegevensoverdracht grotendeels plaats via (radio)telex. De transmissiesnelheid varieerde daarbij van 50 tot maximaal



Figuur 1. Telexponsband

300 baud. Één baud staat gelijk aan 1 signaalwisseling per seconde: aan/uit, of, bij een geluidsgemoduleerd signaal, hoog/laag. Elk telexsignaaltje bevatte 4 bits aan informatie. In huidige termen gesproken lag de transmissiesnelheid dus tussen 200 en 1200 bit/seconde. Vergelijk dat eens met de huidige transmissiesnelheden, waarbij in externe netwerken snelheden van vele Megabit/sec tot de gewoonste zaken van de wereld behoren! Meteorologische communicatie op zee en in ontwikkelingslanden was zelfs nog grotendeels aangewezen op morsetelegrafie, waarvan de transmissiesnelheid overeen kwam met 10 baud.

Veel handwerk dus in de jaren zestig. Niet alleen werden alle berichten handmatig ingetypt, maar ook het kopiëren van de gegevens was nog handwerk. Zo werd van een telexbulletin dat moest worden doorgezonden naar andere diensten of onderdelen daarvan eerst een ponsbandje gemaakt, dat vervolgens weer op een andere telex werd ingelezen (figuren 1 en 2). Wat er zoal bij kwam kijken laat ik, bij wijze van voorbeeld, zien aan de hand van de uitwisseling van de synoptische waarnemingen.

De weg van een synopwaarneming

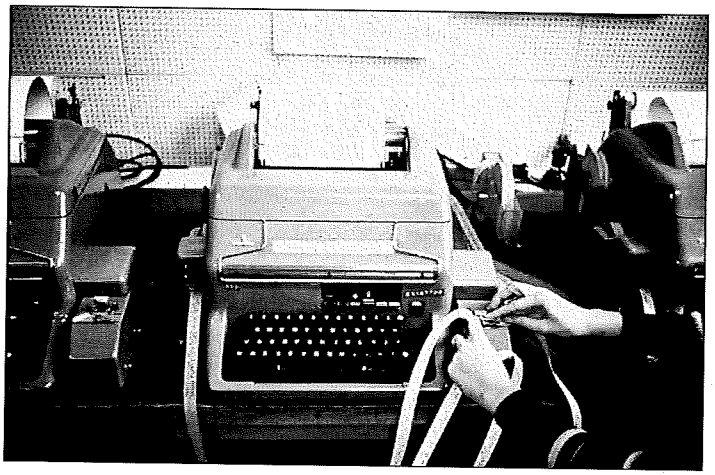
Nadat de waarnemer de gegevens van de instrumenten had afgelezen, werden deze vastgelegd in een waarneemboek. Dezelfde gegevens werden vervolgens in de synopcode "off line" op een telexmachine ingetypt als bericht. Daarvan werd dan een ponsbandje gemaakt, dat ter verzending opnieuw werd ingelezen op een (soms wel andere) telex ter verzending naar de communicatieruimte van de weerkamer in De Bilt. Dat ponsbandje was trouwens ook handig voor het geval er onderweg door een lijnstoring iets mis was gegaan met het bericht. Je hoefde het als waarnemer dan niet opnieuw uit te typen.

De volgende stap gebeurde in De Bilt. Hier werden alle berichten weer op ponsband gezet, waarna de communicatiemedewerker aldaar al die bandjes stuk voor stuk op een andere telex inlas en samenvoegde tot het Nederlandse synopbulletin (figuur 2). Dit was allemaal zeer arbeidsintensief, want de volgende stap was alweer het fabriceren van een ponsband, dit keer met het hele bulletin. Dit bulletin werd vanaf die ponsband dan weer rondgezonden via het NMT (Nationaal Meteorologisch Telexnetwerk), waarop alle belanghebbende meteorologische diensten binnen Nederland waren aangesloten. Eigenlijk is dit niet eens het hele verhaal, want dit soort activiteiten vonden niet alleen plaats binnen de KNMI-organisatie, maar uiteraard ook nog bij de krijgsmachtonderdelen die belast waren met meteorologische berichtgeving. Bovendien gaat het hier over één Nederlands synopbulletin, maar in feite werden daarvan ook weer diverse uitsneden gemaakt ten behoeve van de verzending naar het buitenland. Voor verspreiding naar de buurlanden was het complete bulletin zeer geschikt, maar de rest van de wereld had geen behoefte aan een dergelijke dichtheid van waarnemingen. Voor wereldwijde distributie werd het bulletin verkort tot enkele geselecteerde stations.

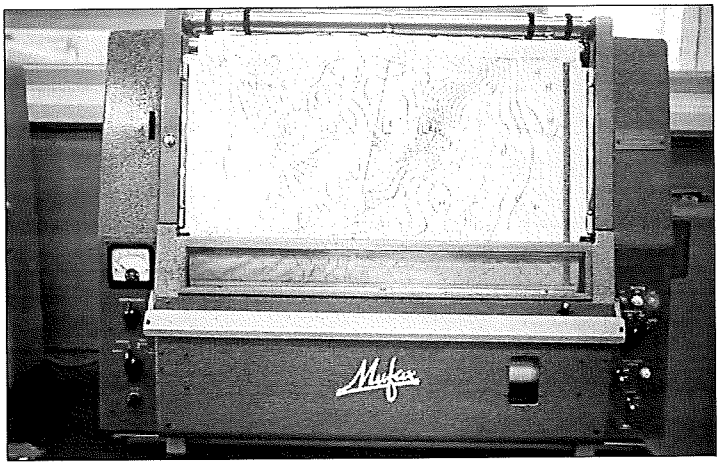
Kortom, de communicatiemedewerkers waren vooral druk met het kopiëren en samenstellen van de berichten via ponsbandjes. In de spitsuren waren aldus 3 à 4 medewerkers in touw om de klus binnen acceptabele tijd te klaren.

De intrede van de computer bij de berichtenuitwisseling

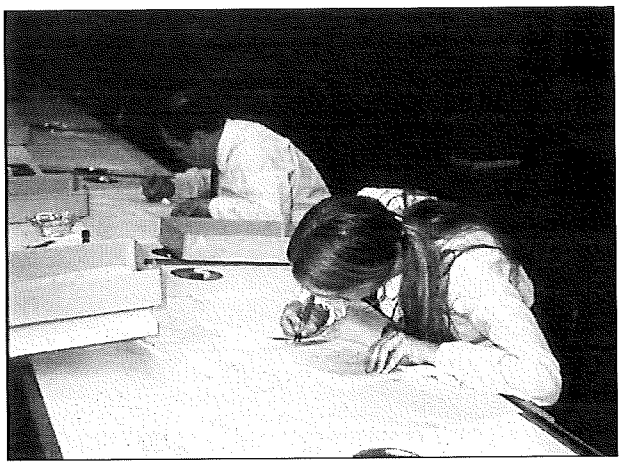
Rond 1970 begon de automatisering van de datacommunicatie voorzichtig op gang te komen. In eerste instantie had het betrekking op het automatiseren van de kopieerslagen van de berichten, zodat de manipulaties met de ponsband-



Figuur 2. Druk in de weer met het samenstellen van de berichtenbulletins



Figuur 3. Faxontvanger met een zojuist binnengerolde weerkaart



Figuur 4. Het plotten van de weerkaart; vaak méér dan duizend stationsplotjes; nooit van RSI gehoord!

jes in het kader van de berichtenroutering geleidelijk aan werden teruggedrongen. In elk geval werd daarmee enige efficiencywinst in de weerkamers bereikt. De daarbij toegepaste computers waren hoofdzakelijk hardwarematig speciaal ontworpen voor dit communicatiewerk.
In de periode 1975 tot 1985 werden de communicatiesystemen gaandeweg "slimmer" en konden ook ingewikkelder handelingen aan, zoals het omzetten van gecodeerde berichten in weer andere codevormen. We spreken dan bijvoorbeeld over computers als de veel toegepaste PDP-serie.
Daarna ging de ontwikkeling van de automatisering in de berichtenuitwisseling in sneltreinvaart verder. De volgende stap, nog in het "PDP-tijdperk", was het gedeeltelijk afschaffen van de telexcodering van de data. Hier schrijf ik met opzet "gedeeltelijk", omdat de wereldwijde meteorologische datacommunicatie nog tot ver in de jaren '90 aangewezen was op de telexcode, gewoonweg omdat de WMO de verplichting heeft ook de ontwikkelingslanden met weinig middelen deel te laten nemen aan de meteorologische communicatie. Maar in nationaal en regionaal verband werden snelle netwerken tussen communicatiecomputers opgezet met de transmissiesnelheden zoals we die tegenwoordig kennen. Uiteraard gebeurde dat ook tussen de regionale knooppunten onderling.

De uitwisseling van grafische informatie

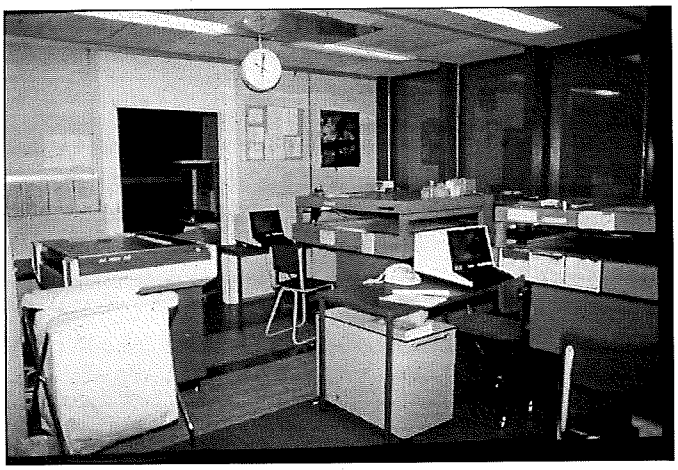
De grafische producten die werden uitgewisseld tussen de operationele meteorologische diensten of onderdelen daarvan, zullen we maar gewoon "weerkaarten" noemen, want het grootste deel daarvan slaat op weerkaartanalyses en prognostische weerkaarten. In 1965 bestonden er twee manieren om de weerkaartinformatie uit te wisselen: in codevorm of in beeldvorm per facsimile (zie figuur 3).

Gecodeerde weerkaarten

Deze vorm van uitwisseling van weerkaartinformatie bestond uit het doorgeven (per telexbericht) van "ankerpunten" van de fronten en isobaren en de daarbij behorende eigenschappen. Zo werd een front vastgelegd met de eigenschappen, warm, koud of occlusie en de positie op de weerkaart met een reeks geografische posities. Bij isobaren ging dat op vergelijkbare wijze: de drukwaarde en een reeks geografische posities. Aan de kant van de ontvanger werden de gegevens weer op een weerkaart uitgezet en geanalyseerd of aan een reeds gedeeltelijk gereed zijnde analyse toegevoegd.

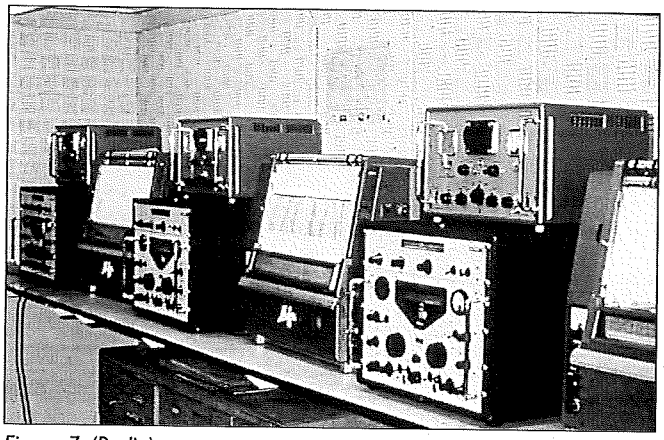
Grafische producten per facsimile

De uitwisseling van grafische producten per facsimile (fax) was in 1965 wereldwijd al de meest gebruikte vorm. De daarbij toegepaste inlees- en registratieapparaten waren fors van omvang, zodat weerkaarten op "ware grootte" direct konden worden verwerkt (zie Kader). Voor deze methode van weerkaarten overbrengen werd gebruik gemaakt van vaste lijnverbindingen of netwerken, maar veelal ook ging het als radiofax de wereld over. Voor Nederland waren destijds vooral de vaste lijnverbinding met het UK Met Office (Bracknell) en de radiofaxuitzendingen van de DWD/ Offenbach (DCF) operationeel van groot belang. Daarmee kwamen vrijwel alle benodigde buitenlandse weerkaarten binnen. Maar het was allemaal wel zwart/ wit!
Deze vorm van uitwisselen van grafische informatie heeft het uitgehouden tot begin jaren '90. Echter al rond

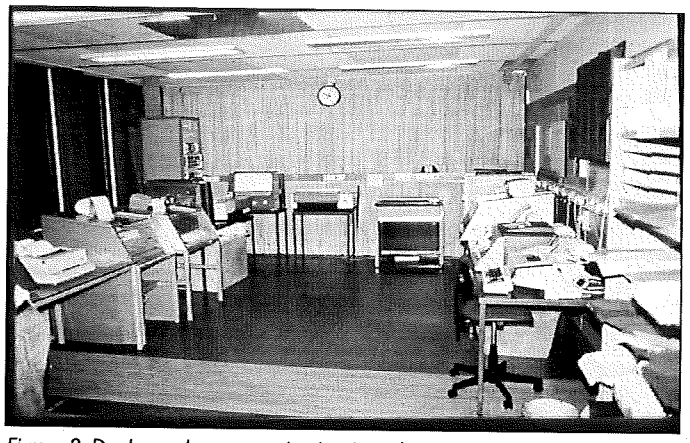


Figuur 5. Eerste generatie plotmachines bij het KNMI (rechts op de foto)

Figuur 6. Plotmachine, in gebruik vanaf circa 1990, inmiddels "uitgefaseerd"



Figuur 7. (Radio)ontvangstapparatuur voor de faxweerkaarten



Figuur 8. Deel van de communicatieruimte begin jaren '70

1970 kwam de ontwikkeling op gang om weerkaarten te reproduceren met allengs geavanceerdere en efficiëntere computerprogrammatuur. Daarmee werd het ook mogelijk kleurcoderingen mee te geven. Aanvankelijk via plotmachines en vanaf circa 1980 konden deze weerkaarten ook via beeldschermen aan de gebruiker worden gepresenteerd.

De gegevens in kaart gebracht

De gegevens moeten natuurlijk wel verwerkt worden. De gecodeerde berichten moesten wel worden geïnterpreteerd, zodat er iets nuttigs mee kon worden gedaan. Om te beginnen dienden in de periode 1965 tot begin jaren '90 alle operationele medewerkers van de meteorologische diensten een gedegen kennis te bezitten van de voor hen relevante meteorologische codes. Dat was dan ook het geval en de meteorologen konden zich met alleen het gecodeerde "Meteo Holland" bulletin al een goed beeld vormen van het actuele weer. Echter, met alleen de synopbulletins uit een groter gebied, bijvoorbeeld een stuk noordelijk halfrond van Noord-Amerika tot de Oeral, was dat een stuk lastiger. Logisch dus dat de waarnemingen uit zo'n groot gebied in kaart werden gebracht. Daartoe werden de gecodeerde waarnemingen omgezet in cijfers en symbolen op de weerkaart, teneinde de meteoroloog in staat te stellen door middel van de analyse het benodigde inzicht in het actuele en te verwachten weer te verkrijgen. Hierover in de volgende aflevering meer. Nu beperk ik me tot het in kaart brengen (plotten) van de gegevens vanuit de gecodeerde berichtenbulletins. Hiertoe waren medewerkers speciaal opgeleid teneinde die klus in een aanvaardbare tijd te klaren (figuur 4). Doorgaans was een grote weerkaart als hiervoor beschreven ongeveer 2,5 uur na het tijdstip van de waarneming beschikbaar ter analyse. Tijdens de spitsuren, na de "hoofd-synoptische" uren 00, 06, 12 en 18 UTC, vergde het plotten van de weergegevens, zowel van het aardoppervlak als van de bovenlucht, op de meteorologische centra alweer 3 à 4 medewerkers.

Het plotten van de weerkaart en de automatisering

Midden jaren '70 verschenen de eerste plotmachines in de weerkamers, waardoor al een aanzienlijke efficiencywinst werd geboekt (figuur 5). Nu was zo'n weerkaart al na 1 à 1,5 uur gereed en was voor de bediening van de apparatuur minder dan 1 medewerker aan inzet nodig. In feite werd dat gedaan tussen andere werkzaamheden door. Vanaf 1990 kwam er weer geavanceerdere plotapparatuur: weer sneller en voor 98% automatisch. Daarmee was de weerkaart in minder dan een uur na het tijdstip van de waarnemingen gereed en kwam er nog nauwelijks mensenwerk aan te pas (figuur 6). Deze laatste fase heeft slechts kort geduurd, want vrijwel gelijktijdig kwamen er voor operationele toepassingen uitstekende, op relatief goedkope computers gebaseerde, werkstations ter beschikking voor de weerkamers en is het plotten van weergegevens op papier geleidelijk aan ter ziele gegaan.

De gedaanteverandering van de "communicatiezaal"

In het begin van de beschreven periode bestond de communicatiezaal uit een ruimte, minstens zo groot als de eigenlijke weerkamer, rondom bezet met tafels waarop telexen en faxrecorders/zenders stonden, alsmede de radiocommunicatieontvangers.

Ook kasten met daarin apparatuur om de netwerklijnen te schakelen maakten onderdeel uit van de communicatiezaal. Figuren 7 en 8 geven een indruk over hoe dat er tot begin jaren '80 uitzag. In de loop van de jaren is de communicatieruimte geëvolueerd tot een compacte hoek in de computerkelder (figuur 9, zie voorzijde), waarover de operationele regie op afstand wordt gevoerd door een procesbewaker in de weerkamer. In de ruimte zelf komen alleen nog medewerkers voor onderhoud en het verhelpen van technische storingen.

In de volgende (en laatste) aflevering worden de ontwikkeling van de werkmethoden en de rol van de meteoroloog daarbij belicht.

Het principe van de facsimile

De te verzenden weerkaart werd om een roterende cilinder gelegd. Tijdens het ronddraaien van de cilinder schoof een aftastsensor langzaam horizontaal langs de cilinder, waarbij de licht-donker verschillen van de informatie op de kaart werd omgezet in een elektrisch signaal, dat op zich weer werd gebruikt om de werkelijke zender in toonhoogte te moduleren. Aan de ontvangstzijde werden de toontjes weer omgezet in elektrische signalen. Deze werden toegevoerd aan een strip in spiraalvorm, die ronddraaide met dezelfde snelheid als - en gesynchroniseerd met - de cilinder aan de zenderzijde. Langs deze spiraalstrip schoof dan weer een brede strook registratiepapier. Dit papier was voorbewerkt met een elektrisch geleidende materie, die verkleurde zodra er een elektrische stroom doorheen ging. Aldus verscheen aan de ontvangerzijde een kopie van de weerkaart (figuur 3). De snelheid van deze communicatie werd uitgedrukt in omwentelingen per minuut, variërend van 60, 90, 120 of 240. De resolutie werd bepaald door het aantal lijnen per "beeld", 288 of 576. Het behoeft geen betoog dat 60 omwentelingen per minuut bij 576 beeldlijnen het mooiste resultaat gaf, maar ook het minst efficiënt was. De meeste weerkaarten werden dan ook verzonden met 120/288.

Communicatie over klimaatonderzoek

GERBRAND KOMEN (KNMI)

Communicatie over klimaatonderzoek, hoe gaat het in de praktijk als je wetenschappelijk ambtenaar bent en geacht wordt de minister en haar beleid te dienen? In het juni-nummer van Meteorologica liet Huug van de Dool ons in de keuken van de Amerikaanse ambtenaren kijken. In dit artikel zal ik op verzoek van de redactie iets over mijn ervaringen vertellen, als Directeur Klimaatonderzoek en Seismologie van het KNMI en als Nederlands vertegenwoordiger bij het IPCC.

Op zoek naar de waarheid

Een onderzoeker hoort op zoek te zijn naar de (fysische) waarheid. Belangrijkste ingrediënten daarbij zijn studie, logica en experimentele verificatie. Het resultaat is méér kennis. Wat een onderzoeker doet met zijn kennis is een kwestie van persoonlijke smaak. Bij mij zelf staat de zoektocht naar het begrijpen voorop, maar ik vind ook dat ik – min of meer – de plicht heb om mijn kennis dienstbaar te maken. Gelukkig maar, want anders zou ik het moeilijk hebben op het KNMI, dat nog steeds als doelstellingen heeft: waarnemingen doen en bewerken en de resultaten dienstbaar maken.

De vraag is dan natuurlijk waaraan die nieuwe kennis dienstbaar gemaakt moet worden. Een betere samenleving? Maar wat is dat? Is dat een "Schiphol met meer vluchten en meer economische activiteit"; of juist een "Schiphol met minder vluchten en minder milieuoverlast". Is dat "betere dijken in Nederland", zoals gepropageerd door VU-hoogleraar Vellinga (2003) of "extra geld voor de watervoorziening in de derde wereld" (Lomborg, 2001)? Zo is er een hoop te kiezen, en dat is niet makkelijk. Terugkoppelingsprocessen en verrassingen spelen immers een grote rol in de dynamiek van de samenleving, net als in het klimaatsysteem. Daardoor is het vaak moeilijk – of zelfs onmogelijk – om een verband te leggen tussen oorzaak en gevolg. Zo stelde de huidige president van Zuid Afrika, Mbeki, een aantal jaren geleden dat HIV veroorzaakt wordt door armoede, en heb ik een ingenieur horen zeggen dat de overstromingen van 1953 niet het gevolg waren van de stormvloed maar van slecht dijkonderhoud. Dat niet-lineaire gedrag maakt besluitvorming lastig, omdat je niet zeker kunt weten of bepaalde maatregelen wel het gewenste effect zullen hebben. In de praktijk geeft macht (al dan niet democratisch) meestal de doorslag. Maar dat wil niet zeggen dat argumenten niet belangrijk zijn. Ik vermoed dat besluitvorming baat heeft bij heldere argumentatie, en daar zie ik dan ook de rol van de wetenschapper: zo goed mogelijk zeggen wat er wel en niet bekend is. Ik moet bekennen dat ik het ook gewoon leuk vind om dat te doen.

Niet iedereen kijkt er zo tegen aan. Zo heb ik verschillende collega's die vinden dat de verantwoordelijkheid van wetenschappers verder gaat, omdat de politiek tekort schiet. Daar doe ik dus niet aan mee. Ik wil in de eerste plaats mijn verwondering uitdragen, en daarnaast wil ik mijn kennis dienstbaar maken aan een heldere argumentatie bij de ideevorming over klimaatverandering; ik kies daarbij voor een communicatiestijl die policy relevant maar niet policy prescriptive is. Dat laatste doet het IPCC trouwens ook. Of klimaatverandering erg is of niet moet ieder voor zich dan maar uit maken.

De onafhankelijke ambtenaar?

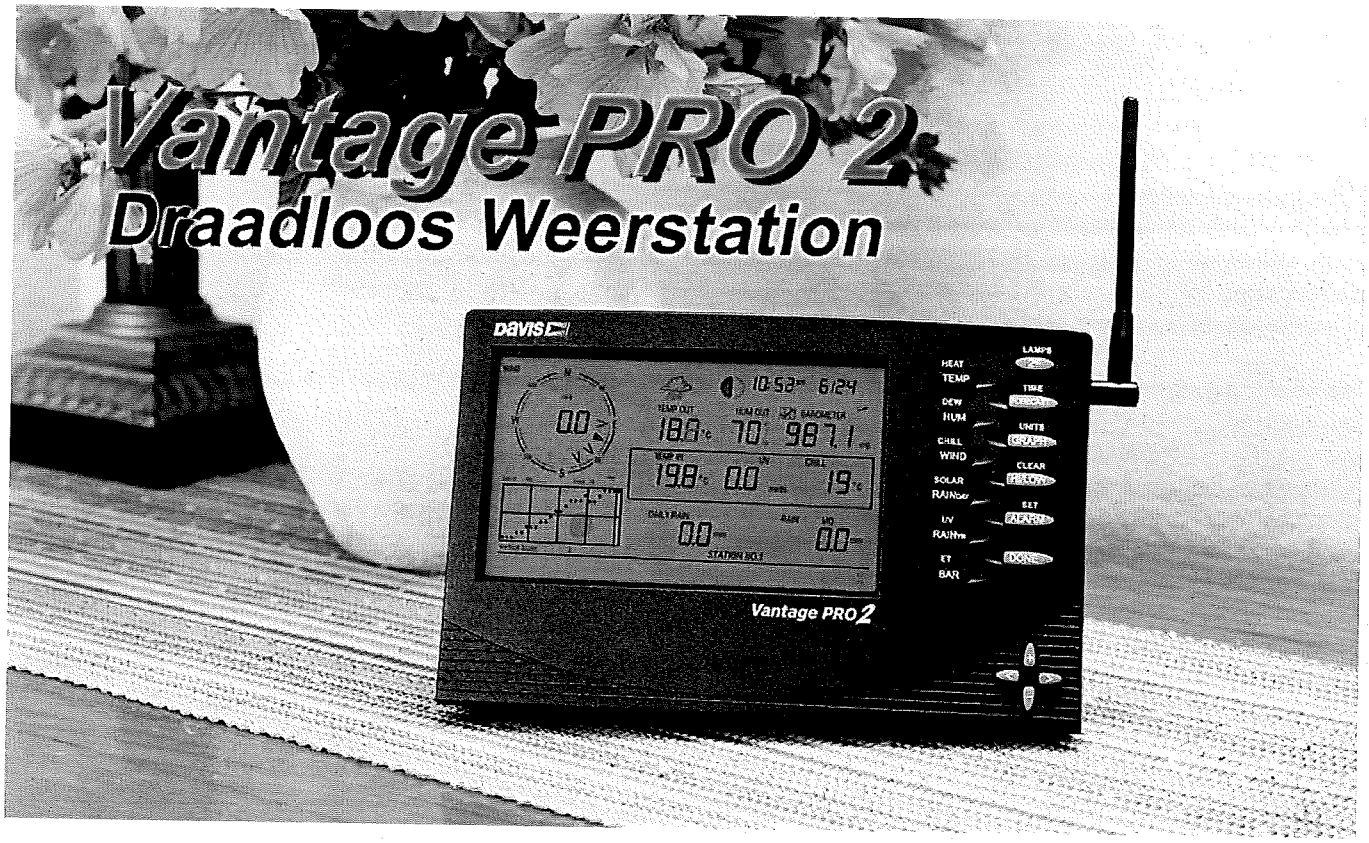
Ik hoop dat ik mijn principes hiermee voldoende duidelijk geëtaleerd heb. Maar hoe werkt het in de praktijk als je wetenschappelijk ambtenaar bent en geacht wordt de minister en haar beleid te dienen?

Laat ik maar met de deur in huis vallen: de afgelopen jaren is mij geen enkele keer verboden om mijn mening te geven. Een enkele keer heb ik wat moeten grommen, maar dat heeft eigenlijk altijd tot resultaat gehad dat ik kon zeggen en schrijven wat ik wilde. Dat kan omdat mijn bazen, en uiteindelijk de minister, belang hebben bij openheid waar het natuurwetenschappelijke feiten betreft, en omdat ze dat ook beseffen. Opvallend is wel dat juist hogere ambtenaren zich hier sterker van bewust lijken te zijn. Dat neemt niet weg dat de minister ook heel afhankelijk kan zijn van onze uitspraken. Daarom hanteert het KNMI intern een aantal spelregels. Contacten tussen KNMI-onderzoekers en de media worden aangemoedigd, maar er moet wel vooraf intern overleg plaats vinden, waarbij nagegaan wordt of er parallel vergelijkbare activiteiten lopen. En als de boodschap "beleidsgevoelig" is krijgt de staatssecretaris altijd als eerste de betreffende informatie. Mochten er binnen het KNMI met betrekking tot een bepaald onderwerp verschillende meningen bestaan dan wordt allereerst geprobeerd om de tegenstelling te overbruggen. Indien dat niet lukt zal het KNMI als zienswijze naar buiten brengen dat er met betrekking tot het onderhavige punt verschillende meningen zijn.

Terughoudendheid

Het KNMI is behoorlijk vrij in de wijze waarop het communiceert over klimaatverandering. Gek genoeg heb ik geleerd om mezelf wèl enige restricties op te leggen in de wijze waarop ik communiceer met de media, maar ook direct met burgers, kamerleden, bewindslieden, ambtenaren, skeptici en milieu-alarmisten. De belangrijkste reden hiervoor is het gevaar van selectieve citatie. In de jaren negentig hield ik een lezing van een uur voor de Tweedekamercommissie Klimaatverandering (de Commissie Mid-

Figuur 1. De Nederlandse delegatie bij de vergadering van werkgroep I van het IPCC in Madrid in 1995. Van links naar rechts: Aad van Ulden, Gerbrand Komen (beiden KNMI) en Leo Meyer (toen VROM, thans MNP en Hoofd van de Technical Support Unit van werkgroep 3).



Het ultieme weerstation Vantage PRO2 van EKOPOWER!
Het meest veelzijdige (semi)-professionele weerstation!

Voor: weerkundigen - brandweer & politie - milieu - watersport - luchtvaart - tuinbouw - scholen - weerliefhebbers

Barometrische Druk (hPa)
Display huidige druk en van de afgelopen 24 uur.
Aanduiding van trend met pijl druk stijgend, gelijk of dalend.

Temperatuur (C)
Binnen temperatuur en buiten temperatuur: huidige en van de afgelopen 24 uur.
Temperatuur alarmen (hoog en laag)
Uitbreidbaar met meerdere temperaturen!

Vochtigheid (%)
Binnen en buiten
Huidige en van afgelopen 24 uur. Alarmen (hoog/laag)
Uitbreidbaar: extra sensor.

Regen (per 0,2 mm)
Neerslag gedurende de laatste 15 minuten en laatste 24 uur, dagen, maanden en jaar.
Regen alarm

Regen Intensiteit (mm/uur)
Geeft aan hoe hard het regent. Regen Alarm

Windsnelheid (m/s)
Momentane windsnelheid
Gemiddelde windsneheid van afgelopen 10 minuten.Alarms voor hoogste en gemiddelde.
Optie: **met professionele windsensoren!**

Windrichting
Momentane windrichting.
Kompasroos en richting van de hoogste snelheid.

En verder ook:
- weersvoorspellingen
- gevoelstemperatuur
- dauwpunt
- hitte index
- zonsopgang
- zonsondergang
- minima & maxima
- datum & tijd

Vantage PRO2: NU MET EXTRA KRACHTIGE ZENDER met bereik tot 300 meter!

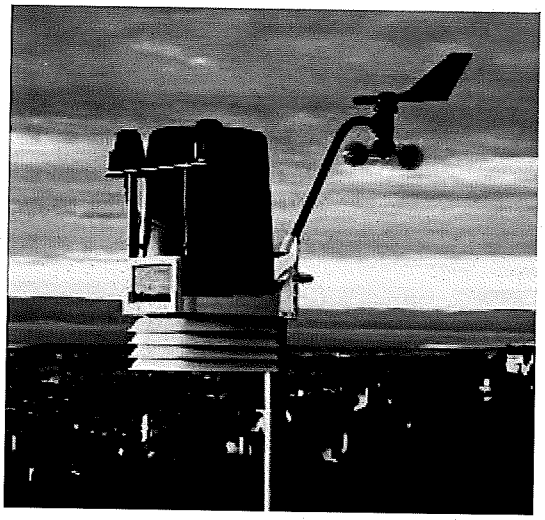
Standaard modellen:
6152EU draadloos model
6162EU idem met uv en zon
6152CEU bekabeld model

OPTIES en artikel nummers
- Weatherlink voor aansluiten op computer en website (6510) (voor usb en rs 232 leverbaar)
- UV:dosis en index (6490)
- Zonnestraling/zonuren (6450)
- Geventileerde weerhut t.b.v. extra nauwkeurige temperatuurmetingen (7747) (werkt op zonne energie!)
- Draadloze windmeter (6332)
- Professionele wiindsensoren, aanbevolen voor professionele gebruikers.
- Extra temperaturen (6372)
- Repeaters tbv grote afstanden
- Gewasverdamping (berekend)
- Bladnat meting tbv tuinders
- Grond vochtigheid voor tuinder

Maak uw eigen Website met de lokale weergegevens!

Zie: www.ekopower.nl

Weersvoorspellingen
Op het display worden weersvoorspellingen gegeven!!
Uw eigen weerbericht in huis!



De Vantage PRO2 is een verbeterde versie van de bestaande Vantage PRO, met oa: groter bereik (tot ca 300 m) door nieuwe zender:
z.g. spread spectrum techniek (storingongevoeliger) en aluminium gecoate laser-gecalibreerde regenmeter.
EKOPOWER : al ruim 20 jaar specialist in weerstations en dataloggers en is sinds 15 jaar importeur/distributeur (met eigen service werkplaats).
Wij leveren ook direct aan bedrijven en particulieren de speciale Europese (EU) modellen met CE keur.
Een prachtig weerstation voor zowel (semi) professional als de echte weerliefhebber met zeer goede service en ondersteuning!
Sluit het station ook aan op uw PC en stuur gegevens naar uw website! Vraag de gratis catalogus met prijslijst aan! Of bekijk onze website.
EKOPOWER • Monitoring & Control Systems for Energy & Environment • P.O. Box 4904 • 5604 CC Eindhoven • The Netherlands • Tel: +31.40.2814458 • www.ekopower.nl
21-1-05

delkoop). Na afloop werd ik uitgebreid geïnterviewd voor het NOS journaal, waarin ik een genuanceerd beeld neerzette. Uiteindelijk werd slechts een flits van enkele seconden uitgezonden. Daarin zei ik: "we weten het niet". Weg nuancering. Zo leer je wel op je woorden passen. Het is misschien verhelderend om hier, ter illustratie, één voorbeeld te geven van het soort zaken die ik gewoonlijk maar voor me houd, om selectieve citatie te voorkomen. Het betreffende incident vond plaats in november 1995 tijdens de onderhandelingen over de tekst van de "Summary for Policymakers" van werkgroep 1 van het IPCC (zie figuur 1). In de pauze stond ik in het toilet rustig te plassen met nog een aantal gedelegeerden, toen Sir John Houghton plotseling binnenstormde, "make strong statements!" riep, en weer naar buiten rende. Out-of-context lijkt zo'n gebeurtenis niet erg passend voor de voorzitter van een werkgroep die als doel heeft 'to assess on a comprehensive, objective, open and transparent basis the best available scientific, technical and socio-economic information on climate change'. In werkelijkheid viel het allemaal reuze mee. Er stond grote politieke druk op de manier waarop de waarneembaarheid van de menselijke invloed op het klimaat geformuleerd zou worden, waarbij een aantal landen tot het uiterste ging om een uitspraak hierover af te zwakken. Er was dus sprake van een politiek-gekleurde onderhandelingssituatie, maar, en dit mogen mensen die mij gaan citeren NIET weglaten: de marges waren zeer klein. Van het zinnetje over de menselijke invloed werden eindeloos veel varianten voorgesteld, maar het moest natuurlijk wel in overeenstemming blijven met de beschikbare wetenschappelijke informatie, en dat liet slechts marginale variaties toe. Voorstellen die te gek waren werden gevetood door de aanwezige wetenschappers. En die veto's werden altijd zonder meer gerespecteerd, zodat de invloed van de politiek op de eindtekst zeer beperkt bleef.

Halfvol of halfleeg

Het principe is simpel: vrije meningsuiting, ja! Maar de praktijk is weerbarstig. Klimaatmodellen hebben hun beperkingen. Moet je je er dan maar niets van aan trekken? Of toch maar wel, omdat het nu eenmaal het beste is wat we hebben? Is het glas halfvol of is het half leeg? Daar kun je lang over debatteren. En wat zeg je wel, en wat zeg je niet? Wanneer doe je iets, en wanneer wacht je tot je iets gevraagd wordt? Laat ik een paar voorbeelden geven om te illustreren hoe complex de werkelijkheid is.

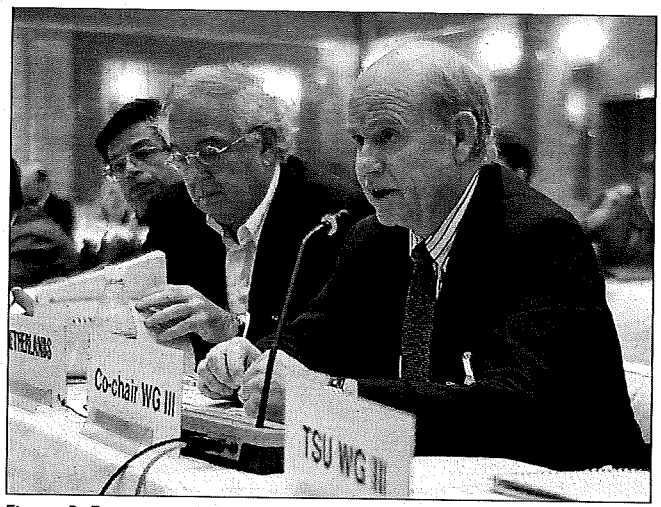
Allereerst iets over de recente KNMI klimaatscenario's 2006 (zie ook het artikel van van den Hurk et al in dit nummer, en verder www.knmi.nl/klimaatscenarios). Publicatie van nieuwe klimaatscenario's door het KNMI heeft een maatschappelijk effect. Daarbij zijn timing en frequentie van publicatie punten van discussie. Je zou kunnen stellen dat het KNMI moet wachten tot er iets nieuws te melden is, maar ook dat het KNMI, als overheidsagentschap, routinematig en regelmatig producten moet leveren, ook als er niet zo veel nieuws is. Die laatste zienswijze heeft in eerste instantie de doorslag gegeven. Op grond daarvan is in 2004 besloten dat het KNMI in 2006, dus een jaar vóór de voltooiing van het vierde Assessmentrapport van het IPCC, met eigen klimaatscenario's zou komen (figuur 2). Op zich niet zo voor de hand liggend. Achteraf is het grappig om vast te stellen dat het KNMI door dat besluit extra onderzoek gedaan heeft en dat mensen als Geert Lenderink (Lenderink et al, 2006), Geert Jan van Oldenborgh en Aad van Ulden (2006) wel degelijk iets nieuws gevonden hebben, namelijk een verbeterde multimodel ensemble aanpak en betere downscaling, waarbij rekening wordt gehouden met mogelijke veranderingen in de circulatie. Over de presentatie van hun resultaten is intern natuurlijk behoorlijk gediscussieerd. De brochure, opgesteld door Albert Klein Tank en Janette Bessembinder, en het onderliggende wetenschappelijke rapport, met Bart van den Hurk als eerste auteur, zijn in- en extern gereviewd, en er is flink aan de teksten geslepen. Een punt dat daarbij bijzondere aandacht heeft gekregen is de betekenis van scenario's. Scenario's zijn geen voorspellingen. Maar als het KNMI vier scenario's presenteert waarin het warmer wordt, dan interpreteert men dat al gauw als voorspellingen. In een eerste concept van het persbericht stond dan ook: "De klimaatverandering zal in ons land leiden tot hogere temperaturen, heviger neerslag en een verdere stijging van de zeespiegel", een formulering die voor mij onacceptabel was. Uiteindelijk is het dit geworden: "Het KNMI schetst in vier nieuwe klimaatscenario's in welke mate de klimaatverandering in Nederland kan leiden tot hogere temperaturen, heviger neerslag en zeespiegelstijging in 2050." Dat eerste trekt natuurlijk meer aandacht dan het tweede. Daarom is er nog een listige variant overwogen: "De klimaatverandering zal in ons land leiden tot hogere temperaturen, heviger neerslag en een verdere stijging van de zeespiegel, volgens berekeningen die het KNMI heeft uitgevoerd." Een waarheid als een koe maar behoorlijk misleidend. Dat is het dus ook niet geworden.

Figuur 2. Klimaatcommunicatie in actie: toelichting op de KNMI klimaatscenario's voor de pers op 30 mei 2006 door een panel bestaande uit v.l.n.r.: Melanie Schultz van Haegen, staatssecretaris van V en W en de KNMI'ers Albert Klein Tank, Bart van den Hurk, Caroline Katsman en Gerbrand Komen. (foto: Wim Spaans, V&W).

Ander voorbeeld. De IPCC-rapporten worden zeer uitgebreid gereviewed door deskundigen. Ieder land kan reviewers voordragen, die dan toegang krijgen tot de concepten (figuur 3). Ik was van mening dat we - uiteraard - juist ook namen van kritische deskundigen moesten doorgeven. De vraag is dan natuurlijk niet zozeer wie kritisch is als wel wie deskundig is. Daarover kun je van mening verschillen. En dat gebeurde dan ook bij de interdepartementale afstemming.

Hierdoor dreigden sommige deskundige critici uit de boot te vallen. Ik heb dit hoog opgenomen, en met succes: alle door mij voorgestelde deskundigen zijn ook daadwerkelijk genomineerd, naar ik verwacht ten faveure van de wetenschappelijke kwaliteit van het IPCC.

Derde voorbeeld. In een ambtelijk concept schrijf ik dat klimaatveranderingen verschillende oorzaken hebben: interne schommelingen, variaties in de zon, vulkanische erupties, de uitstoot van broeikasgassen en veranderend landgebruik. Verandert een beleidsambtenaar van een niet nader te noemen departement "vulkanische erupties" in "aërosolen". Niet onjuist, maar wel misleidend. De vraag is wat je dan doet. Op je strepen staan, of het maar laten waaien? Dat vraagt om een subtiele afweging. Waar is het stuk voor? Wat is het belang van de ambtenaar die op de wijziging aandringt? In hoeverre ben je voor je financiering afhankelijk van die ambtenaar? Zelf kies ik meer en meer voor de dialoog. Uiteindelijk is zo'n wijzigingsvoorstel het topje van een ijsberg, dwz symptomatisch voor de interessante verschillen, die er bestaan tussen de wereldbeelden van wetenschappers, beleidsambtenaren en politici. Daarom kies ik er voor om (1) uit te leggen dat het "onder de pet houden" van vulkanen uiteindelijk slecht is voor het klimaatbeleid, en (2) tegelijkertijd te vragen welke wetenschappelijke kwesties voor het klimaatbeleid belangrijk zijn. Dat levert interessante gesprekken op, waar niets mis mee is.



Figuur 3. Foto gemaakt tijdens de 22ste plenaire sessie van het IPCC in New Delhi in November 2004. Links Gerbrand Komen, hoofd van de Nederlandse delegatie, rechts de Nederlander Bert Metz, co-voorzitter van werkgroep 3.

Een laatste voorbeeld. Voor een groot, tonnen kostend, spektakel in de Fabrique in Maarssen, met o.a. staatssecretaris van Geel, moest ik een presentatie houden. De organisatoren vragen om een samenvatting. Ik schrijf die samenvatting uiterst zorgvuldig, en besteed daarbij natuurlijk aandacht aan dingen als modelonzekerheid, grenzen aan voorspelbaarheid, etc. In de congresmap vind ik tot mijn verbijstering niet de tekst die ik heb ingeleverd maar een vrij herschreven versie waarin iedere nuancering ontbreekt. Uiteraard heb ik achteraf mijn (grote) onvrede kenbaar gemaakt aan de persoon die mijn tekst ongevraagd herschreven had. Maar die bleek mijn boosheid helemaal niet te begrijpen. Het stond er toch goed zoals het er stond. Ook in zo'n situatie kan het effectief zijn om wat door te praten, en natuurlijk leer je ervan om in het vervolg nog betere afspraken te maken.

Kritiek op het KNMI

De kwestie halfvol/halfleeg leidt overigens tot aanzienlijke polarisatie. Aan de ene kant van het spectrum heb je de zg. alarmisten die, in hun ijver om klimaatverandering een prominente(re) plaats op de politieke agenda te geven - of gewoon om subsidie of aandacht in de media te krijgen - ongenuanceerde, onvolledige of zelfs onjuiste uitspraken doen. Daartegenover staan de zogenaamde klimaatsceptici, die alles in twijfel trekken: 'het klimaat verandert niet, en als het toch verandert komt het niet door de mens, en als het toch door de mens komt is het niet erg of is er niets aan te doen'.

Het KNMI kiest de weg van het midden en heeft de ambitie om op neutrale wijze informatie te leveren. Het slaagt daar naar mijn mening vrij aardig in. Toch is er naast lof, ook kritiek. Die kritiek nemen we over het algemeen serieus, waarbij we soms uitgebreid met betrokkenen discussiëren. Daarbij hebben zowel emotie als inhoud hun plaats.

De alarmisten verwijten het KNMI wel eens dat we het gevoel van urgentie, dat bij hen sterk leeft, in onvoldoende mate uitdragen. Dit speelt vooral bij het optreden van extremen, zoals orkaan Katrina en de zomer van 2003. De alarmisten en ook de media hebben dan de neiging om te roepen: "Kijk, nou zie je eens wat klimaatverandering teweeg brengt", terwijl het KNMI er dan altijd op wijst dat een enkele gebeurtenis geen bewijs is voor een klimaatverandering. Volgens mij vaart het KNMI hiermee een wijze koers. Trouwens, veel van hen die zich serieus inzetten voor de maatschappelijke aspecten van klimaatverandering respecteren en waarderen de neutrale opstelling van het KNMI.

De meeste kritiek komt wel van de klimaatsceptici. Natuurlijk gaat het daarbij niet om een homogene groep, maar er is wel degelijk een groep die zich aardig goed internationaal georganiseerd heeft, en zich strijdbaar opstelt. In Nederland zijn het vooral emeriti, mensen zoals (zie kader): Dick Thoenes, Hans Labohm en Arthur Rörsch. Ook Bas van Geel en Henk Tennekes hebben zich min of meer geprofileerd als sceptici (zie bv Tennekes' bijdrage op sepp.org). Rörsch spreekt overigens liever over de "Kritische School" en de "IPCC School". De breedte van de Kritische School kan misschien het best geïllustreerd worden door verwijzing naar een aantal websites (zie kader). Vergelijk bv: Stichting Heidelberg Appeal Nederland, Groene Rekenkamer, Stichting Klimaat, het Science & Environmental Policy Project, allen met een duidelijke sceptische politiek/maatschappelijke insteek, met de weblog van Roger A. Pielke senior, met een meer natuurwetenschappelijke insteek, maar ook met RealClimate, als exponent van de "IPCC-school".

De kritiek van de sceptici richt zich niet alleen op de wijze waarop het KNMI en anderen communiceren over het klimaatonderzoek, maar ook op het klimaatonderzoek zelf. Met betrekking tot de communicatie is het belangrijkste verwijt dat van *spin doctoring* en *cherry picking*. Met *spin doctoring* bedoelt men het systematisch en doelbewust op een subjectieve en vervormde wijze weergeven van feiten om een bepaalde (politieke) doelstelling te bereiken. *Cherry picking* is het selectief weglaten van niet-gewenste informatie. Helaas valt het niet te ontkennen dat deze verschijnselen een rol spelen in het klimaatdebat, zowel aan de kant van de alarmisten als aan de kant van de sceptici. Michael Crichton's thriller State of Fear is een mooie karikatuur van hoe het niet moet. Het KNMI is echter scherp op het vermijden van deze 'valkuilen van de neutrale communicatie'. Zo sta ik er op dat KNMI persberichten zoveel mogelijk alle relevante feiten noemen. Dus bij een persbericht

"Wie is wie?"

- Dick Thoenes is emeritus hoogleraar chemische proceskunde aan de Technische Universiteit Eindhoven
- Hans.J. Labohm is econoom en was als gastonderzoeker verbonden aan het Nederlands Instituut voor Internationale Betrekkingen 'Clingendael'
- Arthur Rörsch was van 1973 tot 1979 hoogleraar biochemie, Faculteit der Wis- en Natuurkunde aan de Rijksuniversiteit te Leiden. In 1980 is hij benoemd tot lid van de Raad van Bestuur van de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO.
- Bas van Geel is senior paleo-ecoloog van de UvA
- Henk Tennekes is ex-directeur Onderzoek KNMI, zie ook: http://www.sepp.org/Archive/NewSEPP/Climate%20models-Tennekes.htm
- Stichting Heidelberg Appeal Nederland (http://www.stichting-han.nl/);
- Groene Rekenkamer (http://www.richel.org.grk);
- Stichting Klimaat (http://stichtingklimaat.nl/index.htm);
- Science & Environmental Policy Project (http://www.sepp.org/);
- Weblog van Roger A. Pielke senior (http://climatesci.atmos.colostate.edu/;)
- RealClimatre (http://www.realclimate.org/).

over de mogelijkheid van superstormen hoort ook te staan dat het aantal stormen in Nederland is afgenomen. En mochten we een keer een steekje laten vallen, dan laten we ons graag terugfluiten.

Sceptici hebben ook kritiek op het niveau van het klimaatonderzoek in het algemeen. Het gaat daarbij om de details zowel als om de grote lijnen. En daar moeten we als KNMI dus ook iets van vinden, vind ik. Wat betreft de details valt allereerst op hoe moeizaam het is om hierover zinvol met de Nederlandse sceptici te discussiëren. Dit komt waarschijnlijk omdat het vaak mensen van buiten het vak betreft. Daardoor slagen ze er niet of maar zelden in om iets in een vaktijdschrift gepubliceerd te krijgen. Als dat lukt des te beter, maar dan zijn het gewoon wetenschappers die een kritische bijdrage leveren aan onze speurtocht naar de werking van het klimaatsysteem. De blog van Pielke is veel succesvoller in dit opzicht. Daar worden vaak vakkundig kanttekeningen gezet bij recente ontwikkelingen. De kracht van de Nederlandse sceptici ligt naar mijn mening vooral op het wat hogere abstractieniveau. Op dat niveau zeggen ze namelijk een aantal waardevolle dingen:

-Klimaatonderzoekers moeten zorgvuldig omgaan met data en modellen. Correct. De meeste onderzoekers doen dat gelukkig ook. Toch ben ik er ook van overtuigd dat dat niet altijd overal in voldoende mate geschiedt. Wat mij betreft een punt van voortdurende aandacht dus.

-Een vakgebied mag geen slaaf worden van zijn eigen paradigma's. Ook correct. Natuurlijk bestaat dat gevaar altijd. Ik zie dan ook uit naar het moment waarop iemand met iets heel nieuws komt (Bayesiaanse statistiek en het principe van de maximale entropie voor turbulente geofysische stroming?)

-Het opleidingsniveau van klimaatonderzoekers heeft zijn beperkingen. Dat valt wel mee. De Nederlandse klimaatopleidingen zijn behoorlijk goed. Maar het kan natuurlijk altijd beter. Punt van zorg vormen vooral de zij-instromers, dwz de wiskundigen, fysici, astronomen, milieukundigen enz, die klimaatonderzoeker zijn geworden. Er wordt daarom op het KNMI veel energie gestoken in de bijscholing van deze categorie.

-Het systeem van de *peer review* is achterhaald. Het systeem is inderdaad niet feilloos. Er wordt dan ook voortdurend naar verbetering gezocht. Ik vind dit overigens wel een punt van zorg.

-Onderzoekers mogen hun geldgevers niet naar de mond praten. Correct. Het KNMI onderschrijft dan ook de richtlijnen die de KNAW hierover heeft opgesteld.

-Het is incorrect om een trend te ontlenen aan een korte tijdreeks van een stochastisch fluctuerend verschijnsel en die trend dan te illustreren met suggestieve foto's van extreme situaties. Dat doen we dan ook niet, maar het blijft wel opletten.

Merk op dat al deze kritiek eigenlijk op iedere wetenschapsdiscipline toepasbaar is. Dat wil niet zeggen dat we het niet ter harte nemen. Het is zelfs zo dat ik als Directeur Onderzoek eigenlijk voortdurend met deze dingen bezig ben geweest. De kritiek van de sceptici heeft me daarbij scherp gehouden en is zelfs wel eens een steuntje in de rug geweest. Maar ook hier: is het glas halfvol of is het halfleeg? Ik ben van mening dat we bijzonder trots mogen zijn op wat er wèl bereikt is. Ik denk daarbij allereerst aan onze cultuur die op waarheidsvinding gericht is, en niet in de eerste plaats op gelijk krijgen, en ook aan de kennis die we inmiddels hebben opgebouwd van het klimaatsysteem. Je kunt niet anders dan je verbazen over de enorme ontwikkelingen binnen ons vakgebied in de afgelopen decennia. En wat de klimaatmodellen betreft, natuurlijk zijn ze niet perfect, maar dat neemt niet weg dat ze een wetenschappelijke basis hebben, en ook heel behoorlijk gevalideerd zijn, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de macro-economische modellen waarop ook veel beleid gebaseerd wordt. En ze kwantificeren, daar waar kwalitatieve argumenten vaak niet meer dan een slag in de lucht zijn. Trots zijn op wat we bereikt hebben, en doorgaan met zoeken naar wat we nog niet weten, daarbij rekening houdend met de genoemde kritiek. Dat lijkt me de beste koers.

Weinig kaas

Ik wil eindigen met een laatste voorbeeld van een out-of-context citatie. Onlangs verscheen er van Salle Kroonenberg een boek over natuurlijke klimaatschommelingen. Op de kaft van een recente herdruk staat dit citaat 'Dat klimaatverandering van alle tijden is heeft Kroonenberg op prachtige wijze beschreven - Prof. Dr. Gerbrand Komen, KNMI'. In werkelijkheid schreef ik, in NRC Handelsblad, iets meer dan dat: 'Dat klimaatverandering van alle tijden is heeft Kroonenberg op prachtige wijze beschreven, . . maar van de menselijke invloed en de mogelijke effecten daarvan op onze moderne samenleving heeft hij blijkbaar weinig kaas gegeten." Zo gaat dat dus.

Literatuur

Lenderink, G., A. van Ulden, B. van den Hurk, F. Keller, G.J. van Oldenborgh 2006: The construction of regional climate scenarios for the Netherlands: a study on combining global and regional climate model results; Climate Dynamics, in press.

Lomborg, B., 2001: The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World; Cambridge University Press.

Van Ulden, A.P. and G.J. van Oldenborgh, 2006: Large-scale atmospheric circulation biases and changes in global climate model simulations and their importance for climate change in Central Europe. Atmos. Chem. Phys. 6, 863-881. www.atmos-chem-phys.net/6/863/2006

Vellinga, P., 2003: Klimaatverandering en de veiligheid van Nederland, Erasmus-lezing 2003, ISSN 1384-5934.

Waarschuwen of niet?

SEIJO KRUIZINGA

Verwachtingen worden in de meteorologie vaak uitgegeven in de vorm van waarschuwingen. Zo'n waarschuwing is dan veelal gebaseerd op een kansverwachting. Om de waarschuwing uit te geven dient men dan te beschikken over een voorschrift of protocol dat voorschrijft onder welke omstandigheden een waarschuwing dient te worden uitgegeven. In dat protocol wordt dan onder meer aangegeven dat als de verwachte kans een grenswaarde p_w overschrijdt een waarschuwing moet worden uitgegeven. Het zogenaamde Cost-Loss model dat gebruikt wordt om de (economische) waarde van een kansverwachting te illustreren kan ook gebruikt worden om de gewenste grootte van die grenswaarde te bepalen. Met dit model kan namelijk worden aangetoond dat men een waarschuwing dient uit te geven als de kans op een gevaarlijk weersverschijnsel groter is dan de Cost-Loss ratio van een gebruiker. Daarin is Loss het verlies dat men lijdt als het gevaarlijke weersverschijnsel optreedt zonder dat men voorzorgsmaatregelen heeft genomen en de Cost is de financiële inspanning die men moet leveren om het verlies te voorkomen. Dit resultaat is echter alleen geldig indien de gebruiker altijd de waarschuwing ter harte neemt. In hun artikel "The boy who cried wolf revisited" tonen Roulston en Smith 2004 (R&S) aan dat als de gebruiker hieraan niet voldoet dat een groot effect heeft op de bereikte besparing maar ook dat in bepaalde gevallen die grenswaarde p_w moet worden aangepast om een maximaal rendement te behalen. Zij introduceren daartoe het begrip "Volgzaamheid"("Compliance": in hoeverre volgt de gebruiker de waarschuwing op) in het Cost-Loss model. Op hun artikel valt wel het een en ander aan te merken maar het begrip Volgzaamheid is op zich belangrijk genoeg om de effecten hiervan eens nader te analyseren.

Kansverwachting of waarschuwing

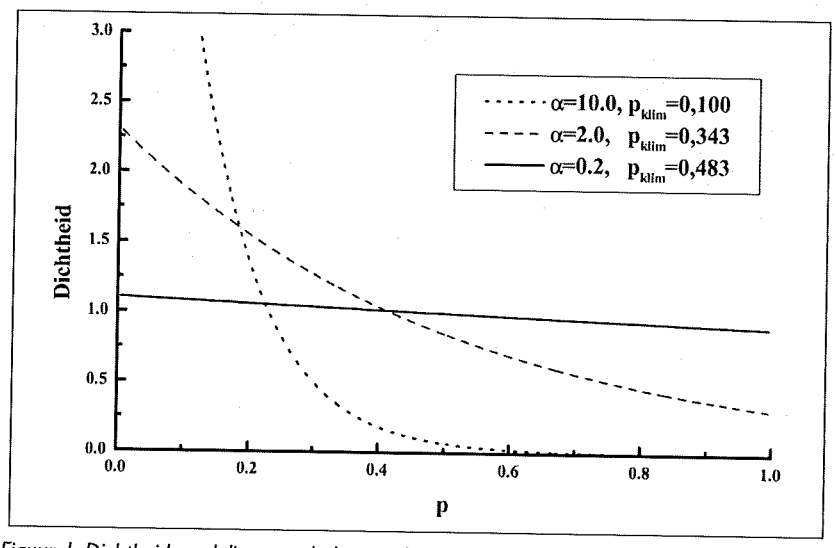
Waarschuwingen hebben altijd betrekking op extreme weersverschijnselen die relatief zelden optreden. De waarschuwing is dan meestal gebaseerd op een kansverwachting voor het betreffende weersverschijnsel. Men kan de gebruiker op meerdere manieren informeren over de mogelijkheid dat het extreme weersverschijnsel op zal treden. Enkele mogelijkheden zijn:

• Publiceren van de verwachte kans: dit is zonder meer de beste manier om de gebruiker te informeren. Het stelt de gebruiker in staat om per situatie de risico's af te wegen en zo tot een optimale beslissing te komen. Echter niet iedere gebruiker is in staat om de in absolute zin vaak kleine kansen op een juiste manier te interpreteren. Bovendien kan het storend zijn als in ieder uitgegeven bulletin gesproken wordt over het optreden van extreme weersverschijnselen.

• Publiceren van een waarschuwing: op grond van een protocol, gebaseerd op een globaal inzicht van de risico's voor de gebruikers, wordt dan een waarschuwing uitgegeven. Deze vorm wordt vaak gekozen als het om een grote groep gebruikers gaat. Het extreme weersverschijnsel wordt nu aanzienlijk minder vaak vermeld en de attentiewaarde zal dus hoger liggen.

• Publiceren van een waarschuwing en de verwachte kans: tot op zekere hoogte combineert deze vorm de voordelen van beide voorgaande mogelijkheden.

In dit artikel komt alleen de tweede hiervoor genoemde mogelijkheid aan de orde. In een vervolg verhaal zullen we ook aandacht besteden aan de derde mogelijkheid.



Figuur 1. Dichtheidsverdeling van de kansen bij verschillende waarden van .

Cost-Loss model

Het Cost-Loss model kan het eenvoudigst worden geïllustreerd aan de hand van een gladheidverwachting. Stel dat bij het optreden van gladheid, zonder dat er gestrooid is, een verlies (Loss) van € L optreedt. Wordt er echter vooraf gewaarschuwd voor gladheid dan kan men door strooien het verlies tegen gaan, dit kost per keer (de Cost) € C. We baseren ons weer op een kansverwachting en gaan er van uit dat die kansverwachting betrouwbaar is, zie kader 1. Stel nu dat deze kansverwachting aangeeft dat er een kans p ($0 \leq p \leq 1$) is op gladheid. Er van uitgaande dat de gebruiker gaat strooien als er gewaarschuwd wordt en niet gaat strooien in het andere geval dan is de verwachte uitgave (verlies of kosten) als we geen waarschuwing uitgeven gelijk aan pL. Immers na een verwachte kans p zal in een fractie p gladheid optreden met daaraan gekoppeld een verlies L. Geven we wel een waarschuwing uit dan is de verwachte uitgave uiteraard gelijk aan de kosten C. Samenvattend zijn de verwachte uitgaven bij:

• Geen waarschuwing: pL (de kans op gladheid p maal het verlies L)
• Een waarschuwing: C (de kosten C voor het strooien)

Het ligt voor de hand om een waarschuwing uit te geven als het verwachte verlies groter is dan de kosten dus als pL>C. De grenswaarde wordt dus:

$$p_w = \frac{C}{L}$$

Kader 1. Betrouwbare kansverwachting

Een kansverwachting wordt betrouwbaar genoemd als na een verwachting p ook in een fractie p van de gevallen het verwachte weerfenomeen optreedt. Om de betrouwbaarheid te toetsen wordt een zogenoemd Betrouwbaarheidsdiagram (Reliabilitydiagram) opgesteld. Zo'n diagram wordt als volgt gemaakt. We verzamelen alle verwachtingen waarvan de kansen in een klein interval bijvoorbeeld van 0,10 tot 0,20 liggen en tellen hoe vaak het verschijnsel is opgetreden. We verwachten nu dat de relatieve frequentie van optreden in de buurt van 0,15 zal liggen. In een diagram plotten we nu de middens van meerdere intervallen tegen de bijbehorende intervalmiddens. Als de geplotte punten nu dicht bij de diagonaal van (0,0) naar (1,1) dan spreken we van een betrouwbare verwachting. De betrouwbaarheid kan uitsluitend via deze omweg getoetst worden; er is geen methode om de betrouwbaarheid rechtstreeks uit de reeks van verwachtingen en opgetreden waarden te berekenen.

De term achter het gelijkteken wordt de Cost-Loss ratio c genoemd. We hebben daarbij tevens aangenomen dat C kleiner is dan L. In het andere geval heeft het weinig zin om te gaan strooien. Dit voorschrift geeft alleen maar aan wanneer we moeten gaan waarschuwen, het zegt niets over de bereikte besparingen. De besparing die wordt bereikt hangt dan nog af van de kwaliteit van de verwachting.

Hoe ligt dat nu als de gebruikers niet altijd gaan strooien als er een verwachting wordt uitgegeven? Stel dat de gebruiker (de wegbeheerder) in een fractie q (de Volgzaamheid of Compliance) de waarschuwing opvolgt dan zijn de verwachte uitgaven bij:

- Geen waarschuwing: pL (hier is niets veranderd),
- Een waarschuwing: qC+(1-q)pL (C als de waarschuwing tot actie leidt anders pL).

In dit geval zouden we dus moeten waarschuwen als pL>qC+(1-q)pL. Simpele algebra geeft als resultaat dat we dezelfde voorwaarde als hiervoor moeten hanteren dus op het eerste gezicht maakt dat niets uit voor het voorschrift voor het uitgeven van een waarschuwing (p>C/L). Uiteraard is er wel een effect op de besparing die wordt bereikt. Essentieel in het voorgaande is echter dat q constant is. Als de gebruiker q laat afhangen van bijvoorbeeld het aantal keren dat een waarschuwing niet wordt gevolgd door gladheid dan wordt het probleem veel complexer.

Rekenmodel van Roulston en Smith

Als de Volgzaamheid q afhangt van bijvoorbeeld het gemiddeld aantal keren dat een waarschuwing niet wordt gevolgd door gladheid dan kunnen we nu niet volstaan door voor een gegeven kans p de optimale strategie vast te stellen omdat het gedrag van de gebruiker afhankelijk is van die strategie. In dat geval moeten we gaan werken met de gemiddelde uitgave over een groot aantal verschillende verwachtingen om een optimale grenswaarde voor de beslissing om te gaan waarschuwen vast te stellen. Het is echter erg moeilijk om op basis van praktijkverwachtingen inzicht te krijgen in het effect van de Volgzaamheid q op de grenswaarde en op de bereikte besparingen. R&S introduceren daarom een rekenmodel dat gebaseerd is op theoretische kansverwachtingen die volgens een bepaalde dichtheid ρ(p) zijn verdeeld over het interval (0,1). Tezamen met de veronderstelde betrouwbaarheid van de verwachtingen zijn dan alle overige eigenschappen van de kansverwachting zoals p_{klim} van de kansverwachting bepaald (zie kader 2) en kunnen we tevens ook de gemiddelde besparing berekenen. R&S hebben nu het effect van de Volgzaamheid bestudeerd voor kansverwachtingen met verschillende karakteristieken. Zij gebruiken voor de kansen de volgende dichtheidsverdeling:

$$\rho(p) = \frac{\alpha e^{-\alpha p}}{(1-e^{-\alpha})} \qquad \alpha>0$$

Deze dichtheidsverdeling geeft dus aan hoe vaak (relatief) een gegeven kans voor zal komen in een reeks van kansverwachtingen. Het oppervlak onder de curve is steeds gelijk aan 1,0. Dus 100% van alle kansen in de reeks liggen tussen 0 en 1. In figuur 1 zijn de dichtheidsverdelingen voor drie waarden van α geplot. Door α te varieren verandert de dichtheidsverdeling en tevens de p_{klim}. Bij kleine α is de dichtheid overal bijna even groot en is de p_{klim} ongeveer 0,50. Als α groter wordt dan komen de uitgegeven kansen steeds dichter bij nul te liggen en wordt de p_{klim} steeds kleiner en bij α=10 is de p_{klim}=0,10.

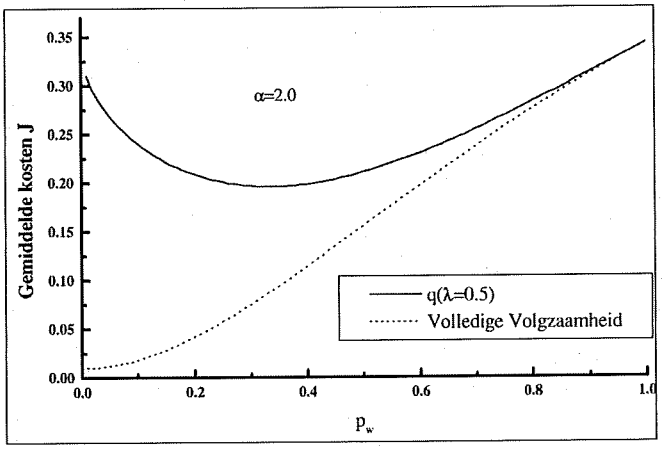
Verder veronderstellen R&S dat de Volgzaamheid q afhangt van p_w (en daardoor impliciet van de fractie waarschuwingen die niet worden gevolgd door gladheid) volgens:

$$q = p_w^{\lambda} \qquad \lambda \geq 0$$

Deze formule geeft dus aan dat gebruikers bij lage kansen geneigd zijn om geen actie te ondernemen, ongeacht hun C/L waarde. De grootheid λ geeft dan aan hoe sterk de Volgzaamheid q afhangt van p_w. Bij λ=0,0 is er volledige Volgzaamheid en bij λ=1 is de Volgzaamheid evenredig aan p_w. Bij λ=0,5 is de Volgzaamheid hoger dan p_w bijvoorbeeld bij p_w=0,10 is de Volgzaamheid c=0,316 dat wil zeggen in circa 32% van de gevallen wordt de waarschuwing ter harte genomen.

Vervolgens introduceren R&S ook nog het begrip gemiddelde uitgave J als het gemiddelde van de verliezen en kosten (over zeer veel verschillende verwachtingen volgens een dichtheidsverdeling bij een gegeven α) gedeeld door L. Die gemiddelde uitgave J is dan bij het rekenmodel van R&S afhankelijk van p_w, α, λ en c=C/L. Die gemiddelde uitgave J kunnen we dan vergelijken met enkele bijzondere situaties en zo de besparing vaststellen. Enkele bijzondere situaties zijn bijvoorbeeld:

- we nemen altijd maatregelen, de gemiddelde uitgave is dan uiteraard C,
- we nemen nooit maatregelen (we



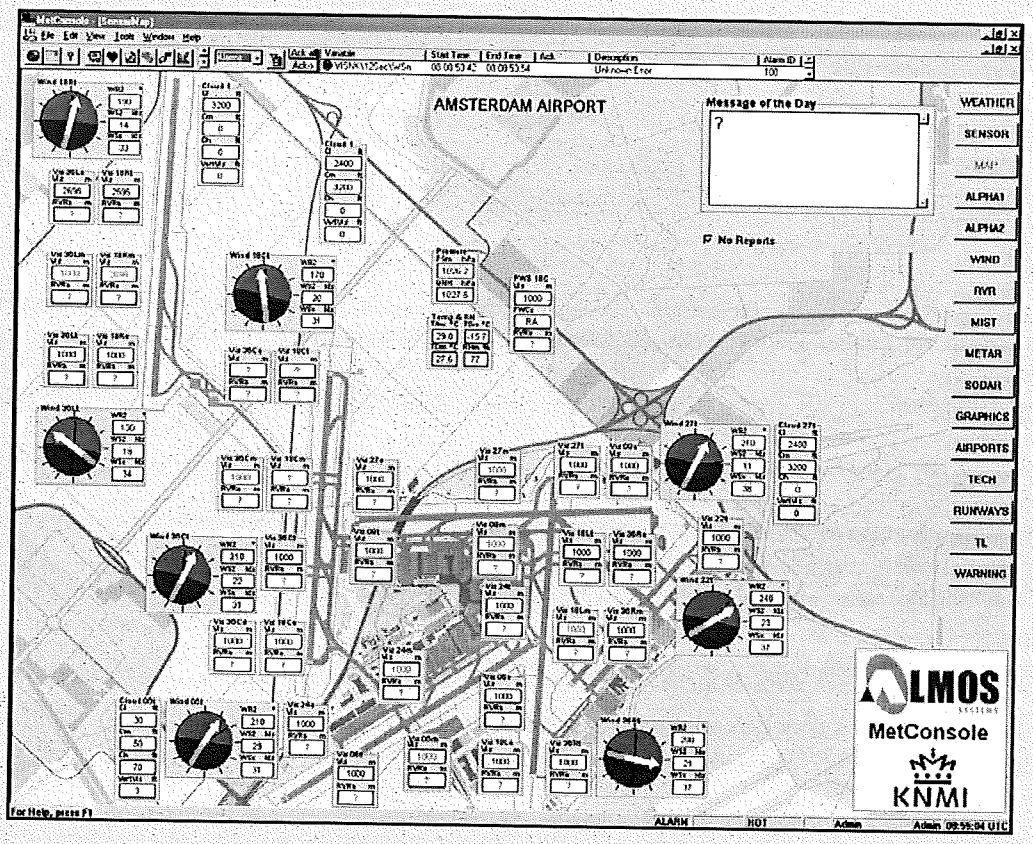
Figuur 2. Plot van de gemiddelde kosten als functie van de grenswaarde pw in het geval van volledige Volgzaamheid en voor een Volgzaamheid die afhankelijk is van p_w

ALMOS
SYSTEMS

Almos Systems biedt sinds 1986 wereldwijd meteorologische oplossingen.
Van het brede product portfolio, onder de naam **METWORX®**, is door Almos o.a. het volgende geleverd:

- **Automated Weather Stations (AWS)-Networks** (Nationale Meetnetten): Australië (BOM), Nederland (KNMI), Zwitserland (MeteoSwiss);
- **Automated Weather Observation System (AWOS)**: Nederland (16 vliegvelden, incl. Schiphol), België (18 vliegvelden, incl. Brussel), Hongarije, Peru, Kosovo, Zambia, Spanje, Namibië;
- **Automated Terminal Information Service (ATIS)**: België (3 vliegvelden, incl. Brussel D-ATIS), Iran (10 vliegvelden), Hongarije, Zuid-Afrika (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): Hongarije (Budapest), Kosovo (Prishtina), Kroatië (Zagreb);
- **World Aerea Forecast System (WAFS)-SADIS/ISCS**: Korea (Inchon), Hongarije (Budapest), Kosovo (Prishtina), VAE (Abu Dhabi);
- **Forecaster Workstations**: Koninklijke Luchtmacht, Belgische Luchtmacht;
- **Meteorological Switching Systems**: Belgische Luchtmacht, Italiaanse CAA.

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



Contact gegevens:
Almos Systems BV
Landzichtweg 70, 4105 DP, Culemborg
Tel: + (31) 345 54 40 80
Fax: + (31) 345 54 40 99

Email: Info@AlmosSystems.com
Website: www.AlmosSystems.com

Kader2. De p_{klim} van een betrouwbare kansverwachting

Als we veronderstellen dat de verwachtingsmethode betrouwbare kansverwachtingen oplevert dan is het voldoende om de dichtheidsverdeling van de verwachte kansen te weten om alle overige eigenschappen vast te leggen. Als voorbeeld berekenen we hier de p_{klim} uit de dichtheidsverdeling. Het feit dat de kansverwachting betrouwbaar is betekent dat na een verwachting p in een fractie p het fenomeen optreedt. Stel nu dat we over een reeks N van betrouwbare verwachtingen beschikken met een kansdichtheid $\rho(p)$ voor de kans p. Het totaal aantal gevallen (behorend bij de kans p) is die fractie p maal de dichtheid behorend bij p:

$o(p)=Np\rho(p)dp$

Het totaal aantal O gevallen over alle verwachtingen p tussen 0 en 1 is:

$$O=\int_0^1 o(p)dp=N\int_0^1 p\rho(p)dp$$

en de klimatologische kans $p_{klim}=O/N$. Vullen we nu voor $\rho(p)$ de dichtheidsfunctie van R&S in dan vinden we:

$$p_{klim}=\frac{1}{\alpha}-\frac{e^{-\alpha}}{1-e^{-\alpha}}$$

beschikken niet over een verwachting), de gemiddelde uitgave is dan $p_{klim}L$,

- we beschikken over een perfecte verwachting en nemen dienovereenkomstig maatregelen, de gemiddelde uitgave is $p_{klim}C$.

Via het nodige algebraïsche rekenwerk kan men nu een formule ontwikkelen die de gemiddelde kosten J, voor gegeven λ en gegeven Cost-Loss ratio c, berekent als functie van p_w. Voor de grenswaarde p_w die men hanteert voor het geven van een waarschuwing kiest men nu uiteraard die waarde die overeenkomt met het minimum van J. Dat minimum is niet eenvoudig vast te stellen. R&S hebben hiervoor een numerieke procedure gebruikt. Men kan dit eventueel ook grafisch doen. In figuur 2 vinden een plot van de gemiddelde uitgave J als functie van p_w voor gebeurtenis met een Cost-Loss ratio van c=0.01. De bijbehorende dichtheidsverdeling van de kansverwachtingen wordt gekenmerkt door α=2,0. In de figuur zijn twee curven gegeven de bovenste geldt voor de situatie met een Volgzaamheid met λ=0,5 en de onderste voor volledige Volgzaamheid (λ=0,0). Voor deze parameterwaarden van α en λ vinden R&S namelijk grote effecten zowel voor p_w als voor J. In deze figuur zien we dat bij volledige Volgzaamheid het minimum van J wordt gevonden bij p_w=c=0,01. Verder valt op dat niet volledige Volgzaamheid een geweldig effect heeft op de bereikte besparing in kosten. Als we bij dezelfde grenswaarde p_w=c=0,01 besluiten om te gaan waarschuwen gaan de gemiddelde kosten omhoog van J=0,099 naar J=0,31. Tevens is uit de figuur af te leiden dat bij λ=0,5 een gedeelte van het verlies kan worden teruggewonnen door voor de grenswaarde p_w=0,33 te kiezen. De gemiddelde uitgaven J zijn dan 0,20. Deze resultaten stemmen goed overeen met de waarden die men voor de gegeven situatie kan aflezen uit de figuren van R&S en laten dus zien dat Volgzaamheid een belangrijke factor kan zijn.

Discussie en Conclusie

Het is nodig om het resultaat uit de voorgaande paragraaf met enige reserve te bekijken. Allereerst geldt zowel voor p_w=0,01 als voor p_w=0,33 dat bij onvolledige Volgzaamheid het gemiddelde verlies veel hoger is dan het verlies als men domweg altijd maatregelen neemt. In dat geval is J gelijk aan de Cost/Loss ratio dus J=0,01 en dat is veel lager dan het minimum van de bovenste curve in figuur 2. De gebruiker doet er dus verstandig aan om zich niets aan te trekken van de verwachting maar gewoon altijd maatregelen te treffen.

Verder is ook het minimum van J=0,099 dat wordt bereikt bij volledige Volgzaamheid slechts marginaal lager dan het gemiddelde verlies van J=0,01 als men altijd maatregelen neemt. Zelfs bij volledige Volgzaamheid draagt de waarschuwing niet bij aan de beperking van de verliezen.

De oorzaak voor deze vreemde situatie is gelegen in feit dat kansverwachting met een dichtheidsverdeling behorend bij α=2,0 samenhangt met een weersverschijnsel met een klimatologische kans van 0,343. Uiteraard zit een gebruiker bij een dergelijke hoge klimatologische kans niet te wachten op een weersverwachting als de kosten voor een preventieve actie slechts een fractie zijn van de mogelijke verliezen. Overigens betekent dit niet dat een weersverwachting in het geheel geen kans maakt. Een perfecte verwachting zou bij perfecte Volgzaamheid de gemiddelde kosten terug brengen tot 0,00343. Men hoeft immers slechts in 34% van de gevallen een preventieve actie te ondernemen.

Daarnaast is de non-Volgzaamheid in het model van R&S vaak wel erg hoog. Men kan zich afvragen of het zin heeft om een waarschuwing uit te geven als de gebruiker er slechts in 10% van de gevallen gehoor aan geeft.
De studie van R&S geeft duidelijk aan dat Volgzaamheid een belangrijke factor kan zijn bij het uitgeven van waarschuwingen. Wil men echter zinnige conclusies kunnen trekken over het effect van Volgzaamheid dan moeten we situaties analyseren waarbij de Cost-Loss ratio en de klimatologische kans dichter bij elkaar liggen zodat de verwachting een grote invloed kan hebben op de acties van de gebruiker. In een hierna volgende studie, die dus wel is gebaseerd op de ideeën van R&S, zullen we uitgaan van wat meer realistische situatie met een Cost-Loss ratio van 0,05 en een klimatologische kans van eveneens 0,05.

Dankwoord

Ik ben Kees Kok, Robert Mureau en Leo Kroon veel dank verschuldigd voor hun bijdrage aan de totstandkoming van dit artikel

Literatuur

Roulston, M.S. and L.A.Smith 2004: The Boy who Cried Wolf Revisited: The Impact of False Alarm Intolerance on Cost-Loss Scenarios. Weather and Forecasting, April 2004.

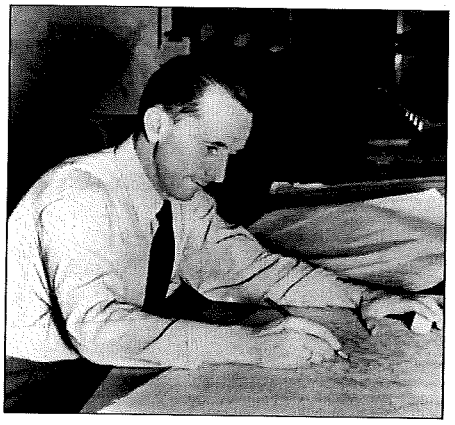
D-day revisited

WOUTER LABLANS

In de junimaand denken sommige meteorologen wel even terug aan het weer en de daarbijhorende weersverwachtingen in begin juni 1944, het weer op de dag van de landing van de geallieerden in Normandië. 'D-day revisited' zou een goede titel zijn voor een Engelstalig stukje over de vraag of er aan de uitvoerige literatuur over het weer op D-day nog wat toegevoegd kan worden. De literatuur over dit onderwerp is veelal gebaseerd op het boek 'Forecast for Overlord' uit 1971 van J.M. Stagg die belast was met het briefen van de staf van generaal Eisenhower. In 2001 verscheen de Engelstalige versie van de autobiografie van Sverre Petterssen, waarvan een versie in de Noorse taal was verschenen in 1974, het jaar waarin Petterssen op 76-jarige leeftijd is overleden. Een drijfveer voor het schrijven van zijn memoires was voor Petterssen het leveren van kritiek op het boek van Stagg. Aan de periode van vijf maanden waarin aan de meteorologische voorlichting voor D-day gewerkt werd wijdt Petterssen in zijn autobiografie niet minder dan 66 pagina's, waarin Petterssen zijn visie geeft op het samenwerkingsverband van meteorologen dat de voorlichting voor D-day verzorgde.

De organisatie van de meteorologische voorlichting voor D-day

Petterssen (figuur 1) verhaalt hoe hij betrokken werd bij het vooroverleg over de meteorologische voorlichting voor D-day die in februari 1944 plaats vond onder leiding van sir Nelson Johnson, de directeur van het Britse Meteorological Office. Petterssen had in de jaren voor de Tweede Wereldoorlog in de V.S. samen met enkele andere leden van de Noorse School, C-G. Rossby en J. Bjerknes, meteorologen opgeleid voor de Amerikaanse strijdkrachten. De leerstof legde hij in 1940 vast in de eerste druk van zijn boek 'Weather Analysis and Forecasting' dat gedurende lange tijd wereldwijd het toonaangevende leerboek voor de opleiding van operationele meteorologen was. In 1941 begaf hij zich naar Engeland waar hij door de Noorse regering in ballingschap werd uitgeleend aan het Meteorological Office. Daar werd hij hoofd van de sectie 'hogere luchtlagen'. De gehele oorlog hield hij zich bezig met de meteorologische voorlichting voor tal van militaire operaties. Het spreekt dus vanzelf dat Petterssen bij het vooroverleg over de meteorologische voorlichting voor D-day betrokken werd. Het resultaat van dat overleg was echter in het geheel niet naar zijn zin, zelfs zo zeer dat hij serieus heeft overwogen er geen medewerking aan te verlenen.



Figuur 1. Sverre Petterssen 1898-1974.

Er werd besloten tot een samenwerkingsverband van drie weerdiensten, het Meteorological Office, de weerdienst van de Britse marine en de weerdienst van de Amerikaanse luchtmacht. Het Meteorological Office kon gemakkelijk ingeschakeld worden omdat het reeds sinds 1920 onder het ministerie van defensie ressorteerde. Deze drie diensten zouden op verschillende plaatsen hun verwachtingen maken waarna dan door telefonisch overleg overeenstemming bereikt moest worden. Het resultaat werd dan telefonisch doorgegeven aan dr. J.M. Stagg, een bij de staf van generaal Eisenhower geplaatste hoge ambtenaar van het Met. Office. Petterssen voelde meer voor één weerdienst, samengesteld uit de beste mensen van de drie diensten. Dr Stagg achtte hij als voorlichter van de militaire staf bepaald niet de juiste man op de juiste plaats, zoals blijkt uit het volgende citaat:

Stagg was a meteorologist mainly in the sense that he was employed by the Meteorological Office. His scientific field was terrestrial magnetism and he had done some work in radiation, but none in or anywhere near subjects related to forecasting.

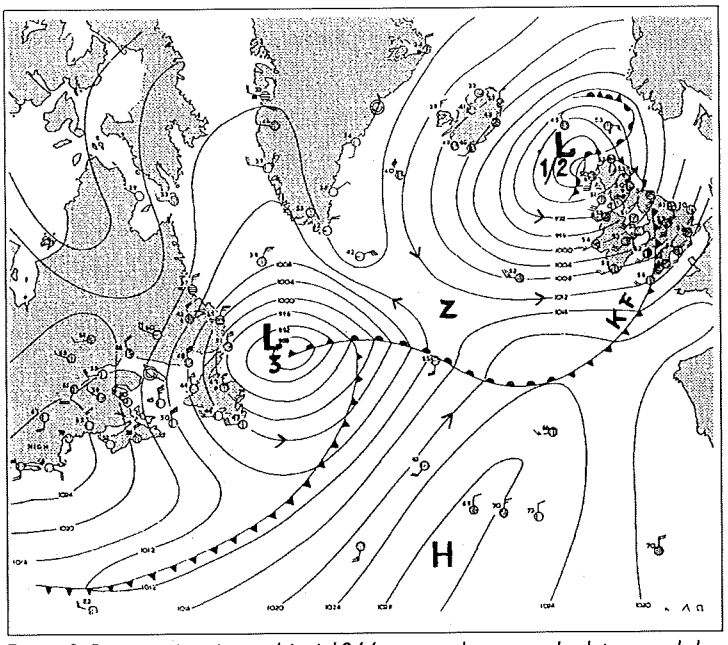
Het is opmerkelijk dat Petterssen geen aandacht besteedt aan het feit dat met het formeren van een weerdienst volgens zijn voorkeur nogal wat tijd gemoeid zou zijn geweest, terwijl nu onmiddellijk met het oefenen voor D–day begonnen kon worden.

De randvoorwaarden

De meteorologen hadden te maken met niet-meteorologische randvoorwaarden. De landing zou moeten worden uitgevoerd op een zomerdag met een zodanige daglengte dat er twee landingsoperaties uitgevoerd zouden kunnen worden, één 's ochtends en één 's avonds, bij schemering en laag water. Dit doet zich in de zomer twee maal per maand voor. De militairen waren in de maand mei nog niet aan de landing toe. De eerste mogelijkheid in juni betrof de periode 5-7 juni. Enkele dagen voor deze periode werd het duidelijk dat men met depressieactiviteit te maken zou krijgen.

De oefenperiode

Het oefenen voor de voorlichting voor de invasie van de geallieerden in Europa begon eind februari 1944. Door alle diensten werden verwachtingen voor de korte termijn opgesteld volgens de methode van de Noorse School. Op het Met. Office was het niet Petterssen die zich daarmee bezig hield, hoewel hij zelf een prominent lid van de Noorse School was, maar de zeer ervaren en bekwame synopticus C.K.M. Douglas. De suggestie van Stagg dat Douglas en Petterssen nogal eens van mening verschilden wordt door Petterssen naar het rijk der fabelen verwezen. Deze samenwerking was volgens Petterssen juist bijzonder goed. Voor de termijn van enkele dagen vooruit werden twee methoden gebruikt. De Amerikaanse dienst leverde meerdaagse verwachtingen volgens de analogenmethode zoals die in de V.S. door I.P. Krick was ontwikkeld. Krick werd daartoe bij de Amerikaanse dienst in Engeland geplaatst. Petterssen hield zich bezig met het beoordelen van de invloed op de weersituatie van de stroming en de veranderingen daarin in de hogere luchtlagen, voor een termijn van 2 à 3 dagen vooruit. De analogenmethode leverde systematisch te optimistische resultaten op waardoor vaak geen consensus bereikt werd over het te verwachten weer. Petterssen schreef de minder goede resultaten van de analogenmethode toe aan de voor de tijd van het jaar bijzonde-



Figuur 2. De weersituatie op 4 juni 1944 op grond waarvan besloten werd de invasie op 6 juni uit te voeren (uit: Donker, 1993).

re weersituatie, een sterke westcirculatie waarin zich nieuwe storingen ontwikkelden. Over de analogenmethode als zodanig had hij een vrij gunstige opinie want, zo zegt hij:

If two situations, however widely separated in time, are truly similar in all three dimensions and in recent history, there is no known reason why they should not have similar futures.

Voor de toekomst zag hij wel wat in de analogenmethode. Wel zou men dan over een eeuw aan kaartenmateriaal moeten beschikken, ook van de hogere luchtlagen. Het lijkt of hier iets doorklinkt van de optimistische opvatting van de grote leermeester Vilhelm Bjerknes over het determinisme van de klassieke natuurkunde, op grond waarvan deze reeds in 1904 aangaf hoe men weersverwachtingen door berekening zou kunnen maken.

Enkele belangrijke verwachtingen

De verwachtingen die door de samenwerkende diensten tussen eind februari en begin juni werden uitgegeven zijn in Meteorologica uitvoerig besproken door Donker (1993) ter gelegenheid van de vijftigste verjaardag van D-day. Hier brengen we enkele verwachtingen in herinnering op grond waarvan de belangrijkste militaire beslissingen genomen werden.

Op 3 juni werden de mogelijkheden 5 juni en 6 juni nog opengehouden. Het advies van Stagg voor 5 juni was negatief. De Amerikaanse dienst die zoals gewoonlijk een relatief optimistische visie had bleek bereid zich bij de meerderheid aan te sluiten. In de ochtend van 4 juni werd tot een uitstel naar 6 juni besloten (figuur 2). Een aantal schepen dat reeds was uitgevaren werd teruggeroepen. Dit was gezien het slechte weer dat op 5 juni optrad een juiste beslissing. Veldmaarschalk Montgomery, die een sterke voorkeur had voor 5 juni, heeft in zijn memoires sportief opgemerkt dat door het uitstel een ramp is voorkomen.

In de ochtend van 5 juni werd, bij slecht weer, tot het uitvoeren van de invasie op 6 juni beloten. Door alle diensten werd voor 6 juni overdag een tijdelijke weersverbetering verwacht. Over zijn eigen aandeel in de verwachting voor 6 juni merkte Petterssen op:

My personal contribution to the forecast for 6 June was to support and agree rather than to propose and argue.

De beoordeling van de weersituatie aan Duitse zijde heeft in het voordeel van de geallieerden gewerkt. Zij achtten de weersverbetering op 6 juni niet van zodanige betekenis dat een zo grote operatie als de invasie door de geallieerden zou kunnen worden uitgevoerd. Dit betekende dat op 6 juni de waakzaamheid aan Duitse zijde verre van optimaal was.

De visie van dr. Stagg

Men verwacht op grond van het boek van Petterssen wellicht dat Stagg in zijn boek wel een aantal stekelige opmerkingen over Petterssen gemaakt zal hebben, maar dat is nauwelijks het geval. Stagg beschouwt Petterssen als een belangrijke meteoroloog wiens werk een goed tegenwicht bood aan de vaak te optimistische visie van de Amerikaanse analogenmethode. Wegens de missers in de oefenperiode had Stagg van de analogenmethode geen hoge dunk. Het is alsof Stagg de theorie van de beperkte voorspelbaarheid van E. Lorenz kent als hij opmerkt:

The slightest difference between two apparently similar situations could produce most unexpected disparities in local weather.

Een uitspraak waarmee Stagg zijn tijd vijftig jaar vooruit was. Over zijn eigen deskundigheid deelt Stagg heel openhartig mee dat hij geen ervaren operationeel meteoroloog is, maar ook dat hij in zijn jonge jaren wel gedurende enige tijd de operationele meteorlogie beoefend heeft zodat hij geen volkomen leek is. Een detail dat Petterssen aan zijn lezers onthoudt.

De nasleep

Vrienden zijn Petterssen en Stagg nooit geworden, ook niet nadat gebleken was dat beiden op hun plaats in de organisatie voortreffelijk gefunctioneerd hadden. Het goede werk dat geleverd was leidde uiteraard tot tevredenheidsbetuigingen, zoals een brief van Stagg aan sir Nelson waarin hij Douglas en Petterssen prijst voor hun goede werk. Dit was weer niet naar de zin van Petterssen. die vond dat alle betrokkenen hadden moeten worden geprezen.

Van de elf hoge onderscheidingen die Petterssen verwierf hadden er vier betrekking op zijn werk in oorlogstijd, waaronder in 1948 de 'Buys Ballot Gold Medal'. In de VS kwam spoedig na D-day een geruchtenstroom op gang volgens welke het succes van de meteorologische voorlichting voor D-day te danken zou zijn geweest aan de analogenmethode van Krick!

D-day revisited

Men kan denken aan het naspelen van de meteorologische voorlichting voor D-day met de moderne hulpmiddelen. Deze gedachte is uitgewerkt door het ECMWF (2003) in het kader van een 'reanalysis' project. Men kwam daarbij tot de volgende opmerkelijke conclusie:

numerical forecasts for 5 and 6 June have been made from the reanalyses for 3 and 4 June. They successfully predict the conditions for those two days. The whole study confirms how difficult, and eventually how accurate, the original forecasts were.

Een verdiende huldiging, 60 jaar na dato. Gelukkig leveren de computers meer dan verwachtingen voor twee dagen vooruit, anders zouden we wellicht de computers alsnog kunnen vervangen door enkele bekwame forecasters!

Literatuur

Donker, A.W., 1993: D-day en de weerfactor . Meteorologica 2 no 4.
ECMWF, 2004 : Press release 3 june.
Petterssen, S.,2001: Weathering the Storm. Ed. J.R. Fleming. Am. Met. Soc.
Stagg, J.M. ,1971: Forecast for Overlord. Ian Allan, London

Weathernews Benelux zoekt meteorologen/risk communicators

- Algemene meteorologen
- Risk Communicators Sea
- Risk Communicators Land

WN weathernews

Locatie : Soest, Nederland
Dienstverband : Vast
Aantal vacant : 18

Weathernews Benelux is onderdeel van Weathernews Inc, gevestigd in Tokio. Weathernews is het grootste full-service weerbedrijf van de wereld met 17 vestigingen in Japan en 24 elders in de wereld. We bedienen diverse markten, waaronder de scheepvaart, oliemaatschappijen, luchtvaart, gladheidbestrijders, consumenten, diverse media en nog vele andere.

Bij Weathernews heerst een open en informele, maar zeer professionele cultuur. Ambitieuze teamspelers vinden bij ons de uitdaging om de ontwikkeling van de weermarkt en hun carrière te versnellen, met behulp van de meest recente meteorologische ontwikkelingen. Hierbij is veel ruimte voor eigen initiatief.

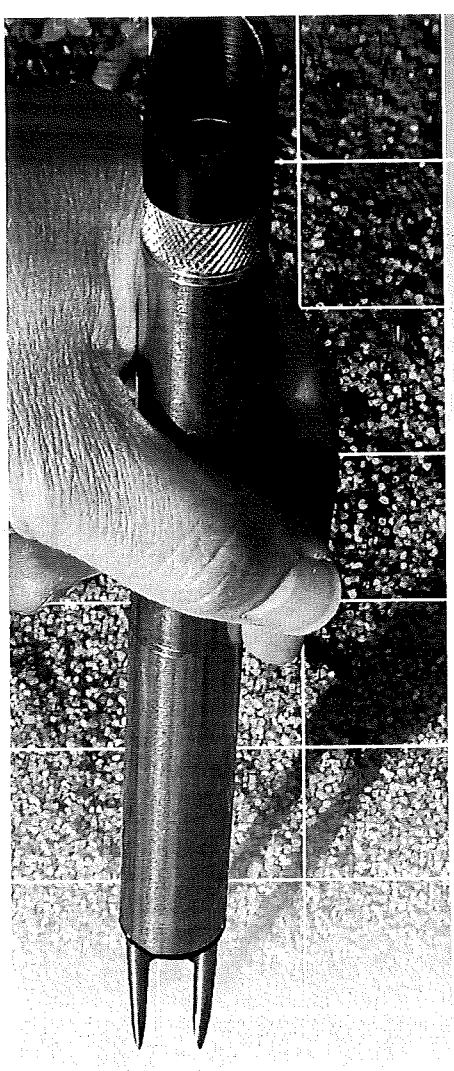
Solliciteren:
Solliciteren kan tot uiterlijk 20 september 2006. Voor een beschrijving van de functies en de sollicitatieprocedure verwijzen wij u naar www.weathernews.com/nl

Najaarssymposium 2006 en lustrum NVBM

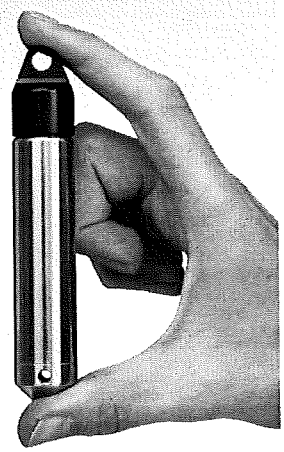
Het derde lustrum van onze vereniging zal worden gevierd op vrijdag 3 november. De locatie waar we dit gaan doen is nog niet bekend. Het programma is in grote lijnen al wel bekend. We starten omstreeks een uur of drie met twee lezingen van respectievelijk Albert Klein Tank (Klimaatscenario's) en Geert Jan van Oldenborgh (Seizoensverwachtingen). Aansluitend zullen dan de NVBM-awards worden uitgereikt waarna we dan tijdens een borrel de gelegenheid zullen krijgen om de awardwinners te feliciteren. Het geheel wordt afgesloten met een diner. Wie aan dat diner deel wil nemen dient zich daarvoor wel op te geven.

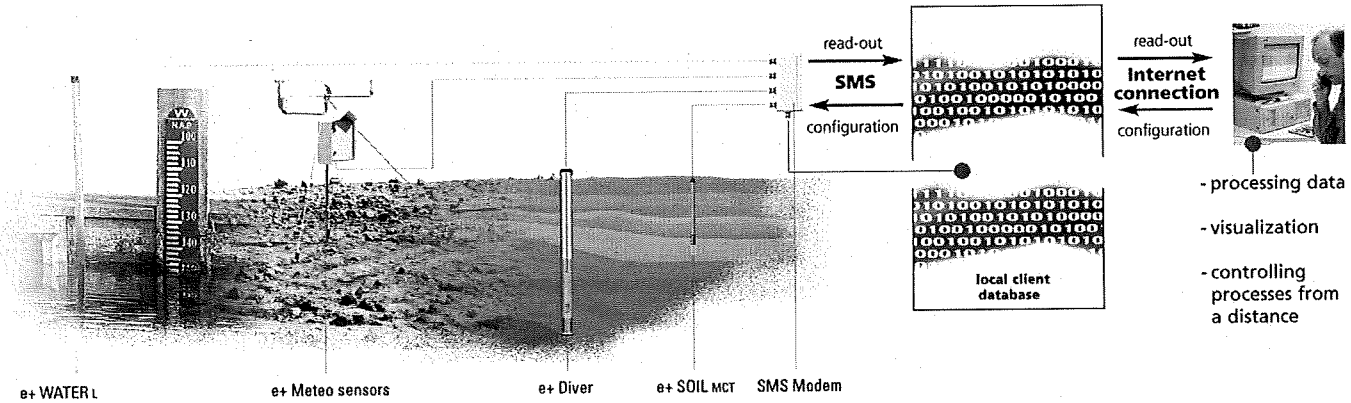
Boekenactie

Naar aanleiding van de enthousiaste recensie van Aarnout van Delden heeft het bestuur besloten om de nieuwste editie van het boek Atmospheric Science van John M. Wallace en Peter V. Hobbs in de boekenactie op te nemen. Een ieder die dit boek aanschaft krijgt € 7,50 vergoed van de NVBM. Voor details wordt verwezen naar de NVBM-website.



All it takes for environ-mental monitoring





DIVER® by Van Essen Instruments

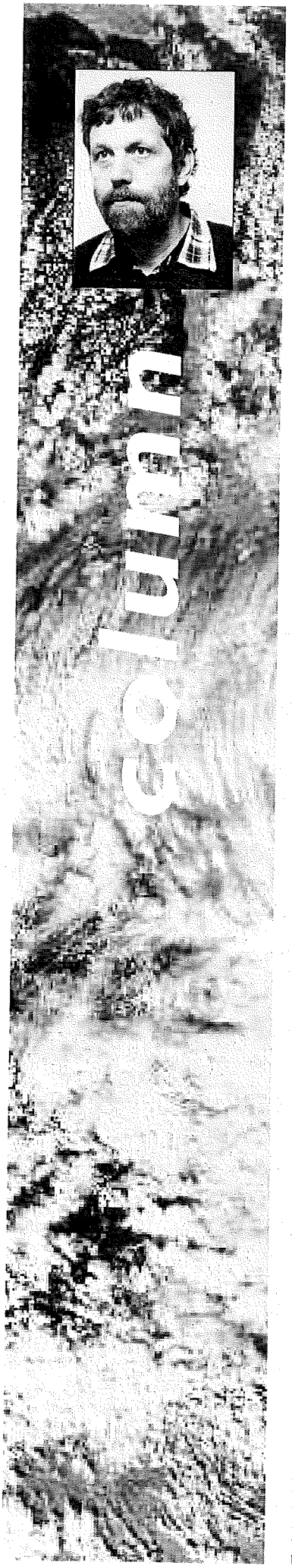
e-SENSE®

Eijkelkamp Agrisearch Equipment

Nijverheidsstraat 30,
6987 EM Giesbeek,
Nederland

T +31 313 88 02 00
F +31 313 88 02 99

E info@eijkelkamp.com
I www.eijkelkamp.com



Gevoelsklimaat

HENK DE BRUIN

Tegenwoordig heeft de beroepsmeteoroloog het er geregeld over, de *gevoelstemperatuur*. Dit is niet de temperatuur die de thermometer aangeeft, maar de temperatuur die wij voelen. Er is een formule voor en ik heb in juli deze nog toegepast tijdens de laatste hittegolf. Buiten was het 35 ^{0}C bij een windsnelheid van 1 m/s en de gevoelstemperatuur bleek 34.75 ^{0}C te zijn. Had het 10 m/s gewaaid dan zou de gevoelstemperatuur 35.88 ^{0}C zijn geweest. Mijn gevoel zegt me dat er iets niet klopt. Misschien doe ik iets fout.

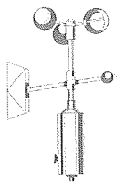
Als er een gevoelstemperatuur is dan moet er ook *gevoelsweer* of sterker nog *gevoelsklimaat* zijn. Deze beschouwingen voeren mij terug naar een meetcampagne die mijn groep ongeveer 10 jaar geleden uitvoerde op Kreta. Mijn onderzoek had de belangstelling getrokken van een Mexicaanse collega, *J.*, waarmee ik in die jaren samenwerkte. Ik haal hem af op het vliegveld van Heraklion en we huren samen een auto. Hij is Mexicaan, dus macho en hij rijdt dus. De randweg rondom Heraklion is driebaans, maar als je de vluchtstrook meeneemt, wordt het een vijfbaanssnelweg zonder tussenberm. Het is toegestaan om op de vluchtstroken te stoppen en te parkeren, waardoor de verkeerssituatie onoverzichtelijk en chaotisch is. In Mexico gaat dat net zo en *J.* voelt zich helemaal thuis. Er is maar één verkeersregel: men geeft duidelijk aan wat men van plan is te doen. Dat gaat met wilde handgebaren, zwaaiende armen en veel getoeter. Het landschap ligt er droog en warm bij en het is duidelijk dat *J.* zich helemaal thuis voelt. Ik ben verbijsterd. Hij komt helemaal van het andere eind van de wereld, hij is voor het eerst op Kreta, verstaat geen woord Grieks, kan geen letter van het Griekse alfabet lezen, hij hoort vreemde muziek in een 7/8 of 9/8 maat uit de huurautoradio komen en hij voelt zich 100% thuis. Blijkbaar hebben Kreta en Mexico voor hem hetzelfde gevoelsklimaat. Voor mij ligt dat anders, want ik heb het niet zo op die chaotische verkeerssituaties en mij vallen de kleine kapelletjes langs de weg op ter nagedachtenis aan verkeerslachtoffers. Er liggen etenswaren en muntjes in voor de veerman, want de christelijke Grieken geloven nog altijd in de onderwereld en in de veerman die hen de rivier moet overzetten na de dood.

In het begin van de avond bezoeken we een hoog in de heuvels gelegen Grieks-orthodox klooster. De zon gaat onder en we krijgen van één van de monniken Ouzo aangeboden. Dat is een Kretenzisch pikketanussie om in termen van Johnny Jordaan uit Amsterdam te spreken. Zwijgend luisteren we naar de geluiden die horen bij de stilte van de vallende, zwoele, Kretenzische zomeravond. Spreken heeft weinig zin, want de monniken spreken alleen Grieks. Ook nu is het weer duidelijk: *J.* voelt zich thuis, maar gelukkig begint voor mij het gevoelsklimaat ook aangenamer te worden. Een pikketanussie gaat er altijd in.

Wij bemeten het watergebruik van landbouwgewassen in de Messaravallei. Hier werd al 2000 jaar voor onze jaartelling door de Minoiers landbouw bedreven, maar nu dreigt dat door te grote grondwateronttrekkingen hier te verdwijnen. De boeren zeggen dat het door klimaatveranderingen komt, terwijl ze 's nachts clandestien water uit de grond pompen. Ons hotel ligt wat hoger in de bergen, niet ver van Klima, een gehucht dat de afgelopen tienduizend jaren niet veel veranderd lijkt. Op het dorpsplein staat een telefooncel en *J.* verbelt vele telefoonkaarten om de laatste hand te leggen aan een nieuw onderzoeksvoorstel dat de volgende dag de deur uit moet. Ons apparaat bestaat uit een lichtbron die een evenwijdige bundel van (onzichtbaar) licht over de vallei zendt. De telescoop die het licht ontvangt staat opgesteld naast het kerkje van Alíthini. Eén van onze studenten "load" daar elke dag de verzamelde gegevens "down" uit het geheugen van de datalogger. We hebben toestemming van de lokale *papas*, dus onze apparatuur is volkomen veilig. Elke dag wacht een lieftallig meisje onze student op. Ook nu geldt dat zwijgen het beste is. Alíthia betekent zoiets als *woonplaats van de waarheid* en voor de Nederlandse Romeo en de Alíthiniaanse Julia is het gevoelsklimaat zichtbaar aangenamer dan onze meetapparaat aangeeft. Voor dat verschil is nog geen formule. Voor het bepalen van deze verschillen is een gevoelsklimaatmodel nodig dat alleen op de grootste computers ter wereld kan worden gedraaid, denk ik.

Ik vind dus dat we in het kader van ons nationaal innovatieplatform zo snel mogelijk zo'n gevoelsklimaatmodel moeten gaan ontwikkelen. Ik wil dan wel dat model valideren op Kreta. Met name in Klima, Alíthini en natuurlijk Psychro, dat zich elders op het eiland bevindt. Hier zijn de grotten van Zeus. U weet wel, de Griekse god die in de gedaante van een stier de nimf Europa belaagde. Want ik denk Europees. Als het model werkt op Kreta dan werkt het overal en kan onze regering door mitigatie- en adaptatiemaatregelen Nederland eindelijk gevoelsklimaatbestendig maken. En daar gaat het om in het leven.

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

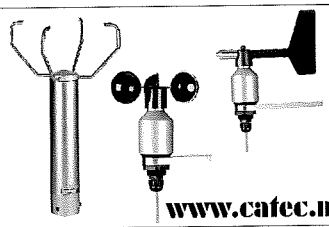
LMOS SYSTEMS

Professionele
Meteo Systemen

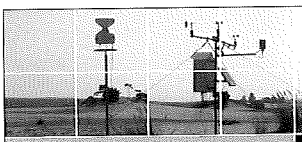
Almos Systems
Adres: Landzichtweg 70,
4105 DP, Culemborg
Postbus 422
4100 AK, Culemborg
Nederland
Tel: +31 (0) 345 54 40 80
Fax: +31 (0) 345 54 40 99
Email: info@AlmosSystems.com
Website: www.AlmosSystems.com

CaTeC

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



www.catec.nl



All it takes for environmental monitoring

Eijkelkamp
Agrisearch Equipment

Nijverheidsstraat 30,
6987 EM Giesbeek,
Nederland

T +31 313 88 02 00
F +31 313 88 02 99
E info@eijkelkamp.com
I www.eijkelkamp.com

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.
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 23,- Euro voor vier nummers over te maken op Postbank gironummer 388132 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 29,- Euro per jaar. Ook losse nummers kunnen op deze manier worden besteld (zolang de voorraad strekt) voor 8,- Euro per stuk, onder vermelding van de gewenste jaargang en nummer(s). Instellingen betalen 52,- 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).

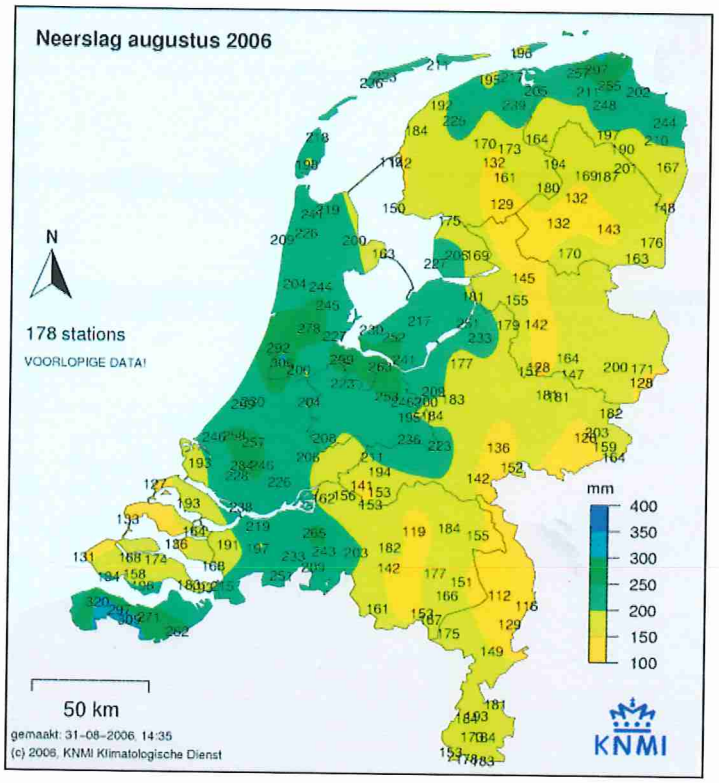
Lid worden van de NVBM:
Het lidmaatschap van de NVBM kost 45,- Euro per jaar voor gewone leden en 34,- Euro per jaar voor buitengewone leden. Meer informatie hierover is te vinden op de NVBM website: www.nvbm.nl.

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

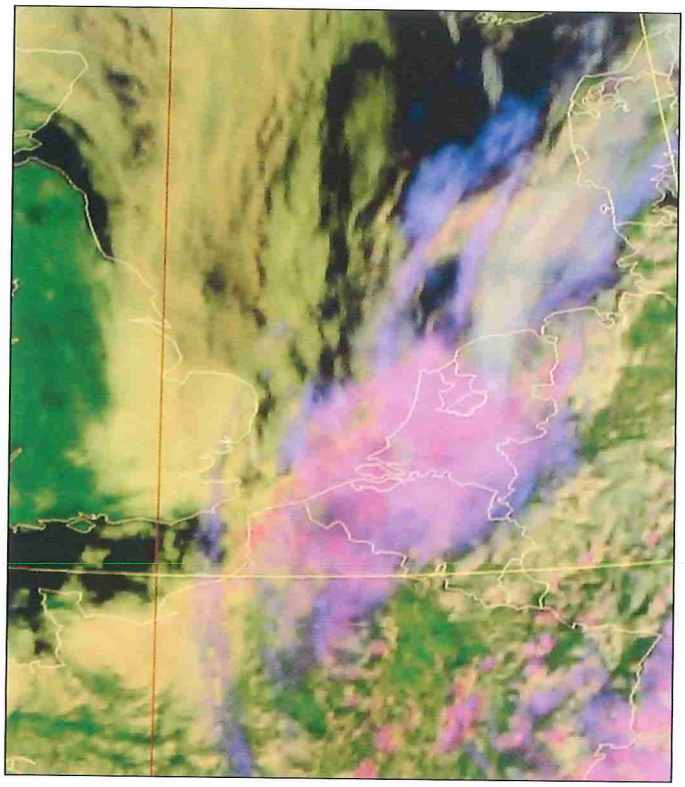
Adverteren in Meteorologica is mogelijk. Advertenties worden geplaatst op 3 formaten: A5, A4 of A3.
Uiterste inleverdata voor advertenties zijn: 1 februari, 1 mei, 15 augustus en 1 november voor respectievelijk nummer 1, 2, 3 en 4.
Tarieven kunt u opvragen bij
Leo Kroon
Tel. 0317-482604
e-mail: leo.kroon@wur.nl

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.

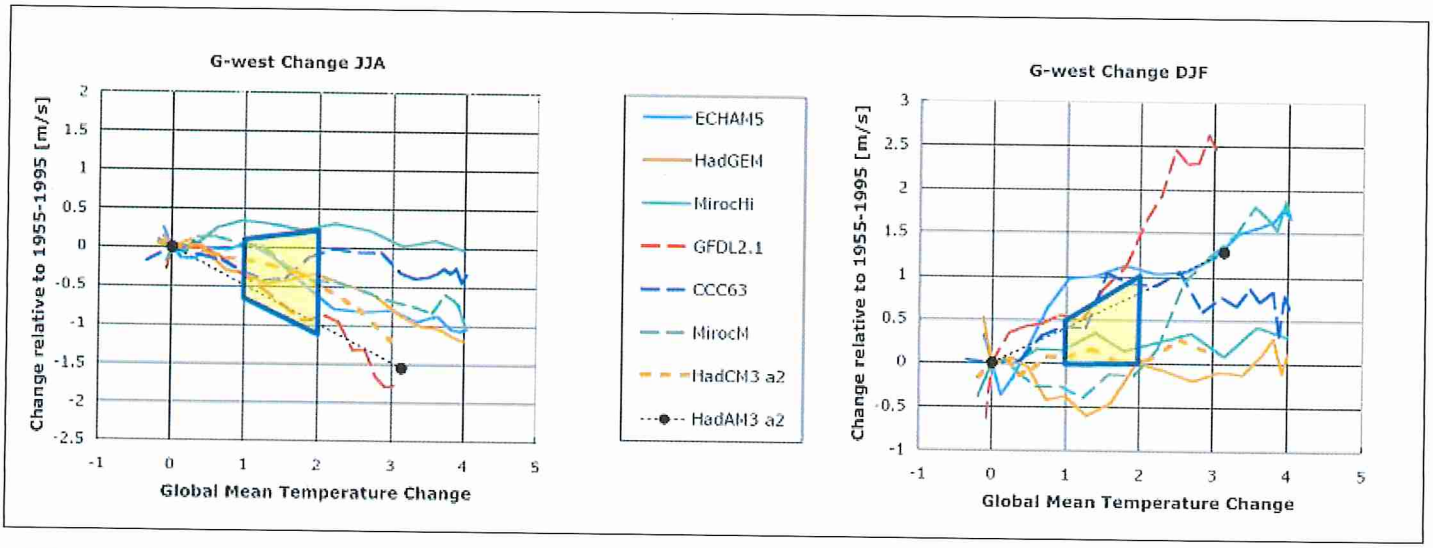
Voor meer informatie over het sponsorschap kunt u contact opnemen met Leo Kroon (zie boven).



Neerslagsom van augustus 2006 (figuur 5 van artikel Groen)



MSG-8 opname van 3 augustus 2006 om 15 uur. De paarse kleur geeft de bewolking aan met temperaturen onder nul, het buiencomplex boven noordwest Nederland laat een cirkelvormige uitstroming aan de top zien (figuur 3 van artikel Groen)



Verandering van U_{geo} als functie van ΔT_{glob} voor de zomer (links) en winter (rechts) berekend met een selectie van GCM's uit het PCMDI archief. De lijnen zijn 30-jaar gemiddelde gefilterde tijdseries. De gekleurde vlakken geven de waarden aan die voor de KNMI'06 scenario's zijn gebruikt (figuur 1 van artikel van den Hurk e.a.)