

1. EPS-verwachtingen van de kerststorm Lothar uit 1999. Het betreft verwachtingen voor 42 uur vooruit; ze lopen opvallend sterk uiteen. Verscheidene ensembleleden geven aanwijzingen voor de sterke activering van een weersysteem. De standaardverwachting (linksboven) onderschatte de ernst van de opgetreden situatie, die is weergegeven in het kaartje direct daarnaast.

Vaker rekenen kan veel betekenen

Tien jaar ensemblevoorspellingen

Sinds 1979 worden op het Europees weercentrum ECMWF in Reading, ten westen van Londen, dagelijks weersverwachtingen tot tien dagen vooruit opgesteld. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een atmosfeermodel dat op de grootste computers draait. Naar de prognoses van het Europese model wordt in weerpraatjes op tv of in de krant geregeld verwezen. Minder bekend is dat sinds december 1992, dus nu al precies tien jaar, elke berekening nog eens talrijke keren wordt overgedaan. Destijds maakte men 31 extra verwachtingen en tegenwoordig zelfs 51. Samen met de eerdergenoemde standaardverwachting komt zo dus dagelijks een verzameling – meteorologen spreken liever van een ensemble – van 52 verwachtingen beschikbaar. Het systeem dat deze verzameling van verwachtingen genereert staat dan ook bekend als het ensemble-predictiesysteem, afgekort EPS.

Kees Floor*

'Als je datgene waar je mee bezig bent, kunt meten en in getallen kunt uitdrukken, dan weet je iets over dat onderwerp; zoniet, dan is je kennis summier en onbevredigend', heeft de Schotse ingenieur en wis- en natuurkundige Lord Kelvin eens gezegd. In die zin zijn de meteorologen met hun atmosfeermodellen op de goede weg. Toch schortte er iets aan, zo vond men destijds op het ECMWF: een eindresultaat zonder foutendiscussie is onvoldoende om de vergelijking met de werkwijzen elders in de exacte wetenschappen te kunnen doorstaan. Het EPS maakt zo'n foutendiscussie bij weersver-

wachtingen met de computer mogelijk en helpt de rekenresultaten van atmosfeermodellen te voorzien van een foutenmarge.

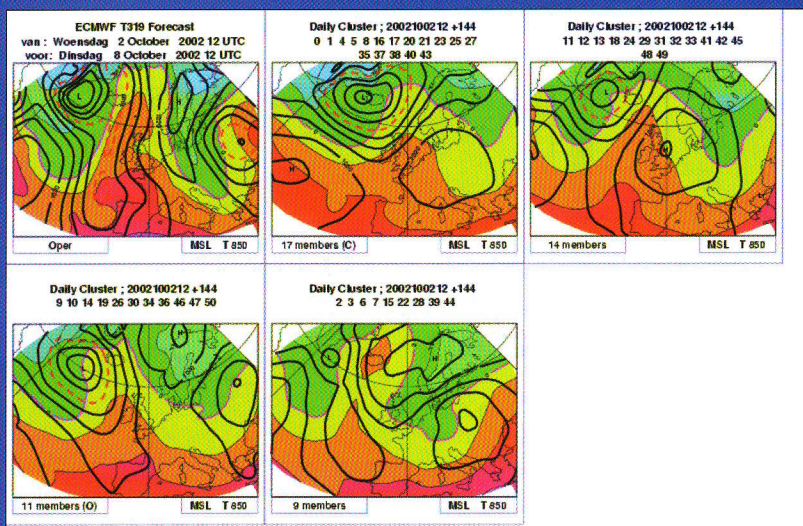
Gisveld

De fouten in de uitkomsten van de berekeningen van het ECMWF-model worden deels veroorzaakt door 'fouten' in de uitgangssituatie voor de berekeningen. Deze zijn een direct gevolg van de begrensde meetnauwkeurigheid van weerwaarnemingen. En dan hebben we het nog alleen over de gebieden waarvoor waarnemingen beschikbaar zijn; elders blijft het min of meer gissen. De voorlopige weer-

kaart, die de atmosfeermodellen als startpunt gebruiken, staat dan ook bekend als het *gisveld*; het gisveld is de meest recente voorspelling van het model, meestal berekend op basis van de weersituatie van zes of twaalf uur terug. De beschikbare waarnemingen worden gebruikt om dat gisveld verder in overeenstemming te brengen met de werkelijkheid, pas daarna gaan de berekeningen tot tien dagen vooruit van start. Kleine verschillen in de analyse, zoals de uitgangssituatie voor de modelberekeningen meestal wordt genoemd, kunnen grote gevolgen hebben voor de verwachtingen, vooral in de periode van vijf tot tien dagen vooruit. De 51 extra verwachtingen die het EPS oplevert, werken met elk een iets andere analyse. Op deze manier worden de verschillende foutenbronnen in de analyse nagebootst, zodat de effecten ervan op de voorspellingen van het atmosfeermodel kunnen worden onderzocht.

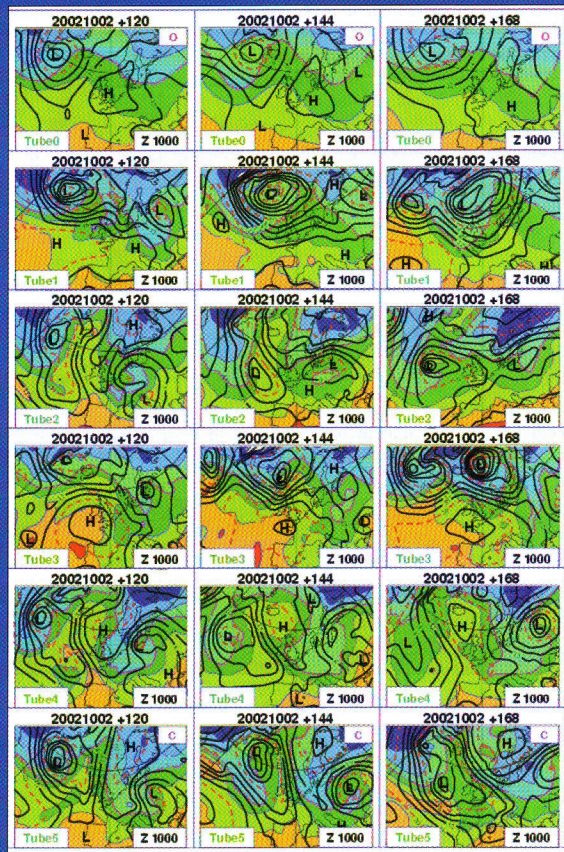
Het EPS is verder nuttig bij het lokaliseren van situaties of van gebieden waar de voorspelbaarheid gering is. We zullen daarvan verderop in figuur 4 een voorbeeld zien, als de

* Kees Floor is hoofd van de afdeling Meteorologische Opleidingen van het KNMI in de Bilt.



2. Clusterpresentatie van EPS-voorspellingen. Linksboven de luchtdruk aan de grond en de temperatuur op ongeveer 1500 m hoogte volgens de standaardverwachting. De overige kaartjes vatten de voorspellingen van de vijftig ensembleleden en de controlerun samen. De verwachtingen zijn opgedeeld in vier verschillende clusters met respectievelijk 17, 14, 11 en 9 (samen 51) leden.

3. Tubepresentatie van EPS-voorspellingen. De bovenste rij toont het ensemblegemiddelde; de rijen daaronder geven voorbeelden van verwachtingen die het sterkst van het ensemblegemiddelde afwijken.



op het Europees weercentrum

presentaties van de resultaten van het EPS aan bod komen. Bovendien kunnen meteorologen op basis van het EPS kansverwachtingen uitgeven. Kansverwachtingen kunnen gebruikers van die verwachtingen in de gelegenheid stellen voorzorgsmaatregelen te nemen bij gladheid, zeer zware storm, verraderlijke windstoten, overvloedige regen of nachtvorst. Dit kan aanzienlijke kostenbesparingen opleveren, vooral als de kosten van voorzorgsmaatregelen veel geringer zijn dan de te verwachten schade.

Werkwijze

Het opstellen van 51 extra verwachtingen vergt veel computertijd, maar die tijd is slechts beperkt beschikbaar. Om binnen de mogelijkheden te blijven, is daarom bij de extra berekeningen gekozen voor een variant van het ECMWF-model waarbij de roosterpuntafstand wordt verdubbeld. Wel controleert men de gevolgen van deze ingreep; een van de ensembleleden, de zogeheten controlerun, gebruikt precies dezelfde analyse als de standaardverwachting. De overige vijftig keer is de analyse iets

aangepast. De aanpassingen of, zoals de meteorologen zeggen, de verstoringen van de oorspronkelijke analyse, worden zorgvuldig gekozen. Zou men dat niet doen, dan was een ensemble van vijftig leden lang niet groot genoeg om alle mogelijke varianten in de weersontwikkelingen te kunnen voortbrengen. Door echter te werken met handig gekozen verstoringen, namelijk die welke de grootste effecten laten zien in de berekende verwachtingen, kan men met een beperkt aantal leden volstaan. De weersituatie die uiteindelijk optreedt, valt daardoor in bijna alle gevallen binnen de oplossingen die het ensemble voortbrengt.

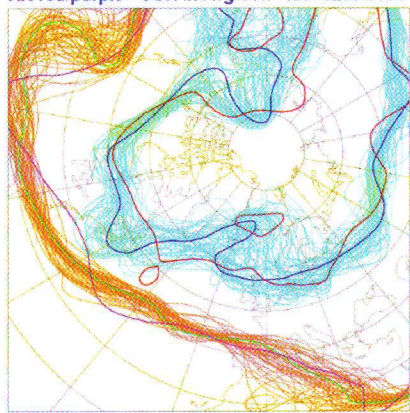
Weerkaartjes

Het EPS levert veel informatie, te veel om zonder verdere ordening nog te kunnen registreren. Het bestuderen en onderling vergelijken van 52 verschillende weerkaarten, bijvoorbeeld met behulp van de zogenoemde 'postzegelkaartjes' van figuur 1, is moeilijk, ook al zie je vrij snel dat sommige oplossingen 'kleurrijker' zijn dan andere. De kleurenrijkdom duidt op méér acti-

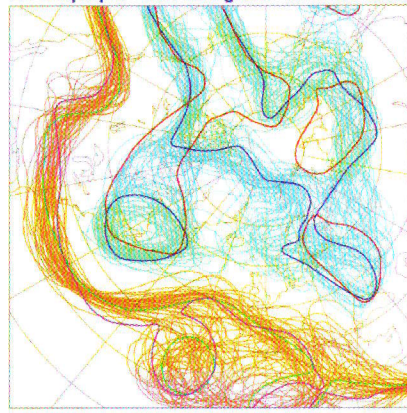
vering dan waarvan in de 'kleurloze' situaties sprake is. Het voorbeeld toont het geval van een van de kerststormen van 1999, door de Duitse weerdienst Lothar gedoopt. Het kleurarme prentje linksboven geeft de 'standaardverwachting'; direct daarnaast staat de opgetreden situatie, die laat zien dat het er in werkelijkheid wat ruiger aan toe ging. Het EPS had al rekening gehouden met ruiger weer; verscheidene oplossingen evenaren of overtreffen de opgetreden situatie wat kleurenrijkdom/activiteit betreft. De controlerun is niet afgebeeld.

Om het aantal plaatjes terug te brengen tot hooguit zes, worden twee verschillende technieken toegepast. De eerste methode brengt oplossingen die veel op elkaar lijken samen in maximaal vier verschillende groepen of clusters. De kaartjes die zo ontstaan (fig. 2) geven een globaal beeld van mogelijke weersontwikkelingen. De scherpe kantjes zijn eraf geslepen, omdat een gemiddelde wordt gepresenteerd van verscheidene ensembleleden. Wie ook geïnteresseerd is in extremere gevallen, moet terugvallen op de postzegel-

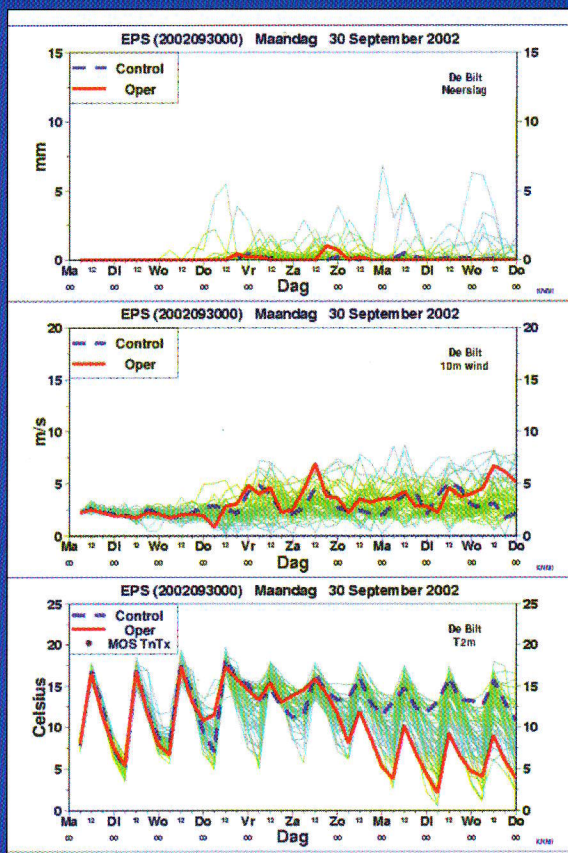
500z d:1997-02-09 12:00:00 fc+120h cl:od exp:1
AN red/purple - CON blue/green - iso=5200-5700



500z d:1997-03-13 12:00:00 fc+120h cl:od exp:1
AN red/purple - CON blue/green - iso=5200-5700



4. Spaghettiplaatjes van EPS-voorspellingen. De lijnen zijn representatief voor de luchtstroming op ruim 5 km hoogte. In beide gevallen gaat het om voorspellingen voor vijf dagen vooruit, maar in de figuur links liggen de lijnen veelal dicht bij elkaar dan in de figuur rechts. Vooral boven het Middellandse-Zeegebied is de voorspelbaarheid in de situatie rechts relatief gering.



5. De EPS-pluim voor De Bilt. Er worden drie grootbeden gepresenteerd: neerslaghoeveelheid per tijdvak van 12 uur (boven), windsnelheid (midden) en temperatuur (onder). Steeds geeft de dikke rode lijn de 'standaardverwachting'. De blauwe streepjeslijn toont de resultaten van de controleverwachting. De vijftig groene lijnen geven de verwachtingen van de vijftig ensembleleden.

kaartjes of op de zogeheten 'tubes'. Bij deze techniek presenteert men een ensemblegemiddelde en een aantal afzonderlijke weerkaarten die zich het sterkst van het gemiddelde onderscheiden (fig. 3).

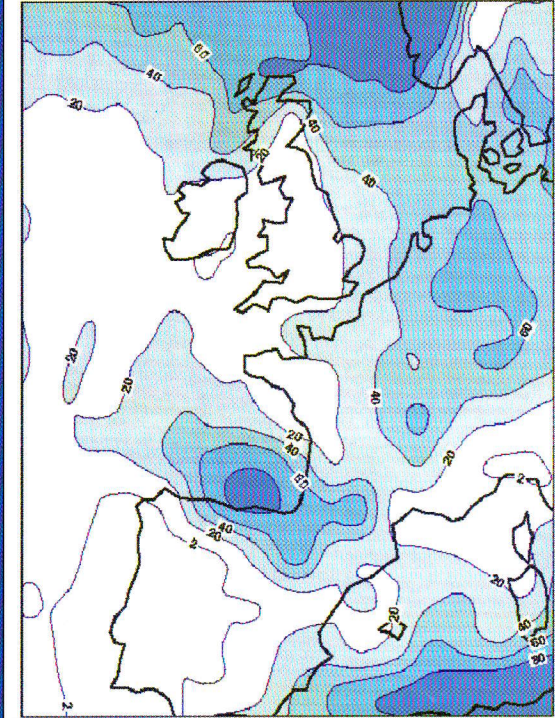
Spaghettikaartjes en pluimen

Soms is het handig alle berekende weersituaties in één enkel kaartje of

diagram samengevat te hebben. Om een al te grote warboel te voorkomen, worden bij weerkaarten een of twee van de lijnen opgevat als karakteristiek voor het stromingspatroon. Vervolgens worden die lijnen voor alle 52 beschikbare verwachtingen ingetekend.

Een voorbeeld van het resultaat dat zo wordt verkregen, geeft figuur 4. Direct is duidelijk waarom deze presentatievorm aangeduid wordt als spaghettiplaatje. In beide gevallen gaat het om verwachtingen voor vijf dagen vooruit. Op de kaartjes bevindt zich rechtsonder het Middellandse-Zeegebied. De voorspelbaarheid voor die regio is in de situatie links aanzienlijk groter dan in het geval dat rechts is afgebeeld. Op deze manier kan het EPS dus helpen situaties en gebieden in kaart te brengen waar de voorspelbaarheid relatief gering is. Een veelgebruikte presentatievorm van EPS-resultaten is de zogeheten pluim. Ook nu weer zijn alle ensembleleden met een lijn in de diagrammen vertegenwoordigd. Figuur 5 geeft een voorbeeld van een pluimpresentatie voor De Bilt van drie grootbeden: neerslaghoeveelheid per tijdvak van twaalf uur, de windsnelheid en de temperatuur. Steeds geeft de dikke rode lijn de 'standaardverwachting'. De blauwe streepjeslijn toont de resultaten van

2 - 20% 20 - 40% 40 - 60% 60 - 80% 80 - 200%



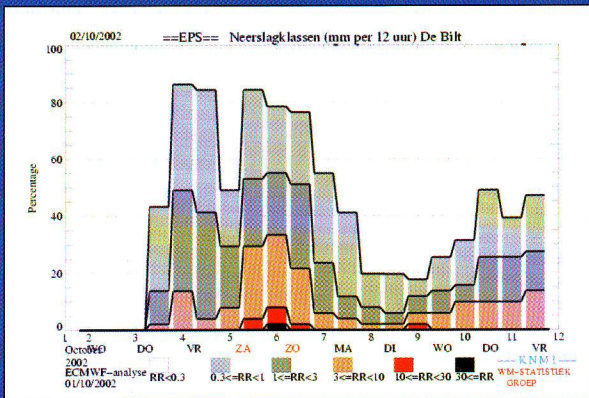
6. Kanskaartje, gebaseerd op EPS-verwachtingen. In dit geval gaat het om de kans dat er in een etmaal 1 mm regen of meer valt. De lijnen komen overeen met kanswaarden van 2, 20, 40, 60 en 80%.

de controleverwachting. De vijftig leden van het ensemble zijn elk weergegeven door een dunne groene lijn. De voorspeltermijn neemt toe van links naar rechts; helemaal rechts is de voorspeltermijn tien dagen. Vooral bij de temperatuur en windsnelheid is goed te zien dat de oplossingen van afzonderlijke ensembleleden gewoonlijk verder uiteenlopen naarmate verder vooruit wordt voorspeld.

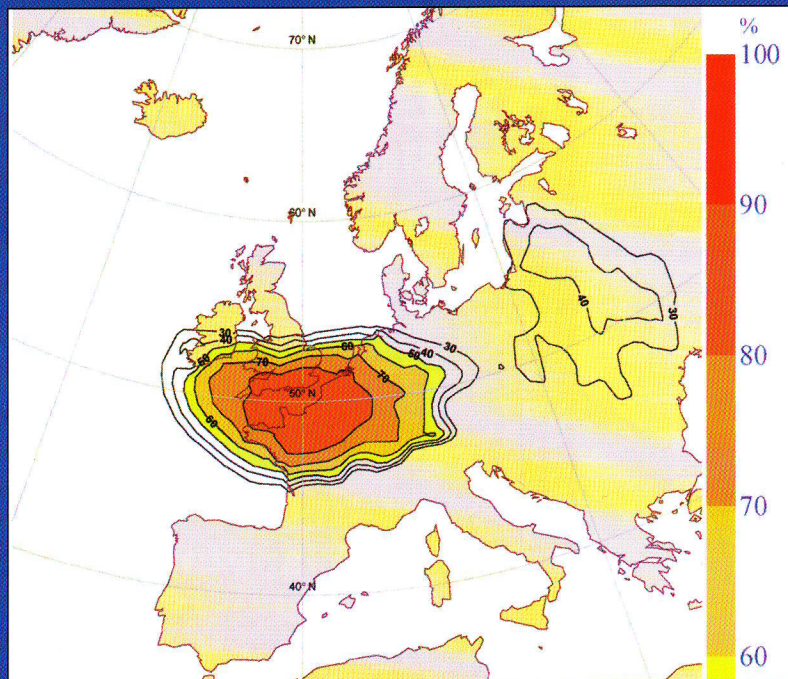
Kansverwachtingen

Een van de toepassingen van het EPS is het maken van kansverwachtingen. Als bijvoorbeeld van een ensemble met vijftig leden (de standaardverwachting en de controlerun doen even niet mee) er tien zijn die ten minste 1 mm neerslag per etmaal voorspellen, dan is de kans daarop 20%. In het kanskaartje van figuur 6 zijn dergelijke kansen weergegeven. De lijnen geven de kanswaarden van 2, 20, 40, 60 en 80%, wat overeenkomt met 1, 10, 20, 30 of 40 leden van het ensemble.

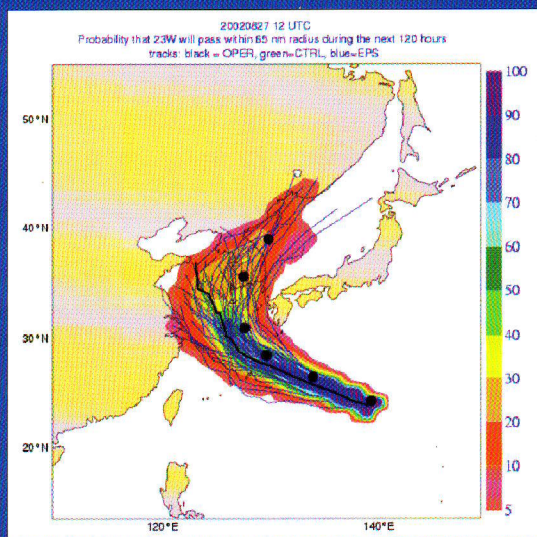
Voor De Bilt of een andere plaats in Nederland kan de neerslagkans ook worden uitgezet in een staafdiagram. Figuur 7 geeft een voorbeeld. De figuur laat zien dat het in dit geval volgens het EPS woensdag vrijwel zeker droog blijft, terwijl in het weekeinde grote neerslaghoe-



7. Staafdiagrammen met kans op neerslag in De Bilt. De figuur laat zien dat het in dit geval volgens het EPS woensdag vrijwel zeker droog blijft, terwijl in het weekeinde grote neerslaghoeveel- den mogelijk zijn.



8. Alarmeringskaart voor extreme windsnelheden, opgesteld op 25 oktober 2002 en geldig voor de stormsituatie van 27 oktober 2002. De voorspelde waarden zijn afgezet tegen de klimatologie ter plaatse.



9. Banen voor de verplaatsing van een tropische cycloon volgens de EPS-voorspelling. De vijftig banen zijn aangegeven met dunne blauwe lijnen. De ingekleurde gebieden geven de kans dat de cycloon tussen nu en vijftig dagen vooruit over raast of op geringe afstand langstrekt. De werkelijke posities van de tropische cycloon zijn achteraf aangeduid met dikke zwarte stippen.

veelheden mogelijk zijn. Vergelijkbare kanskaartjes en staafdiagrammen kunnen worden opgesteld voor direct aan het EPS te ontle- nen gegevens als temperatuur, bedekkingsgraad en windsnelheid, maar ook voor afgeleide grootheden, zoals de wateropzet aan de kust in stormsituaties, de ijsdikte in Friesland of de kans op zware windstoten.

Verdere toepassingsmogelijkheden

De laatste tijd staan extreme weersituaties met stormen van orkaan- kracht of overvloedige neerslag sterk in de belangstelling. Juist in dit soort gevallen met veelal plotse- ling sterk activerende weersyste- men, kunnen kleine verschillen in de uitgangssituatie al bepalend worden voor wel of geen storm. Voorbeelden daarvan zijn de over- vloedige neerslag in Midden- Europa van augustus 2002, het aan land gaan van tropische cyclonen of stormen als Lothar uit figuur 1. Op verschillende manieren probeert men de meteorologen te hel- pen bij het onderkennen van de signalen die het EPS ten aanzien van dit soort verschijnselen kan aangeven. Figuur 8 toont een alar- meringskaart, waarbij de door de ensembleleden berekende weersi- tuaties worden vergeleken met de

klimatologie ter plaatse. Als bij- voorbeeld de wind extreem hoog is ten opzichte van wat de klimatolo- gie laat zien, wordt dat in de kaart aangegeven. De drempelwaarde hangt dus af van de locatie en zal in het geval van wind boven zee hoger liggen dan boven land. In figuur 9 zijn de banen geplot die de ensembleleden voorspellen voor de verplaatsing van een tropische cycloon.

Het bovenstaande laat de vele toe- passingsmogelijkheden van het EPS zien die de laatste tien jaar zijn ont- wikkeld en uitgetest. Op drie man- nieren wordt getracht het systeem verder te verbeteren. Ten eerste doet men aanvullend onderzoek naar de technieken waarmee ver- storingen op de analyse worden aangebracht. Daarnaast wil men met gedetailleerder versies van het ECMWF-model gaan rekenen. Ook wil men het aantal ensembleleden

vergroten.

Een praktisch uitvoerbare manier om dit laatste te realiseren is de hele verwachtingsprocedure tweemaal per etmaal te doorlopen, eenmaal op basis van een analyse van mid- dernacht, de andere keer op basis van de 12 UT analyse. Het door sa- menvoeging van verwachtingen gevormde ensemble van honderd leden blijkt inderdaad beter te pres- teren dan de huidige opzet met eens per etmaal een ensemble van vijftig leden. Er bestaan dan ook plannen om op routinebasis tweemaal daags te gaan werken. Voor gedetailleer- der rekenen ontbreken op dit mo- ment nog de mogelijkheden, maar als zo'n aanpak aantoonbaar leidt tot een betere en tijdiger signalering van maatschappijontwrichtend weer of anderszins tot kostenbesparingen, kan daarmee op termijn wellicht worden begonnen.