

**KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

Verslagen

V-316

H. M. van den Dool
J. D. Opsteegh
J. Reiff
J. Oerlemans

Maand- en seizoensverwachtingen.
Achtergronden van het onderzoek in de wg AC.

De Bilt, 1979

Publikatienummer: K.N.M.I. V-316 (MO)

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut,
Postbus 201,
3730 AE De Bilt,
Nederland.

U.D.C.:

MAAND- EN SEIZOENSVERWACHTINGEN

Achtergronden van het onderzoek in de wg AC.

H.M. van den Dool
J.D. Opsteegh
J. Reiff
J. Oerlemans

1. Inleiding.

In de wg AC (voorheen de wg MV) wordt op het ogenblik onderzoek gestart om met een model van de tijdgemiddelde atmosfeer ooit lange termijn verwachtingen te kunnen maken. Over dit onderzoek wordt (en zal worden) gerapporteerd in Verslagen, WR's en artikelen, maar niet iedereen heeft de tijd en de interesse om dat precies bij te houden. Daarom hier een verslag waarin we de belangrijkste uitgangspunten en plannen opnoemen. We hopen duidelijk te maken wat de achtergrond is van bepaalde keuzes.

2. Stand van zaken.

Op het KNMI is jarenlang gepoogd maandverwachtingen te maken op basis van analogie in de cirkulatie. Hoewel deze werkwijze niet zonder waarde is (1) werd het prestatieniveau na enkele jaren onderzoek toch als zo laag beoordeeld dat de experimenten medio 1975 gestaakt zijn. Een van de overwegingen daarbij was ook dat vooruitgang met de methode der cirkulatie-analogen niet te verwachten is.

Na een kortstondig intermezzo waarin de schaarse gebruikers de Amerikaanse maandverwachting kregen toegezonden besloot de wg MV in 1976 de uitgifte van maandverwachtingen volledig te staken. Uitgangspunt hierbij was dat ondanks druk van buiten, 't KNMI in eerste instantie zelf moet beoordelen of de kwaliteit van een verwachting voldoende is om tot passieve of actieve uitgifte over te gaan.

Uit onderzoek bleek dat het prestatieniveau van alle ons bekende maandverwachtingsmethoden ook gehaald kan worden door eenvoudige overgangsregels die men in 10 minuten raadpleegt. (2), (3).

Deze overgangsregels hebben tegen het einde der hoogseizoenen een redelijk prestatieniveau; in de overige maanden gaat het veel minder. De verspreiding van deze regels aan het einde der maand is alleen intern op het KNMI. Verspreiding naar buiten heeft gezien de kwaliteit al weinig zin maar daar komt nog bij dat de verwachtingen waar de persistentie voortdurend afstraalt worden ervaren als "dat kan ik ook". Het is beter het prestatieniveau van de overgangsregels als referentieniveau te nemen dat door beter gefundeerde methoden overtroffen zou moeten worden.

Een van de fundamenteën zou kennis over anomale zeewatertemperatuur kunnen zijn. Het is wel zeker dat een deel van de persistentie in de maand-gemiddelde temperatuur toegeschreven moet worden aan anomale zeewatertemperatuur voor de nederlandse kust. (4). Ook een (te) simpele klassifikatie van de zeewatertemperatuur op de Atlantische oceaan blijkt prognostische waarde te hebben voor de luchttemperatuur in Nederland. (5).

In dit genre staat ons dan ook nog één onderzoek voor ogen. De zeewatertemperatuur van de Atlantische oceaan en aangrenzende wateren moeten objectief geklassificeerd worden. Vervolgens moet het prognostische verband tussen deze klassifikatie en de maand- en seizoensgemiddelde weerselementen in Nederland worden vastgesteld. Het is te verwachten dat de resultaten hiervan die van de overgangsregels een weinig zullen overtreffen. Vermoedelijk zijn we daarmee aangeland op een prestatieniveau dat in principe alleen met fysische modellen nog te verbeteren is.

Welke diepte-investering is nu nodig om te onderzoeken of dat waarlijk niet hoge prestatieniveau te overtreffen is. We beginnen daartoe eerst met een discussie over voorspelbaarheid.

3. Voorspelbaarheid

Met een op natuurkundige beginselen (wet van Newton, etc.) gestoeld model kan uitgaande van de huidige situatie een prognose worden gemaakt van de toekomstige atmosfeer. Men noemt dat wel een voorspelling van de eerste soort. Misschien zijn er vroeger mensen geweest die dachten dat door verbetering van de bestaande modellen lange termijn verwachtingen gemaakt konden worden door het model maar voldoende lang door te integreren, desnoods een heel seizoen.

Echter modellen zijn niet ideaal en evenmin de analyse van de uitgangssituatie. Maar ook al waren model en analyse wel zo ideaal mogelijk dan nog gaat de modelatmosfeer onvermijdelijk in een bepaald tempo afwijken van de echte atmosfeer. (6). Na uiterlijk een week of twee kunnen we weersystemen niet meer op de juiste tijd en plaats aankondigen. Kortom voorspelbaarheid van de eerste soort is beperkt tot enkele weken en kan dus nooit gebruikt worden voor een maandverwachting.

Nu mogen we niet uitsluiten dat, zelfs al kennen we niet het weerverloop in details, we toch statistische eigenschappen van dat weer kunnen aangeven. Dat zou b.v. betekenen dat de maandgemiddelde temperatuur of de maandsom van de neerslag een zekere mate van voorspelbaarheid hebben ook al weten we niets over afzonderlijke dagen. Een extreem voorbeeld toont dat aan. Stel dat de zonneconstante de volgende maand wordt gehalveerd. Ofschoon we niets over het detailverloop van het weer in die omstandigheden weten verdient het toch aanbeveling om in zo'n geval aan te kondigen dat het koud wordt.

Het berekenen van de verandering van statistische eigenschappen van de atmosfeer als antwoord (response) op gewijzigde omstandigheden heet wel een voorspelling van de tweede soort. Die gewijzigde omstandigheden kunnen betrekking hebben op de gesteldheid van het aardoppervlak, de zon of ook de samenstelling van de atmosfeer. Voor lange termijn verwachtingen moeten we 't helemaal hebben van voorspelbaarheid van de tweede soort.

4. Statistisch-Dynamisch Model.

Omdat het volledig doorrekenen van afzonderlijke weersystemen een vruchteloze zaak is in het kader van 'n maandverwachting zouden we het liefst meteen een model formuleren waarin de evolutie van de gemiddelde atmosfeer wordt bepaald. Dat kan in principe met een S(tatistisch) D(ynamisch) model. Dat is een model waarin alleen trage veranderingen vrijheid van optreden krijgen: het dynamisch gedeelte. Het netto effect van alle weggefilterde synoptische gebeurtenissen moet echter wel worden meegenomen: het statistisch gedeelte. Het is nu de kunst om vergelijkingen te ontwikkelen die als basis voor een SD model kunnen dienen.

Er bestaan slechts zeer weinig SD modellen. De meest beproefde vorm is die waarbij ook nog over breedtecirkels wordt gemiddeld. Aangezien we voor ons doel, maandverwachtingen, anomalieën in temperatuur en stroming in de buurt van West Europa moeten kennen is middeling over breedtecirkels ongeschikt. Er mag uitsluitend in de tijd worden gemiddeld. Modellen van dit type zijn vrijwel niet ontwikkeld; we staan dus met lege handen.

5. Vergelijkingen.

De recht toe recht aan manier om vergelijkingen af te leiden is een tijd-middeling toepassen op alle vergelijkingen die de momentane atmosfeer beschrijven. (7). Dat levert na uitwerking nieuwe vergelijkingen op voor de gemiddelde wind, temperatuur en geopotential. Het wordt wel wat ingewikkelder omdat de door de tijd-middeling weggefilterde synoptische gebeurtenissen nu als extra term in de vergelijkingen verschijnen.

Als voorbeeld geven we de bewegingsvergelijking in de west-oost richting.

Voor momentane stroming:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - \omega \frac{\partial u}{\partial p} + F_1,$$

waarin naast de gebruikelijke symbolen met F_1 de verzameling van krachten wordt aangeduid zoals de Corioliskracht en de luchtdrukgradient- en wrijvingskracht. Voor tijd-gemiddelde ($\bar{\quad}$) stroming ziet die vergelijking er als volgt uit:

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = -\bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} - \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} - \bar{\omega} \frac{\partial \bar{u}}{\partial p} + \bar{F}_1 + \bar{F}_2,$$

waarin nu \bar{F}_2 de extra kracht is die formeel op de tijd-gemiddelde stroming

wordt uitgeoefend. Voor de kenners is $\bar{F}_2 = -\frac{\partial}{\partial x} \overline{u'u'} + \frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{u'\omega'}}{\partial p}$,

waarbij accenten afwijkingen van het tijd-gemiddelde voorstellen.

De term \bar{F}_2 levert nieuwe onbekenden zodat maatregelen genomen moeten worden om evenveel vergelijkingen als onbekenden te krijgen; het sluitingsprobleem. Dit kan pragmatisch worden opgelost met empirische relaties of verwaarlozingen; het is ook mogelijk vergelijkingen voor al die \bar{F}_2 's te geven. Met die laatste handeling wordt het stelsel vergelijkingen belangrijk omvangrijker.

Of al die vergelijkingen in hun volle omvang ook echt in een SD model moeten worden meegenomen kunnen we alleen leren door te kijken hoe in de werkelijke atmosfeer aan deze vergelijkingen voldaan wordt. Termen die altijd en overal klein zijn kunnen verwaarloosd worden, terwijl als groot beoordeelde termen uiteraard meegenomen moeten worden. Met zulk diagnostisch onderzoek worden de vergelijkingen geschaald.

6. Diagnostisch onderzoek.

Voor 9 vergelijkingen, die allen kandidaat zijn om een rol te spelen in een SD model hebben we diagnostisch onderzoek verricht. Een zo compleet mogelijke set waarnemingen uit het gebied van Noordwest Europa voor de winter 76/77 is hiertoe gebruikt. De waarnemingen bestaan uit metingen van wind, temperatuur en geopotential op 11 niveaus alsmede verticale snelheden en de geostrofische wind bepaald uit de objektieve analyses van het BK-3 model. De resultaten zijn uitgebreid vastgelegd in (7).

De belangrijkste konklusies zijn:

- a) Het heeft geen zin om nieuwe vergelijkingen voor \bar{F}_2 , d.w.z. voor eddy fluxen, mee te nemen. Het sluitingsprobleem in de fluxvergelijkingen is zeker niet minder dan dat in de vergelijkingen voor gemiddelde grootheden.
- b) De enige term in alle vergelijkingen die zonder voorbehoud verwaarloosd kan worden is de tijdsafgeleide b.v. $\partial\bar{u}/\partial t$. Deze term is zo klein t.o.v. andere termen dat een fout van enkele procenten in de advektieterm al tot een 100% fout in $\partial\bar{u}/\partial t$ leidt.

Vooraf de laatste konklusie is nogal paradoxaal. Een prognostisch model blijkt onmogelijk zodat slechts een diagnostisch model overblijft.

Niettemin is het mogelijk een prognose te maken met een diagnostisch model.

7. Filosofie over een SD model.

Het ligt in de bedoeling een SD model te ontwerpen dat gebaseerd is op diagnostische vergelijkingen voor de gemiddelde atmosfeer. Dat zijn vergelijkingen voor de drie windcomponenten \bar{u} , \bar{v} en \bar{w} , voor de geopotential $\bar{\phi}$ en voor de temperatuur \bar{T} . B.v. voor de temperatuur ziet de vergelijking er als volgt uit:

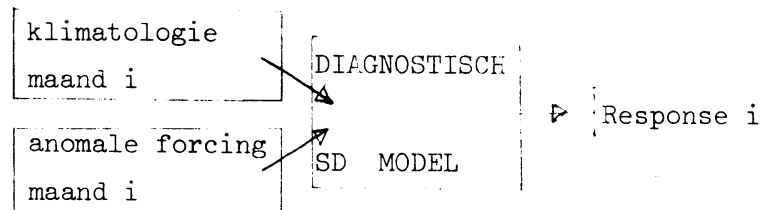
$$\bar{u} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} - \bar{\sigma} \bar{\omega} = \bar{Q}_1 + \bar{Q}_2$$

waarin \bar{Q}_1 de gemiddelde diabatische verwarming van de atmosfeer (straling e.d.) voorstelt terwijl \bar{Q}_2 de verwarming van de gemiddelde atmosfeer door de weggefilterde synoptische systemen is. Als de "forcing" $\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2$ bekend is dan kunnen we de temperatuurvergelijking tezamen met de andere vergelijkingen in principe oplossen. D.w.z. bij gegeven forcing bestaat als response een gemiddeld temperatuur- en stromingsveld. Het is van weinig belang om aan deze ene toestand van de atmosfeer, passend bij de forcing, te refereren als een maandgemiddelde toestand. Het is meer een veelal zwak signaal dat voortdurend gemengd wordt met de ruis van het onvoorspelbare dagelijkse weer. Het is te hopen dat de oplossing van het SD model lijkt op het gemiddelde van de echte atmosfeer over 10, 30 of zelfs 90 dagen.

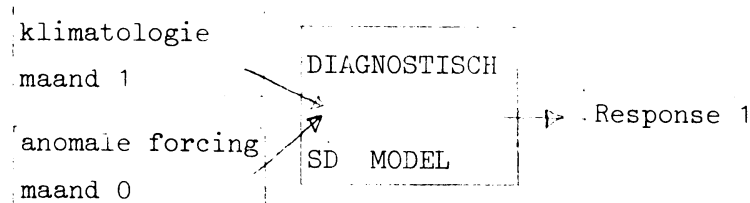
Naarmate de forcing sterker is zal de oplossing van een SD model van meer betekenis worden voor een kortere verwachtingstermijn.

Lange termijn verwachtingen maken met een SD model houdt dus in dat we bij gegeven forcing een stationaire oplossing uitrekenen. Dat is even wennen. Het houdt o.a. in dat de uitgangssituatie er niets toe doet. We moeten slechts zorgen voor een geschikt gisveld zodat het rekenschema convergeert naar de stationaire oplossing, en dat gisveld hoeft niet persé de situatie van de afgelopen maand te zijn. Het geheugen van de atmosfeer doet er dus niets toe. Voorzover de atmosfeer geheugen demonstreert schrijven we dat toe aan de persistente aard van de externe forcing, zoals de toestand van het aardoppervlak.

Als de forcing klimatologische normaal is, b.v. gelijk aan een 30-jarig gemiddelde, zal de response van het SD model uiteraard de klimatologische atmosfeer zijn. Dit gegeven kunnen we benutten door vergelijkingen te maken voor afwijkingen van normaal; anomale stroming is dan gekoppeld aan anomale forcing. Het grote voordeel hiervan is dat moeilijke termen zoals de \bar{F}_2 en de \bar{Q}_2 (gedeeltelijk) geëlimineerd worden. Dat betekent overigens niet dat de oplossing van het SD model onafhankelijk is van de klimatologische omstandigheden in de betreffende maand. De response op een identieke plek anomaal warm zeewater zal in januari en juli verschillend zijn. Immers de aangeboden warmte wordt met klimatologisch verschillende winden door de atmosfeer geadvekteerd. We schetsen de werking van het SD model als volgt:



Het is realistisch met de situatie rekening te houden dat we de anomale externe forcing voor de volgende maand niet kennen. Kan dat ondervangen worden door persistentie in de forcing aan te nemen? Voor zeewatertemperaturen geldt tot ons geluk dat de veranderingen van maand op maand erg klein zijn. Een prognose zou dan als volgt in elkaar zitten:



De response voor de maanden 0 en 1 zou gelijk zijn als het verschil in klimatologie er niets toe deed. In dat geval degenereert de verwachting tot zuiver persisteren van de anomalieën in de atmosfeer. Als het onderzoek daar op uitdraait dan is de gehele onderneming vruchteloos.

Een groot probleem zal ook zijn om de anomale eddy-aktiviteit (in de termen F_2 en Q_2) te parametrizeren. Fysisch gesproken is dat wel een van de grootste moeilijkheden.

8. Enkele technische opmerkingen.

Omdat de tropen een grote rol kunnen spelen bij lange termijn verwachtingen bieden vortcriteitsmodellen niet de klassieke voordelen. Daarom zal het een primitieve vergelijkingen model zijn. Uit het oogpunt van rekeneconomie starten we met een model dat "slechts" het noordelijk halfrond omvat en twee lagen telt.

9. Slot.

De hierboven beschreven overwegingen hebben geleid tot plannen om een diagnostisch SD model te gaan ontwerpen. Deze plannen worden inmiddels al uitgevoerd. Hoewel er wetenschappelijk veel muziek in het onderwerp zit ontbreken garanties dat maand- of seizoensverwachtingen er ooit beter van worden. De overweging die hier telt is dat het een van de weinige nog open mogelijkheden is om ooit lange termijn verwachtingen te kunnen maken en voorts dat het potentieel nut erg groot is. Voorshands mogen we alleen rekenen op wetenschappelijke bijdragen.

Hoewel volledig buiten de discussie gehouden, hebben dit soort modellen niet te verwaarlozen mogelijkheden in de sfeer van het klimaatonderzoek dat eveneens in de wg AC wordt gedaan. In klimaatmodellen gaat het uitsluitend en alleen om wijzigingen van statistische eigenschappen als gevolg van een veranderde forcing.

Referenties:

1. A.P.M. Baede, H.J. Krijnen, J. Reiff en J.L. Nap 1976
Weersverwachtingen voor perioden van meer dan 3 dagen vooruit,
zowel in Nederland als daarbuiten.
Verslagen 274.
2. H.M. van den Dool en J.L. Nap 1977
Praktisch gebruik van overgangsregels ten behoeve van de
verwachting van de maandgemiddelde temperatuur te De Bilt.
Verslagen 290.

3. S. Kruizinga 1978
Logistische discriminantenanalyse.
Verslagen 307.
4. H.M. van Dool 1977
Over de verklaring van de persistentie in maandgemiddelde
temperatuur.
Verslagen 284.
5. J. Oerlemans 1977
Het verband tussen anomalieën in de temperatuur van de
noordatlantische oceaan en de maandgemiddelde temperatuur
in De Bilt en de bruikbaarheid hiervan voor de maandverwachting.
WR 77 - 11
6. E.N. Lorenz 1969
Three approaches to atmospheric predictability, Bull. Amer.
Meteor. Soc., 50 345-349.
7. J.D. Opsteegh en H.M. van den Dool 1979
A diagnostic study of the time mean atmosphere over Northwestern
Europe during winter.
Wordt gepubliceerd.