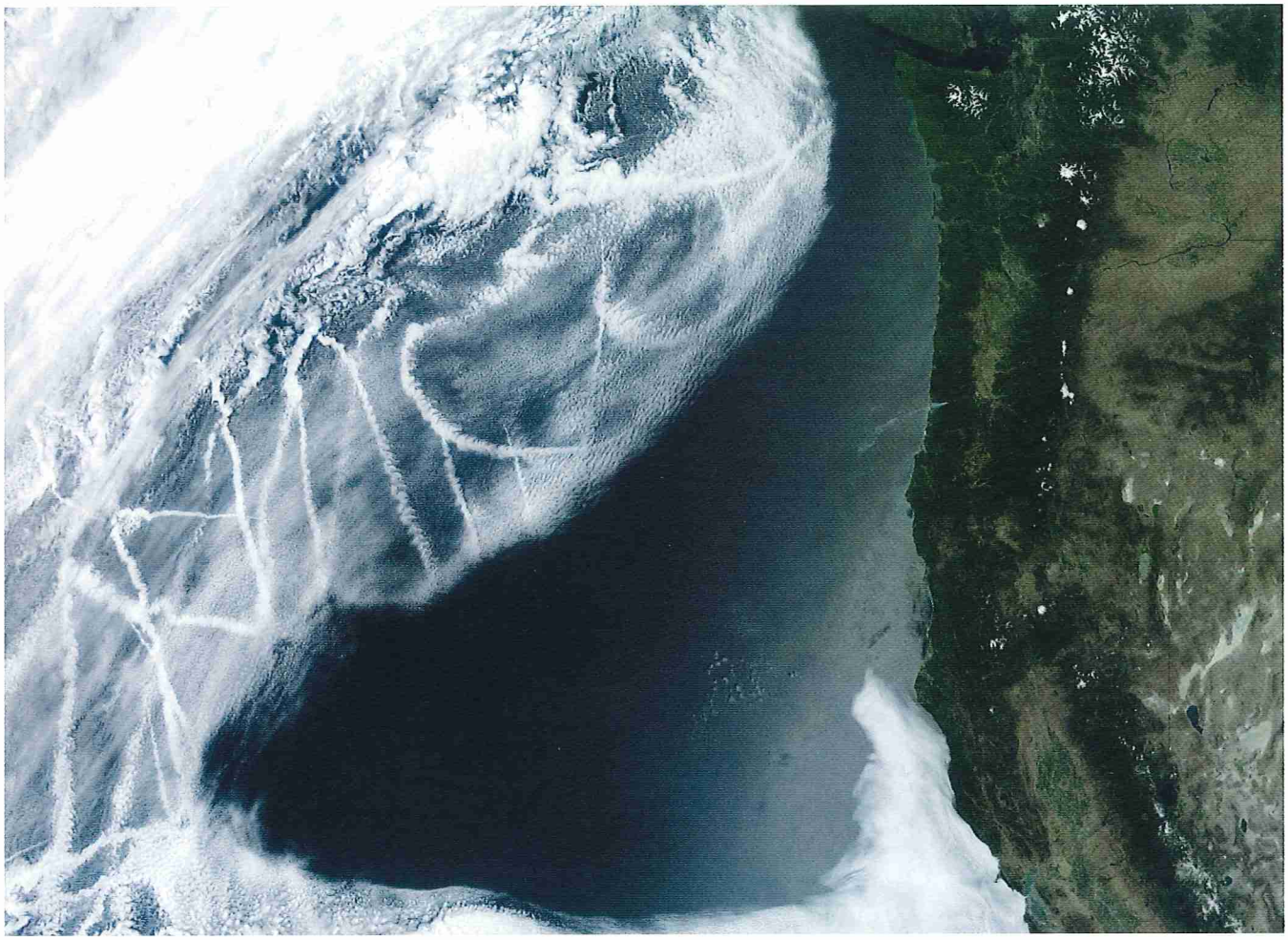
JAARGANG 12 - NR.3 - SEPTEMBER 2003

METEOROLOGICA

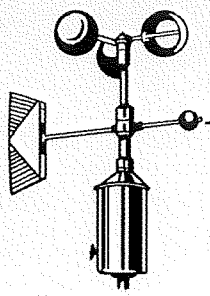


SCHEEPSWOLKEN (ZIE BLZ. 11)

LUCHTVERONTREINIGING ONDER EEN INVERSIE (ZIE BLZ. 4)

MISTBANKEN BOVEN EEN ENERGIECENTRALE (ZIE BLZ. 4)

UITGAVE VAN DE NEDERLANDSE VERENIGING VAN BEROEPSMETEOROLOGEN



wittich & visser

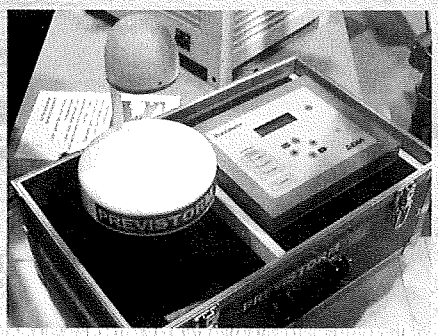
bliksemsnel

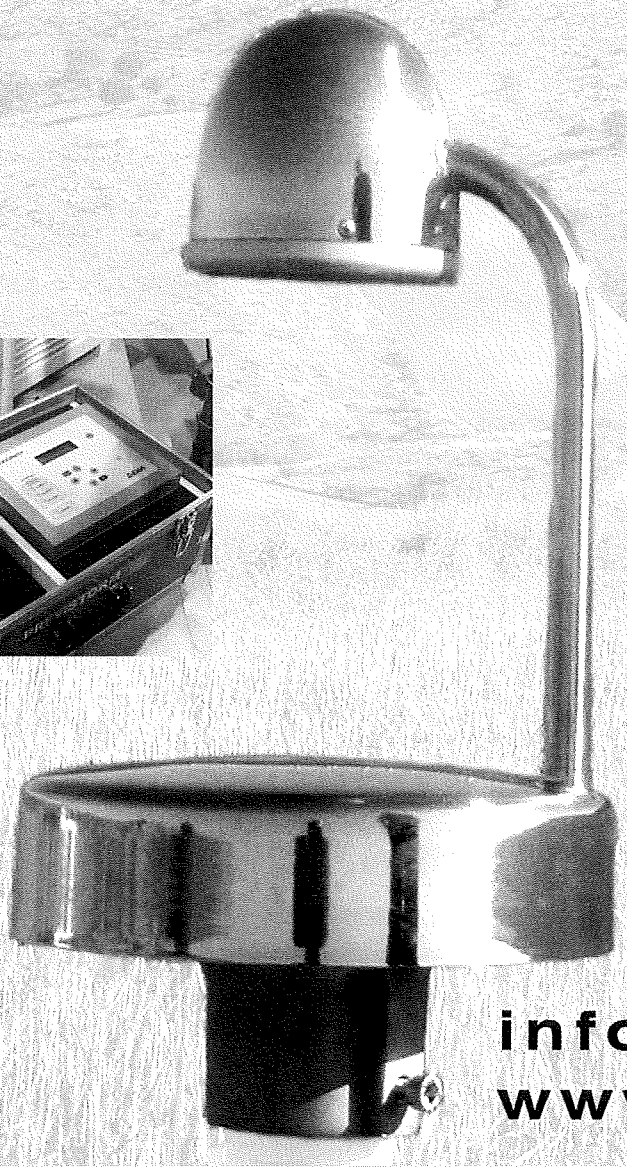
PREVISTORM

een nieuwe ontwikkeling voor
onweerdetectie en bliksembeveiliging

maatwerk in meten

De nadering of ontwikkeling van onweer kan afgeleid worden uit een verandering van het electrostatisch veld aan het aardoppervlak.





Met de **Previstorm** kan de ontwikkeling van de sterkte van het electrostatisch veld gevolgd worden. Bij overschrijding van bepaalde waarden wordt door het meetsysteem een alarm afgegeven (3 niveau's) op basis waarvan automatisch beveiligings-maatregelen getroffen kunnen worden of een waarschuwing kan worden afgegeven via b.v. een SMS. Tevens kunnen alle data opgeslagen worden voor latere analyse.

info@wittich.nl
www.wittich.nl

INHOUD

Modeluitkomsten op waarde schatten 4
STEFAN JAK

De structuur van een buienlijn blootgelegd 8
PIETER GROENEMEIJER

Wolkensporen van schepen en vliegtuigen 11
KEES FLOOR

Leerzame experimenten met een eenvoudig niet-lineair Systeem 15
SEIJO KRUIZINGA

Simulatie van extreem weer, nu en in de toekomst 19
FRANK SELTEN

Brussel 1853 24
KEES DEKKER

Heeft 2003 een recordzomer opgeleverd? 28
TOM VAN DER SPEK

Column 29
HENK DE BRUIN

Mededelingen 30

Uit de lucht gegrepen 30
LEO KROON

Colofon 31

Advertenties:
Wittich en Visser 2
Bakker & Co 12
Almos 16
Ekopower 22
CaTec 26

Foto's omslag voorzijde

Boven
Scheepswolken boven de Stille Oceaan ten westen van Canada en de Verenigde Staten. Beeld van de moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) op Amerikaanse satelliet Terra van het Earth Observing System (EOS) van de ruimtevaartorganisatie NASA, 28 juni 2003 (zie artikel op blz. 11).

Onder links
Bekend is dat de toestand van de atmosfeer de mate van verspreiding van luchtverontreiniging bepaalt. Hier is zichtbaar hoe luchtverontreiniging van de afvalverbrandingsinstallatie van Duiven zich onder een lage inversie verspreidt en gevangen blijft in de onderste lagen van de atmosfeer (zie artikel op blz. 4). Foto: S.Jak.

Onder rechts
Na een rustige koele nacht trekken mistbanken afkomstig van de IJssel het land op en omhullen de energiecentrale Harculo te Zwolle. In zo'n situatie is de verspreiding van luchtverontreiniging die vrijkomt op lage hoogte -enige meters- vaak minimaal, en kunnen plaatselijk hoge concentraties van stoffen in de lucht voorkomen (zie artikel op blz. 4). Foto: S.Jak.

Illustraties omslag achterzijde

Linksboven
Figuur 4. Reflectiviteit van het convectieve deel van de buienlijn waargenomen met de radar te De Bilt op een elevatie van 0.5 graden op zes verschillende tijdstippen gecombineerd in één figuur (zie artikel op blz. 8).

VAN DE HOOFDREDACTEUR

Na een hete en droge zomer (wat lijkt dat al weer lang geleden) is er weer een nieuw nummer van Meteorologica. Uiteraard aandacht voor deze zomer, met een korte actuele bijdrage van Tom van der Spek. De deadline moest hiervoor wat opschuiven want op 1 september werd pas duidelijk dat deze zomer net geen record was. Het gaat ook een beetje over hoe de statistiek van gemiddelden je kan misleiden.
We beginnen echter met een verhaal van een relatieve buitenstaander: Stefan Jak van Grontmij beschrijft hoe hij gebruik maakt van een model om de effecten van milieuoverlast te berekenen. Daarna Pieter Groenemeijer (IMAU/KNMI) over een bijzonder gebruik van de radar. En Kees Floor met een verhaal over contrails, achter schepen.
Seijo Kruizinga begint in dit nummer met een serie artikelen over eenvoudige experimenten over voorspelbaarheid. Aan de hand van het artikel moet de lezer in staat zijn om zelf simpele modelberekeningen uit te voeren. We zijn benieuwd naar jullie ervaringen.

Robert Mureau

Rechtsboven
Figuur 6. Radiële windsnelheid minus een gemiddelde windvector (22 m/s uit 270 graden) op een elevatie van 2 graden boven de horizon vanuit De Bilt. Positieve waarden corresponderen met een snelheid naar de radar toe en negatieve met een snelheid van de radar af (zie artikel op blz. 8).

Linksonder
Figuur 7. Reflectiviteit (boven) en radiële windsnelheid (onder) om 1639 UTC op een elevatie van 0.5 graad vanuit De Bilt. De lijn in de figuur correspondeert met de doorsnedes in figuur 9. De rode/zwarte gebieden ten westzuidwesten van De Bilt zijn een artefact van de techniek die gebruikt wordt om de snelheden uit het ontvangen signaal te destilleren (zie artikel op blz. 8).

Rechtsonder
Figuur 9. Verticale doorsnede door data verkregen met verschillende quasi-horizontale scans met de radar vanuit De Bilt om 1639 UTC. De bovenste afbeelding toont de radiële snelheid, de middelste reflectiviteit en de onderste radiële divergentie (zie artikel op blz. 8).

In verband met de gestegen drukkosten ziet de redactie zich genoodzaakt, om na jaren van een constante prijs, een kleine prijsverhoging van het abonnement te introduceren. Met ingang van het volgende jaar zal de prijs van een abonnement met 1 Euro verhoogd worden tot 23 Euro.

Modeluitkomsten op waarde schatten

STEFAN JAK (GRONTMIJ)

In dit artikel wordt gekeken naar de meteorologische en klimatologische aspecten die een rol spelen bij het bepalen van luchtverontreiniging. Meer specifiek: bij het bepalen van de mate van mogelijke geurhinder veroorzaakt door emissie van bijvoorbeeld een grote fabriek. Duidelijk zal worden gemaakt hoe meteorologische begrippen en klimatologische data invloed kunnen hebben op het berekenen van geurcontouren met behulp van een model. Enkele kritische kanttekeningen worden geplaatst bij het omgaan met het model. Ook wordt aandacht gegeven aan de rol van visualisatie van gegevens, voor de keuzes die uiteindelijk gemaakt worden op basis van de resultaten. Hier wordt de analogie met de praktische weerkunde direct zichtbaar.

LUCHTVERONTREINIGING, GEUR EN HET NIEUW NATIONAAL MODEL

Voor het berekenen van luchtverontreiniging bestaat een scala aan modellen. Er zijn modellen die voor actuele situaties gebruikt kunnen worden, bijvoorbeeld voor het berekenen van luchtverontreiniging veroorzaakt door een grote brand. Deze stellen ons dan in staat om direct maatregelen te kunnen nemen (trajectorie-modellen). Ook zijn er modellen die verschillen in gedetailleerdheid of gebied waarin zij geldig zijn. Zo zijn er modellen die specifiek voor het berekenen van gevolgen van verkeersemissies zijn ingericht.

Grontmij doet regelmatig onderzoek naar de mogelijke luchtverontreiniging van bedrijven om te zien of zij een vergunning kunnen krijgen in het kader van de Wet milieubeheer. Om een goede inschatting te krijgen van deze luchtverontreiniging moet gebruik worden gemaakt van een lange periode waarover berekeningen zijn gedaan. Dat kan moeilijk met een voorspellend model. Er wordt daarom gebruik gemaakt van historische meteorologische data. Met een model, in combinatie met deze data, wordt vervolgens een simulatie gemaakt op basis van oude weersituaties. Als de periode maar lang genoeg is geeft dat een verantwoorde uitkomst, die vertaalbaar is naar de nabije toekomst. Dit model, dat inmiddels het "Nieuw Nationaal Model" wordt genoemd, heeft een lange geschiedenis. Eind jaren negentig is het model verder verfijnd na onderzoek en overleg tussen o.a. TNO, KNMI, RIVM en de KEMA (Erbrink, 1993). Het heeft nu twee softwareapplicaties die berekeningen conform dit model mogelijk maken: Pluim-Plus van TNO-MEP en STACKS van de KEMA. Grontmij maakt gebruik van Pluim-Plus.

Het gaat te ver om hier het hele model en zijn mogelijkheden te beschrijven. In oorsprong gaat het uit van een bi-Gaussische verspreiding van luchtverontreiniging: lucht die bijvoorbeeld uit een schoorsteen komt wordt zowel in het horizontale als in het verticale vlak verspreid. Dat is weer te geven volgens een Gauss-verdeling. Uiteraard is de berekening in het model veel verfijnder en valt er veel meer over te zeggen dan in dit artikel mogelijk is. Het komt er op neer dat een verspreidingsberekening wordt uitgevoerd die afhankelijk is van meteorologische condities (feitelijk klimatologische) en een groot aantal situatieafhankelijke parameters (TNO-MEP, 1998). Van belang hierbij is bijvoorbeeld de stabiliteit van de atmosfeer, die mede wordt bepaald door de hieronder geschetste meteorologische parameters.

Als input voor de meteorologische data wordt gebruik gemaakt van de gevalideerde set van de KNMI-stations Schiphol en Eindhoven. Gerekend wordt met de volgende uurwaarden:

- Temperatuur
- Windrichting
- Windsnelheid
- Neerslagintensiteit
- Globale straling
- Bewolkingsgraad

Afhankelijk van de plaats in het land waarvoor berekeningen worden uitgevoerd, moet voor de set van Schiphol of Eindhoven gekozen worden. Er is hiertoe een indeling gemaakt die ons land in twee gebieden verdeelt (TNO-MEP, 2002).

De methode die dan voor vergunningverlening veelal wordt toegepast, is dat de luchtverontreiniging over een periode van vijf jaar *voor alle uren* wordt berekend.

KADER 1: GEUR

Geur is moeilijk in concentraties uit te drukken. Het is immers niet een stof met vaste kenmerken.

De geurhoeveelheid wordt daarom aangegeven in *geureenheden (ge/m^3)*. Eén geureenheid is in principe die concentratie van een stof in één m^3 lucht, waarbij de helft van de waarnemers de stof ruikt. Dat kan bijvoorbeeld in een laboratorium worden vastgesteld. We moeten hier wel bij bedenken dat geur zoals hier gedefinieerd een niet-lineaire grootheid is. Er is geen wet van behoud van geur.

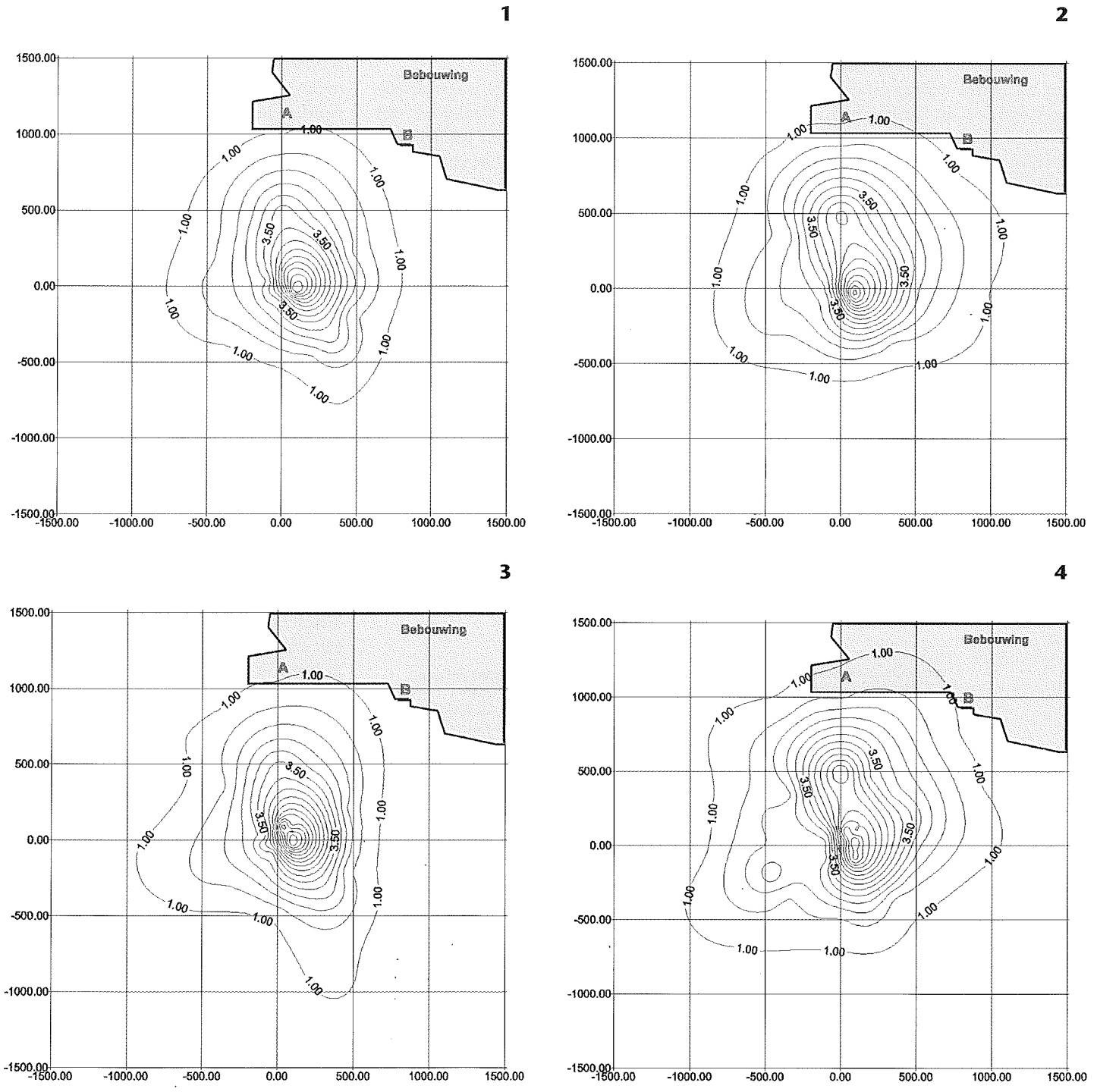
Het zegt ook niets over de mogelijke *geurhinder*. Ook de kwaliteit van de geur is belangrijk. De lucht van een bakkerij kan nu eenmaal aangenamer zijn dan een onbestemde chemische lucht van een olieraffinaderij. Maar die indruk verschilt ook per persoon. Hiervoor is de *hedonische* schaal ontwikkeld, die de mate van aangenaamheid van een geur aangeeft. Hier wordt verder niet op ingegaan in dit artikel.

Voor de weergave van geureenheden wordt in de regel gebruik gemaakt van zogenaamde percentielwaarden. In een gebied wordt aangegeven hoelang een bepaalde hoeveelheid geur niet wordt overschreden. Bij vergunningverlening wordt dan vaak gerefereerd aan de 98-percentielwaarde; in 98 procent van de tijd blijft de geurhoeveelheid *beneden* die waarde.

Dat vindt plaats voor een gebied waar de verontreiniging mogelijk kan plaatsvinden. Dat houdt in dat voor het maken van een enigszins verantwoorde contourenkaart, afhankelijk van het type bedrijf, er al snel voor circa 64 gefingeerde receptorpunten (mogelijke waarnemers) in het gebied moet worden gerekend. Dat kost uiteraard wat rekenkracht. Op een standaard pc van tegenwoordig kan dat ongeveer 3 uur in beslag nemen. Dat kan voor het verkrijgen van een snelle indruk ook flink verkort worden door gebruik te maken van een Monte-Carlo benadering.
Als situatieafhankelijke parameters gelden dan de gegevens van de locatie en het bedrijf, zoals de terreinruwheid, hoogte van receptoren, hoogte en diameter van schoorstenen, oppervlakte- en andere diffuse bronnen, debiet en afgassnelheid, warmte-inhoud en gebouwkenmerken. Via het model kan voor heel veel stoffen een berekening worden uitgevoerd. De stoffen die niet standaard in het model zitten kunnen nog nader worden gedefinieerd. De berekening kan dan de *concentraties* van die stof in het gebied zichtbaar maken.
In dit artikel wordt een voorbeeld uitgewerkt voor een berekening van geur. Dat is een wat aparte berekening, want 'geur' is niet zondermeer te vergelijken met een willekeurige stof (zie kader 1).

Voorbeeld

In het voorbeeld worden de resultaten van de geurberekeningen voor een fictief bedrijf geschetst.
Het voorbeeld wordt uitgewerkt met beide datasets, van zowel Schiphol als Eindhoven voor de periode 1995-1999. Ook wordt een situatie geschetst waarbij niet van een vijfjarige periode wordt uitgegaan, maar van slechts één jaar (1997).



Figuren 1-4: Berekening geurcontour met dataset van Schiphol (links) en Eindhoven (rechts), periode 1995-1999 (boven) en alleen het jaar 1997 (onder). Het fictieve bedrijf ligt rondom het middelpunt van de figuur. De afstanden zijn in meters.

In dit geval betekent het dat als voor de dataset van Schiphol gekozen wordt, de berekende verspreiding van geur minder ver reikt dan wanneer voor de dataset van Eindhoven gekozen wordt (zie figuren 1-4).
Een nadere beschouwing van de gebruikte klimatologische dataset leert dat bij Schiphol meer neutrale en minder convectieve weercondities voorkomen. Dit kan minder verspreiding van luchtverontreiniging betekenen. Daarentegen komen in Eindhoven weer meer stabiele weerscondities voor en is de windsnelheid lager, hetgeen de verdere verspreiding in de regel daar weer beperkt. De windrichting bij beide stations verschilt zo op het eerste gezicht niet heel erg veel, behalve dat de zuidwestenwinden bij Eindhoven wat vaker voorkomen dan bij Schiphol, waar weer wat vaker noordwestenwinden aanwezig zijn (zie de figuren 5-7). Een eenduidige oorzaak van het verschil in verspreiding is - alles overziend - niet zondermeer te geven. Dit hangt toch sterk af van de onderlinge samenhang van alle meteorologische parameters, die in het model nauwkeurig en per geval worden doorgerekend.
De vraag welk station moet worden gekozen is wel een belangrijke. Het lijkt een wat academische vraagstelling, maar er zijn zeker situaties denkbaar dat de keuze voor één van beide niet zo makkelijk is. Bijvoorbeeld als deze locatie nét op de scheidslijn ligt van meteostations waarvoor gekozen moet worden. En dan nog is het een discussie waard of met slechts twee meteosets volstaan kan worden. Om de uitkomst nog beter aan te laten sluiten op de werkelijke situatie zou het beter zijn de volledige meteodata van meer locaties in het land ter beschikking te hebben dan van de huidige twee, .

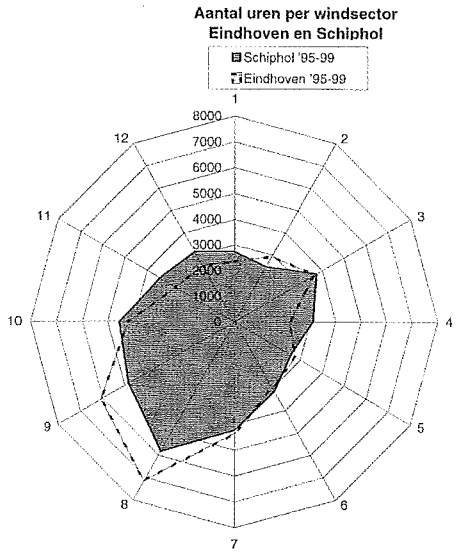
KADER 2: TOELICHTING BIJ LUCHTVERONTREINIGINGSBEREKENINGEN
We zien hier de analogie met de meteorologie en de presentatie van de weerkaart. Er kan tegenwoordig een schat aan weerkundige informatie berekend en gepresenteerd worden: zeer gedetailleerd, in de bontste kleuren, met bewegende beelden etc. Maar is het grote detailniveau en de ogenschijnlijke nauwkeurigheid niet misleidend als men (de man in de straat) dit heel letterlijk neemt?De nuance van de weerman die uitleg geeft bij al deze informatie kan immers al snel vergeten worden. De vraag vanuit de gebruiker moet dus leidend zijn. Dat is niet altijd makkelijk want je moet uiteraard wel weten wie de gebruiker is. En dat kunnen ook meerdere personen zijn, met verschillende wensen.

WAARDE VAN DE BEREKENINGEN EN PRESENTATIE, OMGAAN MET MODEL-UITKOMSTEN

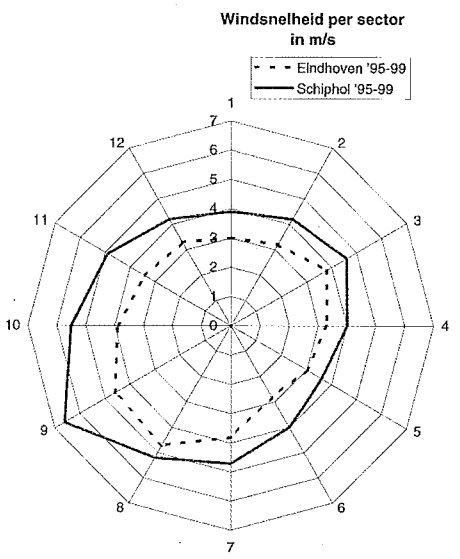
Het Nieuw Nationale Model is een geweldig instrument voor het berekenen van luchtverontreiniging. Het is echter van groot belang dat men leert hoe een situatie feitelijk berekend moet worden en hoe de uitkomsten geïnterpreteerd moeten worden. Er is immers sprake van een 'model' berekening (en uitkomst): een versimpelde weergave van de werkelijkheid, waar nog varianten op kunnen worden gemaakt, en waarbij de keuze voor bepaalde uitgangspunten *heel* essentieel is.
Kiezen we bijvoorbeeld voor een berekening op basis van één jaar in plaats van vijf, dan wordt goed zichtbaar dat de uitkomsten voor de vijfjarige periode een 'algemeen gemiddelde' geven (zie figuur 3 en 4) en dat van jaar tot jaar duidelijke afwijkingen mogelijk zijn. De resultaten tonen zeker geen 'harde' waarde, die direct met meetapparatuur getoetst kan worden of die geheel overeenstemt met 'de beleving' van bijvoorbeeld omwonenden. Het meten van geur kan overigens nog een onzekere factor zijn. Er is gebleken dat geurmetingen en -analyses resultaten kunnen opleveren die in identieke situaties een factor 2 tot 5 kunnen verschillen. Dit is dan afhankelijk van wie de meting uitvoert of welke uitgangspunten worden gekozen. Dit ondanks het feit dat de metingen zijn gestandaardiseerd (Kok, 2002).

BETROUWBAARHEID EN REPRESENTATIVITEIT

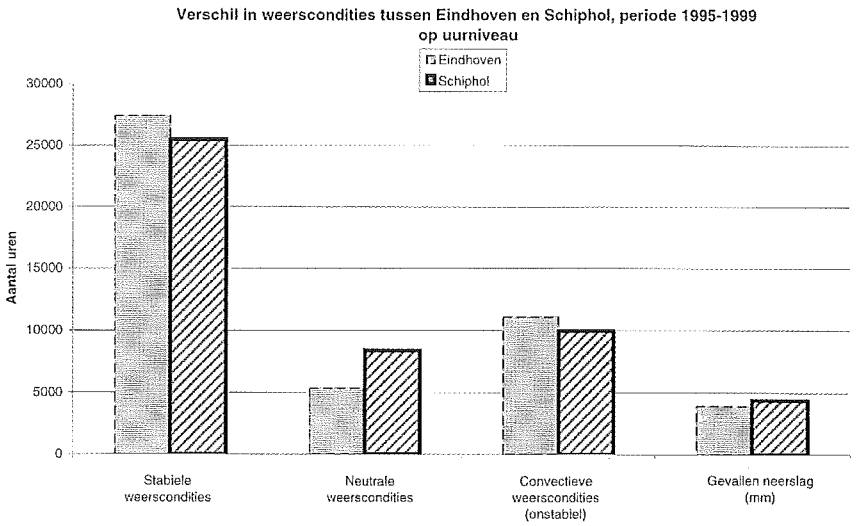
Dat brengt ons op het aspect van het gebruik van de uitkomsten en hoe die gepresenteerd worden. Kaarten als in figuren 1-4 suggereren een zekere nauwkeurigheid. Het model met zijn gedetailleerde presentatie wordt dan mogelijk beschouwd als de enige echte waarheid.
De ervaring is dat iemand die de methode (en waarde) van de berekeningen, of de variatie die kan optreden door het kiezen van andere uitgangspunten, niet exact kent zo op het verkeerde been wordt gezet. Deze persoon zal enerzijds snel kunnen oordelen dat er een serieus probleem is als hij of zij een contour net over een huizenblok ziet lopen (zie de grote A in figuur 8). En anderzijds achterover leunen als deze contour hiervandaan blijft (zie de grote B in figuur 8).
De werkelijkheid is wat genuanceerder. Beide situaties (de grensgebieden dus) verdienen een zekere aandacht van degene die de modellen gebruikt voor beslissingen of keuzes, zowel van de overheid als van het bedrijf.
Het tonen van gesloten lijnen impliceert een zekere harde grens waarbinnen duidelijke verschillen aanwezig zijn. De eerder geschetste voorbeelden tonen identieke situaties waarbij een 'overkill' aan informatie wordt getoond (figuur1-4), waarover veel onnodige discussie zal kunnen ontstaan.
Het beeld in figuur 8 laat alleen zien welke grens voor de vergunning feitelijk relevant kan zijn (de 1 ge/m^3 contour voor de 98-



Figuur 5. Windroos (combifiguur) van Schiphol en Eindhoven 1995-1999.



Figuur 6. Windsterkte (combifiguur) van Schiphol en Eindhoven 1995-1999.



Figuur 7. Overzicht weercondities (combifiguur) van Schiphol en Eindhoven 1995-1999.

percentielwaarde), waarbij een zekere marge door een onderbroken streep wordt gevisualiseerd. Het mag duidelijk zijn dat ook de keuze van kleuren (bijvoorbeeld "rood" = alarmerend!) een rol kan spelen, alsmede een heldere uitleg van uitgangspunten, en wat dit dan betekent voor bijvoorbeeld bewoners van het gebied of het bedrijf.

Geconcludeerd kan worden dat de keuze voor bepaalde meteodata en uitgangspunten voor de omgeving van grote invloed kan zijn voor de geurcontour, mogelijk zelfs groter dan sommige aanpassingen aan de oorspronkelijke bron (de fabriek). Dit zijn aanpassingen waar soms heel lang bij wordt stilgestaan of waarover wordt gediscussieerd: over het al dan niet toepassen van bepaalde technieken voor filtering van de lucht, andere schoorstenen, andere productie enz. (Grontmij, 2002, 2003)

Adviseur heeft een grote verantwoordelijkheid

Uit het bovenstaande moge duidelijk zijn dat een adviseur die de berekeningen met het model uitvoert en die presenteert, zorgvuldig aan moet geven welke invoerwaarden zijn gebruikt en welke uitgangspunten worden gehanteerd. De adviseur moet heel goed naar de doelgroep luisteren en precies aangeven wat deze graag wil weten, en niet meer. Het uitgangspunt van de berekeningen moet daarbij altijd zijn: het zo goed mogelijk benaderen van de werkelijke situatie.

Het vereist ook deskundigheid van de kant van de overheid om deze uitkomsten in het kader van de vergunningverlening te kunnen lezen en de uitkomsten op hun waarde te kunnen schatten.

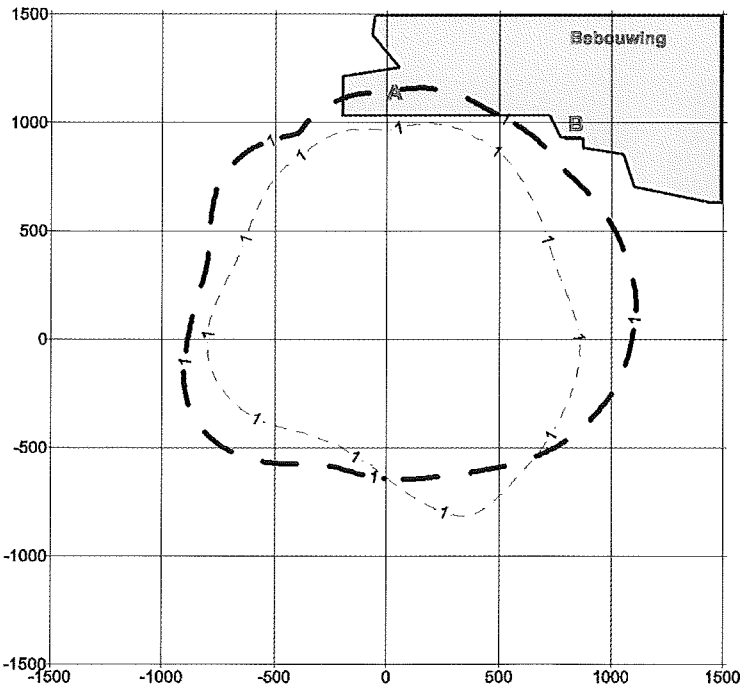
Nieuwe methodieken en modellen die een nog betere verfijning opleveren zijn vanzelfsprekend welkom, maar we moeten hetgeen zij kunnen presenteren wellicht niet al te ingewikkeld maken. We moeten ons bij de berekende resultaten blijvend realiseren dat we praten over modeluitkomsten.

De aandacht en energie voor het presenteren en interpreteren van de uitkomsten en het oplossen van het werkelijke milieuprobleem kan anders onbedoeld naar de achtergrond worden verdreven.

Ing. Stefan Jak is werkzaam als senior adviseur milieumanagement, met als specialisatie luchtkwaliteit, voor Grontmij Water & Reststoffen in De Bilt.

Grontmij

Voor meer informatie of reacties op dit artikel: stefan.jak@grontmij.nl



Figuur 8. Geurcontour met dataset van Eindhoven en Schiphol over periode 1995-1999, beperkt tot de essentiële relevante informatie, afkomstig uit het model. De dikke lijn toont hierbij de contour op basis van meteodata van Eindhoven. De dunne lijn is gebaseerd op de meteoset van Schiphol. Afstanden op de x- en y-as zijn in meters.

Bronnen en relevante literatuur:

Erbrink, H., 1993. Meteorologie voor het milieu, Meteorologica, blz 19, juni 1993.
Grontmij, 2002, 2003, diverse geurrapportages voor cliënten van Grontmij, 2002 en 2003
Kok, H., 2002, Hoe nauwkeurig is geuronderzoek eigenlijk? ArenA, jaargang 8, oktober 2002 p. 90 en verder.
Infomil, Toelichting Modellen Luchtkwaliteit, maart 2002
TNO-MEP, 2002, Handboek Pluim-Plus
TNO-MEP, 1998, Nieuw Nationaal Model, verslag van het onderzoek van de projectgroep Revisie Nationaal Model.

De structuur van een buienlijn blootgelegd

PIETER GROENEMEIJER (IMAU)

Dit artikel gaat over de mogelijkheden die de Doppler-radar van het KNMI in De Bilt biedt bij het waarnemen en bestuderen van buien boven Nederland. We bekijken een felle buienlijn die optrad op 28 januari 2003. Dit systeem ging in het westelijk kustgebied lokaal gepaard met zeer zware windstoten en veroorzaakte onweer boven de zuidwestelijke helft van Nederland. De Doppler-radar laat zowel het stromingspatroon op de schaal van de buienlijn zien alsmede een aantal kleinschaliger structuren.

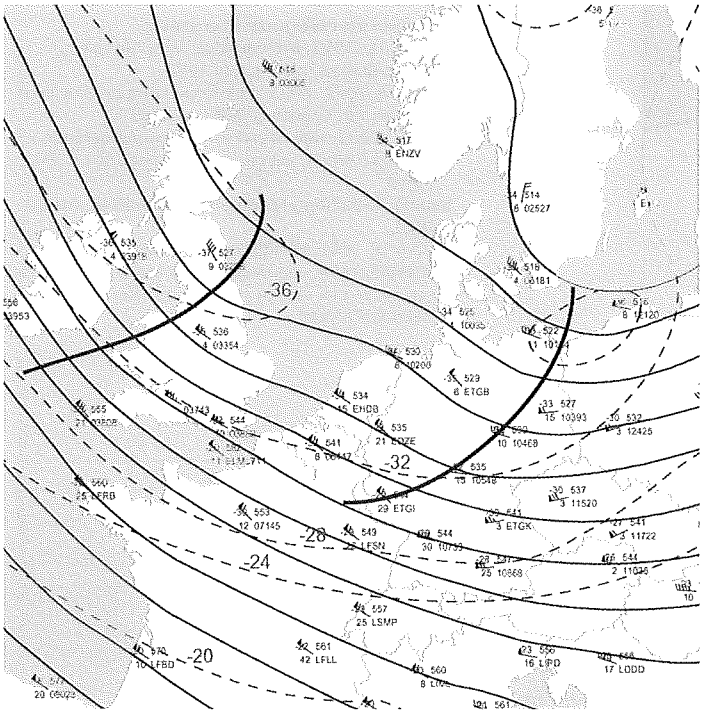
DE SYNOPTISCHE ACHTERGROND

De buienlijn ontstond in een polaire luchtmassa nabij een trog in de bovenlucht. Die bevond zich om 12 UTC boven de Britse Eilanden en was ingebed in een sterke west-tot noordwestelijke stroming (zie figuur 1). Een gebied met hoge windsnelheden kan worden herkend boven Ierland en Zuid-Engeland, waar de windsnelheid rond 40 m/s was. Op hoogte was er voor de trog uit en in samenhang met de linkerzijde van de uitgangszone van deze "jet streak" aanvoer van vorticiteit. Dat leidde tot een zone met stijgbewegingen, die in de loop van de middag over de zuidelijke Noordzee trok. Ook aan het aardoppervlak was een strakke west-tot noordwestelijke stroming aanwezig.

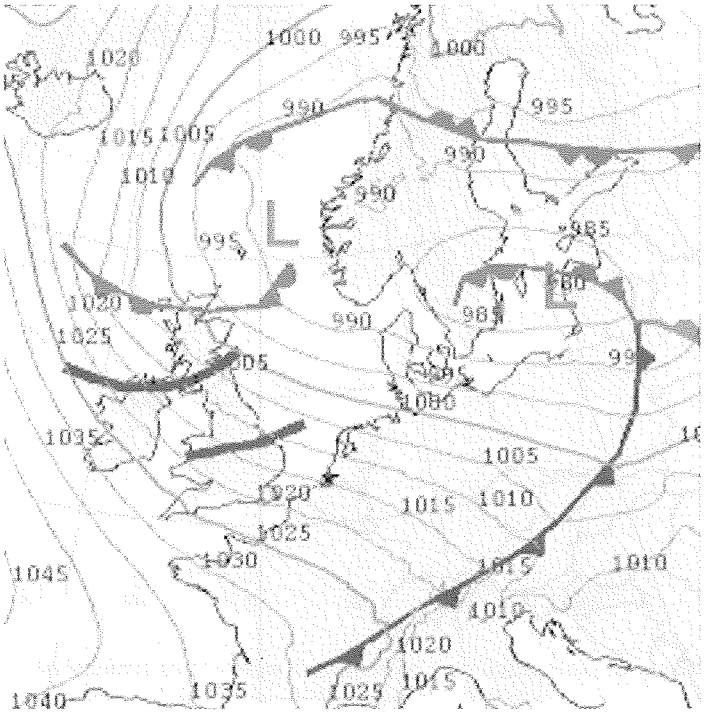
De gegevens van de radiosonde-oplating van De Bilt van 12 UTC zo'n vier uur voordat de lijn De Bilt passeerden zijn waarschijnlijk vrij representatief voor de luchtmassa waarin de buienlijn zich ontwikkelde. Het diagram laat een goed doorgemengde grenslaag zien. Daarboven is de lucht iets droger en boven 550 hPa zelfs veel droger. Er was nauwelijks sprake van latente onstabiliteit: de convectief beschikbare potentiële energie (CAPE) was 40 J/kg. Dat lijkt erg weinig voor zo'n actieve buienlijn. Mogelijk heeft de aanwezigheid van potentiële onstabiliteit in combinatie met de genoemde stijgbewegingen vlak voor de trog een verdere destabilisatie van het profiel tot gevolg gehad, zodat de lijn van een hogere CAPE kon profiteren. De windvaantjes rechts in figuur 3 laten zien dat vooral dichtbij de grond sprake was van een grote windschering: er was 15 m/s verschil in windsterkte tussen het 850 hPa niveau en het aardoppervlak. Dit feit heeft waarschijnlijk een belangrijke rol gespeeld bij de organisatie van het systeem.

REFLECTIVITEIT

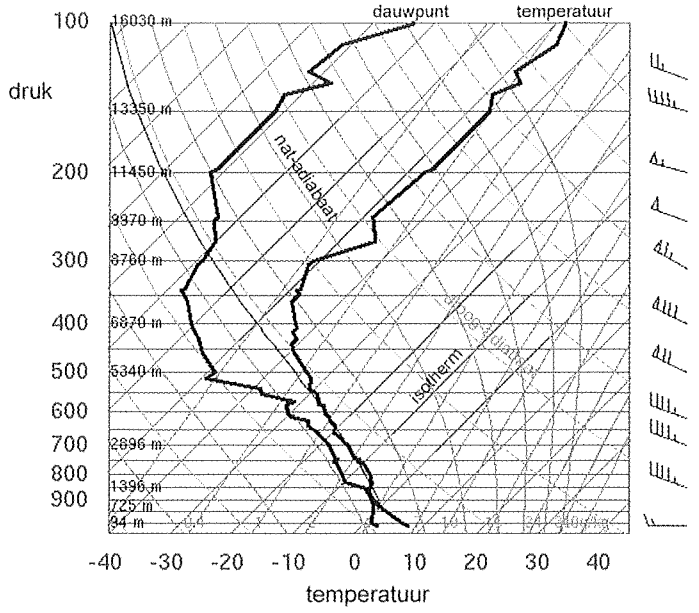
Om 1409 UTC komt de zich vormende buienlijn binnen het bereik van de radar in De Bilt (150 km), wanneer die is ingesteld op de Doppler-modus, die hier werd gebruikt. Figuur 4 (zie achterkant) toont een samengesteld beeld van de reflectiviteit die werd gemeten tijdens een zestal elkaar opvolgende scans op 0.5 graden boven de horizon. De scans in de Doppler-modus werden een keer per kwartier uitgevoerd. Steeds scant de radar dan op 10 verschillende hoeken boven de horizon (elevaties) 360 graden in het rond. De breedte van de radarbundel is ongeveer een graad, wat de -van de afstand afhankelijke- minimale azimuthale resolutie bepaalt. Één graad houdt in dat op ongeveer 60 kilometer van de radar de minimale azimuthale resolutie nog een kilometer is en op het maximale bereik die voor Doppler wordt gebruikt, 150 km, dus nog 2.5 km. De radiële resolutie is steeds 500 m.



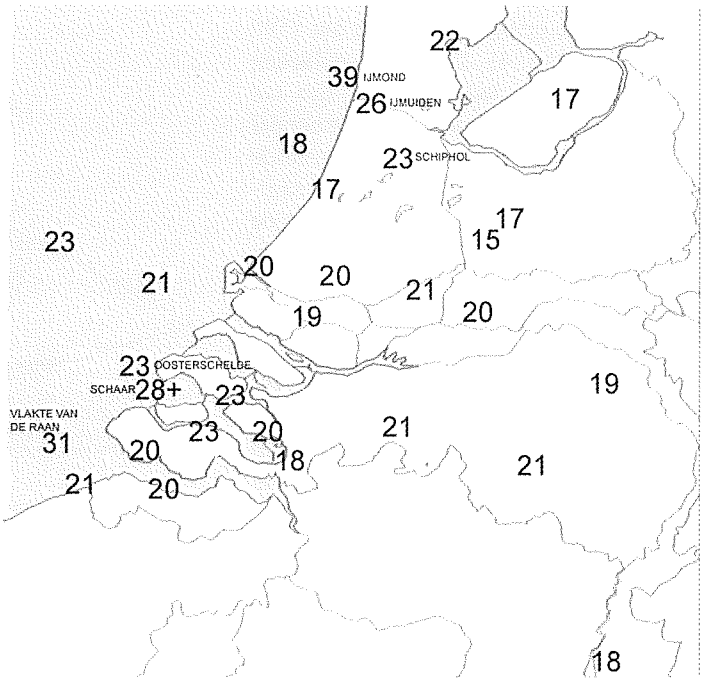
Figuur 1. Analyse 500 hPa op 28 januari 2003 om 12 UTC.



Figuur 2. Synoptische analyse op 28 januari 2003 om 12 UTC. Bron: KNMI.



Figuur 3. Radiosonde-oplating om 12 UTC op 28 januari 2003 te De Bilt.



Figuur 5. Maximale windstoot (3 s gemiddelde windsnelheid) tijdens de passage van de buienlijn (m/s).

De radarstraling wordt verstrooid door objecten in de lucht. Een gedeelte van deze straling keert terug en wordt door de radar weer gedetecteerd. De mate waarin dit gebeurt wordt aangegeven met de grootheid reflectiviteit (Z). De reflectiviteit van een volume lucht met daarin bolvormige objecten, zoals regendruppels, wordt gegeven door:

$$Z \propto \frac{1}{V}\sum_i d_i^6$$

Hierin is V het volume en d de diameter van de regendruppels. De reflectiviteit kan doorgaans bij benadering worden vertaald in een neerslagintensiteit. Echter in deze winterse situatie hebben we zelfs op deze lage scanhoogte naast regendruppels ook met sneeuw en korrelsneeuw te maken, wat het nog wat lastiger maakt de reflectiviteiten naar neerslagintensiteiten te vertalen. In de getoonde figuren is de reflectiviteit steeds uitgedrukt in dBZ, ofwel decibel van reflectiviteit, een logaritmische schaal.

In figuur 4 (zie achterzijde) is een aantal opvallende kleinschalige structuren te zien. De structuren, aangegeven met de letters A en B, vallen op doordat ze zich eerst manifesteren als gebiedjes met hoge reflectiviteit, maar geleidelijk transformeren in boogvormige elementen in de buienlijn. Ook boven Zeeland ontstaan dergelijke structuren, die in feite kleine boogecho's zijn (zie Groenland 2001, Weisman en Davis, 1998). Die komen voor in samenhang met een lokaal versterkte daalstroming vanuit middelbare hoogte vanachter de buienlijn naar voren. Zo'n stroming wordt een "rear inflow jet" (RIJ) genoemd en gaat, wanneer zij de grond bereikt nabij de voorste convectieve lijn, vaak gepaard met zware windstoten. Numerieke simulaties van Weisman en Davis laten zien dat zulke kleinschalige boogvormige structuren zich vooral vormen wanneer de windschering groot is, wat hier inderdaad het geval was. Wel moet erbij opgemerkt worden dat een belangrijk verschil bestaat tussen die simulaties en de situatie die we hier bekijken: de simulaties gingen uit van een veel grotere latente onstabiliteit (CAPE). In dit geval ging de passage van de buienlijn met name langs de Zeeuwse kust op uitgebreide schaal gepaard met zware windstoten: daar waar zich op dat moment de boogstructuren ontwikkelden (zie figuur 5). Verder naar het noorden werd bij structuur A ook flink wat wind waargenomen. Een windstoot zou volgens de metingen een snelheid van 39 m/s (!) hebben bereikt op de meetpost IJmond, terwijl de wind in IJmuiden en op Schiphol ook vrij fors uitschoot.

Doppler-snelheid

Naast reflectiviteit kan met de radar ook de radiële snelheidscomponent worden gemeten van de deeltjes die het signaal verstrooien. Radieel betekent in dit verband de snelheid in de richting van de radar. Uiteraard wordt feitelijk steeds de gemiddelde snelheid gemeten van een groot aantal deeltjes tegelijk, een deeltjesensemble. De ruimtelijke resolutie van de Doppler-snelheidsgegevens is dezelfde als die van de reflectiviteitsgegevens. Het meten van de snelheid gebeurt door de fase van het uitgezonden en gedetecteerde signaal met elkaar te vergelijken. Verandert de fase van het teruggekeerde signaal tussen twee pulsen, die in dezelfde richting uitgezonden werden, dan verandert blijkbaar de afstand tot het deeltjesensemble. Door dat afstandsverschil te delen door de tijd tussen twee radarpulsen, kan de radiële snelheid worden bepaald. Op lage elevaties komt de radiële snelheid van de deeltjes ongeveer overeen met de horizontale radiële windsnelheid.

Figuur 6 (zie achterzijde) toont een beeld van de radiële wind verkregen om 1509 UTC met de scan met een elevatie van een halve graad. Een gemiddelde windsnelheidsvector van 22 m/s uit 270 graden is van de snelheden afgetrokken. In de figuur zijn op een aantal plaatsen pijltjes en commentaar toegevoegd om de (vrij lastige) interpretatie van de figuur te vergemakkelijken. Kennis van de radiële component van de windsnelheid geeft maar beperkte informatie over de stroming. Immers, alleen in combinatie met de tangentiële component kun je met zekerheid zeggen of er sprake is van bijvoorbeeld convergentie of divergentie.

In figuur 6 zien we een tamelijk chaotisch windpatroon. Allerlei zones van radiële convergentie en divergentie en cyclonale danwel anticyclonale radiële windschering doen zich voor in de nabijheid van de

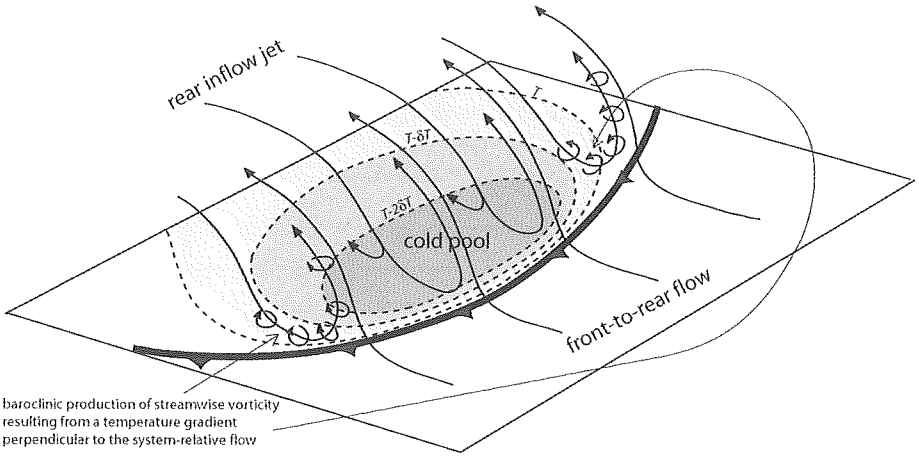
buienlijn (zie positie van de lijn om 1509 UTC in figuur 4). De hoge snelheden nabij de locatie van de radar zijn het gevolg van het feit dat de radarbundel zich daar op lage hoogte bevindt, waar de windsnelheid door wrijving met het aardoppervlak kleiner is. Het verschil met de gemiddelde wind is daar dan juist het grootst.

Om 1639 UTC heeft het systeem een veel duidelijker grootschalige structuur gekregen (zie figuur 7, op de achterzijde). In het reflectiviteitsbeeld zien we een lijn van vrij intense neerslagecho's en daarachter een zone van minder sterke neerslag: een bekend beeld bij buienlijnen. Minder karakteristiek is dat hier ook voor de lijn met intense echo's, die met sterke convectieve stijgbewegingen verband houden, ook een smalle zone met zwakke reflectiviteit voorkomt. Mogelijk dat de zeer sterke wind op hoogte neerslagdeeltjes vanuit de convectieve lijn naar voren blaast.

De gemeten radiële snelheden in deze scan op een elevatie van 0.5 graad geven de indruk dat zich binnen het systeem een wervel heeft ontwikkeld, die zich op dat moment boven Noord Brabant bevindt. Ook in het reflectiviteitsbeeld is de suggestie van een wervel terug te zien. Vaak ontstaan dergelijke wervels aan de uitersten van een buienlijn (zie o.m. Weisman en Davis, 1998). Ze worden "book-end vortices" genoemd. Volgens Weisman en Davis hangt de vorming daarvan samen met het kantelen van de barokliene vorticiteit die wordt gevormd in de "cold pool" achter de voorste lijn met convectie (zie bijschrift figuur 8). De vortex die we hier zien bevond zich niet aan een uiterste van de buienlijn, maar kan wellicht wel worden opgevat als een "book-end vortex" aan de noordoostelijke kant van het meest actieve deel van de lijn, waar de "cold pool" waarschijnlijk het sterkst ontwikkeld was. Overigens werd er geen zwaar weer gemeld in verband met deze wervel.

Verticale doorsnede

Meer inzicht in de stroming rond het systeem kan worden verkregen door verticale doorsnedes door de data te maken, waarbij data van verschillende elevaties wordt gecombineerd en tussen de elevaties wordt geïnterpoleerd. In figuur 9 (zie achterzijde) is een doorsnede getoond vanuit De Bilt naar het zuidoosten (150 graden) om 1639 UTC. De drie afbeeldingen tonen respectievelijk de radiële snelheid, de reflectiviteit en de divergentie van de radiële wind.



Figuur 8. Schets van het stromingspatroon in de nabijheid van een zich ontwikkelende buienlijn. De lijnen met pijlen duiden stroomlijnen aan in een referentiestelsel dat met het systeem meebeweegt. De theorie van Weisman en Davis (1998) voor het ontstaan van de book-end vortices is als volgt: in de "cold pool" is sprake van horizontale gradiënten in buoyancy (temperatuur). De lucht in het centrum van de "cold pool" heeft immers een lagere buoyancy en temperatuur dan de lucht aan de randen ervan. Er ontstaat horizontale vorticiteit door de barokliene effecten: de koudere lucht (lage buoyancy) heeft de neiging te dalen ten opzichte van de warmere lucht (hogere buoyancy). Aan de uiteinden van de buienlijn (linksonder en rechtsboven in de figuur) ontstaat in de cold pool horizontale vorticiteit om een as die evenwijdig is met de relatieve stroming ter plaatse. Die vorticiteit wordt door de stroming naar de voorste convectieve lijn geadvecteerd waar die wordt gekanteld in de verticaal. Na verloop van tijd ontstaan hierdoor de "book-end vortices" aan de uiteinden van de buienlijn. Overigens moet het hier beschreven proces niet worden verward met het proces dat zorgt voor het ontstaan van verticale vorticiteit in splitsende buiencellen (supercellen).

De afbeelding van de reflectiviteit laat duidelijk de convectieve lijn zien met toppen tot "slechts" 5 kilometer. Dat is uiteraard een gevolg van de polaire oorsprong van de luchtmassa. Zoals opgemerkt bevindt de lijn zich in dit geval niet aan de voorzijde van het systeem, want daarvoor bevindt zich ook een zone met wat minder intense echo's. Het opvallende aan deze zone is dat de reflectiviteit vlak boven het aardoppervlak flink hoger is dan juist daarboven. Dit laat zich verklaren met het concept van een "bright band". Dit is een quasi-horizontale zone nabij het nattebolnulgraden niveau. De hogere reflectiviteit in deze zone wordt veroorzaakt doordat smeltende sneeuw een grotere reflectiviteit heeft dan de regendruppels die onder dat niveau domineren en de sneeuwvlokken die daarboven domineren.

Het patroon van de radiële wind is vrij karakteristiek voor een buienlijn. In feite zijn daarin de twee hoofdstromingen te herkennen: de zogenaamde "front-to-rear flow" (FTR) en de "rear inflow jet" (RIJ). De "front-to-rear flow" begint waar de luchtmassa met een hoge equivalente potentiële temperatuur aan de voorzijde van de lijn wordt opgetild, zodat de latente instabiliteit kan vrijkomen. Hier bevindt zich een lijn van diepe cumulonimbi. Daarachter blijft de stroming nog schuin doorstijgen. De neerslag die uit de stijgende stroming valt zorgt voor verdamping, die de luchtlaag eronder afkoelt. Zo vormt zich de zogenaamde "cold pool".

De andere belangrijke stroming is de "rear-inflow jet" (RIJ). De RIJ vindt zijn oorsprong op middelbaar niveau achter de buienlijn, waait naar voren en daalt daarbij langzaam. De oorsprong van de RIJ hangt samen met het verschil in buoyancy tussen de "cold pool" en de FTR. Voor een beschrijving van het ontstaansmechanisme wordt verwezen naar Wakimoto (2001). Nabij de voorste lijn van convectie vindt soms een abrupte daling plaats van de RIJ, die zich aan de grond kan manifesteren met zware windstoten. Dit was mogelijk in Zeeland het geval.

De onderste afbeelding in figuur 9 (zie achterzijde) laat de divergentie van de radiële wind zien. Deze grootheid is interessant, omdat het de mogelijkheid biedt iets te zeggen over verticale snelheden. Wanneer een verticale doorsnede wordt gemaakt loodrecht op de buienlijn, mag je verwachten dat een groot deel van de divergentie als radiële divergentie in het vlak van de scan zichtbaar is. Een sterke stijgstroom manifesteert zich in de scan als een zone

van radiële divergentie op enige hoogte boven een zone van radiële convergentie. Het omgekeerde patroon hangt samen met een sterke daalstroom. In de Verenigde Staten wordt bij buienlijnen vaak gekeken naar de aanwezigheid van radiële convergentie op middelbaar niveau (MARC, mid-altitude radiële convergence). Wanneer sterke MARC wordt waargenomen bij een buienlijn, mag je sterke dalende bewegingen verwachten. In de VS vormt de detectie van sterke MARC bij een buienlijn vaak aanleiding om te waarschuwen voor zware windstoten. In het geval van onze doorsnede is vooral de updraft erg duidelijk terug te zien als een gebied met divergente boven convergentie. Van een sterke downdraft was blijkbaar op dat moment in het vlak van de doorsnede geen sprake.

Conclusies

Op 28 januari 2003 kwam een felle buienlijn voor, die in veel opzichten aan het in de literatuur beschreven model van een buienlijn voldeed. Echter, deze buienlijn deed zich voor bij zeer weinig latente onstabiliteit (lage CAPE) en was erg ondiep, wat te maken had met de polaire luchtsoort waarin de bui was ingebed. Het systeem vertoonde aanvankelijk kenmerken van een "line-echo wave pattern" (LEWP). In de omgeving van de boogvormige segmenten deden zich zware windstoten voor. Dit kan iets zijn om op te letten in de operationele praktijk. Het geval dat hier werd besproken is een illustratie van het feit dat onweer met zware windstoten niet alleen is voorbehouden aan het zomerhalfjaar.

De Doppler-radar biedt mogelijkheden om de dynamica van een buienlijn te onderzoeken. De gegevens van radiële snelheid bieden inzicht in de stromingen rond een buienlijn en kunnen -eventueel door het ontwikkelen van producten die op de ruwe data gebaseerd zijn- gebruikt worden bij het waarschuwen voor zware windstoten veroorzaakt door buienlijnen. Iwan Holleman, die zich op het KNMI onder meer met de Doppler-radar bezighoudt, zal de komende tijd werken aan de ontwikkeling van waarschuwingsproducten gebaseerd op de radargegevens.

Literatuur

Groenemeijer, P. H., 2003: Analysis of Three Events of Severe Deep Moist Convection in The Netherlands, KNMI rapport (verschijnt spoedig).

Groenland, R., 2001: De Boog-echo van 7 juni 1997, Meteorologica 10, nr. 4, 18-22.

Wakimoto, R.M., 2001: Convectively Driven High Wind Events, in Severe Convective Storms, Doswell, C. A. III (ed.), Monograph of the Amer. Met. Soc., vol. 28, #50.

Weisman, M. L. and C. A. Davis, 1998: Mechanisms for the Generation of Mesoscale Vortices within Quasi-Linear Convective Systems, J. Atm. Sci., 55, 2603-2623.

Wolkensporen van schepen en vliegtuigen

Kees Floor (KNMI)

Schepen kunnen, net als vliegtuigen, een langgerekt wolkenspoor achterlaten. Toch zijn er talrijke verschillen tussen scheepswolken en contrails.

Locaties en hoogte

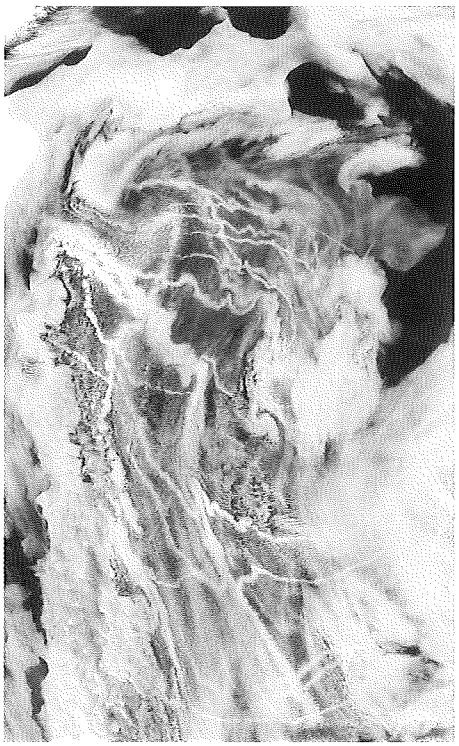
De wolkensporen doen zich voor in de gebieden waar het vliegverkeer of de scheepvaart plaats vindt. Voor vliegtuigen is dat overal ter wereld. Wel dienen de omstandigheden ter plaatse geschikt zijn voor de vorming van contrails. Er is een luchttemperatuur vereist van min 40 °C of lager. Bovendien moet de lucht wél verzadigd zijn ten opzichte van ijs, maar niet ten opzichte van vloeibaar water, want dan ontstaat er al bewolking zonder de doorkomst van vliegtuigen. Op de hoogte van 8 tot 12 km waar het internationale luchtverkeer plaatsvindt, is naar schatting in 10 tot 20 % van de tijd voldaan aan de voorwaarden voor de vorming van vliegtuigwolken (Minnis, 2003).

Scheepswolken komen uitsluitend voor boven de oceanen en - in incidentele gevallen - boven zeeën. Het gebied waar ze optreden staat steeds onder invloed van een hogedrukgebied. De wolkensporen van schepen drijven aan de bovenzijde van de zogeheten maritieme grenslaag, zeg op 1 à 2 km hoogte; dat is dus aanzienlijk lager dan de 'flightlevels' waar de vliegtuigwolken zich vormen.

De verschillen in hoogte boven het aardoppervlak, en daardoor in temperatuur, werken ook door in de fase van het water in de wolk. Vliegtuigsporen bevatten hoofdzakelijk ijs, scheepswolken bestaan uit vloeibaar water.

Wolkensporen op satellietbeelden

De wolkensporen van schepen (figuur 1) en van vliegtuigen (figuur 2) manifesteren zich op satellietbeelden meestal als dunne, rechte lijnen. Scheepswolken vertonen soms enige kromming, samenhangend met wijzigingen in de koers van het schip of veranderingen in het windveld waar het schip doorheen vaart. Op de hogeresolutiebeelden van scheepswolken, zoals bijvoorbeeld de MODIS-instrumenten op de Amerikaanse satellieten Terra en Aqua die leveren, zijn de lijnen dikker. Die beelden laten bovendien zien dat het bepaald geen strakgetrokken lijnen zijn; de sporen blijken soms te zigzaggen en zijn even grillig als het windveld waarin ze voorkomen. De wolkenpluimen achter schepen blijven enkele uren tot enkele dagen in tact



Figuur 1. Scheepswolken boven de Stille Oceaan, 29 april 2002. Opname van de moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) op Amerikaanse satelliet Terra van het Earth Observing System (EOS) van de ruimtevaartorganisatie NASA.

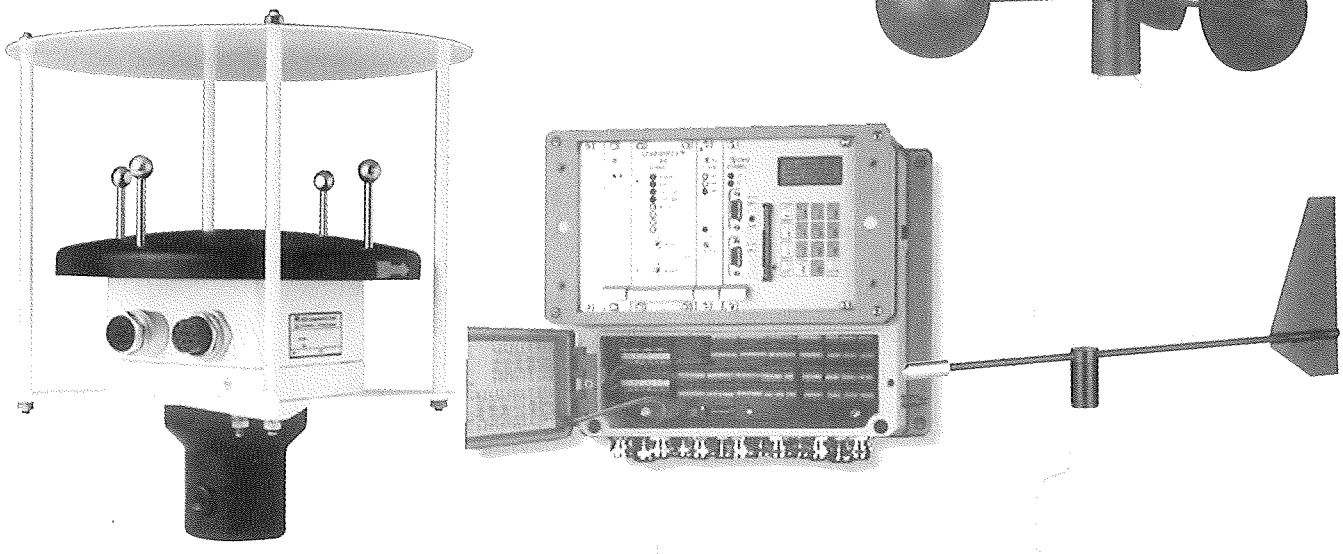
Vliegtuigwolken variëren sterk in levensduur. Soms gaat het om een korte streep achter een vliegtuig, die snel weer is verdwenen, dan weer zijn de contrails hon-

GOED WEER KUNNEN WIJ NIET VOORSPELLEN . . . EEN GOEDE METING KUNNEN WIJ WEL GARANDEREN!

Meteorologische sensoren
- Windrichting/snelheid
- Neerslag
- Temperatuur
- Relatieve vochtigheid
- Baro-druk
- Zonnestraling

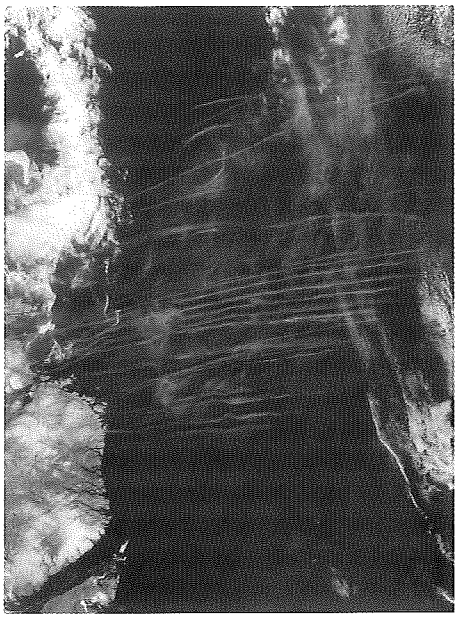
Meteorologische systemen
- Dataloggers
- Visualisatie/netwerk software

Al veel toepassingen gerealiseerd in
- Industrie
- Scheepvaart
- Gebouwbeheersing



Bakker&Co

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



Figuur 2. Vliegtuigwolken uit de kust van New Foundland, 28 mei 2001. Opname van dezelfde satelliet als genoemd bij figuur 1.

derden kilometers lang en blijven ze uren hangen. Op satellietbeelden zien we natuurlijk vrijwel uitsluitend de persistente contrails, die dan bovendien zo verwaaid zijn dat ze door de satellietsensor kunnen worden opgemerkt. De meeste vliegtuigen blijken zich rechtlijnig te verplaatsen, wat aanleiding geeft tot strakke wolkensporen. Af en toe worden ook spiraalvormige contrails waargenomen van vliegtuigen 'in de holding' (zie kader).
Scheepswolken zijn vooral goed zichtbaar op VIS-beelden; de wolkendruppels waaruit ze bestaan reflecteren het zonlicht effectief. Op infraroodbeelden zijn ze minder duidelijk aanwezig; daarvoor is het temperatuurcontrast tussen het oceaanwater en de lucht aan de bovenzijde van de maritieme grenslaag gewoonlijk te klein.
Vliegtuigwolken vinden we het makkelijkst terug op infraroodbeelden. Door hun lage temperatuur steken ze duidelijk af tegen het veel warmere aardoppervlak. Contrails boven bewolking onderscheiden zich minder duidelijk. Op VIS-beelden blijken de vliegtuigwolken ijl en transparant. Evenals een waarnemer vanaf het aardoppervlak door verwaaiende vliegtuigwolken heen de blauwe hemel kan zien, is van boven af het aardoppervlak zichtbaar door uitwaaierende contrails. Daardoor zijn de contrasten tussen vliegtuigwolk en ondergrond gewoonlijk minder groot dan op infraroodbeelden. Als de vliegtuigwolken zich boven andere bewolking bevinden, zijn ze daarvan vrijwel niet te onderscheiden, tenzij ze hun schaduw werpen op de lagergelegen bewolking (Floor 1997).

Werkzame stof

De lucht waarin de vliegtuigwolken zich vormen bevat voldoende condensatiekernen om bij een eventueel optredende oververzadiging druppelvorming mogelijk te maken. Aan de extra condensatiekernen die ingebracht worden door de verbrandingsproducten van de vliegtuigmotoren, is dus geen behoefte. Ook de aan- of afwezigheid van vrieskernen speelt geen rol; bij de temperaturen waarbij vliegtuigwolken optreden, bevriezen wolkendruppeltjes van vloeibaar water vrijwel direct. Vocht is echter in de kraamkamer van vliegtuigsporen wél schaars. Bij het ontstaansproces van contrails gaat het dus vooral om het extra water.
In de maritieme grenslaag daarentegen is gewoonlijk voldoende vocht aanwezig. Onder de omstandigheden waarbij scheepswolken zich vormen, is de lucht relatief zuiver; daardoor heerst er tot op zekere hoogte een 'tekort' aan condensatiekernen. De verbrandingsproducten van de scheepsmotoren vullen dit 'tekort' aan; ze bevatten zwaveldioxide, dat hygroscopische sulfaatdeeltjes kan vormen. In de rookpluim is het aantal deeltjes dat de druppelvorming in gang kan zetten, veel groter dan daarbuiten. Het reeds in de lucht aanwezige vocht verdeelt zich in de rookpluim van schepen dan ook over veel meer condensatiekernen. Wolken met veel kleine druppeltjes reflecteren opvallend zonlicht sterker dan andere wolken met evenveel water erin, maar verdeeld over een kleiner aantal grotere druppels. Op die manier worden de scheepswolken op VIS-beelden van weersatellieten duidelijk zichtbaar (figuur 1).
De voorwaarde van zuivere lucht met relatief weinig condensatiekernen verklaart waarom de scheepswolken uitsluitend voorkomen op oceanen en niet boven door land omsloten zeeën als de Oostzee en de Middellandse Zee. De lucht boven deze en vergelijkbare zeeën heeft boven land al zoveel condensatiekernen opgepikt, dat aan het 'reinheitsgebot' niet langer is voldaan. De Noordzee neemt een uitzonderingspositie in; hij is omsloten door land, behalve bij een stroming uit noord tot noordwest. Bij een dergelijke stroming zijn ook hier scheepswolken mogelijk; een voorbeeld geeft Floor (1988, 2003).

Nog geen tachtig jaar oud

Vliegtuigwolken werden voor het eerst waargenomen in de Eerste Wereldoorlog; ze konden zich in die tijd vormen doordat toen de vereiste vlieghoogte bereikt kon worden (Schumann, 1996). Sinds de jaren zestig van de vorige eeuw vormen contrails een geregelde verschijning aan de hemel.
Scheepswolken werden pas geregeld beschreven na de komst van weersatellieten; daarvoor waren er slechts incidentele rapporten van zeevarenden die niet verder teruggingen dan tot begin jaren vijftig (Lawrence, 1963). Terwijl de vliegtuigwolken al hoog en breed een dagelijkse verschijning waren geworden, kwamen de beschrijvingen van wolkensporen van schepen langzaam op gang. Het bewolkingspatroon werd gesignaleerd op de beelden van weersatellieten. Eerst sprak men nog van 'abnormale wolkenlijnen' (*anomalous cloud lines*) (Conover,1966; Fett, 1979); het ongewone aan deze bewolking was dat ze zicht niets leek aan te trekken van de heersende luchtstroming. Sinds het aannemelijk werd dat deze wolkenlijnen veroorzaakt worden door schepen, wordt meestal de term 'scheepswolken' (*ship trails*) gebruikt. De oriëntatie van de bewolking volgt uit de combinatie van richting en snelheid van de wind enerzijds en van het varende schip anderzijds

Drijfveren voor onderzoek

Het onderzoek naar vliegtuigwolken en scheepswolken werd in de begintijd uitgevoerd of gretig gesponsord door militaire instellingen en instituten. De luchtmacht had last van de contrails, omdat die de aanwezigheid van vliegtuigen op geheime missies konden verraden. Voor de marine was het aanvankelijk onverwacht dat de manoeuvres van schepen die zich op de oceaan onder een stratocumulusdek probeerden schuil te houden, vanuit de ruimte konden worden gevolgd. In beide gevallen was het van belang meer te weten te komen over de omstandigheden waaronder deze 'verklikkers' optraden en om te komen tot verwachtingen voor de verschijnselen.
Tegenwoordig bekommert men zich meer om de klimaateffecten van het verkeer in de lucht en over zee. Het zwaveldioxide van de verbrandingsmotoren van de schepen heeft invloed op bewolking, neerslaghoeveelheden en stralingshuishouding. Natuurlijk zijn de schepen niet de enige bron van SO_2, maar doordat het verschijnsel zich afspeelt ver van andere verontreinigingsbronnen, is onderzoek naar de individuele bijdrage van SO_2 mogelijk.
Ook de bewolking van vliegtuigen beïnvloedt de stralingshuishouding. Daarnaast onderzoekt men de rol van de bestanddelen van de verbrandingsproducten die de vliegtuigmotoren in de atmosfeer bren-

gen. De verontreinigingen doen zich overigens altijd voor, dus niet alleen als de wolkensporen van vliegtuigen of schepen zichtbaar zijn.

Conclusie

Schepen kunnen net als vliegtuigen wolkensporen achterlaten. Doordat ze daarmee hun aanwezigheid verraden, genoten de verschijnselen aandacht uit de militaire hoek. Thans zijn vooral klimaatonderzoekers er actief mee bezig. Naast deze overeenkomsten zijn er ook verschillen. Contrails zijn langer bekend, komen overal op aarde voor en zitten veel hoger dan scheepswolken; ze worden gevoed door het water uit de verbrandingsproducten van de vliegtuigmotoren. De pluimen achter schepen vormen zich alleen boven de oceaan 'dankzij' het uitgestoten zwaveldioxide. Vliegtuigwolken laten hun sporen vooral na op IR-beelden van weersatellieten; wolkensporen van schepen zijn beter te zien op VIS-beelden.

Literatuur

Conover, J.H., 1966, Anomalous Cloud Lines, JAS 23, 778-785.

Fett, R.W. (ed.), 1979, Navy Tactical Applications Guide, Vol. 2, Environmental phenomena and effects, Park Ridge, Illinois, W.A. Bohran Company.

Floor, C., 1988, Produktieplatforms Noordzee ontdekt op satellietfoto's; Zenit juli/augustus 1988.

Floor, K., 1997, Ongebruikelijke tintencombinatie op set satellietfoto's: wit op IR, donker op VIS; Meteorologica 6 (2).

Floor, K., 2003, Openluchtlaboratorium voor wolkenfysici, Zenit, juni 2003.

Kästner, M., 2002, Analysis of the optical depth evolution in a spiral contrail using AVHRR data, Proceedings The 2002 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Dublin, Ireland, 02-06 September 2002.

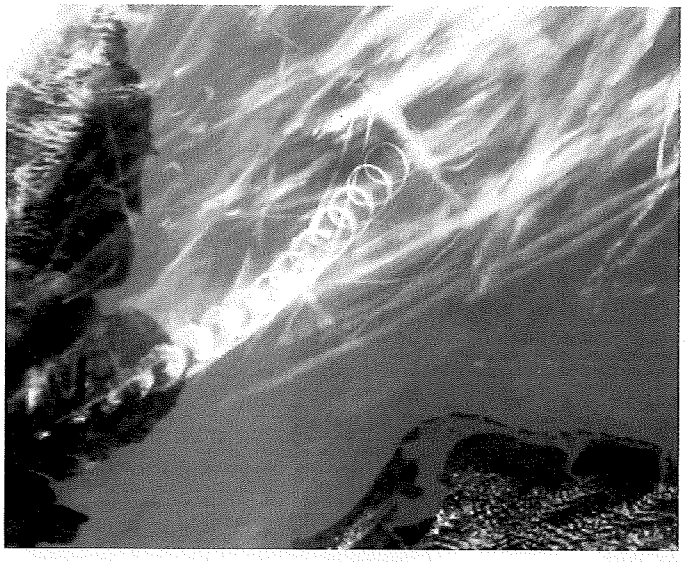
Lawrence, E.N., 1963, Artificial Cloud Formation over Sea, Marine Observer 33, 33-37.

Minnis, P., 2003, Contrails; in: Holton, J.R., Curry, J.A. & Pyle, J.A., Encyclopedia of Atmospheric Sciences, Vol. 2, 509-520 Amsterdam, Academic Press.

Schumann, U., 1996, On conditions for contrail formation from aircraft exhausts, Meteorol. Zeitschrift, N.F. 5 (1), 4-23.

Spiraalvormige sporen van vliegtuigen

Geregeld zijn, zowel vanaf de grond als op satellietbeelden, condensatiesporen te zien van vliegtuigen. Gewoonlijk volgen de toestellen een strakke koers; de vliegtuigwolken vormen dan ook meestal dunne, rechte lijnen. De oriëntatie van die lijnen hangt af van de gevolgde route, de kruissnelheid en de wind op vlieghoogte. Vliegtuigwolken kunnen elkaar snijden, maar verlopen ook vaak evenwijdig aan elkaar, zoals op het zichtbaarlicht-satellietbeeld van figuur 2. In principe is het denkbaar dat de vliegtuigen bij windstil weer min of meer gelijktijdig vanaf New Foundland, links in beeld, de oceaan oversteken richting Europa en daarbij vanuit verschillende posities langs de Canadese kust aan die oversteek beginnen. Veel waarschijnlijker is het echter dat ze een zelfde route nemen en met een bepaalde tussenruimte achter elkaar vliegen met een stevige dwarswind op vlieghoogte. Op het moment dat een toestel het punt passeert waar zijn voorganger kort daarvoor was, is de contrail van toestel 1 al voldoende door de wind verplaatst om markante tussenruimtes te creëren tussen opeenvolgende vliegtuigsporen.



Figuur 3. Spiraalvormig patroon boven Zuidoost-Engeland en de Noordzee veroorzaakt door vliegtuig in de holding; 15 april 1993 ca. 1354 UTC. Geheel onder zijn de Waddeneilanden nog net te zien. Opname van de Amerikaanse quasi-polaire weersatelliet NOAA 11.

De verplaatsing van delen van vliegtuigwolken door de wind speelt ook een rol bij de verklaring van de zeldzame figuren die, - afhankelijk van vluchtpatroon en wind -, af en toe op satellietbeelden kunnen worden waargenomen. Figuur 3 geeft van zo'n geval boven de Noordzee een infraroodbeeld, afkomstig van de Amerikaanse weersatelliet NOAA-11. Op de figuur zijn overigens ook 'gewone' contrails zichtbaar. Zonder wind zou je denken aan een verkenningsvlucht, waarbij voor een spiraalvormige route is gekozen om optimale dekking van het te verkennen gebied te krijgen. Brengen we de wind in rekening, dan blijkt een cirkelvormige baan van een vliegtuig al voldoende om het getoonde patroon te krijgen. Steeds als een rondje is volbracht en het vliegtuig terug is op de uitgangspositie, heeft de wind het deel van de contrail dat daar was gevormd al verplaatst.

Figuur 4 toont een zelfde spiraalvormige vliegtuigwolk, maar nu bezien vanaf de grond. De opname werd gemaakt door Arne Hansen (NAVO) en kwam ter beschikking door tussenkomst van Martina Kästner (2002) van het DLR Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, Duitsland.

Figuur 4. Spiraalvormig patroon veroorzaakt door vliegtuig in de holding. Met dank aan Arne Hansen (NAVO).

Leerzame Experimenten met een Eenvoudig Niet-lineair Systeem

SEIJO KRUIZINGA

Al in de jaren zestig van de vorige eeuw groeide het besef dat de atmosfeer slechts in beperkte mate voorspelbaar is. Oorzaak van die beperkte voorspelbaarheid is de combinatie van exponentiele foutengroei en de onvermijdelijke fouten in de begintoestand en/of de fouten in het model. Lorenz kwam via diverse studies tot een voorspelbaarheid in de orde van 15 dagen. Maar het werd langzamerhand ook duidelijk dat de voorspelbaarheid in sterke mate varieert van dag tot dag en een bekend slogan werd dan ook "Geen enkele atmosferische verwachting is compleet zonder een uitspraak over de betrouwbaarheid" (Tennekes e.a., 1986).

VOORSPELBAARHEID

Een en ander heeft geleid tot het concept van ensembleverwachtingen. Hierbij wordt het atmosferische model meerdere malen gestart voor dezelfde begintijd maar met kleine verstoringen in de begintoestand. De spreiding tussen de verschillende verwachtingen wordt dan gebruikt als maat voor de potentiële kwaliteit van de verwachting. Dit type verwachtingen wordt sinds 1992 uitgegeven door bijvoorbeeld het ECMWF. Sindsdien zijn meerdere verificatiestudies over dit type verwachtingen verschenen. De basisconcepten van deze studies en de resultaten zijn niet altijd eenvoudig te interpreteren omdat in de praktijk meerdere effecten, bijvoorbeeld de fout in de begintoestand versus de modelfout, door elkaar een rol spelen. Het zou heel waardevol zijn indien we soortgelijke concepten en resultaten ook konden bestuderen in een geïdealiseerde situatie.

SIMPELE MODELLEN

Tijdens het ECMWF Predictablity Seminar in 1995, presenteerde Edward Lorenz (Lorenz, 1995) een stelsel van betrekkelijk eenvoudige niet-lineaire systemen die qua gedrag verrassend goed lijken op de werkelijke atmosfeer. Door Lorenz werden deze systemen gebruikt om de foutengroei in niet-lineaire systemen te bestuderen. Later zijn verschillende versies van deze systemen gebruikt door diverse auteurs voor studies betreffende foutengroei en ensemble technieken. In dit en komende artikelen willen we een eenvoudige versie van zo'n systeem gebruiken om de karakteristieken van foutengroei en ensemble verwachtingen te illustreren. Later zullen ook nog andere fenomenen aan de orde komen. Vragen die in deze artikelen aan de orde komen zijn:

- Wat zijn de karakteristieken van foutengroei in niet-lineaire systemen zoals de atmosfeer en wat betekent dat voor de voorspelbaarheid?
- Hoe kom je tot een ensembleverwachting?
- Hoe verifieer je een ensembleverwachting?
- Wat is de relatie tussen de potentiële skill en de werkelijke fout in de verwachting?
- Hoe kom je van een ensembleverwachting naar een kansverwachting?

Om deze vragen in een vereenvoudigde omgeving te bestuderen zullen we het systeem van Lorenz als volgt gaan gebruiken. Eerst zullen we een lange integratie doen waarbij we op regelmatige tijdstippen de status van het systeem opslaan. Dit noemen we dan de dagelijkse waarden van de referentieatmosfeer. Vervolgens zullen we deze dagelijkse waarden gaan gebruiken om verwachtingen te maken voor meerdere dagen vooruit waarbij we veronderstellen dat we de dagelijkse waarden slechts met een waarnemingsfout kunnen vastleggen. Hierbij zullen we dan ook ensembleverwachtingen betrekken. We zullen deze volledig controleerbare experimenteeromgeving gaan gebruiken om in een serie artikelen begrippen als foutengroei, Rank-Histogram, Brierscore, Kansverwachting, Skill-Spread relation, enzovoorts te bestuderen.

HET GEBRUIKTE SYSTEEM

Het systeem dat we hebben gekozen bestaat uit K=8 variabelen X_1 t/m X_k en ontwikkeling van de variabelen in de tijd wordt bepaald door de volgende vergelijkingen:

$$\frac{dX_k}{dt} = X_{k-1}X_{k+1} - X_{k-2}X_{k-1} - X_k + F$$

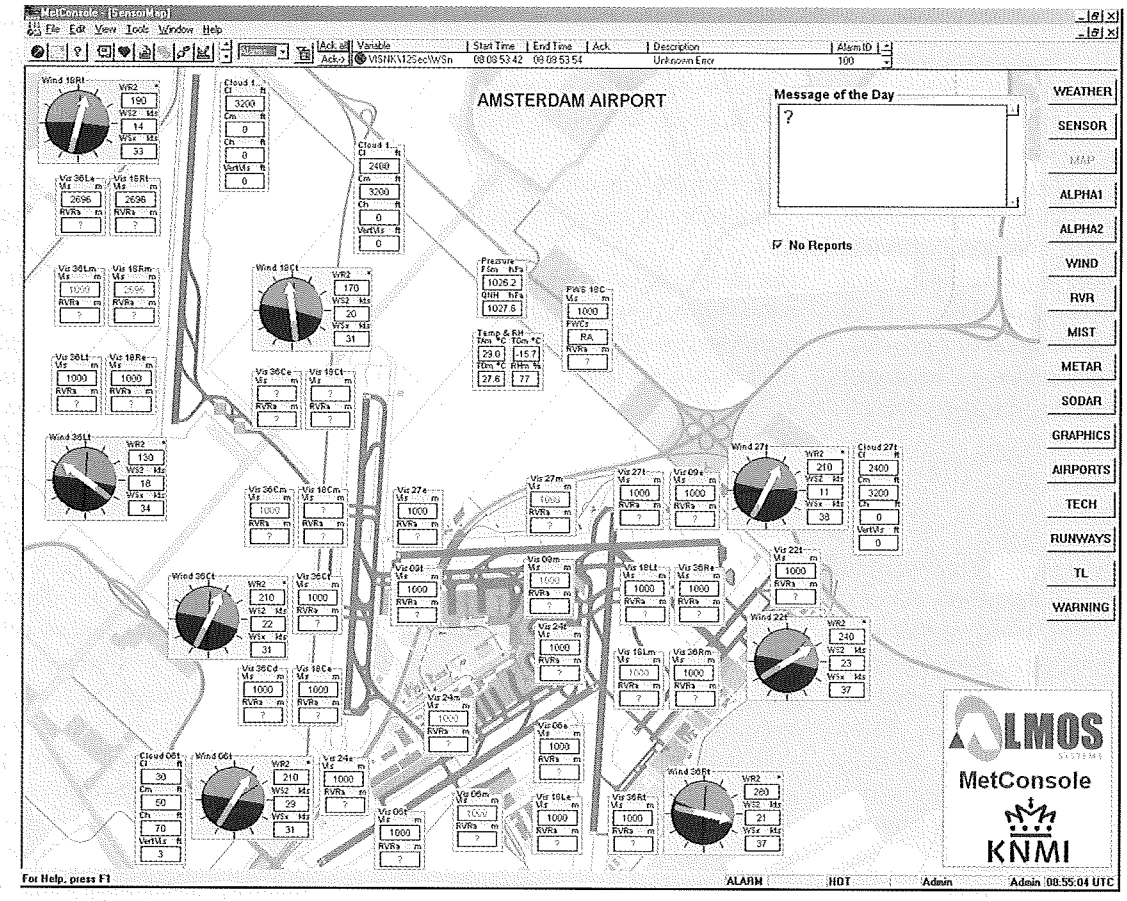
voor iedere k=1 t/m 8. Het stelsel is cyclisch in de zin dat X_1 de rechter buurman van X_8 is ($X_9=X_1$) en uiteraard X_8 de linkerbuurman van X_1 oftewel $X_0=X_8$. Het zijn als het ware 8 roosterpunten op een breedtecirkel. In deze vergelijking kunnen we, door de X-en te interpreteren als snelheden, drie componenten herkennen: een advectiecomponent, de eerste twee niet-lineaire termen; een dissipatie term ($-X_k$) en de forceringscomponent F. Veelal wordt deze forcing term constant genomen. In onze atmosfeer varieert deze term van dag tot dag maar is wel over de hele dag constant. De variaties in F zijn niet regelmatig maar volstrekt toevallig. De gemiddelde waarde van F is 8,0. Verder is F normaal verdeeld met standaarddeviatie 0,1. In een later experiment zullen we bij het berekenen van de verwachting voor F steeds de gemiddelde waarde kiezen; we hebben dan als het ware een model met een modelfout.

Het gekozen systeem is een eenvoudige variant van de systemen die Lorenz in 1995 heeft beschreven. Dit is bewust zo gekozen om verwerking van de experimenten ook op eenvoudige pc's mogelijk te maken. Ondanks zijn eenvoud blijft het echter nog steeds een systeem met 8 variabelen (vrijheidsgraden) dus nog aanzienlijk complexer dan eerder door Lorenz gebruikte systemen met bijvoorbeeld drie variabelen. Zoals gezegd maken we eerst een lange integratierun om de referentieatmosfeer te berekenen. Om dit te kunnen doen moeten we een keuze maken voor een integratieschema (zie kader). Met dit schema kunnen we

Almos Systems biedt wereldwijd meteorologishe oplosssingen sinds 1986. Het product portfolio, onder de naam **METWORX®,** is o.a. in de volgende projecten door Almos geleverd:

- **AWS**-Netwerken (Nationale Meetnetten): Australië (BOM), Nederland (KNMI), Zwitserland (MeteoSwiss).
- **AWOS**: Nederland (7 vliegvelden, incl. Schiphol Airport), België (11 vliegvelden, Luchtmacht), Hongarije (Budapest), Peru (Iquitos), etc;
- **ATIS**: België (3 vliegvelden, incl. Brussel), Iran (10 vliegvelden), Hongarije (Budapest), Barbados, etc;
- **LLWAS**: Taiwan (2 vliegvelden), Kuwait International Airport
- **RVR** (Transmissometer): Hungary (Budapest)
- **WAFS**-SADIS/ISCS: Korea (Inchon en Kimpo), Hongarije (Budapest), etc;
- **FORECASTERWORKSTATIONS** Koninklijke Luchtmacht, Belgische Luchtmacht;

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



Copyright KNMI

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

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

vervolgens alle variabelen op ieder tijdstip berekenen, en zo lange tijdreeksen genereren.

Het gedrag van de variabelen in de tijd

Bij de gekozen waarde voor F variëren de X-en op een onregelmatige manier in de tijd. Dat is niet het gevolg van de variatie in F die is opgelegd, maar een karakteristiek van het systeem. Ter illustratie is in figuur 1 het verloop van X_1 met de tijd afgebeeld voor 6 tijdseenheden oftewel 30 dagen. Voor de berekening van de data voor deze figuur is F constant gekozen. Deze figuur geeft een statisch beeld van de ontwikkeling van X_1. Voor Windows gebruikers staat op de home-page home.hccnet.nl/S.Kruizinga een self-extracting en zelfinstallerend bestand waarmee een klein programma kan worden geïnstalleerd dat een dynamisch beeld geeft van het verloop van X_1.

Zoals gezegd variëren de X-en op een min of meer onregelmatige manier alhoewel er wel een tendens naar een zekere periodiciteit valt te ontwaren (figuur1). Om een gevoel te krijgen voor het gedrag van de variabelen hebben we enige statistische karakteristieken van de variabele X_1 over de tijdreeks van 10000 dagen berekend. De overige X-en zullen vanwege de symmetrie in het systeem overeenkomstige karakteristieken vertonen. Voor de gemiddelde waarde van X_1 vonden we 2,32 en de standaarddeviatie bedroeg 3,64. In figuur 2 is de kansverdeling van de 10000 waarden van X_1 weergegeven. De gestippelde curve is de normale verdeling met hetzelfde gemiddelde en dezelfde standaarddeviatie. De X_1-waarden zijn dus redelijk normaal verdeeld. Voor statistische analyses is dit een gunstige eigenschap. Atmosferische grootheden op 500hPa hebben veelal een overeenkomstige verdeling. In figuur 3 vinden we de autocorrelatiefunctie van X_1. Opeenvolgende dagwaarden van X_1 zijn duidelijk gecorreleerd oftewel, in meteorologische termen, de dagwaarden vertonen persistentie. De negatieve waarde in de autocorrelatie bij omstreeks 4 dagen is een bevestiging voor de zwakke periodiciteit die we menen te ontwaren. Ook bij atmosferische variabelen wordt zo'n negatief gedeelte wel waargenomen.

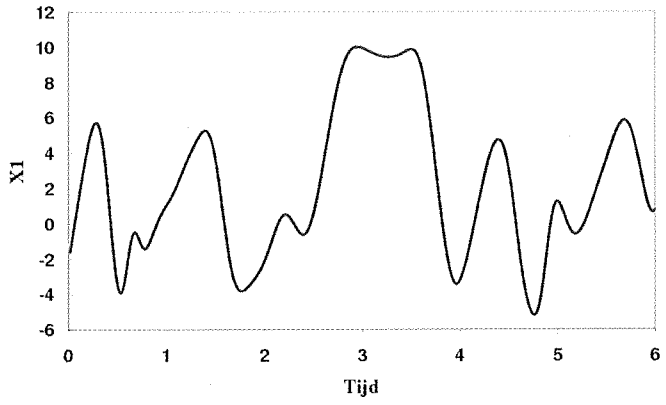
Verder hebben we ook nog de correlatie tussen X_1 en X_2 berekend. Deze bleek heel klein: 0,08. In tegenstelling tot bij de atmosfeer zijn nabijgelegen variabelen dus niet gecorreleerd. Daarnaast hebben we de correlatie tussen X_1 en de X_2 van een dag eerder berekend en van het omgekeerde "X_1 een dag eerder" met X_2. Voor de eerste correlatie vonden we 0,37 en voor de tweede correlatie -0,25. Een positieve correlatie tussen X_1 en "X_2 een dag eerder" geeft aan dat de waarde van X_2 over een dag gedeeltelijk getransporteerd wordt naar X_1. Dit bevestigt de conclusie van Lorenz dat er (westwaarts) "advectie" optreedt in de richting X_2 naar X_1 enzovoorts.

Foutengroei

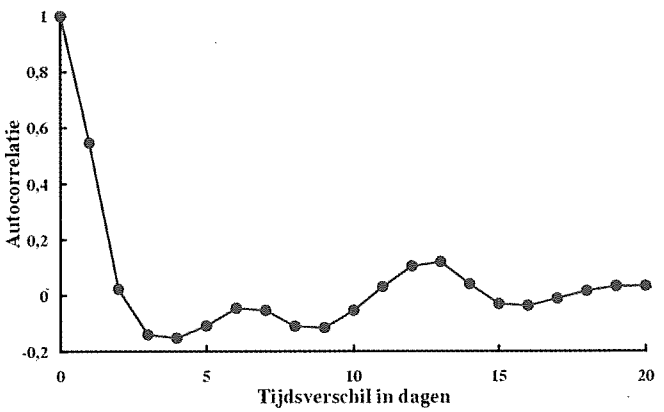
Fouten bij atmosferische modelverwachtingen zijn grotendeels het gevolg van twee oorzaken:

- We kennen de toestand van de atmosfeer op het begintijdstip van de verwachting niet perfect. Als gevolg daarvan zal de toestand van het model steeds verder van de werkelijke atmosfeer af gaan wijken.
- Het model is niet perfect en bij iedere tijdstap wordt er steeds een kleine fout gemaakt die langzamerhand uitgroeit tot een grote fout.

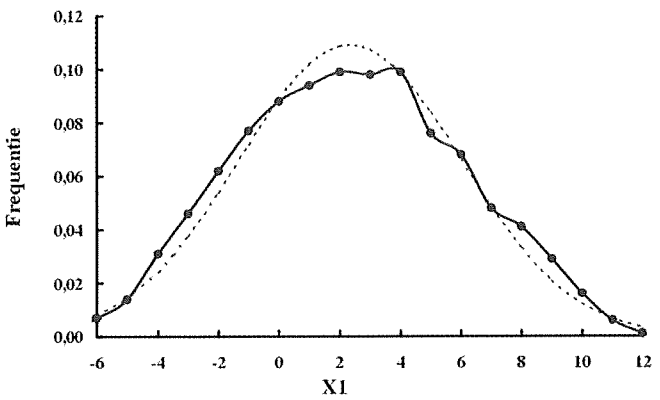
Bij dit eerste experiment concentreren we ons op de eerste oorzaak en nemen we aan dat we toestand van het systeem op een gegeven dag slechts met beperkte nauw-



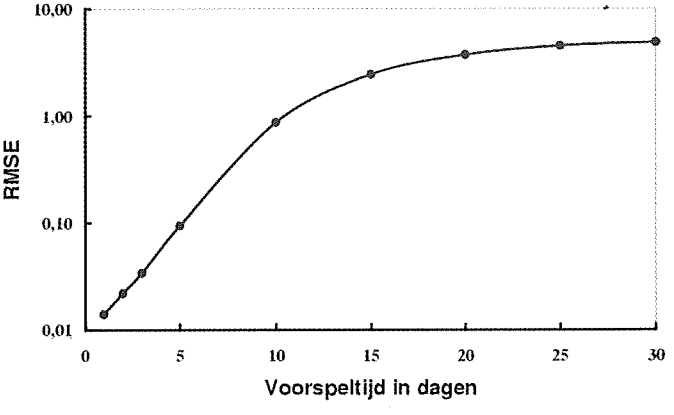
Figuur 1. X_1 als functie van de tijd.



Figuur 3. Autocorrelatie van X_1.



Figuur 2. Frekwentieverdeling van X_1. Gestippelde curve is de normale verdeling met hetzelfde gemiddelde en standaarddeviatie.



Figuur 4. Foutengroei als functie van de voorspeltijd.

keurigheid kennen en dat we op basis van deze kennis een verwachting gaan maken voor de volgende dagen. We gebruiken daarvoor het systeem dat we in § 2 hebben beschreven als het perfecte verwachtingsmodel. Het verschil tussen verwacht en opgetreden zullen we kwantificeren met behulp van de Mean Square Error MSE:

$$MSE = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}(X_k^v - X_k^w)^2$$

waarin X^v_k de verwachte waarde van X_k en X^w_k de werkelijke waarde van X_k. In veel gevallen zullen we de wortel uit deze grootheid, de Root Mean Square Error RMSE, presenteren. Voor het bepalen van de foutengroei als functie van de voorspeltermijn P (in dagen) zijn we als volgt te werk gegaan. Uit het bestand met dagelijkse toestanden van de referentieatmosfeer lezen we de X_k-waarden van een dag. Dit is de exacte begintoestand. Om de beperkte nauwkeurigheid waarmee we die toestand kennen te simuleren tellen we bij iedere X_k-waarde een toevalsgetal uit de normale verdeling (met gemiddelde 0,0 en standaarddeviatie 0,01) op. Deze toevallige afwijkingen representeren als het ware de fout in de waarneming van X_1. Vervolgens maken we met het hiervoor beschreven rekensysteem, het perfecte model, een verwachting voor P dagen vooruit. Daarna bepalen we de MSE volgens de formule hierboven. Deze procedure herhalen we voor alle verwachtingen van P dagen die op de dagen 1 t/m 10000 geldig zijn. Vervolgens bepalen we het gemiddelde van die 10000 MSE-waarden. In figuur 4 is de wortel uit die gemiddelde MSE (RMSE) uitgezet als functie van de voorspeltijd P=1 tot P=30. In deze figuur is de voorspeltijd op een lineaire schaal uitgezet en de RMSE op een logaritmische schaal. We zien in de figuur dat in het begin de punten min of meer op een stijgende lijn liggen. Dat betekent dat de fout in de verwachting exponentieel groeit met toenemende voorspeltijd. De groei is daar zodanig dat na omstreeks 1,5 dagen de fout is verdubbeld en dat komt ongeveer overeen met de groei van de fout in de werkelijke atmosfeer. Bij langere voorspeltijden treedt een verzadiging op en de fout groeit niet verder dan tot omstreeks 1,4 maal de standaarddeviatie van de X-waarden. Deze verzadigingswaarde kan men als volgt verklaren. Zowel de werkelijke analyse als de verstoorde begintoestand zijn realistische toestanden van ons systeem met acht variabelen. Als we vanuit die twee begintoestanden door gaan rekenen krijgen we als het ware twee klimaatruns van het 8 variabelen systeem. Na verloop van lange tijd, hier dus ongeveer 40 dagen, hebben die twee runs niets meer met elkaar te maken. Ze zijn onafhankelijk van elkaar. Uit de statistiek weten we dat de variantie van het verschil van twee onafhankelijke variabelen gelijk is aan de som van de varianties en in ons geval dus twee maal de oorspronkelijke variantie (de twee klimaatruns zijn gelijkwaardig) en dus de standaarddeviatie ongeveer 1,4 ($\sqrt{2}$) maal de oorspronkelijke standaarddeviatie.

Slot

In het voorgaande hebben we een eenvoudig niet-lineair systeem beschreven dat onder meer gebruikt kan worden om de foutengroei veroorzaakt door fouten in de begintoestand te bestuderen. Met dit systeem hebben we een referentieatmosfeer berekend waarvan we enige statistische karakteristieken hebben beschreven. In de voorlaatste paragraaf hebben we de gemiddelde foutengroei bestudeerd. Zowel voor wat betreft de (statistische) karakteristieken van de variabelen als voor wat betreft de foutengroei vertoont het systeem veel overeenkomst met de werkelijke atmosfeer. Dit betekent dat we de vragen die zijn gesteld in de inleiding kunnen gaan bestuderen met het beschreven systeem. Hierdoor zullen we in staat zijn om de (verificatie)resultaten die in de atmosfeer worden verkregen beter te begrijpen. In een volgend artikel zullen we eerst nader ingaan op de foutengroei en vervolgens de Ensemble techniek introduceren. Daarna zullen nog andere artikelen volgen waarin andere experimenten aan de orde komen.

Literatuur.

Lorenz, E.N.: Predictability, a problem partly solved. Seminar on Predictablity, Volume 1, ECMWF Reading, UK, 4-8 september 1995

Tennekes, H., A.P.M. Baede and J. Opsteegh: Forecasting forecast skill. Workshop on predictability in the medium and extended forecast range. 17-19 March 1986, p 277-302, ECMWF, Reading UK, 1986.

Het integratieschema

Het eenvoudigste schema berekent de tendensen (de tijdsafgeleiden in het linkerlid van de vergelijking) en past die toe op een hele kleine tijdstap Δt. Zo worden dan de volgende waarden voor X_1 t/m X_k berekend. In dat geval gebruiken we dus de volgende benadering:

$$X_k(t+\Delta t) = X_k(t) + \Delta t \frac{dX_k}{dt}$$

De tijdstap moet dan heel klein worden gekozen om de berekeningen voldoende nauwkeurig te houden en de rekentijd wordt dus evenredig groter.

Veelal wordt voor een complexer schema als Runge-Kutta vierde orde gekozen om de berekeningen stabiel te houden. Bij onze berekeningen is gekozen voor een integratieschema dat gebaseerd is op het schema dat gebruikt wordt bij de berekening van trajectoriën. Dat schema werkt als volgt:

- Eerst worden de tendensen berekend op tijdstip t volgens voorgaande formule
- Vervolgens worden voorlopige nieuwe X_k-en berekend voor het tijdstip $t+\Delta t$ volgens de eenvoudige benadering
- Daarna worden de tendensen berekend op tijdstip $t+\Delta t$ met de voorlopige X_k-en
- Het gemiddelde van de eerste en de tweede tendens wordt nu gebruikt als de gemiddelde tendens over het tijdvak Δt en hiermee worden dan de definitieve X_k-waarden berekend op tijstip $t+\Delta t$

Gebleken is dat we op die manier nauwkeurige en stabiele integraties kunnen doen met een tijdstap van 0,002. De tijd wordt hierbij gemeten in arbitraire eenheden maar volgens Lorenz komt 1 tijdseenheid ongeveer overeen met 5 dagen. Daarom hebben we de X_k-waarden opgeslagen als dagwaarden na iedere 100 tijdstappen. Op die manier is een tijdreeks gemaakt van 10000 dagen met een aanloopstuk van 50 dagen om voor iedere dag in de set van 10000 dagen een meerdaagse verwachting te kunnen berekenen; de dagen in deze dataset zijn genummerd van -49 t/m 10000. De waarden voor de forcing F zijn voor iedere dag in een apart bestand opgeslagen.
(De berekeningen zijn uitgevoerd met een Fortran-programma onder SuSe linux met de nauwkeurigheid van double-reals).

Simulatie van extreem weer, nu en in de toekomst

FRANK SELTEN (KNMI)

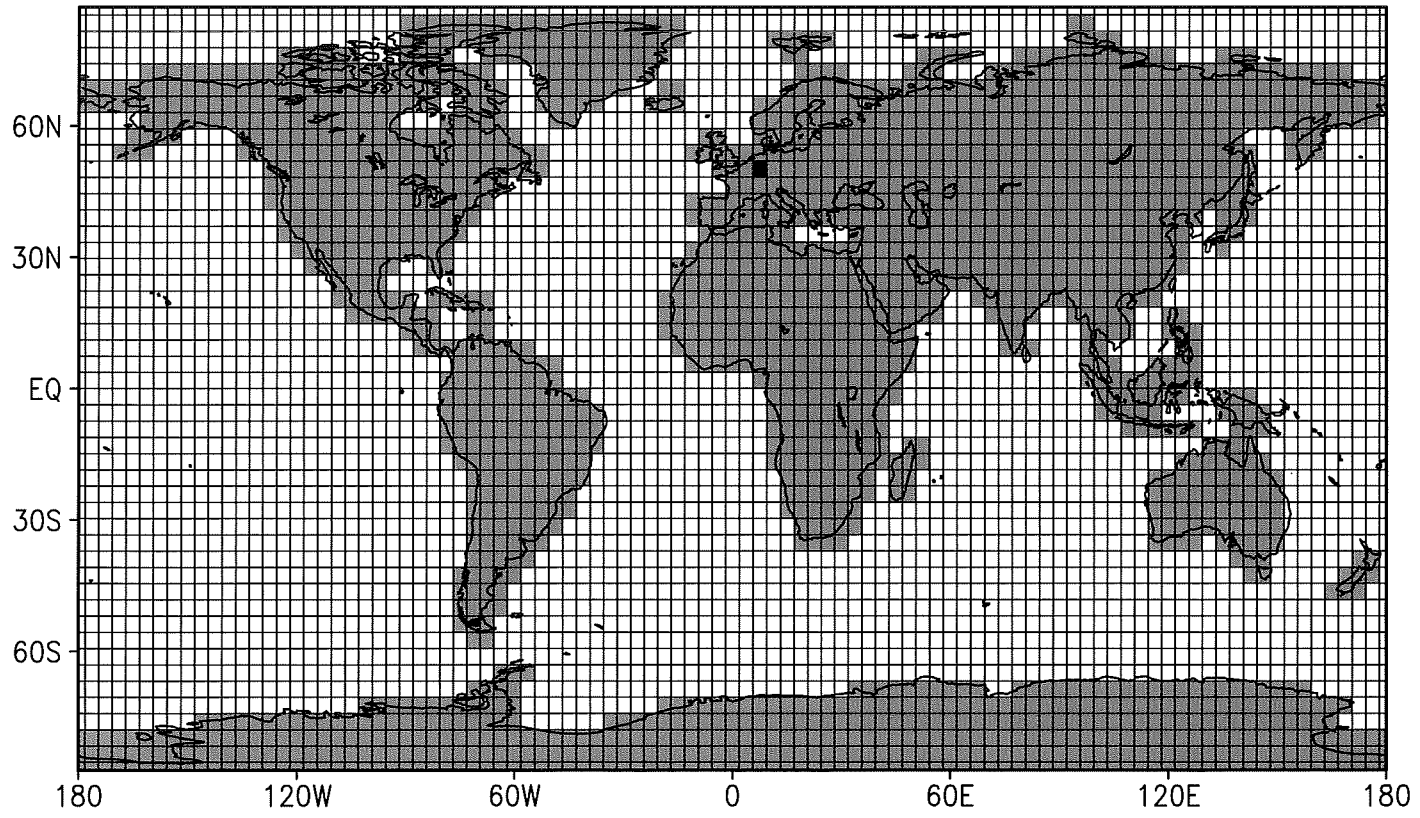
Op dit moment wordt op de TERAS supercomputer van rekencentrum SARA het aardse klimaat een zestigtal keren doorgerekend voor de periode van 1940 tot 2080. De berekeningen zijn live te volgen op de website van het Centrum voor Klimaatonderzoek (CKO). Het is voor het eerst dat een dergelijk groot aantal simulaties berekend wordt om de kansen op extreem weer en veranderingen daarin in een opwarmend klimaat in kaart te brengen

HET CHALLENGE PROJECT

Extreem weer, zoals de hitte van de afgelopen maanden, roept al snel de vraag op of het een teken is van een klimaatsverandering. Op basis van een enkele gebeurtenis is daar natuurlijk niets over te zeggen. We zouden daarvoor de waarschijnlijkheid of kans moeten kennen van een dergelijke gebeurtenis en moeten vaststellen of deze kans aan het veranderen is. Op basis van de relatief korte meetreeksen die we tot onze beschikking hebben, zijn deze kansen niet of nauwelijks te bepalen.
Daarom onstond eind vorig jaar in de modelondersteuningsgroep van het CKO het idee om dit soort kansen te gaan berekenen met behulp van het Amerikaanse klimaatmodel Community Climate System Model (CCSM) en de benodigde rekentijd daarvoor aan te vragen bij de stichting Nationale Computer Faciliteiten (NCF). De rekentijd werd toegekend, een nieuwe CKO medewerker (Michael Kliphuis) aangetrokken en het Challengeproject kon van start gaan. Hoofdaanvrager van het project is Henk Dijkstra van het IMAU, het project wordt getrokken door Frank Selten van het KNMI.

HET KLIMAATMODEL

Het gekozen klimaatmodel is gebaseerd op de natuurkundige wetmatigheden die ten grondslag liggen aan het klimaat. Deze wetmatigheden kunnen worden geformuleerd in complexe wiskundige vergelijkingen, die de ontwikkeling in de tijd van het klimaat beschrijven. Na het aanbrengen van de nodige vereenvoudigingen kunnen deze vergelijkingen met behulp van een computer worden opgelost.
Daartoe wordt er een rooster over de aarde gelegd (zie figuur 1). In de verticaal wordt de atmosfeer in lagen verdeeld (18 in totaal voor het gebruikte klimaatmodel). Zo ontstaat een driedimensionale structuur. De toestand van de atmosfeer wordt nu vastgelegd door in elke roostercel de wind, temperatuur, hoeveelheid vocht, concentraties van diverse gassen en aerosolen (kleine, zwevende deeltjes zoals vulkanische roetdeeltjes) een plausibele waarde toe te kennen. Uitgaande van zo'n toestand berekent de computer een nieuwe toestand een tijdstap later. Dit proces heet integreren omdat in wezen een differentiaalvergelijking wordt opgelost. In kleine stapjes wordt zo de toekomstige ontwikkeling van het klimaat berekend. Tijdens het integreren worden diverse variabelen per dag of per maand bewaard voor de analyse later. De totale dataset zal ongeveer 8 Terabyte (8000 Gigabyte) groot zijn.



Figuur 1. Het rekenrooster en het land/zee masker van het klimaatmodel CCSM. De zwarte roostercel hebben we aangemerkt als roosterpunt De Bilt. De roostercellen zijn grijs gekleurd als er een fractie landoppervlak in aanwezig is.

Het CCSM-klimaatmodel bestaat uit vier componenten, te weten een atmosfeer, oceaan-, land- en een zeeijscomponent. Elke component wordt in de tijd geïntegreerd op een rooster. Om de zoveel tijdstappen wisselen de componenten gegevens uit. Zo wisselen bijvoorbeeld de oceaan en de atmosfeer vocht en warmte uit en krijgt de oceaan van de atmosfeer informatie over de wind die de oceaanstromingen aandrijft. Ook het land en de atmosfeer wisselen vocht en warmte uit. Overtollig regenwater wordt door de land component in de oceaan afgewaterd. We integreren het CCSM-model op een tamelijk grof rooster om de rekentijd beperkt te houden (zie figuur 1).

Waarom 62 simulaties?

De beschikbare rekentijd is voldoende om 62 keer het gekozen CCSM-model door te rekenen over de periode 1940 tot 2080. De 62 simulaties verschillen onderling omdat ze starten met een iets andere, maar even waarschijnlijke begintoestand voor 1 januari 1940. Doordat de atmosferische circulatie instabiel is, leiden deze kleine afwijkingen van de begintoestand binnen een aantal weken tot volslagen andere weerpatronen. Het plaatje in figuur 2 toont de ontwikkeling van de temperatuur in roosterpunt De Bilt in januari 1940 van de 62 simulaties. Ze beginnen allemaal met bijna dezelfde temperatuur omdat de verstoring die we aangebracht hebben heel klein is. Binnen enkele dagen worden de afwijkingen groter. Aan het eind van de maand worden totaal verschillende temperaturen gesimuleerd.

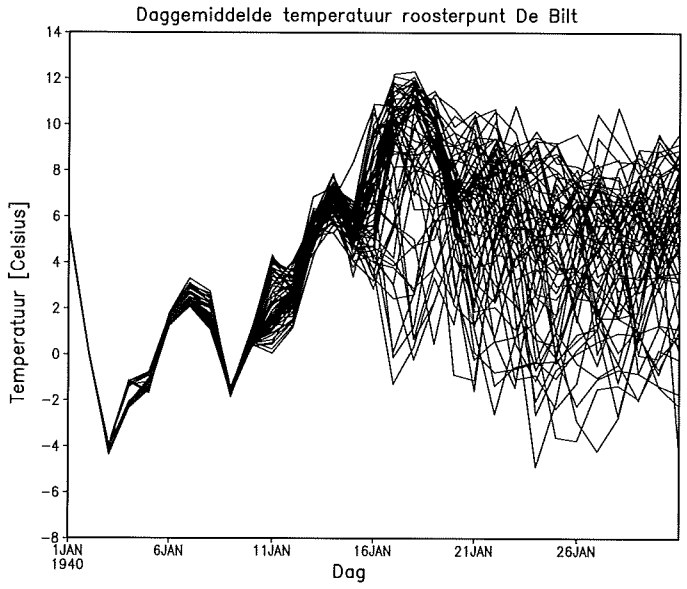
Dit verschijnsel, gevoelige afhankelijkheid van begincondities, is bekend uit de chaostheorie en is de oorzaak van de beperkte voorspelbaarheid van het weer. Het echte klimaatsysteem kent natuurlijk slechts één unieke realisatie over het tijdvak 1940 tot heden. Het is niet mogelijk om het klimaatsysteem opnieuw te starten in 1 januari 1940 voor een iets gewijzigde begintoestand. Zouden we daartoe wel in staat zijn, dan zou bijvoorbeeld de watersnoodramp uit 1953 met grote waarschijnlijkheid niet of in een ander jaar zijn opgetreden; de kans op een dergelijke noordwesterstorm samenvallend met het springtij is namelijk niet groot. Om deze kans te bepalen, zouden we het echte klimaatsysteem een groot aantal malen moeten laten evolueren van 1940 tot heden en tellen hoe vaak een dergelijke gebeurtenis optreedt. Zo'n experiment is te vergelijken met het gooien van een dobbelsteen; door een groot aantal malen te gooien en te tellen hoe vaak een 1 gegooid wordt, kun je uitrekenen dat, als de dobbelsteen eerlijk is, de kans om een 1 te gooien 1/6 is. Zoals gezegd, een dergelijk kansexperiment is met het echte klimaatsysteem niet mogelijk. Echter wel met een model van het klimaatsysteem. En dat is precies wat we doen in het "Dutch Challenge Project". Door 62 simulaties te maken over het tijdvak 1940-2080 met kleine verstoringen in de begincondities, zijn we in staat om kansen op extreme weersituaties te berekenen en na te gaan of deze kansen veranderen in een warmer klimaat onder invloed van toegenomen concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer. Neem bijvoorbeeld de kans op een ongekend warme zomer. Over het tijdvak 1960-2000 hebben we als de rekenklus achter de rug is 2480 (40x62) zomers gesimuleerd, voldoende om de zomertemperatuur te bepalen die een kans heeft om eens in een mensenleven op te treden. Deze kans kunnen we ook bepalen voor een toekomstig tijdvak, bijvoorbeeld 2040-2080 en vervolgens vaststellen hoe deze kans is veranderd. Het is voor het eerst dat een dergelijk groot aantal simulaties van het klimaat berekend wordt om op die manier iets te kunnen zeggen over zeldzame, extreme gebeurtenissen en veranderingen daarin in een mogelijk warmer klimaat in de nabije toekomst.

Opgelegde klimaatfactoren

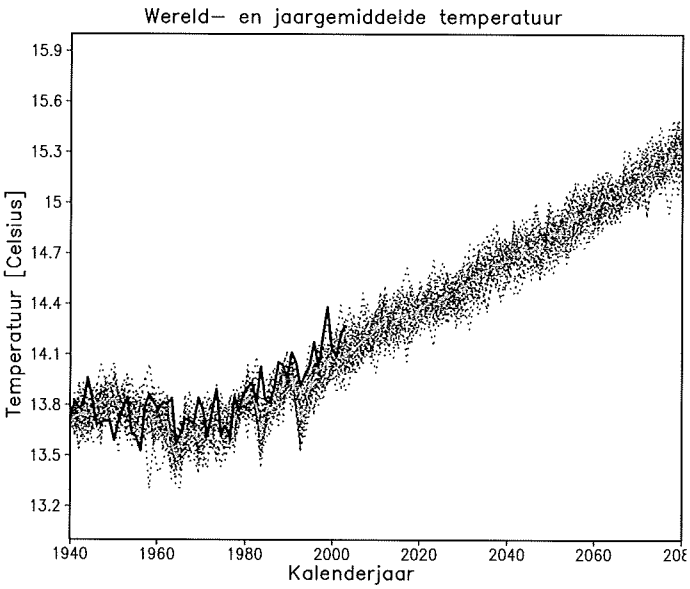
Voor de periode 1940 tot 2000 worden de waargenomen variaties voorgeschreven in de hoeveelheid zonnestraling, geschatte concentraties van vulkanische aerosolen en SO_2 aerosolen en concentraties van diverse broeikasgassen (CO_2, CH_4, CFC-11 en CFC-12). Voor de periode 2000 tot 2080 veranderen alleen de concentraties broeikasgassen volgens een toekomstscenario waarin het gebruik van fossiele brandstoffen onverminderd doorgaat, een zogenaamd "business as usual" scenario. Voor CO_2 bijvoorbeeldbetekent dit een concentratie van 620 ppmv in 2080, een stijging van zo'n 250 ppmv ten opzichte van nu.

Eerste resultaten

De eerste groep van 31 simulaties is gereed. De analyses van de resultaten zul-



Figuur 2. Temperatuur in roosterpunt De Bilt gedurende het begin van de simulaties. De kleine verstoring aangebracht in de begintoestand leidt binnen een aantal weken tot totaal verschillende weerpatronen.



Figuur 3. Wereldgemiddelde temperatuur van de eerste 31 simulaties (gestippeld), de waarnemingen (getrokken) en het gemiddelde van de simulaties (gestreept grijs).

len eind september beginnen als ook de tweede groep van 31 simulaties gereed is. Wel hebben we gedurende de simulaties een aantal tijdreeksen bijgehouden om te checken of de simulaties correct uitgevoerd werden. Zo toont figuur 3 de wereldgemiddelde luchttemperatuur net boven de grond. De gestreepte lijnen geven de wereldgemiddelde temperatuur weer voor elk jaar in het tijdvak 1940 tot 2080 van de eerste 31 simulaties. De grijs gestreepte lijn is het gemiddelde van alle simulaties. De getrokken lijn is een schatting van de werkelijke wereldgemiddelde temperatuur op basis van alle bekende meetreeksen van temperaturen. Deze meetreeks is afkomstig van het Climatic Research Unit (CRU) in Engeland en beschrijft afwijkingen van de wereldgemiddelde temperatuur ten opzichte van de gemiddelde temperatuur over het tijdvak 1960-1990. De gesimuleerde temperatuurfluctuaties komen goed overeen met het gedrag van de waargenomen temperatuur.

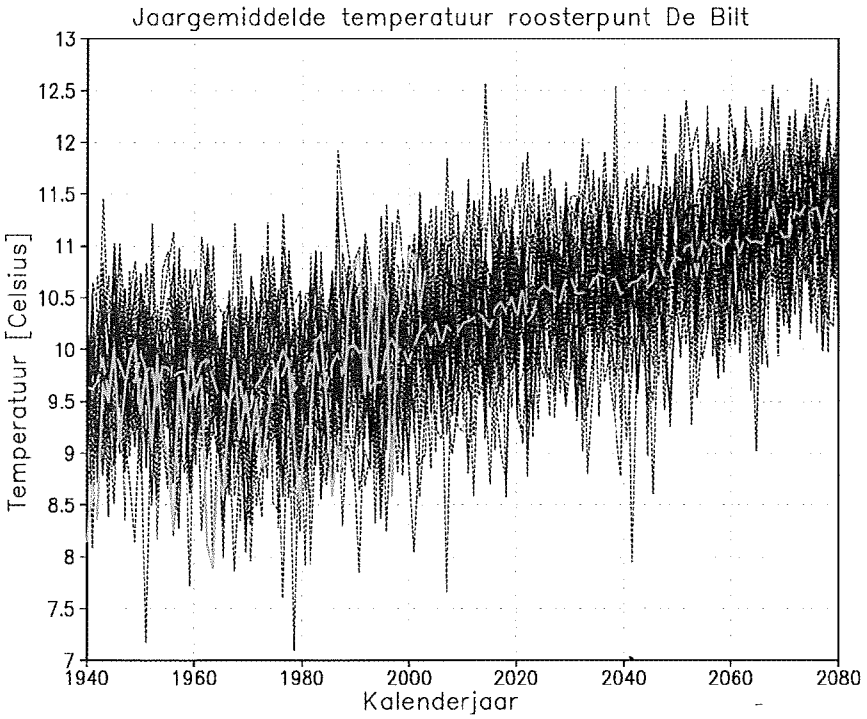
De temperatuurdaling tussen 1940 en 1970 hangt samen met een afname van de zonnestraling in die periode. De temperatuurstijging sinds 1970 hangt samen met de toegenomen concentraties broeikasgassen in de atmosfeer. Deze concentraties zullen voorlopig blijven toenemen en als gevolg daarvan ook de wereldgemiddelde temperatuur. De plotselinge kortstondige temperatuurdalingen die gesimuleerd worden en waargenomen zijn hangen samen met grote vulkaanuitbarstingen als Agung (1963), El Chichon (1982) en Pinatubo (1991). Zulke uitbarstingen brengen tijdelijk zoveel vulkanische roetdeeltjes in de hogere atmosfeer, dat minder zonlicht het aardoppervlak bereikt en als gevolg daarvan de wereldgemiddelde temperatuur iets daalt.

Volgens deze berekeningen stijgt de wereldgemiddelde temperatuur zo'n 1.5 graad in de komende 80 jaar onder invloed van toenemende concentraties van broeikasgassen.

Figuur 4 toont de jaargemiddelde temperatuur in een roosterpunt van het model wat een gedeelte van Nederland dekt en dat we aangemerkt hebben als roosterpunt De Bilt (zie zwart blokje in figuur 1). De gestippelde lijnen geven de jaargemiddelde temperaturen weer, de grijs gestreepte lijn is het gemiddelde van alle 31 simulaties. De getrokken lijn is de jaargemiddelde temperatuur gemeten op weerstation De Bilt. Grote jaar op jaar fluctuaties zijn te zien in zowel de gesimuleerde als gemeten tijdreeksen. Deze fluctuaties zijn grotendeels toevallig; het gemiddelde van alle simulaties gedraagt zich veel kalmer. Het effect van de grote vulkaanuitbarstingen is nauwelijks terug te zien. Vanaf de jaren negentig is wel een stijging zichtbaar in zowel de gesimuleerde als de gemeten tijdreeksen. De oorzaak van deze stijging is de toenemende concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer. Volgens deze berekeningen stijgt de temperatuur in onze streken net zo snel als de wereldgemiddelde temperatuur, zo'n 1.5 graad in de komende 80 jaar.

Figuur 5 laat tenslotte het verloop van de temperatuur door het jaar heen zien in roosterpunt De Bilt voor twee simulaties. Als referentie is een soortgelijke grafiek weergegeven voor de temperatuur van weerstation De Bilt. De getrokken lijn geeft de temperatuur weer van het huidige jaar 2003. De gestreepte lijn geeft de temperatuur weer van de desbetreffende dag, gemiddeld over alle jaren vanaf 1940 tot 2003. Het grijze oppervlak geeft het temperatuurbereik aan dat tot op heden op de desbetreffende dag is bestreken. Zo zijn de warmte- en koude records tussen 1940 en 2003 in één oogopslag per dag in het jaar af te lezen.

Duidelijk is te zien dat de simulaties onderling erg verschillen in de opgetreden extremen. De ene heeft winterdagen gekend met temperaturen beneden de -20 graden, in de andere is het koude record op -15 blijven steken, wat meer lijkt op het plaatje voor weerstation De Bilt. Als het model zich gedraagt als de natuur, is het dus puur toeval dat we geen winterdagen hebben gekend met daggemiddelde temperaturen beneden de -20 graden !



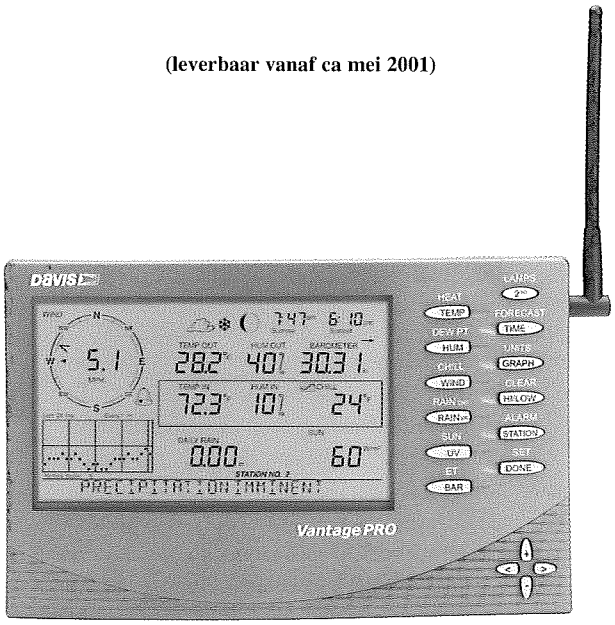
Figuur 4. Jaargemiddelde temperatuur in roosterpunt De Bilt van de eerste 31 simulaties (gestippeld), waargenomen op weerstation De Bilt (getrokken grijs) en het gemiddelde van de simulaties (gestreept grijs).

VERGELIJKING MODEL - WAARNEMINGEN

De modelresultaten zijn niet zondermeer te vergelijken met de waargenomen temperatuur in De Bilt. Zo zijn de gesimuleerde temperaturen berekend voor een gebied van ongeveer 200 bij 200 kilometer waarbinnen in werkelijkheid behoorlijk grote variaties in temperaturen optreden onder invloed van lokale effecten als hoogteverschillen, nabijheid van grote wateroppervlaktes en dergelijke. De gemeten tijdreeksen zijn puntwaarnemingen, metingen die gedaan zijn op één locatie in De Bilt. Deze waarnemingen zijn representatief voor de weersgesteldheid in de omgeving van het KNMI, een veel kleiner gebied dus. Om toch een vergelijking te kunnen maken tussen de gesimuleerde en de gemeten tijdreeksen, is het nodig een statistische relatie af te leiden tussen de waarnemingen op kleine ruimtelijke schaal en gesimuleerde waarden die representatief zijn voor grotere ruimtelijke schalen. Dit noemt men 'down-scaling'. Door deze statistische relatie op historische metingen af te leiden en te veronderstellen dat in een veranderend klimaat deze relaties geldig blijven, kunnen we ook toekomstige gesimuleerde waarden omrekenen naar de De Bilt locatie. De zo

NIEUW: Vantage Pro

(leverbaar vanaf ca mei 2001)



Het ultieme weerstation voor de echte weerliefhebber!

Ook zeer geschikt voor (semi)-professioneel gebruik, zoals:
boer & tuinder, milieudiensten, energie bedrijven, weerdiensten etc!

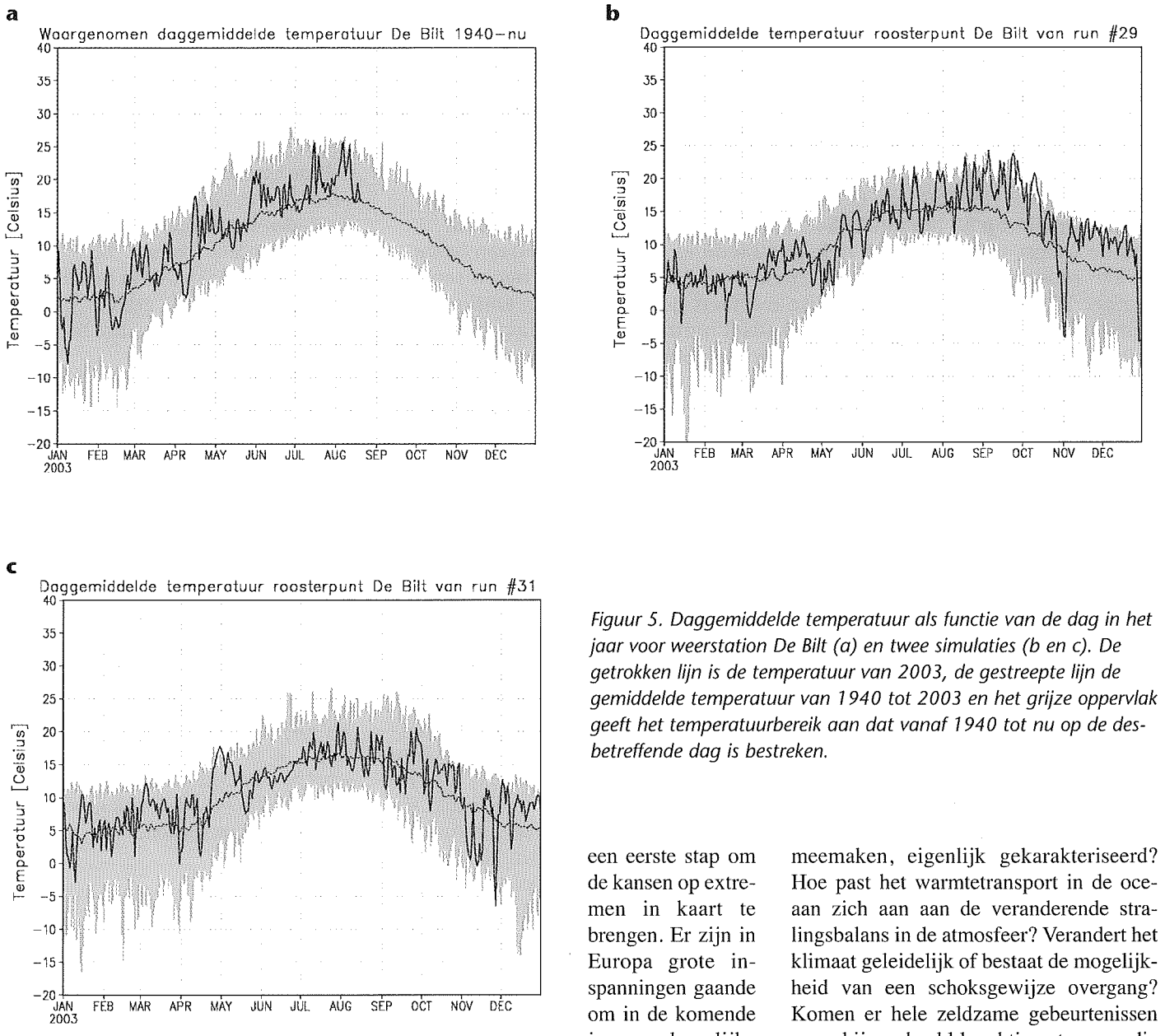
Het veelzijdigste weerstation voor relatief weinig geld met zeer veel mogelijkheden o.a.:

* windsnelheid (+ maximum met datum en tijd) en windrichting
* binnen + buiten temperatuur(+ min/max met datum en tijd) en berekening graaddagen
* barometrische druk (+ trend)
* vochtigheid (binnen en buiten met dauwpunt)
* wind chill (gevoelstemperatuur)
* met draadloze sensoren mogelijk tot vele honderden meters, met repeaters tot 1,5 km!
* neerslag (regenmeter per 0.2 mm)
* krachtige software voor PC (Windows)
* koppeling aan pc netwerk of uw eigen website!
* met de bekende EKOPOWER kwaliteit, service en garantie
* opties: meting van zonnestaling, uv-straling, op zonne energie geventileerde weerhut, meerdere (draadloze) uitlezingen, bodemtemperatuur, bladnat, gewasverdamping etc.
* leverbaar met draadloze sensoren of met "klassieke" verlengkabels
* voorzien van groot duidelijk grafisch LCD display

EKOPOWER staat al meer dan 15 jaar garant voor kwaliteit, garantie en service!
VRAAG DE GRATIS NIEUWE WEER-CATALOGUS (en prijslijst) AAN BIJ :

EKOPOWER

Postbus 4904, NL 5604 CC Eindhoven
Tel. : 040-2814458 Fax.: 040-2814119 weer@ekopower.nl www.ekopower.nl



Figuur 5. Daggemiddelde temperatuur als functie van de dag in het jaar voor weerstation De Bilt (a) en twee simulaties (b en c). De getrokken lijn is de temperatuur van 2003, de gestreepte lijn de gemiddelde temperatuur van 1940 tot 2003 en het grijze oppervlak geeft het temperatuurbereik aan dat vanaf 1940 tot nu op de desbetreffende dag is bestreken.

verkregen waarden voor temperatuur en neerslag zijn wel bruikbaar als prognose, onder de aannames dat a) het klimaatmodel goed in staat is de klimaatverandering te simuleren, b) de gebruikte statistische relaties in de toekomst geldig blijven en c) de veronderstelde verandering in broeikasgasconcentraties redelijk goed de toekomstige ontwikkeling beschrijft en andere klimaatfactoren (vulkanen, zon) niet veel variëren. Een uitgebreide vergelijking tussen model en waarnemingen zal later dit jaar plaatsvinden als alle berekeningen achter de rug zijn. Dan zullen meetgegevens uit heel Europa bij deze vergelijking betrokken worden (zie ECA&D site).

Klimaatmodellen zijn verre van volmaakt. Met name de resolutie en de beschrijving van grenslaagprocessen, bodemprocessen, vegetatie, oceanstromingen, stratosferische processen behoeven verbetering. Dit project moet dan ook gezien worden als een eerste stap om de kansen op extremen in kaart te brengen. Er zijn in Europa grote inspanningen gaande om in de komende jaren dergelijke berekeningen te gaan herhalen met klimaatmodellen met een hogere ruimtelijke resolutie en verbeterde beschrijving van bovengenoemde processen.

KLIMAATVRAGEN

De dataset van het Challenge project zal de komende tijd door een groot aantal onderzoekers van het CKO gebruikt gaan worden om een aantal prangende klimaatvragen te beantwoorden. Wat gaat er bijvoorbeeld gebeuren met El Niño? Verandert de frequentie waarmee El Niño optreedt, de sterkte, het effect van El Niño op het weer in de rest van de wereld, met name Europa? En hoe gedraagt de Noord Atlantische Oscillatie (NAO), die in hoge mate het klimaat van West-Europa bepaalt, zich in opwarmend klimaat? Hoe reageert de atmosferische circulatie op grote vulkaanuitbarstingen en veranderingen in de zonnestraling? Waardoor worden extremen, zoals de zomer die we nu meemaken, eigenlijk gekarakteriseerd? Hoe past het warmtetransport in de oceaan zich aan aan de veranderende stralingsbalans in de atmosfeer? Verandert het klimaat geleidelijk of bestaat de mogelijkheid van een schoksgewijze overgang? Komen er hele zeldzame gebeurtenissen voor, bijvoorbeeld krachtige stormen, die qua onstaan en ontwikkeling afwijken van meer gangbare gebeurtenissen? Hoe betrouwbaar zijn bestaande statistische technieken om op basis van relatief korte meetreeksen uitspraken te doen over de kans op extreme gebeurtenissen? Vragen genoeg.

Naarmate er antwoorden gevonden worden op dit soort vragen, zullen we hierover meer berichten in Meteorologica.

Noot: het CKO is een samenwerkingsverband tussen het KNMI, het RIVM en het IMAU, een onderzoeksinstituut van de universiteit van Utrecht.

Challenge website:
http://www.knmi.nl/onderzk/CKO/Challenge-live
ECA&D website:
http://www.knmi.nl/samenw/eca

Brussel 1853

KEES DEKKER (KNMI)

Volgend jaar is het 150 jaar geleden dat het KNMI werd opgericht. Om precies te zijn op 31 januari 1854. Deze oprichting is niet uit de lucht komen vallen, maar er is een hele geschiedenis aan vooraf gegaan, waarbij een maritieme conferentie in Brussel van 23 augustus tot begin september 1853 een niet onbelangrijke rol heeft gespeeld. In november wordt dit feit, 150 jaar geleden, in Brussel herdacht. Als opmaat naar onze eigen viering wil ik hieraan en aan de voorgeschiedenis van de oprichting van het KNMI aandacht geven.

BUYS BALLOT

De biografie van Buys Ballot, geschreven door zijn latere opvolger als hoofddirecteur van het KNMI Dr. E. van Everdingen, is een belangrijke bron van informatie. We pakken de draad op in 1835. Buys Ballot, geboren op 10 oktober 1817 in Kloetinge waar zijn vader predikant was, wordt als zeventienjarige ingeschreven als student in de letteren aan de Hogeschool in Utrecht. Hoewel hij zijn studie der letteren tot zijn kandidaatsexamen op 20 juni 1838 heeft voortgezet doet hij al in 1836 een kandidaatsexamen in wis- en natuurkunde (magna cum laude).

Vooral professoren als R. van Rees (natuurkunde en astronomie) en J.F.L. Schröder (wiskunde) hebben een grote invloed op de jonge Buys Ballot. Hij grijpt iedere gelegenheid aan om bij professor Van Rees waarnemingen van sterren en planeten te doen, vaak samen met zijn vriend, studiegenoot en latere medewerker F.W.C. Krecke.

Buys wordt lector in de meest uiteenlopende vakken zoals mineralogie en geologie, later in theoretische chemie, terwijl hij in 1847 benoemd wordt tot buitengewoon hoogleraar in de wiskunde.

De oprichter van het KNMI is een zeer breed-ontwikkeld man. Astronomische waarnemingen worden in Utrecht gedaan op de, later afgebroken, Smeetoren. Ter vervanging hiervan wordt op het terrein van het observatorium op Zonnenburg een sterrenwacht gebouwd.

KENNISMAKING MET DE METEOROLOGIE

De eerste kennismaking met de meteorologie dateert uit de periode 1839 tot 1843 als Buys Ballot Van Rees assisteert bij waarnemingen op de Smeetoren en bij internationale waarnemingen die op buitenlandse aansporing om de drie maanden, n.l. op 21 maart, 21 juni, 21 september en 21 december worden verricht. Waarschijnlijk is hierdoor al de gedachte van de noodzaak van internationale samenwerking op meteorologisch gebied ontstaan. Hij promoveert op 29 juni 1844. De achttiende stelling van zijn dissertatie luidt: Max Meteorologica disciplinae nomen jure sibi vindicabit. (Spoedig zal de meteorologie voor zich de naam wetenschap met recht opeisen). Een stelling die in 1844 nog erg gewaagd is, maar die door de latere ontwikkelingen volkomen is bevestigd. Buys Ballot dacht hierbij vooral aan de ontwikkeling van het telegraafnetwerk dat het mogelijk zou maken om waarnemingen uit Amerika snel naar Europa te zenden, om daarmee het probleem van het doen van weersvoorspellingen op te lossen.

Van Everdingen schrijft in de biografie over dit laatste punt dat die hoop niet vervuld is. In 1953 een terechte conclusie, nu, in 2003 zou je kunnen zeggen dat Buys Ballot alsnog gelijk heeft gekregen. Zonder de (vrijwel real-time) beschikbaarheid van wereldwijde waarnemingen is het maken van een betrouwbare weersverwachting niet goed mogelijk.

DE EERSTE MIJLPAAL NAAR HET KNMI

In 1847 maakt Buys Ballot een voor het KNMI belangrijke reis. Samen met Krecke bezoekt hij in dat jaar het Observatorium in Brussel. Dit bezoek versterkt hen in de wens om iets dergelijks ook in Utrecht te realiseren. Deze gelegenheid doet zich al snel voor: door het overlijden van de gewezen stadsarchitect Van Embden komt het gebouw Sonnenborgh vrij en Buys Ballot weet de beschikking over dit gebouw te krijgen (met dank aan de toenmalige burgemeester Kien).

Dr. Krecke zegt zijn baan op als leraar in Nijmegen en 1 december 1848 wordt de waarnemingsreeks aangevangen. In de jaren daarna verschijnt een aantal publicaties waaruit een groeiende liefde van Buys Ballot voor de meteorologie blijkt.

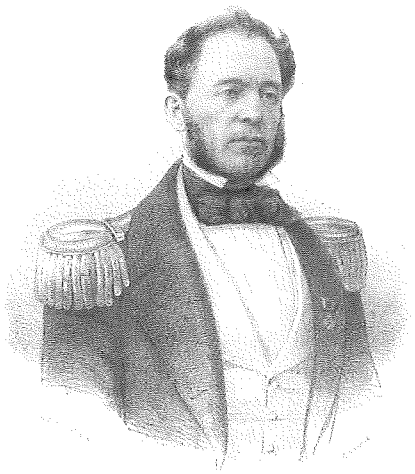
Het verkrijgen van Sonnenborgh en de start van de waarnemingen samen met Krecke is een belangrijke mijlpaal in de aanloop naar de oprichting van het KNMI. Krecke en Buys Ballot vormen een ideaal duo. Krecke kan als experimenteel fysicus veel betekenen voor de ontwikkeling en verbetering van de instrumenten, Buys Ballot is de breed ontwikkelde wetenschapper. Ze vulden elkaar perfect aan. Ook op het persoonlijk vlak kunnen ze het goed met elkaar vinden.

WAARNEMINGEN OP ZEE

Een tweede belangrijke mijlpaal op weg naar het KNMI is de maritieme conferentie in 1853 in Brussel. In de aanloop naar deze conferentie komen twee andere belangrijke personen op de proppen, n.l. luitenant ter zee M.H. Jansen en de Amerikaanse zeeofficier M.F. Maury.

Ook op zee werden (sporadisch) waarnemingen gedaan en vermeld in de scheepsjournalen (al in de VOC-tijd gebeurde dit). Jansen onderkent het belang van deze

De jonge Buys Ballot.



Luitenant ter Zee M.H.Jansen.

waarnemingen voor de zeilvaart en wil, in navolging van landwaarnemingen, deze gebruiken om meer te kunnen leren en begrijpen van het weer, de wind en de zeestromingen. Uit een brief van 22 mei 1850 blijkt dat Jansen zijn bemiddeling heeft verleend bij de minister van Marine om te bevorderen dat Buys Ballot journalen van oorlogsschepen ter inzage worden gezonden. De minister gaat hiermee akkoord als Buys Ballot er om vraagt.

Scheepvaart

Buys Ballot zoekt ook op eigen gelegenheid contact met de scheepvaart. In 1852 wordt in overleg met het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte (opgericht in 1769) een circulaire aan reders en gezagvoerders gezonden. Het resultaat is dat Buys Ballot een veertigtal journalen ontvangt. Uit deze journalen kan al de conclusie worden getrokken dat men bij de vaart naar Nederlands-Indië niet te dicht onder de zuidpunt van Afrika moet blijven.
Ongeveer in dezelfde tijd dat Buys Ballot begint met het verzamelen van scheepswaarnemingen doet de Amerikaanse zeeofficier M.F. Maury in Amerika hetzelfde, en ook Maury trekt daaruit conclusies. Dankzij de steun van de Amerikaanse regering kan Maury de Sailing Directions (adviezen aan zeevarenden gebaseerd op waarnemingen over wind en stromingen) laten drukken. Deze Sailing Directions worden in een handige vorm gedrukt en uitgereikt als beloning voor de meewerkende schepen.
De uitreiking van onderscheidingen aan scheepvaartofficieren door de staatssecretaris op 7 mei jongstleden past dus in een traditie van ruim 150 jaar.
Jansen bezoekt Maury in Washington en komt terug met het verzoek om de beschikking te krijgen over de Nederlandse waarnemingen. De briefwisseling tussen Jansen, Buys Ballot en Maury leidt ertoe dat ook in Nederland de Sailing Directions worden ontvangen.
Dit is het sein voor Jansen om in scheepvaartkringen een grootse campagne te starten om deze te bewegen mee te werken aan de plannen van Maury en Buys Ballot.

De tweede mijlpaal

Het gaat daarna erg snel. Buys Ballot doet op 19 juli 1852 aan de minister van Binnenlandse Zaken het voorstel om een Meteorologisch Instituut op te richten. Jansen gaat, in overleg met Buys Ballot, zijn eigen weg en verzoekt de minister van Marine om een zeeofficier (net als Maury, waar Jansen een enorme bewondering voor had) te belasten met het bewerken van journalen om vervolgens de resultaten naar Maury te sturen opdat deze ze kan opnemen in de Sailing Directions.

België is het eerst

Nederland is niet het eerste land waar een meteorologisch instituut wordt opgericht. Al in 1826 houdt het astronomisch observatorium in België zich bezig met meteorologie. (Omdat België toen nog onderdeel van Nederland was zouden we toch kunnen claimen dat we eerste waren).
Berlijn 1847, Rusland 1849, Oostenrijk 1851, gingen ons voor, Groot Brittannië en Portugal startten eveneens in 1854. (Het aangeven van een goede volgorde van oprichting is moeilijk omdat een aantal instituten zich alleen maar bezighield met het doen van waarnemingen en de daarop gebaseerde klimatologie en niet met weersverwachtingen).

KNMI als datacentrum

Wat Nederland uniek maakt is het plan van Buys Ballot om van Utrecht een centrum te maken van waaruit waarnemingen van geheel Europa, later van heel de wereld, zouden worden verzameld en bewerkt. Jansen heeft een modeljournaal (waarneemboek zouden we nu waarschijnlijk zeggen) ontwikkeld en Buys Ballot gaat met enige kleine aanpassingen hiermee akkoord. De minister van Marine verklaart zich in het najaar van 1852 al bereid om na de oprichting van een Meteorologisch Instituut de oorlogsschepen op te dragen waarnemingen te doen volgens het voorgestelde model. Ook gaat de minister akkoord met het voorstel om een marineofficier aan te wijzen voor het bewerken van de scheepsjournalen. Jansen wordt in november 1852 uitgenodigd de afdeling Zeevaart te organiseren als zijn (zwakke) gezondheid dit zou toelaten. Jansen heeft de overtuiging dat de afdeling Zeevaart niet te Utrecht thuishoort, maar in Den Haag bij Marine, al zullen alle uitkomsten wel naar Utrecht gezonden moeten worden.
In januari 1853 bezoekt de minister van Binnenlandse Zaken (Thorbecke) Utrecht en de woning van Dr. Krecke van waaruit de waarnemingen werden verzorgd. Mede dankzij het werk van Maury en zijn Sailings Directions kunnen Buys Ballot en Krecke de minister gemakkelijk overtuigen van het nut van een Meteorologisch Instituut en krijgen ze een krediet van fl. 5000 waaruit waarnemingen kunnen worden betaald.

De maritieme conferentie in Brussel

Op 10 juni 1853 wordt van Maury het bericht ontvangen dat aan alle gouvernementen uitnodigingen zijn verstuurd om deel te nemen aan een maritieme conferentie in Brussel, met de mededeling dat aan iedereen die zich bereid verklaart om mee te werken aan het verzamelen van scheepswaarnemingen de vijfde editie van Sailing Directions zal worden gezonden.
Jansen wordt benoemd tot afgevaardigde naar Brussel. De minister van Marine schrijft Jansen een paar dagen later dat hij zich vooraf wel met Buys Ballot in verbinding moet stellen omdat Buys Ballot al eerder stappen heeft gedaan om de medewerking van de scheepvaart te krijgen. Ook Buys Ballot wordt gevraagd om afgevaardigde voor Brussel te worden.
Hoewel Buys Ballot moet hebben staan popelen om te gaan, ziet hij er toch van af om Jansen niet te ontstemmen. Jansen echter beschouwt de uitnodiging van de minister aan Buys Ballot als een teken van wantrouwen.
De maritieme conferentie in Brussel heeft plaats van 23 augustus tot begin september 1853, nu dus 150 jaar geleden. Doel van de conferentie is te komen tot internationale afspraken over het doen van scheepswaarnemingen volgens een standaardjournaal met bijbehorende instructies voor oorlogsschepen. Het journaal en de instructies zouden ook moeten gelden voor koopvaardijschepen. Jansen kan in deze conferentie een belangrijke rol spelen, niet in de laatste plaats vanwege zijn talenkennis. Jansen en Maury krijgen de opdracht een model voor een journaal te ontwerpen. De bijbehorende instructies geven veel meer problemen, vooral de vraag welke eenheden moeten worden gebruikt. Uiteindelijk schrijft Maury het eindrapport dat algemeen wordt aanvaard. Ook op het gebied van instrumentatie worden afspraken gemaakt.
De Brusselconferentie is de eerste stap op weg naar internationale samenwerking. Alleen dit al rechtvaardigt de herdenking van deze conferentie.

1854: Het KNMI wordt opgericht

Omdat Jansen verwacht dat de eerste resultaten van deze samenwerking uit Nederland zullen komen, moet haast gemaakt worden met de oprichting van een meteorologisch instituut.
In Nederland wordt dan nog "gesteggeld" over de vraag onder welk ministerie het op te richten Instituut zal vallen. Binnenlandse Zaken zal het uiteindelijk

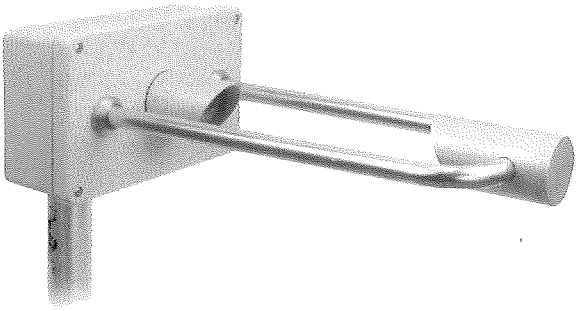
CaTeC

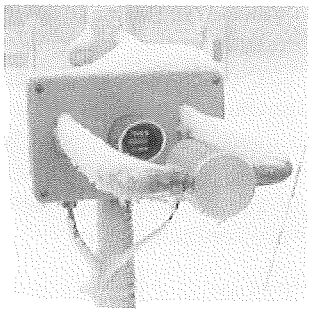
Professionele meteorologische apparatuur voor windsnelheid, windrichting, vocht, temperatuur, straling, barometrische druk, dauwpunt en neerslag.

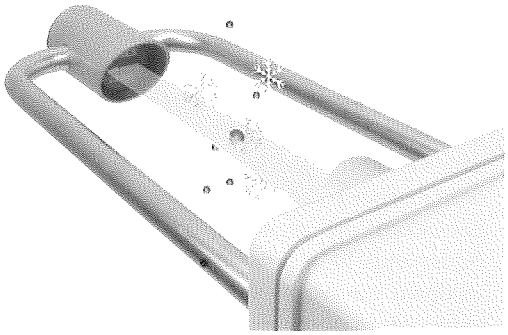
Thies distrometer de optimale neerslagmeter met laser

De sensor detecteert en onderscheidt verschillende vormen van neerslag zoals motregen, regen, hagel en sneeuw. Het systeem berekent de intensiteit, de hoeveelheid/tijdseenheid, het volume en het spectrum van de verschillende vormen van neerslag. Hierbij worden diverse cross checks op juistheid van de waarde uitgevoerd.

De distrometer is in RVS uitgevoerd, onderhoudsarm en kan t.b.v. extreme omstandigheden (-60 … +70°C) uitgerust worden met verwarmingselementen. De distrometer is een uitermate geschikt instrument om te worden ingezet t.b.v. de verkeersveiligheid, meteorologie, (lucht) havens en wetenschappelijk opnderzoek.





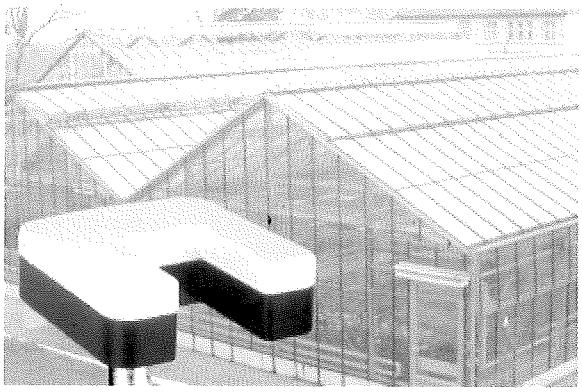


Air Eye MkII, een zichtbaarheid en neerslag sensor

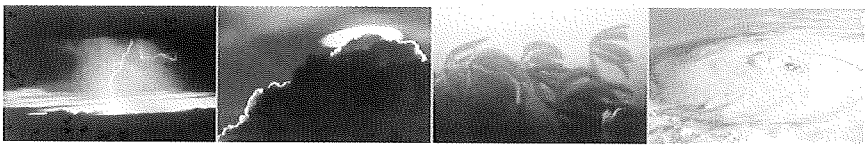
De Air eye is een compacte low cost sensor welke gebruik maakt van backscatter techniek voor het analyseren van water deeltjes van verschillende vormen - zoals mist, regen of sneeuw in de lucht. Deze sensor heeft zowel een analoge als digitale uitgang, die de informatie over neerslag en zichtbaarheid in meteorologische termen vertaald zoals mm/uur en MOR.

Thies optische regenmelder

Deze opto electronische regenmelder maakt gebruik van een revolutionair ontworpen infra rood sensor waarmee doorvallende druppels binnen een bepaald tijdbestek worden gedetecteerd. Géén nat oppervlak, geen corrosie of problemen door vallende bladeren of uitwerpselen van vogels meer!
Met instelbaar potentiaal vrij contact uitgang en verwarmde behuizing voor alle weersomstandigheden.
Nu ook leverbaar met **analoge uitgang** voor indicatie van de regenintensiteit.



Van stand-alone tot complete systemen
Voor meer informatie, prijzen of een gespecificeerde offerte



CaTeC b.v.
Turfschipper 114
2292 JB Wateringen
0174-272330 0174-272340
info@catec.nl

www.catec.nl

www.catec.nl

F.W.C. Krecke.

M.F. Maury.

winnen en op 31 oktober 1853 wordt aan de Bataafse Genootschappen in Rotterdam en Amsterdam bericht dat het Instituut zal worden opgericht.
Men had de taken en verantwoordelijkheden als volgt gedacht: De scheepsjournalen moeten worden ingezonden naar Binnenlandse Zaken, waarna ze aan Jansen worden toegezonden voor bewerking. Het Instituut te Utrecht krijgt dan de afschriften. Voor de rest is de taak van het Instituut beperkt tot het verifiëren van de instrumenten en het wetenschappelijk onderzoek.
Jansen vermoedt, waarschijnlijk terecht, dat het Instituut wel degelijk bemoeienis zal krijgen met de bewerking van de journalen en dat een marineofficier zal moeten werken onder de leiding van Buys Ballot in Utrecht, iets wat hij waarschijnlijk maar moeilijk kan verkroppen. Zijn droom, een onafhankelijke positie onder Marine is vervlogen, terwijl hij bovendien ook nog naar de "vervelende" stad Utrecht moet verhuizen.
Op 31 januari 1854 wordt het KNMI in Sonnenborgh opgericht. Buys Ballot wordt hoofddirecteur, Krecke directeur van de waarnemingen ter land en Jansen directeur van de waarnemingen ter zee.

Hoe verging het onze vier hoofdpersonen verder?

De teleurstelling van Jansen over zijn plaats en positie onder Buys Ballot escaleerde al snel. Vrijwel alles wat Buys Ballot voorstelde werd door Jansen afgekeurd. De bom barstte toen Jansen zich verzette tegen de ministeriële regel die voorschreef dat alle stukken die van het Instituut uitgingen door Buys Ballot getekend moesten zijn. Buys Ballot, die bij voorkeur alles in overleg wilde regelen, heeft nog geprobeerd deze instructie te veranderen, maar slaagde daar niet in. Jansen krijgt bevel van het Ministerie om zich aan de instructie te houden. Hij weigert, waarna in december ontslag volgt. Een tragisch einde binnen het KNMI van een man die net als Buys Ballot zo overtuigd was van de noodzaak van het verzamelen van betrouwbare waarnemingen en het grote nut voor de scheepvaart.

Luitenant ter zee M.H.Jansen

Jansen was een bijzonder kleurrijk figuur. Hij werd in 1817 in Antwerpen geboren. Bij het uitbreken van de Belgische opstand in 1830 wist hij als dertienjarige de stad te ontvluchten en een door de Nederlanders bezet fort te bereiken. Vandaar bereikte hij het korvet "Proserpine" waar zijn oom commandant was. Hij monsterde aan en bleef op het schip tot november 1831. Daarna werd hij geplaatst als adelborst bij de marine, een start van een glansrijke carrière. Hij maakte veel reizen, o.a. naar Nederlands Oost-Indië, naar de West en Noord-Amerika. Daar maakte hij kennis met Maury, iets wat uitmondde in een langdurige vriendschap. Hij maakte na zijn kortstondige loopbaan bij het KNMI nog een groot aantal verre reizen. Hij werd lid van de Raad van State voor marinezaken. Ver na zijn pensionering in 1868 werd hij in 1889 titulair benoemd tot Schout bij Nacht. Een kleurrijk en boeiend persoon, maar gezien zijn karakter en achtergrond geen wonder dat hij botste met de wetenschapper en domineeszoon Buys Ballot.

F.W. Krecke

Dr F.W. Krecke, studievriend van Buys Ballot, deed al sinds 1848 waarnemingen in Utrecht en vervolgde zijn carrière als directeur van de waarnemingen ter land. Hij bewerkte deze en publiceerde erover. Krecke verliet in 1866 teleurgesteld het Instituut. Over de reden doet Buys Ballot geen mededelingen. Buys Ballot miste waarschijnlijk de gave om waardevolle medewerkers aan zich te binden.

Buys Ballot

Buys Ballot heeft als hoofddirecteur van het KNMI gewerkt tot aan zijn dood op 3 februari 1890. Hij was in feite parttime directeur, want zijn hoofdfunctie was hoogleraar. Na zijn aftreden als hoogleraar in 1888, bij het bereiken van de zeventigjarige leeftijd, blijft hij wel tot zijn dood aan als hoofddirecteur van het KNMI.
Buys Ballot heeft veel gepubliceerd. Eén van de, achteraf, belangrijkste publicaties was in 1857, toen hij zijn 'Wet van Buys Ballot' publiceerde, waarschijnlijk op 3 oktober van dat jaar.
In 1868 publiceerde hij een werk over de aeroclinoscoop omdat hij ontevreden was over de manier waarop de telegrafisch overgebrachte barometerverschillen werden meegedeeld. De aeroclinoscoop was een toestel, bestaande uit een paal met dwarsbalk. De mate waarin de dwarsbalk scheef stond was een maat voor het luchtdrukverschil tussen het oosten en westen Nederland en daarmee een indicatie voor de (verwachte) windsterkte (zie afbeelding).
(Misschien een idee om ter gelegenheid van het 150-jarig bestaan van het KNMI een aeroclinoscoop na te bouwen en een plaats te geven op het KNMI-terrein, opdat we niet zullen vergeten waar de oorsprong van het KNMI ligt).
Als gevolg van het internationale pooljaar (1880), waar Buys Ballot zeer actief aan meewerkte, deed Nederland mee met een Noordpoolexpeditie. Deze expeditie vond plaats in 1882-1883. Het schip, de Varna, liep vast in het ijs en ging verloren. Men ging over het ijs verder en strandde op een klein eilandje. Dit kreeg de naam van Buys Balloteiland (70°24' NB 58°33' WL).
Over het werk en de betekenis van Buys Ballot voor het KNMI en de (internationale) meteorologie is voor de belangstellenden genoeg in de bibliotheek te vinden. Ook de biografie van Buys Ballot door van Everdingen (1953) geeft veel informatie.

Maury

Tot slot Maury, de Amerikaan die de Brusselconferentie van 1853 organiseerde. Maury, geboren op 14 januari 1806, kreeg grote bekendheid vanwege zijn publicaties

voor de scheepvaart, vooral gebaseerd op de bewerking van scheepswaarnemingen. Zijn faam steeg vooral als gevolg van de resultaten van de Brusselconferentie. (Ongeveer 20 jaar later leidde dit tot de oprichting van de IMO, de Internationale Meteorologische Organisatie, de voorloper van de WMO, met Buys Ballot van 1873-1879 als eerste voorzitter.) Vooral in Amerika wordt Maury geroemd als "vader" van de oceanografie. Mede door zijn publicaties wist men de gemiddelde reistijd tussen Engeland en Californië met ongeveer 30 dagen te bekorten, naar Australië met zo'n 20 dagen. De grootste verdienste echter die aan Maury wordt toegeschreven is het feit dat hij, net als Buys Ballot, zich realiseerde, dat, als je verder wilt komen in oceanografie en meteorologie, je wereldwijd moet denken. Maury stierf op 1 februari 1873.

Met dank aan Evert Bouws, Wouter Jansen en Wouter Lablans.

Heeft 2003 een recordzomer opgeleverd?

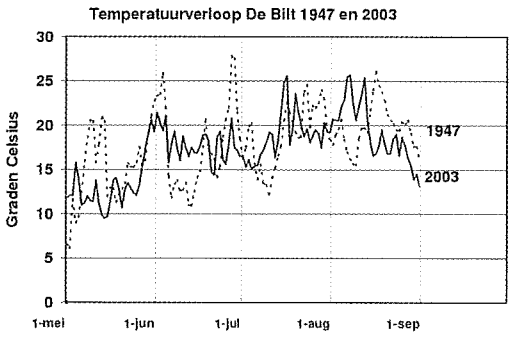
TOM VAN DER SPEK (METEO CONSULT)

Tijdens de hittegolf in augustus werd er op gespeculeerd dat de zomer van 2003 wel eens warmer dan die uit 1947 zou kunnen worden. Met een gemiddelde temperatuur van 18.7° te De Bilt was dat immers de warmste zomer sinds 1901. Ook in de 18e en 19e eeuw zijn er geen zomers geweest die duidelijk warmer verliepen. Te De Bilt was de zomer van 2003 tot en met 29 augustus inderdaad warmer dan zijn illustere voorganger, maar het laatste (koele) zomerweekeinde bracht de gemiddelde zomertemperatuur 0.07° onder die van 1947. De conclusie dat de afgelopen zomer daarmee toch vrijwel net zo warm was als die van 1947, is echter een voorbarige. De warmteproductie in dat laatste jaar was veel groter. Er traden toen maar liefst drie hittegolven op en de warmste tijdvakken ooit van respectievelijk 120 en 180 dagen vonden plaats in 1947. Van 24 mei tot en met 20 september van dat jaar bedroeg de gemiddelde etmaaltemperatuur te De Bilt 18.6°, en van 20 april tot en met 16 oktober 16.7°. Dat de gemiddelde zomertemperatuur in 1947 desondanks nauwelijks hoger is uitgekomen dan dit jaar, komt omdat de warmtegolven werden gescheiden door duidelijk koele perioden, terwijl dit jaar de warmte meer gelijkmatig verliep (figuur 1). Te De Bilt trad een record aantal warme dagen op (83) en is de maximumtemperatuur op 53 dagen op rij (van 7 juli tot en met 28 augustus) niet onder de 20° gekomen en ook dat is een absoluut record. Het oude record was 39 dagen, van 19 juli tot en met 26 augustus 1995.

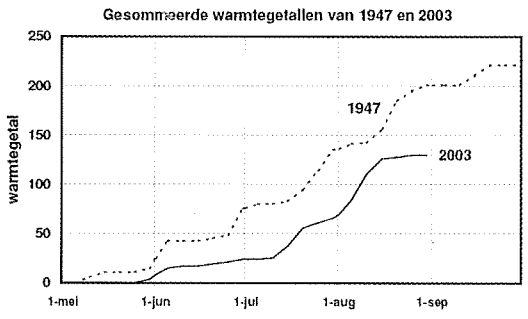
Dat de zomer uit 1947 zo'n speciale was, kwam mede omdat het zomerweer niet beperkt bleef tot de zomermaanden alleen. In mei en september traden er toen in totaal nog 18 zomerse dagen op. Dat maakt 1947 echt bijzonder, want van de andere topzomers uit het verleden kwam geen enkele zelfs maar in de buurt. In 1976, na 1947 de warmste zomer, leverden mei en september gezamenlijk slechts vijf zomerse dagen op, de overige warme zomers met een gemiddelde etmaaltemperatuur van tenminste 18.0°, nog minder. Uiteraard kan september 2003 de huidige zomer nog wat meer glans geven, maar er zouden dan 21 zomerse dagen moeten optreden om het aantal uit 1947 te evenaren en dat lijkt onmogelijk. Het record aantal zomerse dagen in september bedraagt elf en werd juist in 1947 gevestigd! Als we de ontwikkeling van het warmtegetal van de zomers van 1947 en 2003 met elkaar vergelijken (figuur 2), dan blijkt eigenlijk nu al duidelijk dat 1947 onovertroffen blijft.

Zomer 2003 heeft 705.8 uren zonneschijn opgeleverd te De Bilt en daarmee is het een zeer zonnige zomer geweest. Toch blijft ook hier zomer 1947 soeverein op kop staan met 840.3 uren zon. Het enige waarin 1947 wél een "normale" zomer was, was de hoeveelheid neerslag, want uitzonderlijk droog was het toen niet, dit in tegenstelling tot het huidige seizoen. Te De Bilt viel de recordlage hoeveelheid van 73.6 mm, maar ook op de overige hoofdstations behoort de afgelopen zomer bij de allerdroogste. Kijken we echter naar de gevallen neerslag gedurende het héle groeiseizoen, dan was het in 1976 nog een stuk droger. Die zeer droge zomer, met bijvoorbeeld in Vlissingen slechts 47.5 mm neerslag, werd toen door een record droge lente voorafgegaan.

Al met al kan de conclusie worden getrokken dat we een bijzondere, maar geen unieke zomer hebben beleefd. Vooral voor wat betreft zon en warmteproductie blijft de zomer van 1947 nog steeds de absolute topper.



Figuur 1. De dagwaarden van de gemiddelde temperatuur in de Bilt in 1947 en 2003.



Figuur 2. Het warmtegetal in 1947 en in 2003. Dit warmtegetal is gedefinieerd als het, over het jaar, geaccumuleerde verschil tussen de daggemiddel-

Fijn voetbalweer

HENK DE BRUIN

Het zijn *De kleine dingen en het weer* waar ik het over wil hebben deze keer. Dit stond al lang op mijn lijstje van mogelijke columnthema's en het werd actueel door het overlijden van Willem Wilmink.

Het zijn de kleine dingen die het doen, die het doen zongen we al meer dan 50 jaar geleden en dat is typisch Nederlands, want het *"doe maar gewoon, dan doe je al gek genoeg"* is en blijft het belangrijkste motto van ons volkje. Dat maakt dat de kleine dingen van het leven ons Nederlanders tot tranen toe kunnen ontroeren. En kleine dingen hebben geregeld te maken met het weer, vandaar. Het is misschien wel de belangrijkste bestaansreden van onze vereniging, want ik ken geen land met zoveel weermannen en weervrouwen die het volk informeren over hoe warm of koud het is in een strandtent, op de camping, tijdens de kampioenschappen kaatsen of het Caribische Carnaval. Om te illustreren wat ik bedoel citeer ik allereerst een regel uit het tweede couplet van voornoemd lied"*De kleine dingen*" die luidt:

Die kinderstem die kleur geeft aan een saaie, grijze dag.

Maar het mooiste voorbeeld is voor mij de volgende strofe geschreven door Willem Wilmink uit De oude school (muziek van Pieter van Empelen)[1]:

Je speelde in een schooltoernooi
En het begin was wondermooi
Fijn voetbalweer
Je kreeg met 10-1 op je smoel
De kleine keeper in zijn doel
Hij weende zeer

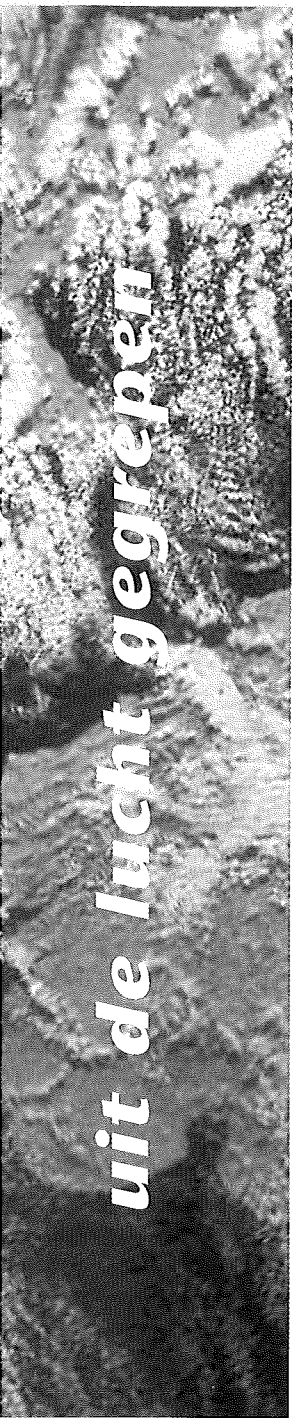
Iedere keer als ik dit lied hoor ontroert mij deze tekst. De combinatie van klein geluk (een ieder die heeft gevoetbald herkent het geluksgevoel dat hoort bij *fijn voetbalweer*) en het kleine keepersleed is zo prachtig. En verder, het is zo Nederlands, want het rijm, de tekst, het thema, etc. ze zijn allemaal zo gewoon. Gewoner kan gewoon niet. Willem Wilmink schreef deze tekst eind jaren zestig en het opmerkelijke is dat het lied werd opgenomen in het repertoire van één van de meest maatschappijkritische cabaretgroepen die de beroemde jaren zestig hebben voortgebracht. Het werd in 1971 gezongen door *Don Quishocking*. Het was in feite een ode aan de gevestigde orde, terwijl deze nu juist door *Don Quishocking* op de hak werd genomen. Nu is het één van de weinige liedjes die je nog af en toe hoort van deze groep. Ja, het kan raar lopen in het leven.

Mijn grootouders van vaderszijde kwamen uit Twente. Dat verklaart wellicht waarom ik zo geraakt word door de teksten van Willem Wilmink, want hij is daar geboren en getogen. Na zijn 'carrière-jaren' in Amsterdam keerde hij er terug en in de laatste jaren van zijn leven woonde hij op nog geen 100 meter van zijn ouderlijk huis. Hoewel de meeste teksten van hem in het Nederlands zijn uitgegeven, dacht hij veelal in het lokale dialect. Omdat mijn grootouders dit thuis spraken klinken zijn teksten mij waarschijnlijk zo vertrouwd in de oren. Er is misschien nog meer. In zijn boek *Mijn Middeleeuwen* beschrijft hij hoe hij in de oorlog als kind een kasteel tekende op mooi, hard ruitjespapier dat zijn vader van kantoor had meegenomen. Hij lag in bed, want hij was al weken ziek. Hij tekende kasteelmuren, met torens en kantelen, de woonvertrekken en de ridderzaal. Toen het kasteel klaar was voelde hij zich veilig, want nu kon hij er in wonen en hoefde hij niet meer bang te zijn voor de bombardementen. Ook dit komt mij allemaal heel bekend voor. Dromen over kastelen en angst voor bombardementen. Ook hier voel ik verbondenheid, hoewel ik de oorlog niet bewust heb meegemaakt. Toch was ik als kind ook bang voor vliegtuiggeluid. Nog altijd bekruipt mij een onbehaaglijk gevoel dat grenst aan angst als ik vliegtuiggerommel hoor. Ik denk dat het komt door het gedrag van mijn ouders als er vliegtuigen overkwamen. Ik lag in de kinderwagen en nam hun angst gewoon in mij op.

Ik hoor net op de radio dat de hittegolf nu officieel is. Het automatische kwik in de Bilt is binnen de tijd die daarvoor staat een voldoend aantal keren boven de 30 graden gestegen. Diverse toppresentatoren van onze actualiteitenrubrieken zullen nu ongetwijfeld al in het land zijn om met cameraploegen thermometers te filmen en om diepte-interviews te houden met een bekende weervrouw.

Willem Wilmink is niet meer en ik snak nog maar naar één ding: *fijn voetbalweer*. Ik blijf hem eeuwig dankbaar dat ik daar, dankzij zijn *Oude School*, zo intens van kan genieten. Willem bedankt!

[1] Ik schrijf dit op de dag dat Willem Wilmink wordt gecremeerd/begraven en op het moment dat ik de regels van de De oude school intik wordt dit lied op de radio ten gehore gebracht. Dit is toeval dat in de logica van het dagelijks leven zit gebakken, maar dikke tranen lopen over mijn wangen. Ik word oud en sentimenteel.



Nieuws van onze leden

LEO KROON

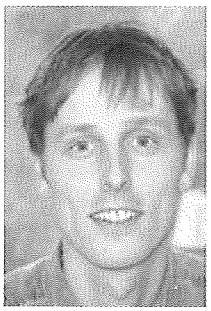
Op 19 juni promoveerde **Arnold Moene** aan de TU Eindhoven op een proefschrift met de titel "Swirling pipe flow with axial strain". Promotoren waren Gert-Jan van Heijst en Frans Nieuwstadt (TU Delft). Dit vraagstuk werd aangepakt met metingen en large-eddy simulation. In de atmosfeer komt dit soort stromingen niet echt voor, alleen bij een dust-devil lijkt het er nog een beetje op. Na 4 jaar bij vakgroep Transportfysica in Eindhoven is Arnold "de pijp uitgegaan" en weer teruggekeerd tot de atmosfeer. Sinds 1998 is hij onderzoeker bij Meteorologie en Luchtkwaliteit van Wageningen Universiteit. Hier houdt hij zich, naast het onderwijs, bezig met (numeriek model)onderzoek op het gebied van de atmosferische grenslaag en mesoschaal systemen.

Sjon van der Tol

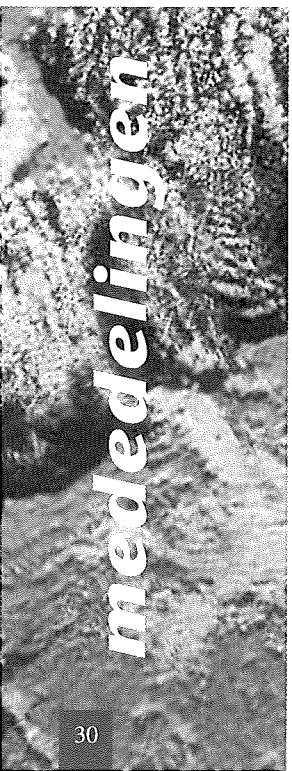
Op het KNMI is **Sjon van der Tol** sinds kort druk bezig met het ontwerpen van zogenaamde MeteoCAL modules. Deze internet-modules zijn interactief en zijn, zoals Sjon het zegt "geschikt voor hergebruik". Sjon richt zich speciaal op toepassingen in de maritieme meteorologie. Ook door het Met. Office zijn al MeteoCAL modules ontwikkeld, ze zijn te vinden op http://www.eumetcal.org.uk/msgtools/msgcal/www/english/courses/msgcrs/index.htm.

William Bos verruilde twee jaar geleden het LMG in Woensdrecht voor het ambtelijke Den Haag. Hier werkt hij bij de "Tactische Luchtmacht" afdeling Ondersteunende Operatiën en is hij Hoofd Bureau Meteorologie. Ook de KLu Meteo moet gereorganiseerd worden, teneinde doelmatiger en efficiënter te worden. Het gevolg hiervan is dat binnenkort de productie gecentraliseerd wordt en de officieren van alle weervelden op Woensdrecht gestationeerd worden. Er blijven dan op de weervelden alleen nog "meteo briefers" over. William heeft dit proces vanuit Den Haag op beleidsniveau begeleid.

Ook met satellietgegevens zal **Gerald van der Grijn** zich gaan bezighouden. Gerald is sinds januari 2001 verbonden aan het ECMWF. Met ingang van 1 september is zijn taak de data monitoring van de gegevens van de NOAA satellieten en de nieuwe AQUA satelliet. Van deze laatste zullen vooral de gegevens van MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) en AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) gebruikt gaan worden in de nieuwste versie van het ECMWF model.


Gerald van der Grijn

AIRS heeft een zeer hoge sprectrale resolutie en al die data moeten gecontroleerd worden voordat ze in het model worden opgenomen. Het beheer van het softwarepakket dat deze taak vervult is een van de zaken die nu onder de verantwoordelijkheid van Gerald gaan vallen. De komende drie jaar zullen de Meteorologica's nog wel de Noordzee over blijven gaan.



Na het verschijnen van het juninummer is het betrekkelijk stil geweest binnen onze vereniging. Daarom hier slechts een vooruitblik op het komende najaar.

ECAM/EMS CONFERENTIES

Zoals gebruikelijk zijn deze twee conferenties weer gecombineerd. Deze keer zijn de conferenties in Rome van 15 t/m 19 september. Tijdens de ECAM zal er weer een intensieve uitwisseling zijn van expertise op het gebied van toepassingen van de meteorologie. De EMS conferentie heeft als thema "Strategic planning of the European Meteorological Organizations". Meer details over deze bijeenkomsten kunt U vinden op het Internet via onze eigen Website.

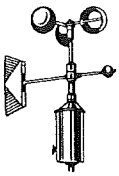
SYMPOSIUM KNVWS

Alhoewel dit niet een activiteit van de NVBM betreft wijs ik U gezien het onderwerp, "Met het oog op aarde", nogmaals op het symposium van de Koninklijke Vereniging voor Weer en Sterrenkunde op 4 oktober 2003. De NVBM draagt in het kader van de boekenactie bij aan de inschrijfkosten voor onze leden.

MINISYMPOSIUM NVBM

De voorbereidingen voor dit minisymposium zijn in volle gang. Het zal plaats vinden omstreeks eind november of medio december. Ditmaal wordt aandacht besteedt aan twee onderwerpen. Binnen het thema Luchtvaartmeteorologie organiseren we twee voordrachten en binnen het thema klimaat zal een voordracht worden gehouden over het Dutch Challenge Project, een ensemble run met een klimaatmodel over de periode 1940 tot 2080 (zie ook elders in dit blad de bijdrage van Frank Selten).

Sponsors van de Nederlandse Vereniging van BeroepsMeteorologen zijn:



ingenieursbureau **wittich & visser**

wetenschappelijke en meteorologische instrumenten

info@wittich.nl www.wittich.nl

postbus 1111 2280 cc rijswijk nederland
telefoon 070-3070706 telefax 070-3070938

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

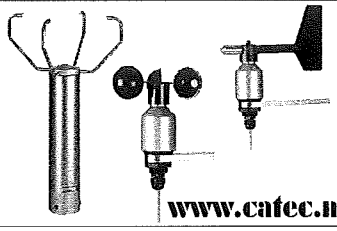
ALMOS

Professionele
Meteo Systemen

Almos Systems
Adres: Landzichtweg 70,
4105 DP, Culemborg
Postbus 22
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

Colofon

Redactieadres:
Meteorologica
KNMI
Postbus 201
3730 AE De Bilt
e-mail: mureau@knmi.nl
Tel. 030-2206755

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

Hoofdredacteur: Robert Mureau
Redactieleden:
Wim van den Berg, Aarnout van Delden
Henk van Dorp
Medewerkers:
Leo Kroon
Penningmeester: Gerard van der Vliet
e-mail: gerardvandervliet@wxs.nl
Vormgeving: Monique Roest

Druk: Zuijderduijn Druktechnieken, Woerden

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 501
3720 AM Bilthoven
onder vermelding van:
- Abonnement Meteorologica
- Uw adres.

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 nummers. 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
Postbus 501
3720 AM Bilthoven.

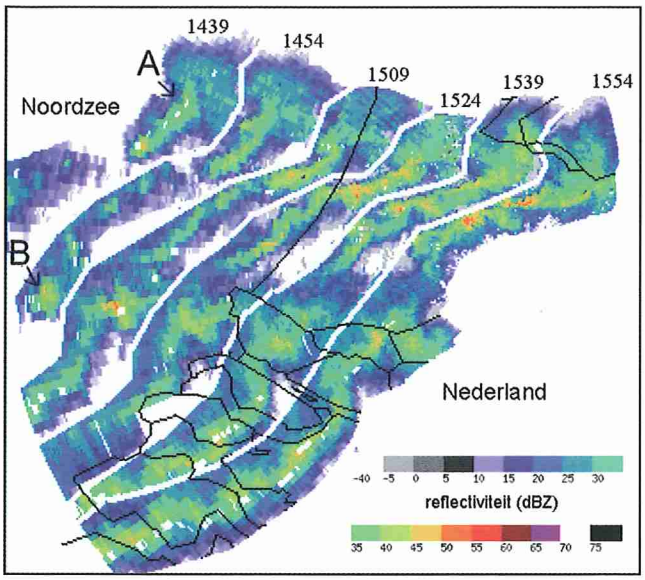
Incidenteel kan de redactie besluiten tot uitgave van een dubbelnummer i.p.v. twee normale enkele nummers.

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

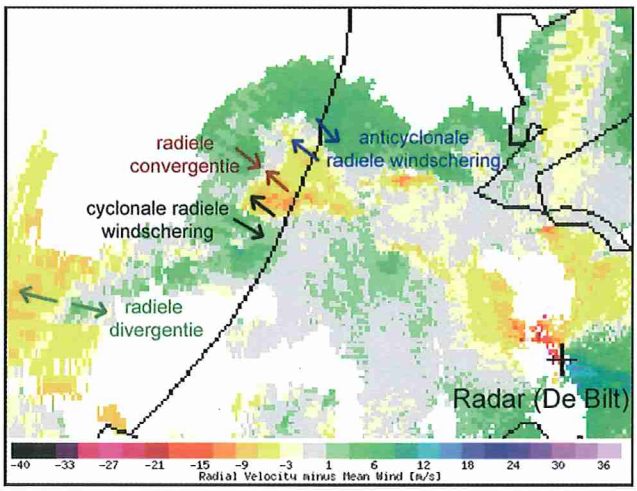
Adverteren in Meteorologica is mogelijk. Advertenties worden geplaatst op 3 formaten, A5, A4 of A3.
Uiterste inleverdata voor advertenties zijn: 1 februari, 1 mei, 15 augustus en 1 november voor respectievelijk nummer 1, 2, 3 en 4.
Tarieven kunt u opvragen bij:
Robert Mureau
Tel. 030-2206755
e-mail: mureau@knmi.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.

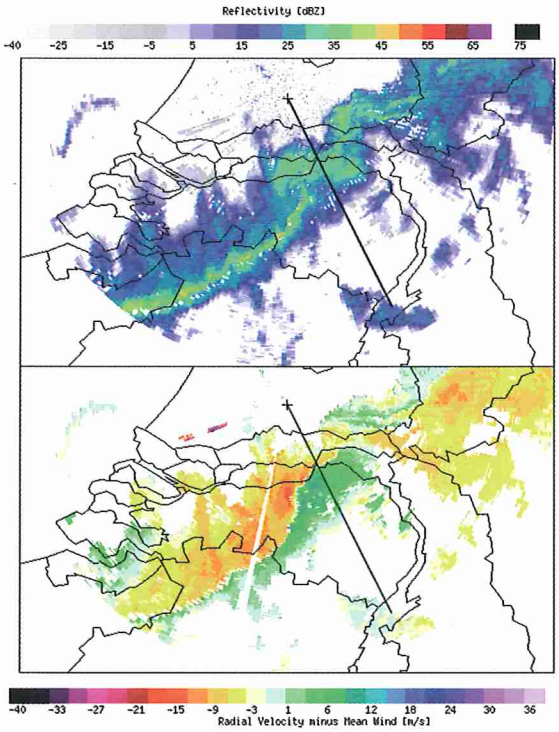
Voor meer informatie over het sponsorschap kunt u contact opnemen met Robert Mureau (zie boven).



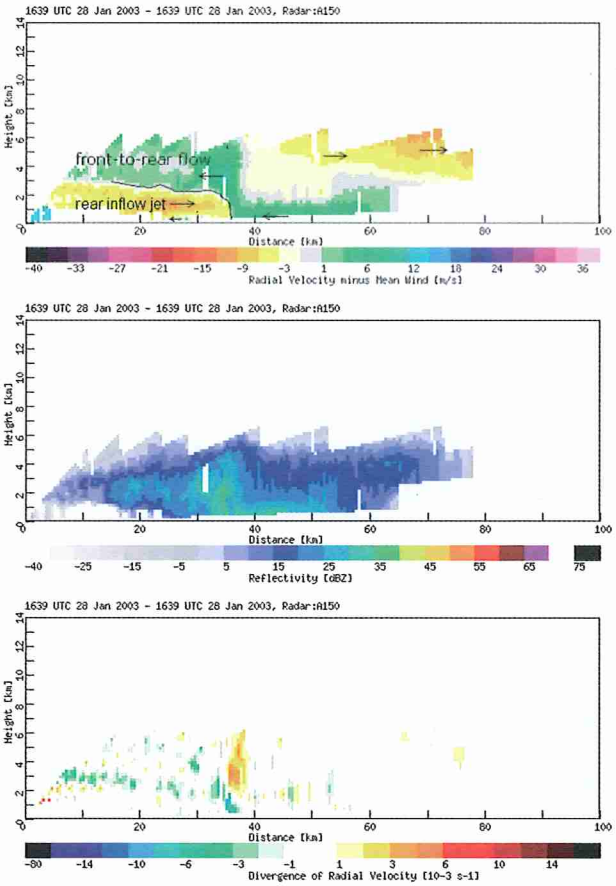
REFLECTIVITEIT VAN EEN BUIENLIJN
(FIGUUR 4 VAN ARTIKEL OP BLZ. 8)



RADIËLE WINDSNELHEID MINUS EEN GEMIDDELDE WIND
(FIGUUR 6 VAN ARTIKEL OP BLZ. 8)



REFLECTIVITEIT EN RADIËLE WINDSNELHEID
(FIGUUR 7 VAN ARTIKEL OP BLZ. 8)



VERTICALE DOORSNEDE VAN RADAR
(FIGUUR 9 VAN ARTIKEL OP BLZ. 8)