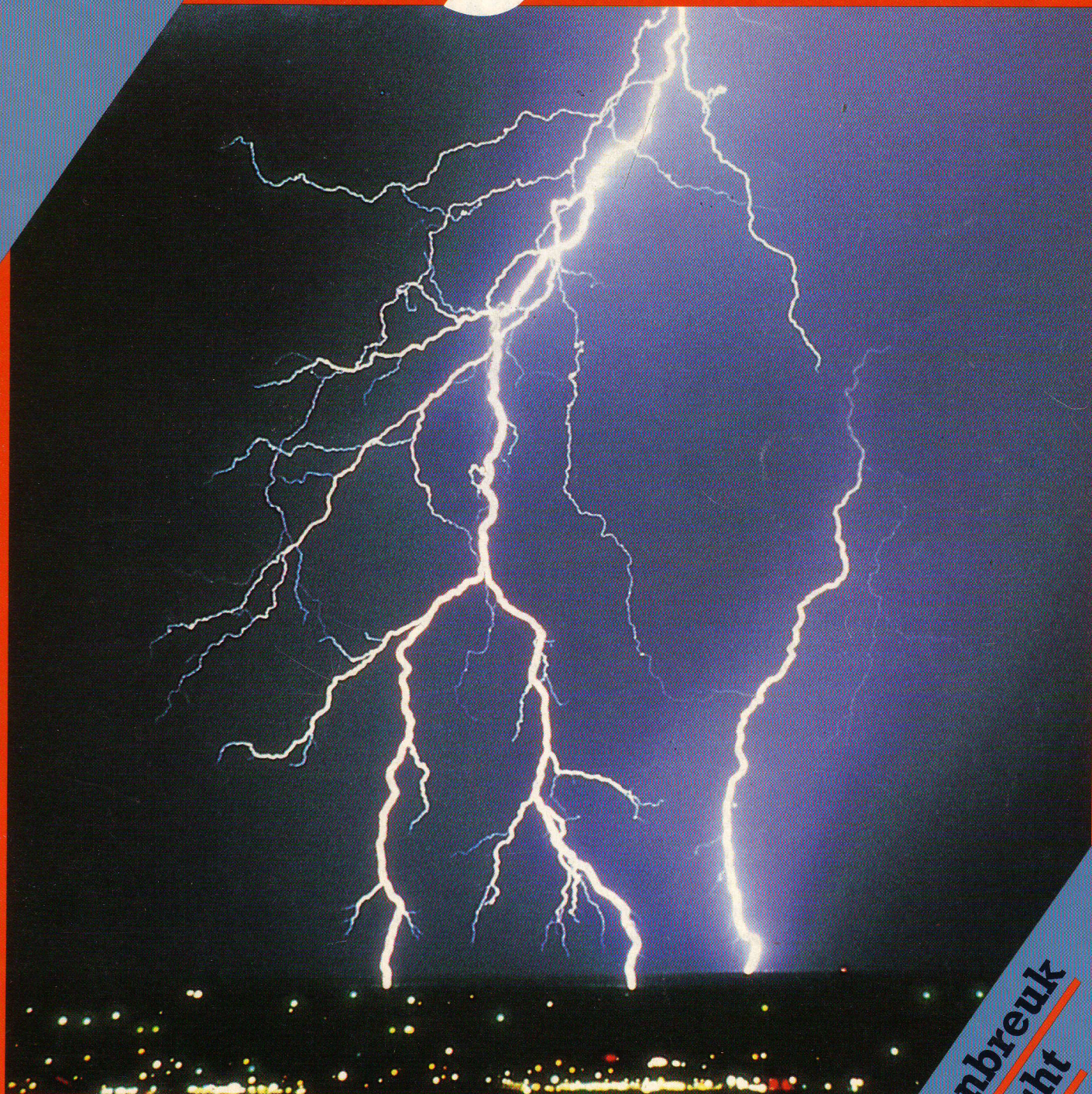


de Ingenieur



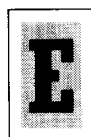
**De weersverwachting
vandaag en morgen**

**Ideologische oorlog tussen
drukkers en tv**

**Pensioenbreuk
verzacht**

De weersverwachting vandaag en morgen

De Nederlander staat erom bekend dat hij alleen over het weer kan praten! Zijn kennis berust op 'boeren wijsheden' en kijken naar het weerbericht op de tv. De meteorologen daarentegen baseren hun kennis op gedegen studies en metingen. Een impressie over het wel en wee van de weervoorspelling.



Ike dag confronteren tv, radio en krant het Nederlandse publiek met het weer. Elke maand zitten daar weersverwachtingen bij die als mislukt beschouwd moeten worden. Daardoor treedt de kwaliteitverbetering van verwachtingen en andere meteorologische producten, die zich in de afgelopen decennia hebben voorgedaan, wat minder op de voorgrond. De meteorologische ontwikkelingen die geleid hebben tot deze kwaliteitverbetering en tot een gevarieerd assortiment producten, kwamen en komen tot stand in een wereld die gekenmerkt wordt door grote natuurwetenschappelijke en technologische veranderingen; deze veranderingen hebben de groei van de meteorologie mede mogelijk gemaakt en hebben hun stempel gedrukt op de geavanceerde waarnemingsmethodieken die thans in gebruik zijn en op de huidige generatie computermodellen van de atmosfeer. Geleidelijke veranderingen in de samenleving leidden tot een grotere weerafhankelijkheid en daardoor tot een toename van de vraag naar weerinformatie. De grootste winst werd de afgelopen jaren behaald op het terrein van de verwachtingen voor middellange termijn, tot ongeveer een week vooruit. Recentelijk staan ook de ontwikkelingen bij de verwachting voor de zeer korte termijn (0-12 uur vooruit) sterk in de belangstelling.

Wat vooraf ging

Modelvoorstellingen van de atmosfeer vormen nu een niet meer weg te denken hulpmiddel bij het opstellen van verwachtingen, met name op de wat langere termijn; ze zijn tevens een belangrijk stuk gereedschap bij het onderzoek naar weer en klimaat. De geschiedenis van atmosfeermodellen gaat terug tot het begin van deze eeuw. In 1904 poneerde Vilhelm Bjerkness, de latere leider van de zogeheten Noorse school, het idee om de wetten van de vloeistofmechanica, die reeds geruime tijd bekend waren, toe te passen op de atmosfeer. Het stelsel

Drs. C. Floor

De auteur is werkzaam als projectingenieur van de Stafafdeling Projectontwikkeling, Evaluatie en Ondersteuning bij het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut te De Bilt.

vergelijkingen dat hij opschreef deed weliswaar slechts in zeer beperkte mate recht aan de complexiteit van de vele processen in de atmosfeer, maar had desondanks geen analytische oplossing. Bjerkness suggereerde grafische oplossingsmethoden, maar deze bleken te moeilijk, te onnauwkeurig en te tijdrovend om praktisch bruikbaar te zijn.

Een, naar pas veel later bleek, betere aanpak werd in 1922 voorgesteld door de Engelsman Lewis Fry Richardson. Deze wis- en natuurkundige die studeerde aan de universiteit van Cambridge, bepleitte een numerieke benadering. Bovendien vulde hij het stelsel vergelijkingen van Bjerkness aan met voorspellingsvergelijkingen voor neerslag, opwarming en afkoeling door straling en de uitwisseling van warmte en vocht tussen atmosfeer en aardoppervlak.

Richardson benutte, als chauffeur van een ziekenauto in de Eerste Wereldoorlog, zijn militaire diensttijd voor het uitvoeren van talloze berekeningen. Met de door hemzelf voorgestelde methoden maakte hij een verwachting voor de luchtdruk voor Berlijn zes uur

vooruit, die overigens grandioos mislukte. De luchtdrukverandering die hij berekende bedroeg 145 mb (millibar); dat was meer dan honderdmaal de waargenomen verandering.

Gebrek aan waarnemingen en het gebruik van te grote tijdstappen bij de uitgevoerde berekeningen waren de oorzaak van de onjuiste uitkomst. Verder was de methode in die tijd erg onpraktisch door het immense aantal berekeningen dat ervoor nodig was. Richardson schatte dat er 64 000 menselijke rekenaars nodig waren om het weer alleen nog maar bij te houden.

Tussen het verschijnen van het boek waarin Richardson zijn ideeën en rekenresultaten beschreef (1922) en de tijd van nu, is er veel veranderd. Vanaf de jaren dertig kwamen er geleidelijk meer waarnemingen beschikbaar van hogere niveaus in de atmosfeer en na de Tweede Wereldoorlog begon de ontwikkeling en de opmars van elektronische rekenmachines.

De eerste experimentele 24-uurs computerverwachting dateert uit 1950 en was een redelijk succes. Daardoor bleef verder onderzoek niet beperkt tot de Amerikaanse groep in Princeton, die de spits afbeet.

Europees weercentrum

Door de snelle voortgang in de computertechnologie kreeg de numerieke weersvoorspelling de wind mee. Het

Afb. 1 Natuurkundige wetten die de basis vormen van modelberekeningen van de atmosfeer.

- wet van Newton ($K = m \cdot a$)
(drie bewegingsvergelijkingen of vergelijkingen van Navier-Stokes)
- Wet van behoud van massa
- Toestandvergelijking (Boyle-Gay Lussac)

Zes vergelijkingen met zes onbekenden: u, v, w, p, ρ, T

gebied waarover de verwachtingen gemaakt werden, de verwachtingstermijn, het aantal variabelen, de complexiteit van de natuurkundige processen die tijdens de berekeningen werden meegenomen en het aantal wisselwerkingen tussen deze processen, groeiden mee met de reken- en geheugenmogelijkheden van de elkaar in hoog tempo opvolgende nieuwe generaties computer.

Tegelijkertijd groeiden echter de kosten die gemoeid waren met het in stand houden van onderzoek- en ontwikkelteams en de benodigde computerfaciliteiten. Vandaar dat de meteorologie in Europa afhankelijk werd van internationale samenwerking, hetgeen resulteerde in de oprichting van het Europees Centrum voor Weersvoorspellingen op Middellange Termijn (ECMWF) in 1975 (zie kader). Internationale samenwerking bij de uitwisseling van weerwaarnemingen was al veel langer onontbeerlijk.

Europees atmosfeermodel

Het huidige atmosfeermodel van het ECMWF, waarvan de rekenresultaten als basis dienen voor de meerdaagse verwachtingen die het KNMI uitgeeft, is het meest succesvolle weermodel ter wereld. Het model bevat een verzameling wiskundige formuleringen van natuurkundige wetten (afbeelding 1) en processen (afbeelding 2). Doordat de bewegingsvergelijkingen worden toegepast op de atmosfeer, een dunne gaschil rond een draaiende bol, zijn de formules die gebruikt worden nogal ingewikkeld. Naast de zwaartekracht, de kracht die veroorzaakt wordt door luchtdrukverschillen en eventuele andere echte krachten (bijvoorbeeld de wrijving langs het aardoppervlak), komen in de vergelijkingen ook 'schijnkrachten' voor, omdat ze toegepast worden in een draaiend systeem. Een extra complicatie is dat de vergelijkingen zonder verdere bewerking gelden voor een waarnemer die met de lucht meebeweegt, terwijl de meteoroloog geïnteresseerd is in de eigenschappen van de atmosfeer op een bepaalde plaats, bijvoorbeeld ergens in Nederland.

Vergelijkingen die processen in de atmosfeer beschrijven, bieden weer andere problemen; de beschrijvingen zijn veelal vrij grof en wetenschappelijk onderzoek ter verfijning ervan is nog in volle gang.

De enorme reken- en geheugencapaciteit die nodig is om een atmosfeermodel in bedrijf te hebben, hangt niet alleen samen met het grote aantal vergelijkingen dat opgelost moet worden. Om de toestand van de atmosfeer op

Het ECMWF

Op 15 juni 1979 werd het Europees Centrum voor Weersvoorspellingen op Middellange Termijn (ECWMT, maar in de wandeling meestal aangeduid met de beginletters van de Engelse naam ECMWF) officieel geopend. Dit centrum levert de computerprognoses, waarop de vijfdaagse verwachting van het KNMI sinds 1 juni 1981 gebaseerd is. De geschiedenis van het centrum gaat twintig jaar terug; in oktober 1967 deed de Raad van Ministers van de Europese Gemeenschap voorstellen om tot meteorologische samenwerking te komen op wetenschappelijk en technisch gebied. Anderhalf jaar later lag er een voorstel van meteorologische deskundigen. Hierin werd o.a. gepleit voor het oprichten van een reken- en onderzoekcentrum met als doel het opstellen van verwachtingen voor de middellange termijn. Een paar maanden nadat het voorstel aangenomen was, werd besloten dat ook landen buiten de Europese Gemeenschap konden toetreden. In augustus 1971 verscheen een rapport waarin alle voor- en nadelen van een gezamenlijk meteorologisch centrum op een rij gezet werden. Met name werden de voordelen voor de landbouw, de bouwnijverheid, het verkeer en vervoer en de nutsbedrijven benadrukt. De verhouding kosten/baten werd geschat op 1:20. Laatstgenoemd rapport leidde tot de 'Convention Establishing the European Centre for Medium Range Weather Forecasts'.

De conventie werd in oktober 1973 ondertekend en vermeldde als belangrijk-

ste doel van het ECMWF: het ontwikkelen van computermodellen waarmee het gedrag van de atmosfeer nagebootst kan worden, zodat verwachtingen voor zeven tot tien dagen vooruit gemaakt kunnen worden. In 1975 werd de conventie van kracht. Er doen zeventien landen mee; Engeland treedt op als gastland. Het permanente hoofdkwartier werd gevestigd te Reading, nabij Londen. Het centrum kreeg de beschikking over een zeer geavanceerd computersysteem. Reeds voor de officiële opening in 1979 werkten er 130 mensen, waaronder veel hooggekwalificeerde wetenschappers en computerdeskundigen. Daarom konden de operationele verwachtingen op 1 augustus 1979 van start.

Aanvankelijk werden de prognoses alleen op werkdagen gemaakt; het KNMI ontving de resultaten per post. In januari 1980 werd een telexverbinding tussen het KNMI en het ECMWF in gebruik genomen. Op 1 augustus van dat jaar werd het centrum volledig operationeel: de produkten worden dagelijks gemaakt en verzonden. Zo kon het KNMI op 1 juni 1981 starten met het dagelijks uitgeven van verwachtingen tot vijf dagen vooruit. De kwaliteit van de prognoses voor de overige dagen van de ambitieus gekozen verwachtingstermijn is nog onvoldoende om bruikbaar te kunnen zijn voor verwachtingsdoeleinden.

Sinds september 1981 is de communicatie tussen het KNMI en het ECMWF opnieuw verbeterd door de ingebruikname van een snellere lijnverbinding.

een bepaald moment in de toekomst te kunnen beschrijven, zou men de verwachtingsberekeningen eigenlijk voor elk punt van de atmosfeer uit moeten voeren. Dit is uiteraard onmogelijk. Daarom wordt gewerkt met een rekenrooster, een net van punten dat het gehele gebied waarop de verwachtingen betrekking hebben, beslaat. Naarmate de verwachtingstermijn langer is, is het gebied waarover berekeningen uitgevoerd moeten worden groter (zie afbeelding 3); bij een termijn van zes tot tien dagen vooruit, zoals op het ECMWF, omvat het bijna de hele aardbol (afbeelding 4).

De berekeningen blijven niet beperkt tot punten aan het aardoppervlak; daarboven bevinden zich nog vijftien niveaus waarop eveneens gerekend wordt. Deze gedetailleerdheid in verticale richting is nodig om processen in

de zogeheten grenslaag nabij het aardoppervlak en in wolken voldoende te kunnen honoreren tijdens de berekeningen. De gebruikte tijdstap is twintig minuten, voldoende om rekeninstabiliteiten, en daarmee meteorologisch onbruikbare oplossingen van de vele berekeningen, te vermijden.

Successen

De introductie van numerieke produkten in de weerdiensten heeft aantoonbaar bijgedragen aan de kwaliteitsverbetering van de verwachtingen. De zogeheten prestatie-index, een maat voor het succes van verwachtingen, ging sprongsgewijze omhoog, vooral bij de wat langere verwachtingstermijnen. De verwachtingen van het KNMI, die nu op bijvoorbeeld maandag opgesteld worden en geldig zijn tot de vrijdag eropvolgend, dus vier dagen later, zijn

Ook het ECMWF kan successen melden over de ruim zeven jaar waarin het weermodel operationeel gedraaid en gebruikt werd. Men drukt de bruikbaarheid van de verwachtingen o.a. uit in dagen. Bij de start van de ECMWF-modelberekeningen, eind 1979, was gebruik van de rekenresultaten, gemiddeld genomen over het hele aardoppervlak en over alle verwachtingen, zinnig tot vier dagen. Inmiddels heeft

De schommelingen in de bruikbaarheidstermijn van verwachtingen in verschillende perioden van het jaar zijn echter tamelijk groot. De oorzaken van deze schommelingen zijn nog onzeker en worden verder onderzocht. Zulk onderzoek hoeft niet alleen te leiden tot eliminatie van bepaalde foutenbronnen; er wordt ook over gedacht om aan verwachtingen een soort 'betrouwbaarheidsindex' mee te geven. De gebruiker van weerberichten zou daarbij in de toekomst niet alleen een weersverwachting krijgen, maar bovendien een verwachting omtrent de onzekerheid van de geformuleerde verwachting.

De belangrijkste verandering van de afgelopen jaren is de vergroting van het aantal rekenpunten. In 1979 begon men met een roosterpuntafstand van ongeveer 200 km en met vijftien lagen in de verticaal. In mei 1985 werd de horizontale resolutie verbeterd tot ongeveer 100 km, nadat daarvoor reeds een zestiende laag in de verticaal was toegevoegd en de roosterpuntvoorstelling van luchtstromingen in het horizontale vlak was vervangen door een spectrale. Voor 1990 hoopt men de resolutie verder te hebben opgevoerd tot ongeveer 50 km.

The diagram illustrates the energy balance of the atmosphere through a series of interconnected processes. At the top, 'Adiabatische processen' (Adiabatic processes) is shown in an oval, with arrows pointing to four rectangular boxes: 'Wind', 'Temperatuur' (Temperature), 'Wolken' (Clouds), and 'Vochtigheid' (Humidity). Below these, four more ovals represent 'Diffusie' (Diffusion), 'Straling' (Radiation), 'Condensatie' (Condensation), and 'Neerslag' (Precipitation). At the bottom, four rectangular boxes represent 'Ruwheid van het aardoppervlak' (Surface roughness), 'Grondtemperatuur' (Ground temperature), 'Sneeuw' (Snow), and 'Grondvochtigheid' (Ground moisture). Finally, an oval at the very bottom represents 'Smelten' (Melting). Arrows indicate the direction of energy and mass transfer: 'Wind' influences 'Diffusie' and 'Wrijving' (Friction, in an oval). 'Temperatuur' influences 'Diffusie', 'Straling', 'Condensatie', and 'Verdamping' (Evaporation, in an oval). 'Wolken' influences 'Straling', 'Condensatie', and 'Neerslag'. 'Vochtigheid' influences 'Condensatie' and 'Neerslag'. 'Diffusie' influences 'Wrijving'. 'Straling' influences 'Grondtemperatuur' and 'Verdamping'. 'Condensatie' influences 'Wolken' and 'Neerslag'. 'Neerslag' influences 'Grondvochtigheid'. 'Ruwheid van het aardoppervlak' influences 'Wrijving'. 'Grondtemperatuur' influences 'Verdamping'. 'Sneeuw' influences 'Smelten'. 'Grondvochtigheid' influences 'Smelten'. 'Smelten' influences 'Grondvochtigheid'. 'Wrijving' influences 'Grondtemperatuur'. 'Verdamping' influences 'Wolken' and 'Vochtigheid'.

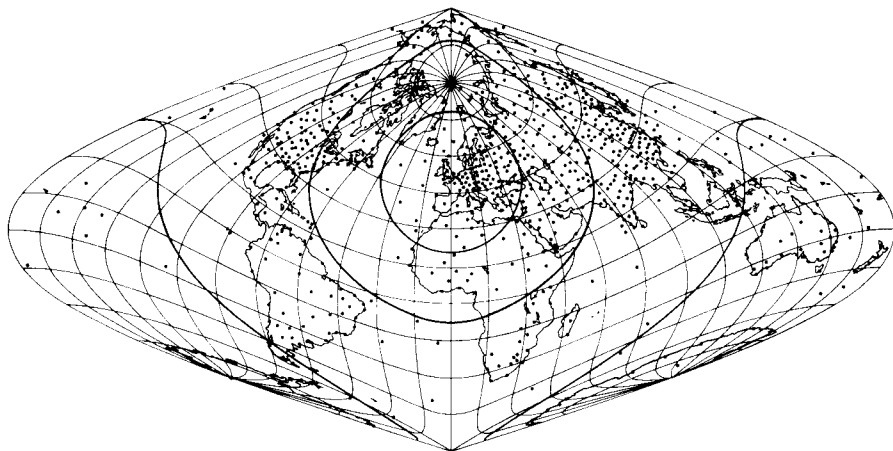
Toekomstige verbeteringen kunnen de bruikbaarheidstermijn van computer-verwachtingen verder verlengen, maar er zijn grenzen. Algemeen is men ervan overtuigd dat de limiet 10-14 dagen bedraagt (zie kader).

Weersverwachtingen zijn ondenkbaar zonder waarnemingen, ongeacht of ze door een meteoroloog opgesteld of door een computer gegenereerd worden. Het binnenhalen, controleren en

opslaan van alle op het ECMWF binnenvallende waarnemingen is dan ook een immens karwei, waar grote computers een volledige dagtaak aan hebben. Weerrapporten uit elke bron zijn welkom: grondwaarnemingen, ballonoplatingen, vliegtuigen, automatische stations, drijvende boeien, zwevende ballonnen en natuurlijk de in de huidige tijd onvermijdelijke satellietwaarnemingen.

Weersatellieten zijn vooral bekend door de schitterende foto's van aardoppervlak en bewolgingspatronen, die zij in hoog tempo naar allerlei ontvangststations op Aarde verzenden en die een vast bestanddeel zijn gaan vormen van de tv-journaals. Voor de meteorologische rekencentra vervullen de satellieten echter vooral de functie van meetplatform. Door bewerking van stralingsmetingen in twintig verschillende kanalen ontstaan verticale temperatuurprofielen die, afgezien van de nu nog gebrekkige nauwkeurigheid, vergelijkbaar zijn met de gegevens van radiosonde-opstijgingen aan weerballonnen, maar voor veel meer plaatsen op Aarde waarnemingen opleveren (afbeelding 6). Daarnaast kan met deze metingen voor een aantal lagen de vochtigheid bepaald worden. Tevens worden peilingen uitgevoerd met microgolven, vooral van belang in bewolkte gebieden. Hoofdzakelijk door de meting van temperatuur- en vochtprofielen kunnen weersatellieten de belangrijkste gegevensbron worden voor numerieke modellen van de atmosfeer. Maar aanvullende informatie is ook bruikbaar, zoals zeewatertemperaturen, verdeling van de bewolking, sneeuw- en ijsbedekking, vochtigheid van de grond en dergelijke.

De meest gedetailleerde satellietmetingen komen van de zogeheten polaire weersatellieten; deze beschrijven een baan op ruim 800 km hoogte, die min of meer over de polen loopt, en komen enkele malen per dag over. Minder gedetailleerd, maar vrijwel continu beschikbaar, zijn de metingen van geostationaire satellieten, zoals de Europese Meteosat 2 die op bijna 36 000 km hoogte boven een vast punt op de evenaar staan. Deze satellieten leveren ook gegevens over de hoogte van wol kentoppen en over de windsnelheid in lagen, waar bewolking te volgen is. De satellietsonderingen van de atmosfeer voldoen op dit moment nog niet aan de kwaliteitwensen van de ontwikkelaars van computermodellen van de atmosfeer. De vochtigheidsmetingen zijn te onnauwkeurig en er is behoefte aan meer windgegevens dan er nu routinematig beschikbaar komen. Verder zouden satellietmetingen van



Afb. 3 Het rekengebied van een atmosfeermodel wordt groter naarmate de verwachtingstermijn langer is. Voor 24 uur vooruit ligt het benodigde rekengebied binnen de binnencirkel, de zone eromheen gaat een rol spelen bij verwachtingen van twee tot vier dagen vooruit, terwijl het rekengebied bij vijf tot tien dagen vooruit bijna de hele aarde omvat. De plaatsen waar regelmatig weerballonnen worden opgelaten zijn aangegeven met *

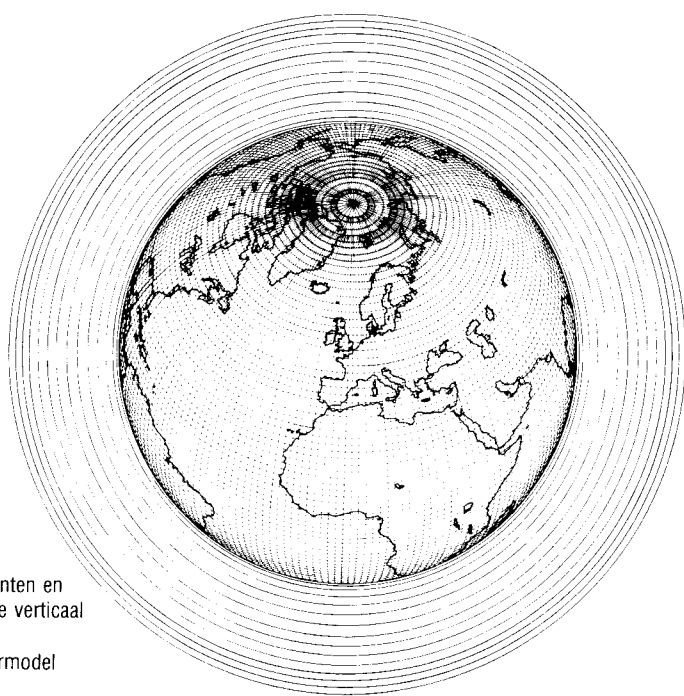
de luchtdruk aan het aardoppervlak een aanzienlijke kwaliteitsverbetering van de verwachte weerkaart kunnen opleveren. Het ontwikkelen en operationeel maken van de benodigde meetapparatuur is al in volle gang, maar vraagt nog wel verscheidene jaren werk en ruime investeringen.

Korte termijn

Door de successen van de verwachtingen voor twee of meer dagen vooruit, dreigde de korte-termijnverwachtingen in het slop te geraken. Na het uitblijven van vorderingen op dit terrein in de eerste helft van de jaren zeventig, ontwikkelde zich in de tweede helft van die periode een onderzoekactiviteit, die de verwachtingen voor 0...12 uur vooruit centraal stelde. Deels werd

hiertoe de succesformule van de globale atmosfeermodellen gekopieerd; wel werden de modellen aangepast voor het nieuwe doel: snel beschikbare, gedetailleerde informatie over het weer in de zeer nabije toekomst.

De resolutie van de korte-termijnmodellen is fijner en de frequentie waarmee ze gedraaid worden, ligt hoger om aan de eis van meer detail te kunnen voldoen. Het rekengebied is echter kleiner, zodat sneller na waarnemings-tijd gestart kan worden en het aantal berekeningen tot een acceptabel niveau teruggebracht wordt. Hoewel internationale samenwerking op dit terrein niet onmogelijk is (Nederland werkt bijvoorbeeld met een aantal Scandinavische landen aan de ontwikkeling van een fijnmazig weermodel),



Afb. 4 Roosterpunten en rekenniveaus in de verticaal van het ECMWF-atmosfeermodel (eerste versie).

gaat het toch vaak om initiatieven van individuele landen of instellingen. Enerzijds komt dit doordat elk land door zijn eigen ligging een eigen rekengebied nodig heeft, anderzijds lopen de soorten verwachtingen waaraan behoefte is uiteen. Zo heeft in ons land het weer op de Noordzee, met stormen, golven en verhogingen van de waterstanden, een hoge prioriteit.

In de Verenigde Staten kan men niet om de tropische cyclonen, de zware buien, al of niet vergezeld van tornado's, en de spectaculaire kou-invalen heen. In Australië is men hoofdzakelijk in het weer geïnteresseerd in verband met de kans op bos- of terreinbranden.

Verder zijn er natuurlijk verschillen tussen de manier waarop het weer zich in een vlak kustland zoals Nederland ontwikkelt en in een Alpenland zoals Zwitserland of Oostenrijk.

Door deze oorzaken tonen de ontwikkelingen bij modellen voor de korte termijn een wisselender beeld dan bij

de globale modellen voor de middellange termijn.

Bij verwachtingen voor 0...12 uur vooruit gebruikt men ook andersoortige modellen die niet rechtstreeks afgeleid zijn van wereldomvattende atmosfermodellen. Het gaat dan bijvoorbeeld om modellen die de grenslaag gedetailleerd beschrijven voor een periode van 3...12 uur vooruit. Ook bestaan er modellen die een bepaald natuurkundig proces wat preciezer doorrekenen (bijvoorbeeld de vorming van stralingsmist of het optreden van gladheid); de verwachtingstermijn daarvan bedraagt gewoonlijk 0...6 uur. Verder gebruikt men statistische modellen die de rekenresultaten van fijnmazige weermodellen of van grenslaagmodellen vertalen naar kansen op relevante weersverschijnselen.

Radar

Voor een termijn van 0...3 uur vooruit zijn ook goede resultaten te bereiken door weersverschijnselen eenvoudigweg te extrapoleren. Dat kan met de

hand, zoals dat al tientallen jaren gebeurt, of automatisch, wanneer het om gedigitaliseerde informatie gaat. Deze methode vraagt echter om geavanceerde waarnemingsmethodieken en snelle computerbewerkingen voor een onmiddellijke, overzichtelijke presentatie. Vandaar dat de betekenis van moderne waarnemingssystemen op de korte termijn nog veel groter is dan bij de globale atmosfermodellen. De daar genoemde satellietinformatie wordt uiteraard ook hier gebruikt, maar het accent op de 'beelden' vanuit de ruimte is nu veel groter. Opslag van de beelden geschiedt meer en meer digitaal om de computerbewerkingen, zoals het op beeldscherm tonen van 'loops' of het inkleuren van die beelden, mogelijk te maken en zo aan de eisen te kunnen voldoen die uit het maken van korte-termijnverwachtingen voortvloeien.

Een ander belangrijk waarnemingsinstrument voor de 'nowcasting', een gebruikelijke benaming voor het opstellen van verwachtingen op zeer korte termijn, is de radar. Op zichzelf is dit niets nieuws, want het gebruik van radar gaat terug tot in de Tweede Wereldoorlog en sinds 1953 verricht het KNMI routinematig radarwaarnemingen om neerslaggebieden boven Nederland en omgeving te lokaliseren.

Wel nieuw zijn de mogelijkheden die samenhangen met de opkomst van microcomputers. Signaalverwerking- en verzending verlopen daardoor aanzienlijk sneller dan vroeger, zodat bijvoorbeeld de Nederlandse vliegvelden eerder na waarnemingstijd over deze informatie beschikken. Door bewerking van de meetgegevens kan nu, evenals bij de satellietbeelden, een 'loop' op een beeldscherm gepresenteerd worden. Verder is het mogelijk om de beelden van verschillende weerradars te combineren tot een nieuw, samengesteld beeld dat een groter gebied omvat. Dit is belangrijk omdat de bolvorm van de aarde de afstand waarover de radar neerslagzones kan detecteren beperkt tot slechts enkele honderden kilometers. Daarom wordt ook gewerkt aan het koppelen van de Nederlandse weerradars (te De Bilt en Schiphol) met buitenlandse, om zo eerder geattendeerd te kunnen worden op het naderen of activeren van neerslaggebieden. In Nederland is de koppeling tussen de beide radars dit jaar tot stand gekomen. In Groot-Brittannië is al enkele jaren een koppelnetwerk van vijf weerradars in bedrijf. Daar heeft men de digitale radarbeelden bovendien gekoppeld met, eveneens digitale, informatie van de weersatelliet Meteosat 2, zodat men zich een beeld kan vormen

Hoe ver vooruit kan het weer voorspeld worden?

Met de wiskundige modellen van de atmosfeer kunnen we in principe onbeperkt vooruit rekenen. In de praktijk blijken de resultaten, zelfs van het meest geavanceerde model, na ongeveer 5...8 dagen niet meer bruikbaar voor het opstellen van een verwachting. Deze begrensdheid van de verwachtingstermijn heeft verschillende oorzaken. Natuurlijk zijn de wiskundige modellen niet volmaakt en kunnen de berekeningen in verband met de benodigde rekentijd slechts op een beperkt aantal 'rekenpunten' uitgevoerd worden. Verder bevatten de waarnemingen waarmee het model moet werken, soms fouten. Bovendien zijn de waarnemingsposten erg ongelijk over de aardbol verdeeld: in sommige gebieden is er een overvloed aan waarnemingen, terwijl uit verafgelegen- en onherbergzame gebieden de waarnemingen schaars zijn. Maar ook als het aantal waarnemingsposten vergroot zou worden en de wiskundige berekeningen voor meer punten in de atmosfeer uitgevoerd zouden worden, blijft de verwachtingstermijn beperkt tot naar men denkt zo'n dag of veertien. Dat komt doordat de groot-schalige luchtstromingen, die voor de weersverwachting voor de langere termijn van belang zijn, op den duur zelfs door kleine weersverschijnselen, zoals

een individuele bui, beïnvloed worden. Weersverschijnselen die te klein zijn om met het waarnemingsnet 'gezien' te worden zijn meestal ook te kleinschalig om een rol te spelen bij de berekeningen van het model: ze treden als het ware op tussen twee rekenpunten van het model in. Omdat ze toch van invloed zijn op het rekenresultaat voor 5...10 dagen vooruit zit hier dus een fundamenteel probleem dat moeilijk te omzeilen is. Want ook als het waarnemingsnet veel dichter wordt en het aantal roosterpunten sterk uitgebreid wordt, zullen er toch weer verschijnselen blijven die kleinschaliger zijn dan waarnemingsnet en rekenrooster toelaten.

De huidige technische ontwikkelingen leveren ons met satellieten, automatische waarnemingsstations en drijvende boeien meer waarnemingen uit tot nog toe waarnemingsarme gebieden en ze maken het werken met steeds grotere rekenprogramma's mogelijk.

We mogen op grond daarvan wel verwachten dat de verwachtingstermijn, die thans ongeveer zes dagen bedraagt, nog wat verder verlengd kan worden. Er mag echter niet op gerekend worden dat verwachtingen die volgens deze aanpak opgesteld worden, verder dan tien tot veertien dagen vooruit gaan.

van het windprofiel en uit een microgolfstralingmeter om, in combinatie met de stralingmetingen vanuit weersatellieten, het temperatuurprofiel te bepalen.

Verspreiding van weerberichten en weergegevens

Om de nieuwe mogelijkheden van de meteorologie uit te kunnen buiten en om aan de groeiende vraag vanuit de samenleving te kunnen voldoen, is een doeltreffende organisatie van de verspreiding van de weersverwachtingen een eerste vereiste. Bij de verwachtingen op de middellange termijn is de druk op de ketel nog niet zo groot, omdat verversing van een verwachting slechts een- of tweemaal per dag plaatsvindt en het aanmaken ervan zes tot twaalf uur in beslag neemt. Maar naarmate de verwachtingstermijn korter is, de informatie gedetailleerder en de verversingsfrequentie hoger, neemt ook het belang toe van een snelle toelevering van de berichten aan de klant. Bij de verspreiding van weerberichten gaat het om zes niveaus, waarbij de doelgroepen variëren van een algemeen publiek tot zeer specialistische gebruikers (zie kader).

Alle media (radio, tv, teletekst, viditel, telefoon, dagblad, kabelkrant) dienen als schakel in de weerberichtgeving,

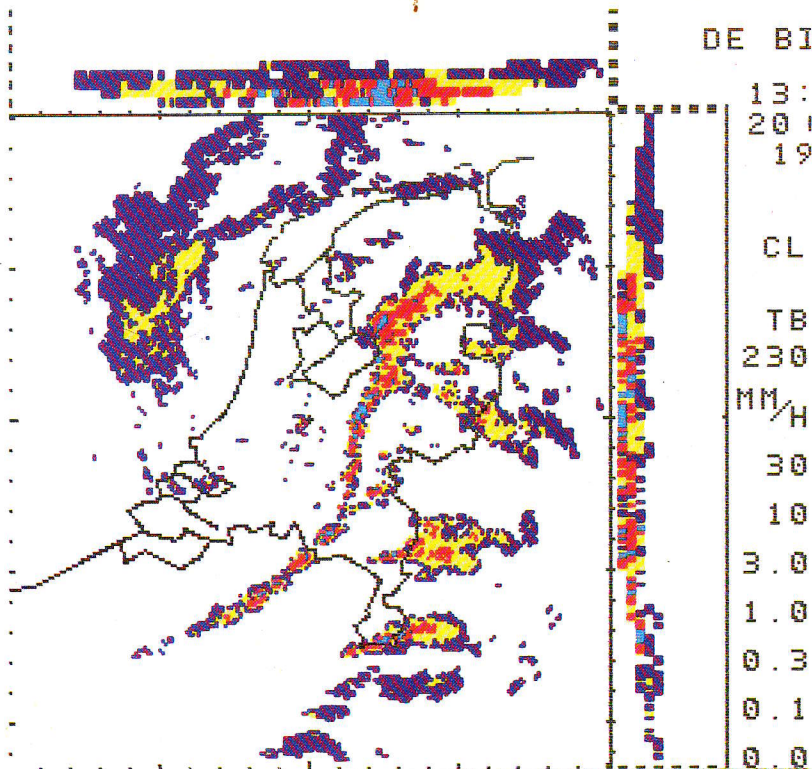
Beeld van de buitenradar (20 oktober 1986).

waarbij de specifieke mogelijkheden zo goed mogelijk benut worden. In sommige gevallen verloopt de communicatie via directe datalijnen van computer tot computer (bijvoorbeeld de verbindingen van KNMI-computers

met de computers van de Gasunie, van het Beheer- en Beslis Systeem van de Oosterscheldekering en de zetcomputers van dagbladen). In de Verenigde Staten is de personal computer – via een modem aangesloten op het telefoonnet – in opmars als ontvanger van weerberichten, een ontwikkeling die zich ook in ons land kan gaan voordoen. Met PC's kan de weerinformatie flexibeler, sneller en in een grotere variëteit aan presentatievormen bij de klant terechtkomen.

De waarnemingen, die in steeds grotere aantallen beschikbaar komen, worden opgeslagen in immense gegevensbestanden; ze kunnen gebruikt worden voor onderzoek- of adviseringsdoel-einden. Gebruikers van dergelijke gegevens vindt men vooral bij de overheid, in de landbouw, in de woning- en utiliteitsbouw en bij het verzekeringswezen, maar ook hier wordt geprobeerd nieuwe markten te openen.

Alle verbeterde technische hulpmiddelen ten spijt zullen mislukte weersverwachtingen de meteoroloog en het publiek blijven plagen. De bruikbaarheidstermijn en de detaillering zijn inmiddels sterk toegenomen en zullen nog iets kunnen verbeteren. De meteoroloog die zijn taak respecteert, zal bij zijn dienstverlening aan de maatschappij steeds tot de grens van de voorspelbaarheid moeten gaan en niet uitsluitend berichten wat 100 % zeker is. De gebruiker die een klein percentage mislukte verwachtingen accepteert, zal in verreweg de meeste gevallen optimaal geïnformeerd worden. ■



Verspreidingsniveaus van weerberichten

Weerberichten worden op verschillende niveaus verspreid.

1. Globale informatie over het weer voor een algemeen publiek en geldig voor een gebied ter grootte van het hele land. Vooral radio, telefoon (003), viditel en teletekst zijn geschikt door goede mogelijkheid tot verversing of aanpassing van de verwachtingen. Bij de berichtgeving via tv is het bereik groter, maar het aanmaken van de berichten duurt langer, verversing is moeilijker en de uitzendtijden zijn beperkt;

2. Routinematige verspreiding voor speciale takken van de economie of recreatie. Voorbeelden zijn de verwachtingen voor de luchtvaart, die op alle Nederlandse burgervliegvelden aan de informatiebalies voor piloten verstrekt worden. Daarnaast zijn er de weerberichten voor de scheepvaart, die via Scheveningen Radio (Noordzee) en de marifoon (kustwateren en IJsselmeer) verspreid worden. Verder via 06-koopnummers de regionale weerberichten voor landbouw ('s zomers) of bouw-nijverheid ('s winters) en de toeristische weerinformatie in samenwerking met de ANWB (water-, sneeuwlijn);

3. Routinematige verspreiding voor speciale klanten, zoals productie-plat-forms op de Noordzee, de Gasunie en elektriciteitsbedrijven (voor inschatting energiebehoefte), milieu-instanties, RWS/beheer Oosterscheldekering enz.;

4. Op maat gesneden verwachtingen op speciaal verzoek, bijvoorbeeld voor het verplaatsen van booreilanden bij het werken met hoge, windgevoelige kranen of tijdens 24-uurs zeilwedstrijden op het IJsselmeer;

5. Direct (telefonisch) contact met de meteoroloog. Dit kan in incidentele gevallen nodig zijn wanneer de klant niet precies weet welke weerinformatie beschikbaar is of wat daarvan voor hem van belang is, en er grote economische belangen op het spel staan;

6. Waarschuwingen, bijvoorbeeld voor storm, voor extreem hoge waterstanden langs de kust, voor gladheid of voor zware buien met windstoten. Zulke waarschuwingen moeten zo snel mogelijk hun weg vinden naar een zorgvuldig geselecteerde groep belanghebbenden, zodat alleen de direct betrokkenen ge-waarschuwd worden.