

**KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

**TECHNISCHE RAPPORTEN**

**T.R. - 1**

**Verslag van de voordrachten gehouden op het synoptisch  
symposium te De Bilt, november 1980, gepresenteerd  
door**

**C. Lemcke, S. Kruizinga en J. Oerlemans**

**De Bilt 1981**

Technische Rapporten K.N.M.I. T.R. - 1 (BV)

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

U.D.C.: 551.509.313  
551.509.5  
551.553.11

Verslag van het Synoptisch Symposium gehouden op 19 en 26 november 1980.

Inhoud:

- |      |              |   |
|------|--------------|---|
| I.   | S. Kruizinga | GIDSverwachtingen                               |
| II.  | C. Lemcke    | Een evaluatie van de producten van het<br>ECMWF |
| III. | J. Oerlemans | Zeewind   |

De voordracht van L.C. Heijboer "Detailstructuren in depressies"  
wordt als Wetenschappelijk Rapport uitgegeven.

## GIDSVERWACHTINGEN.

S. Kruizinga

### 1. Inleiding.

De doelstelling van een gidsverwachting is om een eerste globale indruk te geven van het te verwachten weer zoals dat afgeleid kan worden uit de numerieke prognoses. Voor een meer concrete omschrijving van het begrip gidsverwachting is een omschrijving van het begrip objectieve vertaalmethode noodzakelijk. Onder een objectieve vertaalmethode wordt verstaan:

"Een rekenvoorschrift dat éénduidig uit (de gegeven weerstoestand en) de output van een numerieke model een te verwachten waarde (kans van optreden, beste categorie) berekent voor een gegeven weerselement".

Aansluitend zou men dan de gidsverwachting kunnen omschrijven als:

"De presentatie van de naar verwachtingstijd geordende resultaten van de vertaalmethoden voor verschillende weerselementen".

Het voorbeeld in tabel 1 kan bovenstaande omschrijving nog wat verduidelijken. In dit voorbeeld is een deel van de huidige gidsverwachting gegeven. Het ligt niet in de bedoeling om in dit verslag de complete inhoud van de huidige gidsverwachting te bespreken. De huidige versie is in feite nog experimenteel en met name in lay-out maar ook qua inhoud kunnen nog grote veranderingen optreden. In dit rapport willen we slechts aangeven wat je ermee kunt doen en wat de achtergronden zijn. Maar vooral wat men er qua prestatie van mag verwachten en daarbij dient men voor ogen te houden dat toekomstige wijzigingen vooral gericht zullen zijn op hogere prestaties.

De gidsverwachting in deze vorm is voor Nederland betrekkelijk nieuw. Heel anders ligt dat in de U.S.A., waar Klein en Glahn dit idee reeds

een tien jaar geleden hebben geïntroduceerd en het tot een ingeburgerd begrip is geworden. Ook elders, met name door Lönnqvist in Zweden, is al veelvuldig met gidsverwachtingen geëxperimenteerd.

## 2. Gebruiksmogelijkheden van de Gidsverwachting.

De gidsverwachting is op verschillende manieren bruikbaar binnen een operationele dienst:

### a. Leidraad voor het opstellen van verwachting.

Hierbij denken we met name aan de verwachting voor 2 t/m 6 dagen vooruit. De door de gidsverwachting gegeven prikkwaarden kunnen een basis vormen voor het formuleren van een tekstverwachting. Voorwaarde is dan wel dat de kwaliteit van de gidsverwachting die van de meteoroloog benadert.

### b. Verificatie numerieke modellen.

Door de gidsverwachting te baseren op verschillende numerieke modellen en de resultaten te verifiëren kan men objectief vaststellen wat het verschil is tussen beide modellen in het uiteindelijke produkt. Ook hier is een vergelijkbare kwaliteit nodig.

### c. Referentieverwachting voor verificatie doeleinden.

De Prestatie Index (PI) van de gidsverwachting geeft de een referentie waarmee we de waarde van andere PI's kunnen afschatten. Hierbij moet worden opgemerkt dat het niet juist is om individuele verwachtingen van bijv. meteoroloog en gidsverwachting te vergelijken. Alleen de gemiddelde PI's over een kwartaal of een jaar mogen worden vergeleken.

Voor alle drie deze doelstellingen is een redelijke kwaliteit, gelijk of beter dan de meteoroloog een vereiste. Informatie over de behaalde kwaliteit is dan in wezen ook voor de meteoroloog het belangrijkste, we komen hier later op terug. Tevens legt deze kwaliteitseis de duidelijkste beperkingen op aan de gebruiksmogelijkheden. Onze ervaringen zijn zodanig dat we durven stellen dat we voor de langere termijn, 48 uur of langer, een bruikbaar produkt afleveren.

### 3. Statistische achtergronden.

Bij de omschrijving van de objectieve vertaalmethode is met opzet het woord statistisch vermeden. Het is namelijk beslist niet noodzakelijk dat de vertaalmethode op statistiek berust. In het merendeel van de gevallen zal dit echter wel het geval zijn. Er is dan een ruime keus aan mogelijke technieken die gebruikt kunnen worden om het rekenvoorschrift af te leiden. Als voorbeelden noemen we enkele op het KNMI gebruikte technieken:

- a. Klimatologische tabellen
- b. Analogie selectie
- c. Lineaire regressie
- d. Gestratificeerde lineaire regressie
- e. Discriminant analyse
- f. Logistische Discriminant analyse.

Het is ondoenlijk om al deze technieken nader doe te lichten. Op één aspect willen we echter nader ingaan. Alle methoden hebben namelijk gemeen dat er een historische set van gegevens nodig is om het rekenvoorschrift uit af te leiden. Bij de toepassing in de meteorologie blijken er nu twee essentieel verschillende mogelijkheden te bestaan om een set van gegevens te vergaren. Bij de P(erfect) P(rognose) methode wordt de set van gegevens op-gebouwd uit de reeks van waarden van de te voorspellen grootheid met parallel daaraan reeksen van waarden, voor hetzelfde tijdstip, van andere waargenomen grootheden. Bij M(odel) O(output) Statistics) wordt uiteraard eveneens de reeks van waarden van de te voorspellen grootheid gebruikt. De parallel reeksen bestaan nu echter uit door het numerieke model voorspelde waarden van andere grootheden voor dat tijdstip. In tabel 2 wordt dit met een voorbeeld verduidelijkt. In het kort kan men stellen:

PP : Afgeleid uit waarnemingen, toegepast op model output. Oftewel, als de model output werkelijkheid wordt dan hoort daar dit weer bij.

MOS: Afgeleid uit model output, toegepast op model output. Oftewel, als het model die situatie voorspelt dan zou ik maar op dat weer gokken.

Een aantal korte karakteristieken zijn nog:

- a. In de RMS (Root Mean Square error) is MOS beter dan PP.
- b. Een MOS voorschrift geldt alleen voor hetzelfde model en dezelfde verwachtingstijd.
- c. Bij langere verwachtingstijd gaat de MOS uitspraak steeds meer naar de klimatologie.
- d. Bij MOS zijn meer voorspelparameters beschikbaar.
- e. PP wordt sterker bepaald door de statistische samenhangen in de atmosfeer.

Voor wie meer wil weten over dit onderwerp wordt verwezen naar de artikelen van Glahn en Lowry (1972), Lowry (1979) en Staver (1979).

De gidsverwachting zal voorlopig bestaan uit vertaalmethoden welke op basis van PP zijn ontwikkeld.

#### 4. Kwaliteit van de gidsverwachting.

De belangrijkste informatie voor de toepassing in de praktijk voor de meteoroloog betreft de kwaliteit die hij mag verwachten van de gidsverwachting.

De tabellen 3 t/m 5, die we hierna zullen bespreken geven hierover de nodige informatie. Ook in het verslag van De Bruijn (1979) vind men hierover de nodige informatie. Men dient hierbij te bedenken dat alleen de numerieke aspecten van de verwachte grootheden worden geverifieerd en niet de verwachting als geheel.

In tabel 3 is voor de grootheden neerslag De Bilt, de landelijke neerslag, de minimum- en de maximum temperatuur de gemiddelde PI (15 maanden) van zowel de gidsverwachting als de weerkamer gegeven. Het betreft hier de gidsverwachting welke is gebaseerd op de 0-uur serie van de U.S.A.-prognoses. De genoemde dag 1, 2 en 3 zijn daarom vergelijkbaar met de dag 1, 2 en 3 van de verwachtingen die in de loop van de dag in de weerkamer worden opgesteld. Om tot een PI te komen dienen de gidsresultaten eerst omgezet te worden tot een streep op de PI kaart. De hierbij gevolgde stelregels zijn:

Neerslag De Bilt : Streep droog aan als gegeven kans kleiner dan de klimatologische kans.  
Landelijke neerslag : Streep de gegeven categorie aan.  
Maximum en minimum : Bij deze grootheden werden de recepten van temperatuur : Daar (1978) gebruikt.

Uit tabel 3 volgt duidelijk dat voor de neerslag de gidsverwachting een met de meteoroloog vergelijkbare kwaliteit heeft. Voor de temperaturen zijn de prestaties, vooral bij dag 1, over het algemeen wat lager dan die van de meteoroloog. In het volgende wordt nog nader ingegaan op kwaliteit van de neerslagverwachtingen, met name de neerslag te De Bilt. Een veel gevraagd aspect bij kansverwachtingen is "hoe betrouwbaar zijn de gegeven kansen" d.w.z. tred na een kansverwachting van 70% ook in 70% van de gevallen neerslag op. In figuur 1 is voor twee gevallen de betrouwbaarheid van de eenvoudig af te leiden kans op droog in een grafiek weergegeven.

Deze figuren zijn overgenomen uit het verslag van De Bruijn. Ze geven duidelijk aan dat de kansverwachtingen redelijk betrouwbaar zijn. Tot slot zijn in de tabellen 4 en 5 nog wat contingentie tabellen gegeven van de neerslag te De Bilt. Tabel 4 betreft de neerslag overdag te De Bilt, voorspeld op basis van 12 uur series en tabel 5 de neerslag te De Bilt (18-18 GMT) voorspeld op basis van 0 uur series.

Als laatste is in tabel 6 een verificatie in contingentievorm gegeven van de kans op onweer. De onweerskans is daarbij vertaald tot een ja/nee grootheid door onweer te voorspellen als de kans groter was dan 31%. Bij de tabellen is ook de PI vermeld.

In het voorgaande is slechts een globale indruk gegeven van wat men van de gidsverwachting mag verwachten. Men moet genoemde prestaties zeker niet zien als het eindresultaat van wat mogelijk is. De genoemde cijfers geven echter voldoende basis aan een voortzetting van het onderzoek in deze richting.

## 5. Toekomstplannen.

De kwaliteit van de gidsverwachting is afhankelijk van twee factoren: de kwaliteit van het numerieke model en de kwaliteit van de vertaaltechnieken. Alhoewel we aan de kwaliteit van het model, voor de langere termijn weinig kunnen doen is al wel duidelijk geworden dat overgaan op ECMF produkten als basis nuttig zal zijn. Verder is al komen vast te



staan dat de gebruikte vertaaltechnieken niet optimaal zijn. Aangezien beide operaties nogal wat werk kosten zijn de huidige plannen erop gericht om beide operaties te laten samenvallen. De eerstkomende ontwikkeling zal dan ook zijn een volkomen nieuwe gidsverwachting gebaseerd op ECMWF produkten.

Verdere te verwachten ontwikkelingen zijn dan: uitbreiding van het aantal weergrootheden dat genoemd wordt in de gidsverwachting en gidsverwachting voor meerdere stations. Dit laatste zal echter pas van nut zijn indien de gidsverwachting ook concurrerend wordt voor dag 1 en bovendien als een regionalisatie bijdraagt tot de kwaliteit.

Parallel aan deze ontwikkeling zal dan tevens een overgang op MOS technieken onderzocht worden.

Tabel 1. Gedeelte van de experimentele gidsverwachting.

0	80080900	objectieve korte termijn gidsverwachting v/d wg SSV							
		800809		800810		800811		800812	
		00	12	00	12	00	12	00	12
1	RR12DB :	42	34	32	23	28	20	34	22
	RR24DB :		60		45		37		42
2	LARR12 :		P		MD		MD		MD
	LARR24 :		P		V		MD		V
3	TXTNDB :	6	21	10	21	12	21	12	21
4	ONWEER :		26		16		12		13

0: Begintijd van het model en de tijdas.

1: Kans op neerslag te De Bilt in procenten:

RR12DB = in de periode 06-18 óf 18-06 GMT

RR24DB = in de periode 18-18 GMT.

2: Landelijke neerslag 06-18 GMT resp. 18-18 GMT

D = droog

MD = meeste plaatsen droog

V = verspreid

P = plaatselijk

MR = meeste plaatsen regen.

3: Minimum- en maximumtemperatuur te De Bilt.

4: Kans op onweer (in procenten) op één der 5 hoofdstations in periode

0-24 GMT.

Tabel 2. Verschil MOS en PP.

Historische gegevens reeks

DATUM	DIKTE 1000-500	gisteren voorspelde DIKTE	T <sub>x</sub>
790601	550	552	18
790602	545	543	16
790603	540	535	14
790604	555	556	20
790605	560	562	25
790706	565	561	25

Hieruit afgeleide datasets

PP-dataset

550 18  
545 16  
540 14  
555 20  
560 25  
565 25



PP-vergelijking

$$T_x = 0,48 D - 245,5$$

MOS-dataset

552 18  
543 16  
535 14  
556 20  
562 25  
561 25



MOS-vergelijking

$$T_x = 0,41 D - 206,6$$

Tabel 3. Gemiddelde prestatie index over de periode augustus '79 t/m oktober '80 van gidsverwachting en weerkamer.

DAG 1		Gids	Weerkamer
Neerslag De Bilt	(18-18 GMT)	22	26
Landelijke neerslag	(18-18 GMT)	27	26
Minimum temperatuur	(18-06 GMT)	23	32
Maximum temperatuur	(06-18 GMT)	32	38

DAG 2		Gids	Weerkamer
Neerslag De Bilt	(18-18 GMT)	22	18
Landelijke neerslag	(18-18 GMT)	22	23
Minimum temperatuur	(18-06 GMT)	17	22
Maximum temperatuur	(06-18 GMT)	26	29

DAG 3		Gids	Weerkamer
Neerslag De Bilt	(18-18-GMT)	23	17
Landelijke neerslag	(18-18 GMT)	19	18
Minimum temperatuur	(18-06 GMT)	18	16
Maximum temperatuur	(06-18 GMT)	23	26

Tabel 4. Verificatie neerslag te De Bilt  
Juni 1979 t/m oktober 1980.

Neerslag 06-18 GMT 12 uur serie ++24	verwacht		Totaal	PI
	nee	ja		
nee Opgetreden	217	37	314	20
ja	45	137	182	
Totaal	262	234	496	

Neerslag 06-18 GMT 12 uur serie +48	verwacht		Totaal	PI
	nee	ja		
nee Opgetreden	217	34	311	19
ja	49	130	179	
Totaal	266	224	490	

Neerslag 18-18 GMT 0 uur serie Dag 2	verwacht		Totaal	PI
	nee	ja		
nee Opgetreden	163	92	255	20
ja	53	181	234	
Totaal	216	273	489	

Neerslag 18-18 GMT 0 uur serie Dag 3	verwacht		Totaal	PI
	nee	ja		
nee Opgetreden	153	100	253	20
ja	51	187	238	
Totaal	204	287	491	

Tabel 5. Verificatie van de onweersverwachtingen van de 0-uur serie, juni t/m september van de jaren 1979 en 1980.  
Klimatologische kans op onweer 31%.

DAG 0	verwacht		Totaal	PI
	nee	ja		
nee Opgetreden	132	33	165	25
ja	16	56	72	
Totaal	148	89	237	

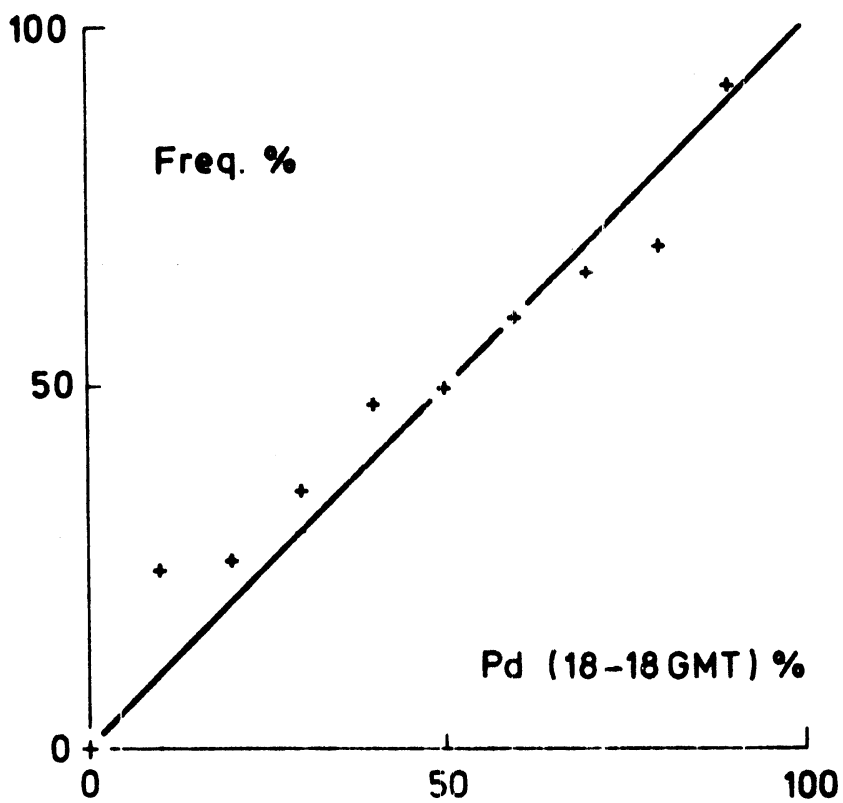
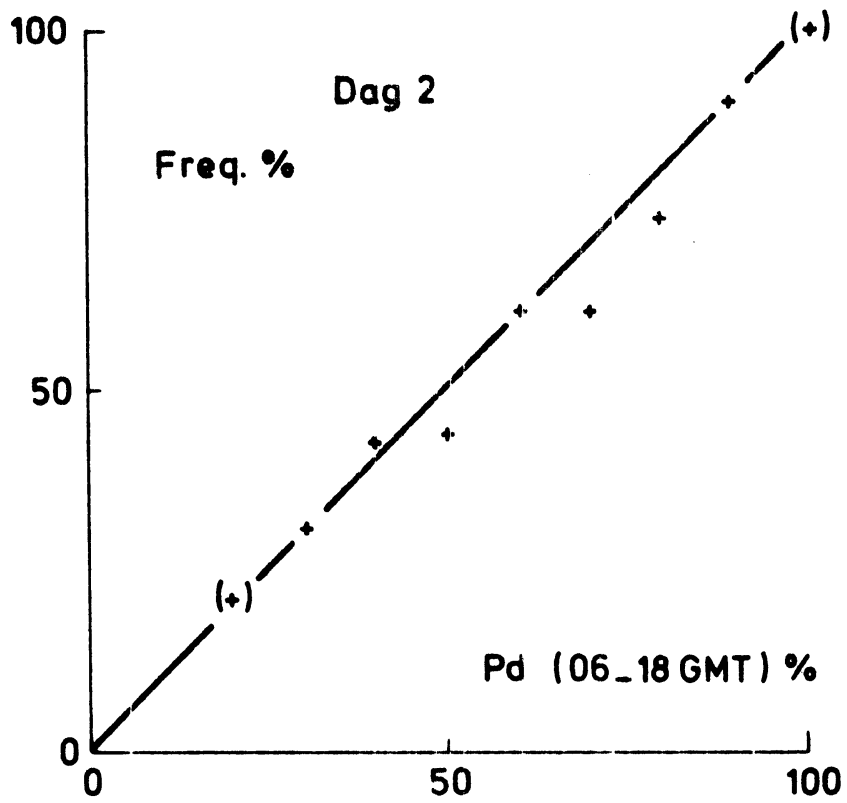
DAG 1	verwacht		Totaal	PI
	nee	ja		
nee Opgetreden	111	53	164	19
ja	16	56	72	
Totaal	127	109	236	

DAG 2	verwacht		Totaal	PI
	nee	ja		
nee Opgetreden	113	44	157	17
ja	25	50	75	
Totaal	138	94	232	

DAG 3	verwacht		Totaal	PI
	nee	ja		
nee Opgetreden	115	46	161	15
ja	27	46	73	
Totaal	142	92	234	

Referenties.

- R. de Bruijn (1980) : Gidsverwachtingen (voorlopig onderzoek van kwaliteit en praktische bruikbaarheid). Memorandum CWD 80-3. Niet gepubliceerd.
- H. Daan (1978) : Verificatie van cijferverwachtingen, KNMI, V-298, 1978.
- H.R. Glahn en (1972) : The use of model output statistics in objective  
D.A. Lowry weather forecasting.  
J. Appl. Meteor., 11, 1203-1211.
- D.A. Lowry (1980) : How to use and not use MOS guidance. In:  
Proceedings of Eighth Conference on Weather  
Forecasting and Analysis, Denver, Colo. (1980).  
Publ. by the American Meteorological Society.
- A.E. Staver (1980) : More Light on MOS. In: Proceedings of Eighth  
Conference on Weather Forecasting and Analysis,  
Denver, Colo. (1980). Publ. by the American  
Meteorological Society.



Figuur 1. Relatief aantal droge dagen na een kansuitspraak van 10%, 20% enz. (Overgenomen uit De Bruijn, 1980).



## EEN EVALUATIE VAN DE PRODUCTEN VAN HET ECMWF.

C. Lemcke

Verslag van een voordracht gehouden op het synoptisch symposium te De Bilt, november 1980.

### 1. Inleiding.

### 2. Van waarneming tot eindproduct.

- 2.1. De forecast run
- 2.2. Verzending naar de lidstaten
- 2.3. Leverbare producten
- 2.4. ECMWF productie schema

### 3. Verificatie.

- 3.1. Subjectief
- 3.2. Objectief
  - 3.2.1. Inleiding
  - 3.2.2. Hoogte 1000 en 500 mbar veld
  - 3.2.3. Gradient verificatie 1000 en 500 mbar veld
  - 3.2.4. Verificatie d.m.v. objectieve klassificatie
  - 3.2.5. Doelgerichte verificatie

### 4. Conclusie.

### 5. Literatuur.

## EEN EVALUATIE VAN DE PRODUCTEN VAN HET ECMWF.

C. Lemcke

### 1. Inleiding.

De ontwikkeling van het ECMWF, European Centre for Medium Range Weather Forecasts, vond plaats in een tijdsbestek van meer dan 10 jaar. De basis werd gevormd door het voorstel van de Raad van Ministers van de Europese Gemeenschap om tot samenwerking te komen op het gebied van wetenschappelijk en technisch onderzoek. Dit plan werd gelanceerd in oktober 1967. Naar aanleiding hiervan kwam twee jaar later een aantal experts uit de meteorologie met het idee om een gemeenschappelijk reken- en onderzoekcentrum te creëren, uitgerust met geavanceerde apparatuur voor gegevensverwerking. Dit centrum zou zich vooral bezig moeten houden met middellangetermijn verwachtingen. Verder uitwerken van de plannen leidde tot de officiële opening van het ECMWF te Reading (Engeland) in juni 1979.

Het doel van het ECMWF is het produceren van verwachtingen tot 10 dagen vooruit. Met ingang van 1 augustus 1979 is men hiermee gestart, tot 1 augustus 1980 vijfmaal per week, daarna dagelijks.

Het is bekend dat de kwaliteit van numerieke producten afneemt met toenemende voorspeltermijn. Een belangrijke vraag is derhalve: tot hoeveel dagen vooruit verstreken de producten van het ECMWF ons nog zinnige informatie. In dit verslag zal een indicatie gegeven worden van de grens van het huidige kunnen en tevens - voor zover mogelijk - een vergelijking gemaakt worden met andere modellen (NMC, UKMO, KNMI)\* aan de hand van subjectieve en objectieve verificatie cijfers van het 500 en het 1000 mbar vlak. Eerst zal echter nog enige aandacht besteed worden aan de totstandkoming van de producten.

\* Producten van de DWD komen niet in numerieke vorm binnen en zijn derhalve niet bij deze verificatie betrokken.

## 2. Van waarneming tot eindproduct.

### 2.1. De forecast run.

Het ECMWF ontvangt alle meteorologische waarnemingen via het Regionale Centrum Bracknell. Om 00.00, 06.00, 12.00 en 18.00 GMT wordt een analyse gemaakt en een forecast 6 uur vooruit. Deze forecast dient ter ondersteuning van de volgende analyse. De waarnemingen worden tweemaal gecontroleerd, de eerste keer nadat de bulletins gedecodeerd zijn, de tweede keer tijdens het analyse proces. De gedecodeerde gegevens worden, - voorzien van een indicatie voor de betrouwbaarheid - opgeslagen in een database. De verwachtingen voor 10 dagen vooruit worden gemaakt uitgaande van de 12.00 uur analyse. Omstreeks 20.30 GMT wordt hiermee gestart. Er wordt zolang gewacht om zoveel mogelijk waarnemingen van schepen en van het Zuidelijk Halfrond binnen te krijgen, opdat de begintoestand zo goed mogelijk gedefinieerd wordt. De analyses en forecasts worden opgeslagen in een database en gereedgemaakt voor verzending naar de lidstaten.

### 2.2. Verzending naar de lidstaten.

Op 1 augustus 1979 waren van de 17 lidstaten - ook enkele landen van buiten de EEG (zie fig. 2) - er slechts enkele aangesloten via een telegraaflijn (low speed verbinding) of data lijn (medium speed verbinding). De overige landen - waaronder Nederland - ontvingen de analyses en de progs van 1000 en 500 mbar velden tot 168 uur vooruit per post. Gegevens van dag 8, 9 en 10 zijn nog niet beschikbaar voor de lidstaten vanwege de geringe kwaliteit.

Het duurde tot half januari 1980 voordat een lowspeed verbinding tussen het EMCWF en het KNMI gerealiseerd was. Deze telegraaflijn is tamelijk gevoelig voor storingen zodat er vrij regelmatig producten verloren gaan. In de loop van 1981 wordt overgegaan op een mediumspeed verbinding.

### 2.3. Leverbare producten.

1. Geopotentiële hoogten op de standaardniveaux:  
(1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70 en 50 mbar).
2. Temperatuur op standaardniveaux.
3. Verticale snelheden op 850, 700 en 500 mbar.
4. Mengverhouding vochtigheid op 1000, 850, 700, 500, 400 en 300 mbar.
5. Druk op zeeniveau.

In 1981 komen o.a. neerslag- en windverwachtingen beschikbaar. Deze velden (1.875<sup>0</sup> x 1.875<sup>0</sup> rooster, globaal) zijn leverbaar voor de tijdstippen: H-24, H-18, ....., H+0, H+6, ....., H+162, H+168. H = 12.00 GMT.

Er zijn een groot aantal gebieden als standaard rooster opgenomen in de producten catalogus, zodat een te verzenden product gedefinieerd is door het soort veld, de forecasttijd en het rooster [4, 5].

Het KNMI ontvangt momenteel de hoogtes van het 1000, 850 en 500 mbar vlak, alsook de temperatuur op het 850 mbar voor de tijdstippen H+0, H+24, H+48, H+72, H+96, H+120 en H+144.

De progs voor H+168, 7 dagen vooruit, zijn welliswaar ook leverbaar, maar de kwaliteit ervan is gering, zodat deze producten wegens de geringe capaciteit van de lowspeed verbinding niet zijn aangevraagd.

Verzenden via de lowspeedlijn vergt circa 5,5 uur.

Wanneer door storing de producten verloren gaan kan om heruitzending verzocht worden, maar in praktijk duurt het dan voor operationeel gebruik te lang alvorens alle producten binnen zijn. Bij de medianspeedlijn is een voortdurende controle mogelijk terwijl de snelheid van verzenden vele malen groter is.

#### 2.4. ECMWF-productie schema.

<u>Product</u>	<u>Tijdstip beschikbaar voor verzending</u>	
analyse	12.00 GMT	23.00 GMT
forecast	+12	23.10
	18	23.15
	24	23.25
	30	23.30
	36	23.35
	48	23.45
	60	23.55
	72	00.10
	84	00.25
	96	00.35
	108	00.50
	120	01.00
	132	01.10
	144	01.30
	156	01.40
	168	01.50

De lowspeed verbinding is te traag om dit schema bij te houden.

### 3. Verificatie.

#### 3.1. Subjectief.

Het ECMWF verstrekt maandelijks een overzicht van de gemaakte forecasts en analyses van 1000 en 500 mbar hoogte, zogenaamde "ECMWF Reference Charts", zie fig. 3.

Een viertal meteorologen van de sectie meerdaagse verwachtingen heeft voor de periode november 1979 tot en met maart 1980 circa 110 series subjectief beoordeeld en geklassificeerd als goed, matig of slecht. Fig. 4 geeft het resultaat weer van deze beoordeling. Op dag 6 werd ongeveer de helft als slecht beoordeeld.

#### 3.2. Objectief.

##### 3.2.1. Inleiding.

Op het KNMI was reeds een stereo-grafisch rooster - afstand tussen de rooster punten 187.5 km - in gebruik voor de verificatie van het eigen model. Het gebied (zie fig. 5) omvat de gehele Noordzee en een gedeelte van de Atlantische Oceaan, en is onder andere met het oog op verificatie vangolfverwachtingen en berekeningen van wateropzet zo gekozen.

De output van de verschillende modellen wordt getransformeerd naar bovengenoemd rooster. Alle verificaties worden uitgevoerd ten opzichte van de numerieke analyse van het KNMI. Dit kan de andere modellen benadelen.

De volgende objectieve maatstaven worden gebruikt:

De Root Mean Square error:

$$RMS = \sqrt{\sum_i (X_{\text{prognose}} - X_{\text{opgetreden}})^2 / N}$$

X = te verifiëren grootheid.

i = index roosterpunt.

Tendenscorrelatie: correlatie tussen  $(X_{\text{prognose}} - X_{\text{uitgangstoestand}})$   
en  $(X_{\text{opgetreden}} - X_{\text{uitgangstoestand}})$ .

Een lage RMS waarde betekent dus een klein verschil tussen verwacht en opgetreden veld, terwijl een hoge tendenscorrelatie coëfficiënt aangeeft dat de verandering goed verwacht was.

Theoretisch is af te leiden dat de tendenscorrelatie coëfficiënt, wanneer

de voorspeltermijn naar oneindig gaat en er gemiddeld wordt over veel gevallen, een limiet heeft van 0.5 (Myakoda e.a. [1]).

Voor alle verificatie cijfers geldt dat voor een bepaalde voorspeltermijn alleen die dagen gebruikt zijn waarop output voor die voorspeltermijn van alle te vergelijken modellen aanwezig was.

Op deze manier wordt een eerlijke vergelijking tussen de modellen verkregen. Aangezien het ECMWF tot 1 augustus 1980 slechts op 5 dagen per week producten leverde, kon het bovengenoemde criterium slechts per prog tijd gehanteerd worden, niet voor de hele serie +24 - +144 h., aangezien anders er maar een zeer gering aantal gevallen zou overblijven.

### 3.2.2. Hoogte 1000 en 500 mbar veld.

In figuur 6 is de RMS-fout van de +24 progs van het 1000 mbar veld van de vier beschikbare modellen weergegeven voor de maand september 1980. Deze maand is gekozen omdat maar weinig dagen ontbraken. Opvallend is dat er dagen voorkomen waarop alle modellen een (relatief) hoge RMS-fout hebben. Gemiddeld heeft het EMCWF-model de laagste RMS-fout en variabiliteit van dag tot dag, het KNMI-model de hoogste.

We dienen daarbij niet uit het oog te verliezen dat het KNMI-model, een relatief eenvoudig model, vergeleken wordt met zeer grote, gecompliceerde modellen.

In figuur 7 en 8 wordt de gemiddelde RMS-fout voor de 1000 respectievelijk 500 mbar progs weergegeven, gemiddeld over circa 120 gevallen uit de periode april-september 1980. Van het NMC wordt geen +72 1000 mbar prog ontvangen. In de grafieken is de verificatie naar voorspeltermijn t.o.v. uitgangssituatie weergegeven. Er is geen rekening gehouden met het feit dat de ECMWF producten op z'n vroegst pas 12 uur na het tijdstip van de uitgangstoestand beschikbaar zijn, de output van de andere modellen is (veel) eerder beschikbaar. Bij het beschouwen der grafieken dient dit feit in gedachten gehouden te worden.

De RMS-fout van het ECMWF neemt vrijwel lineair toe met de tijd, op dag 6 is deze al niet zover meer verwijderd van de RMS-fout van de persistentie. In figuur 9 en 10 is de tendens correlatie weergegeven. De resultaten van NMC en UKMO liggen tussen die van het KNMI en het ECMWF in.

### 3.2.3. Gradient verificatie.

In figuur 11 t/m 14 wordt de RMS fouten van de geostrofische windrichting en snelheid op 1000 en 500 mbar hoogte weergegeven. De geostrofische windrichting en snelheid zijn berekend uit de roosterpuntswaarden voor de

hoogten (zie Heijboer, [3]), alleen die roosterpunten zijn gebruikt waarop de geowind groter was dan 15 knopen. De reden hiervan is enerzijds het feit dat bij een kleine gradient gemakkelijk grote fouten in de berekende windrichting ontstaan, anderzijds dat voor golf- en wateropzet lage windsnelheden niet interessant zijn.

We zien ook hier weer hetzelfde beeld als bij de verificatie van de hoogtes, NMC en UKMO liggen tussen de andere modellen in. Voor de geostrofische windrichting zijn de verschillen niet groot. De geostrofische windsnelheid op 1000 mbar geeft grotere verschillen tussen de modellen te zien.

#### 3.2.4. Verificatie d.m.v. objectieve klassificatie.

Door Kruizinga [2] is een systeem ontwikkeld om 500 mbar patronen objectief in klassen in te delen. Elk der klassen heeft een zelfde kans van optreden. Voor het NMC en het ECMWF-model waren deze klassen beschikbaar, het trefferpercentage is in figuur 15 uitgezet. Het ECMWF scoort duidelijk hoger. Aangezien elk der klassen eenzelfde kans van optreden heeft is de kans op een bepaalde klasse bij willekeurige trekking  $1/27$ , ongeveer 4%. Op dag 6 scoort het ECMWF nog altijd zo'n 10% hoger.

#### 3.2.5. Doelgerichte verificatie.

Sinds de binnenkomst van de ECMWF producten zijn deze tweemaal per week gebruikt om een weekverwachting op te stellen. M.b.v. een lijst van analoge situaties uit het verleden en de getekende 1000 en 500 mbar kaarten, werden kritiekkarten aangestreept, op dezelfde manier als dit door de sectie meerdaagse verwachtingen gebeurt op grond van NMC producten. Over de periode januari tot november 1980 zijn de PI's bepaald voor maximum en minimum temperatuur, neerslag en zonneshijn. In tabel I zijn de resultaten weergegeven. Het ECMWF scoort duidelijk beter voor 3 van de 4 grootheden, zelfs nog als we de late beschikbaarheid van de ECMWF producten in rekening brengen.

#### 4. Conclusie.

Op grond van bovenstaande kunnen we concluderen dat in de periode april-september het ECMWF de beste producten leverde. Brengen we de late binnenkomst tijd in rekening, dan nog blijven de producten vergelijkbaar met een 12 uur nieuwere serie. Wat betreft NMC en UKMO is het op grond van

bovenstaande gegevens nog niet mogelijk een duidelijke uitspraak te doen welk product het beste is. Het feit dat UKMO-producten op een vroeger tijdstip en regelmatig binnenkomen zal de balans ten gunste van UKMO doen doorslaan. Wat betreft dag 4, 5 en 6 van het EMCWF kunnen we stellen dat de kwaliteit gestaag afneemt. Met de huidige vertaaltechnieken stromingspatronen ↔ weersverwachting ligt de grens van het kunnen tussen dag 5 en 6. Het ECMWF, dat als winnaar uit de strijd gekomen is heeft nog meer voordelen, namelijk het grote aantal parameters dat geleverd kan worden.

## 5. Literatuur.

- [1]. K. Myakoda, G.D. Hembree, R.F. Strickler and J. Shulman, 1972.  
Cumulative Results of Extended Forecast Experiments. I. Model Performance for Winter Cases. Monthly Weather Review 100/12, 836-855.
- [2]. S. Kruizinga, 1978.  
Objectieve classificatie van dagelijkse 500 mbar patronen.  
KNMI Wetenschappelijk Rapport, WR 78-8.
- [3]. L.C. Heijboer, 1979.  
Beschrijving van een gradiënt-verificatie programma en een vergelijking van objectieve met door meteorologen verrichte subjectieve verificatie van het voorspelde stromingspatroon van BK-4.  
KNMI Verslag V-322, 1979.
- [4]. The presentation of ECMWF products to Member States. ECMWF Meteorological Bulletin, M3.3.1.
- [5]. The ECMWF current product catalogue. ECMWF Meteorological Bulletin, M3.4/1 (1).



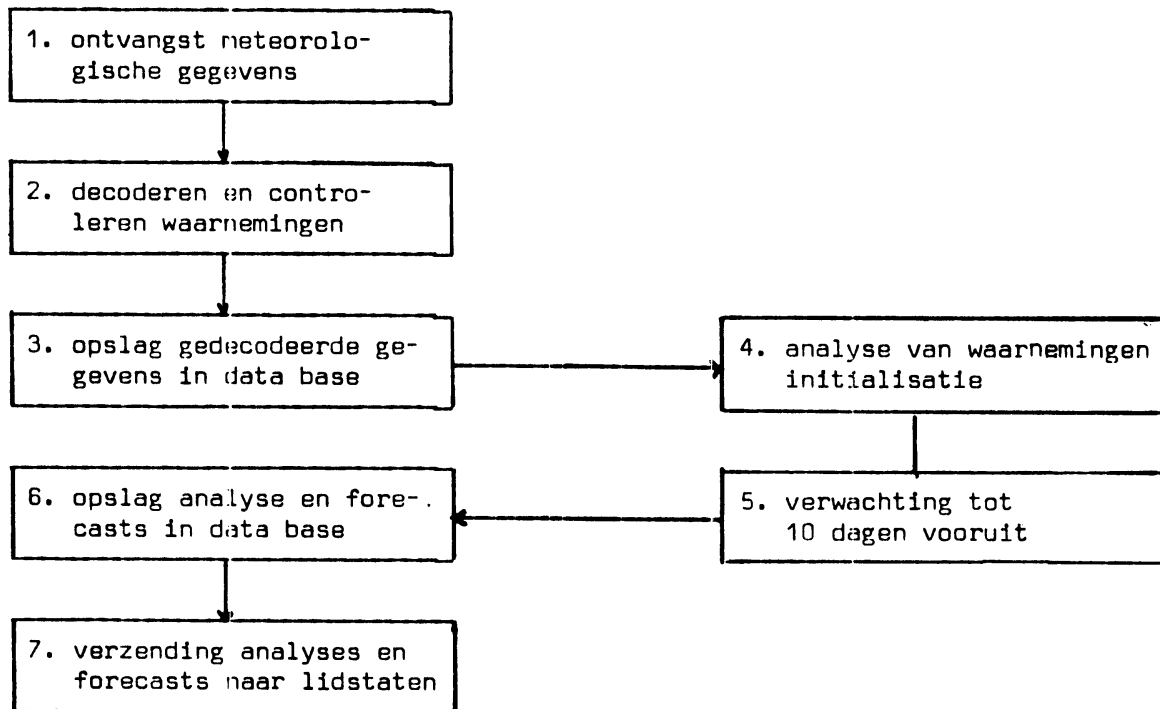


Fig. 1. Basisschema van het ECMWF Operational Forecasting System.

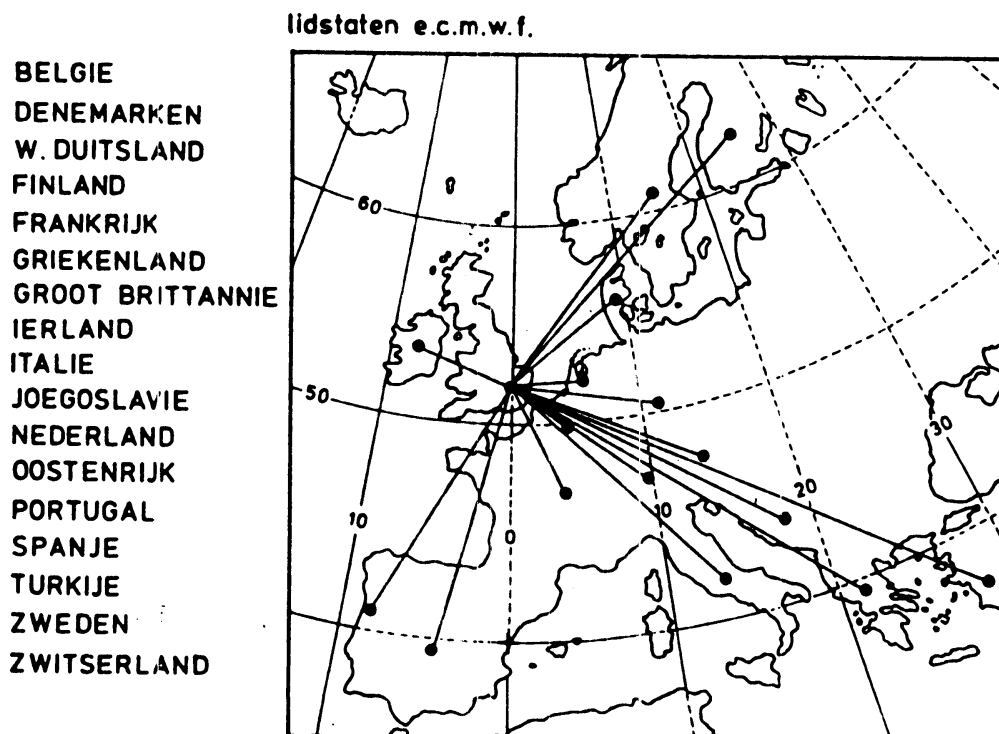
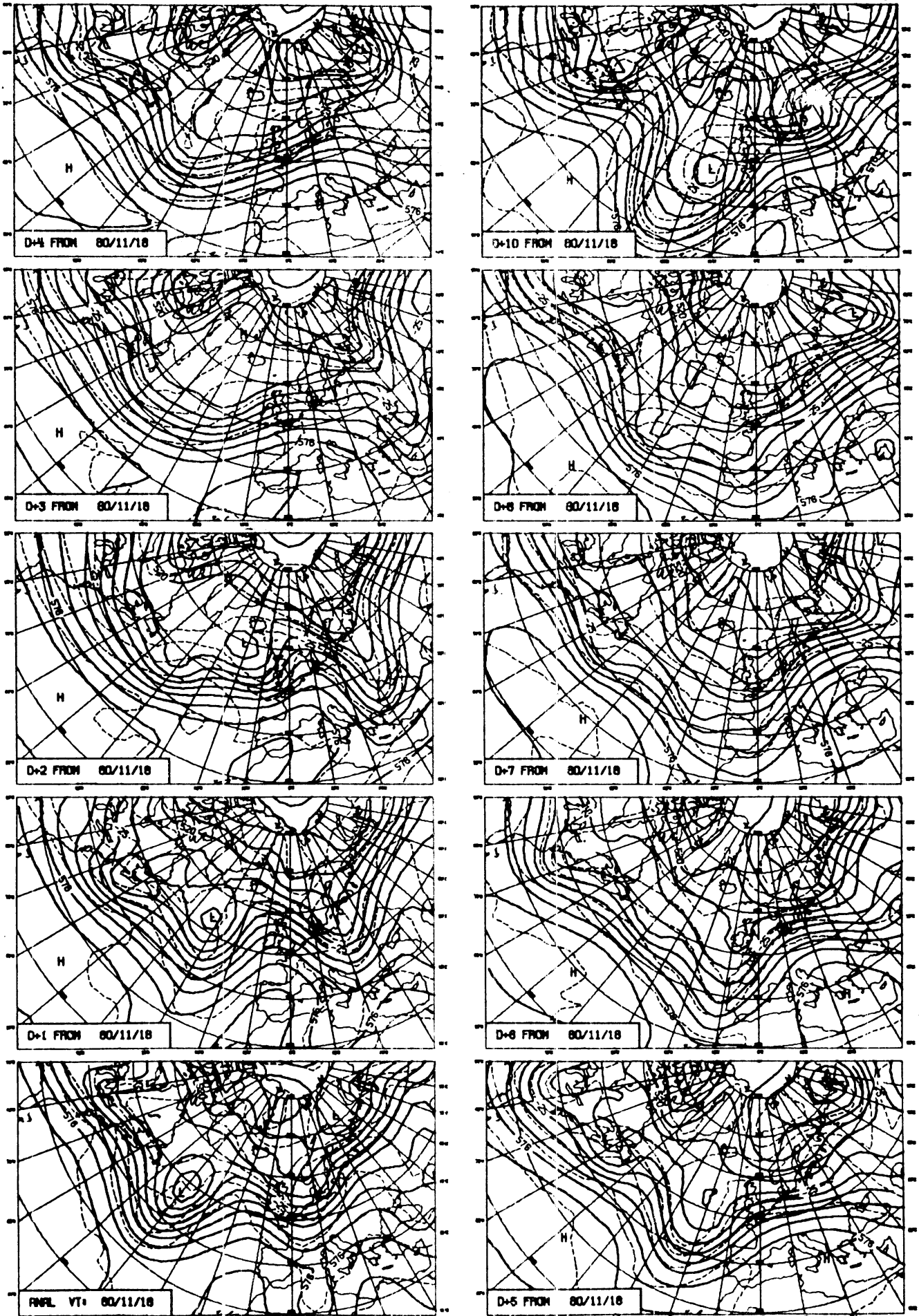


Fig. 2. De 17 lidstaten van het ECMWF. In de toekomst zullen alle staten via een medium speed data lijn met het ECMWF verbonden zijn.



ECMWF 500 MB ANALYSIS AND 12Z FORECAST FIELDS FROM 12Z 80/11/18  
 CONTOUR INTERVAL 80MB (THICK LINES), 5K (DASHED LINES)

Fig. 3. ECMWF Reference Charts.

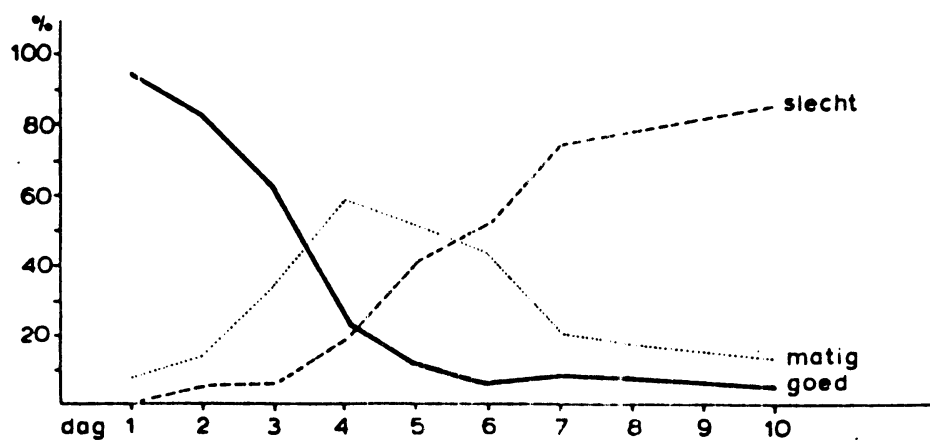


Fig. 4. Subjectieve beoordeling van 110 series 10-daagse progs met behulp van de ECMWF Reference Charts (zie fig. 3.). November 1979 - maart 1980.

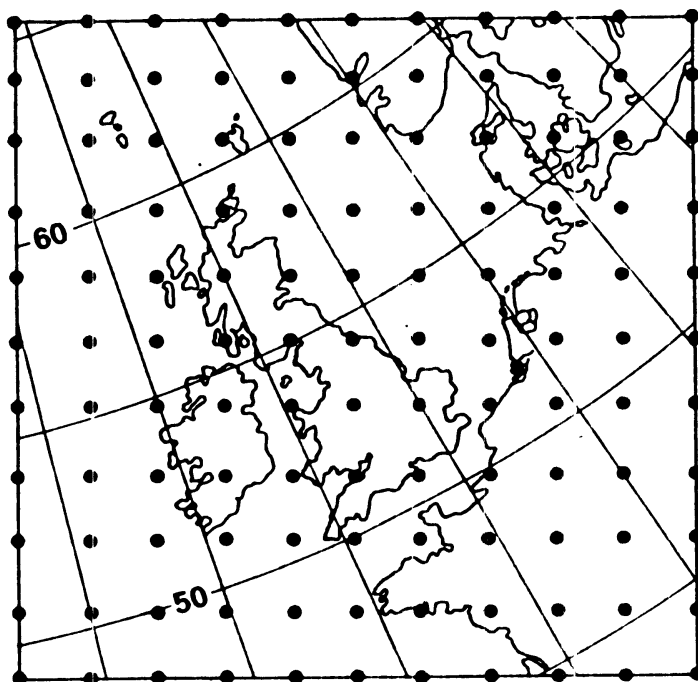


Fig. 5. Gebied waarover objectief geverifieerd wordt.

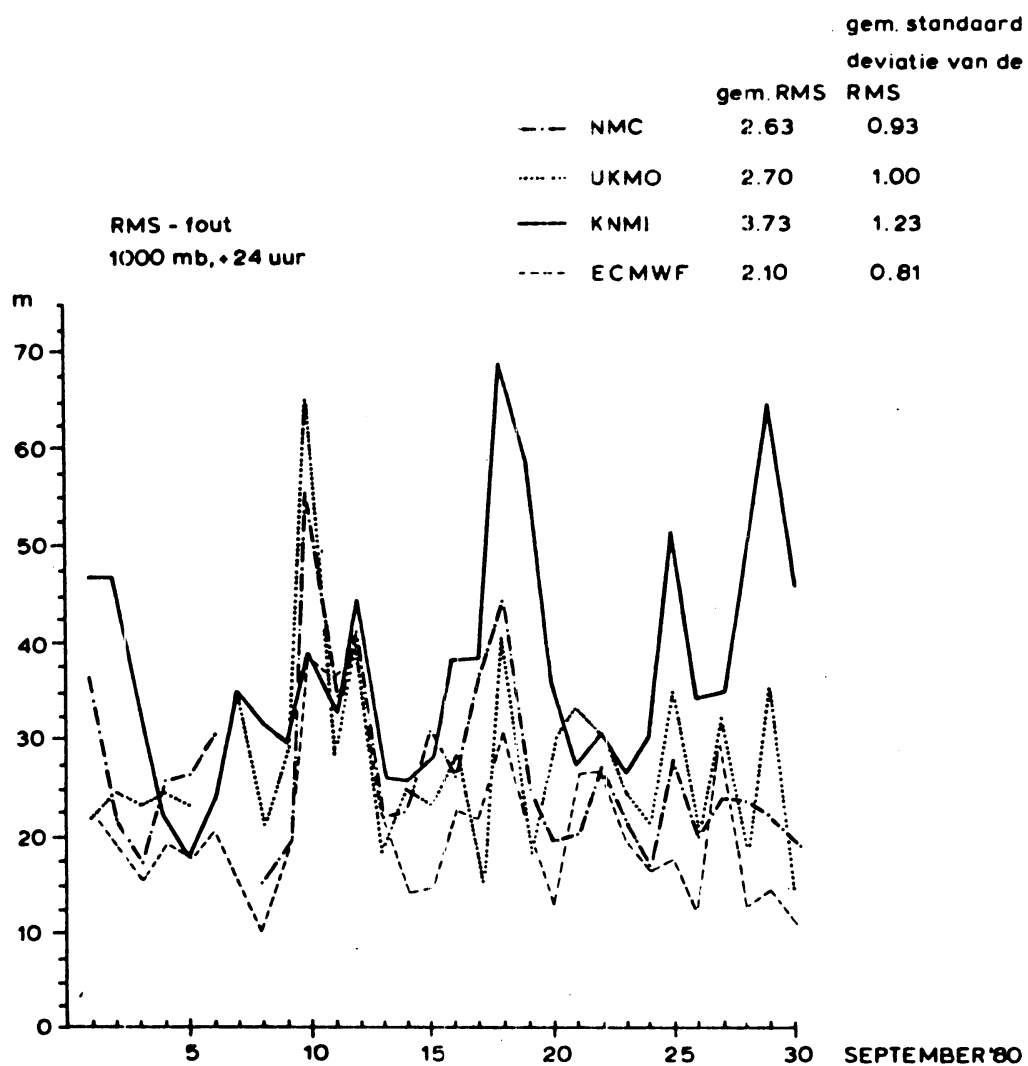


Fig. 6. RMS-fout hoogte 1000 mbar vlak van de verschillende modellen voor de maand september 1980.

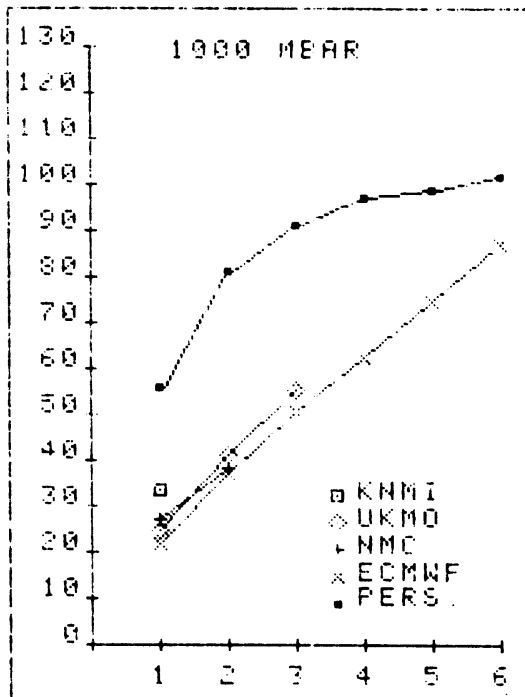


FIG. 7  
RMS-FOUT VAN DE HOOGTE VAN  
HET 1000 MBAR VLAK.  
EENHEID: METER.  
HORIZONTAAL: VERWACHTINGS  
TERMIJN IN DAGEN.  
GEMIDDELD OVER ONGEVEER  
120 GEVALLEN APRIL-SEP 1980

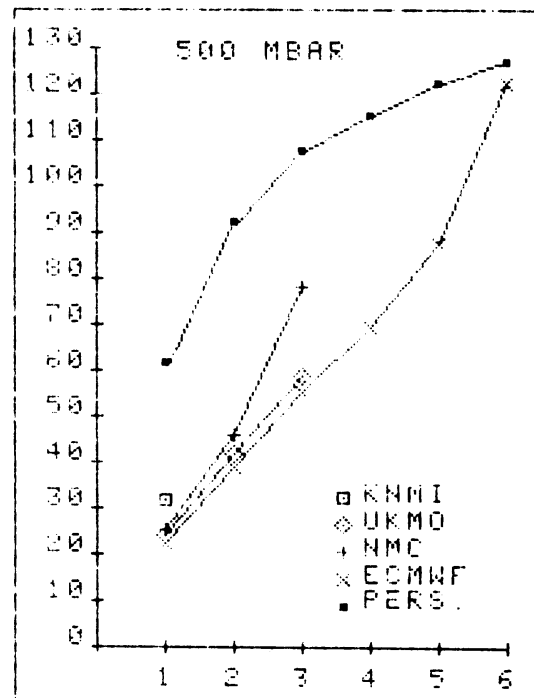


FIG. 8  
RMS-FOUT VAN DE HOOGTE VAN  
HET 500 MBAR VLAK.  
EENHEID: METER.  
HORIZONTAAL: VERWACHTINGS  
TERMIJN IN DAGEN.  
GEMIDDELD OVER ONGEVEER  
120 GEVALLEN APRIL-SEP 1980

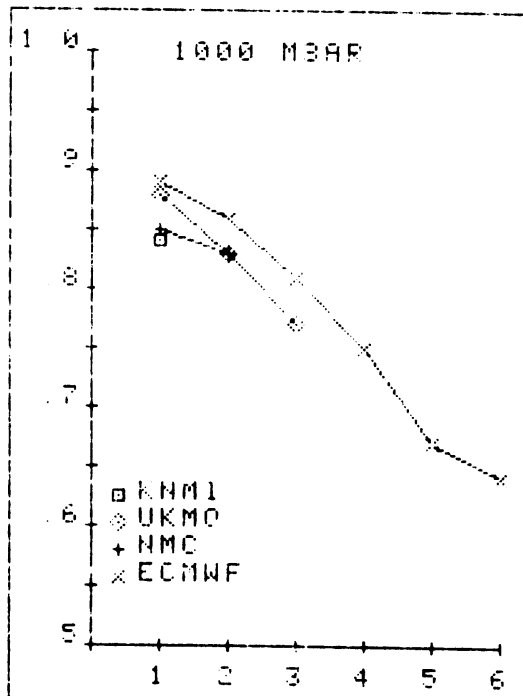


FIG. 9  
TENDENS CORRELATIE.  
HORIZONTAAL: VERWACHTINGS  
TERMIJN IN DAGEN.  
GEMIDDELD OVER ONGEVEER  
120 GEVALLEN APRIL-SEP 1980

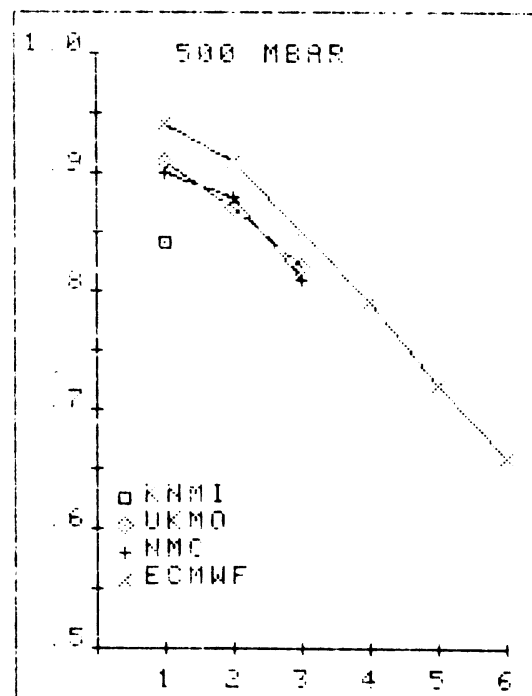


FIG. 10  
TENDENS CORRELATIE.  
HORIZONTAAL: VERWACHTINGS  
TERMIJN IN DAGEN.  
GEMIDDELD OVER ONGEVEER  
120 GEVALLEN APRIL-SEP 1980

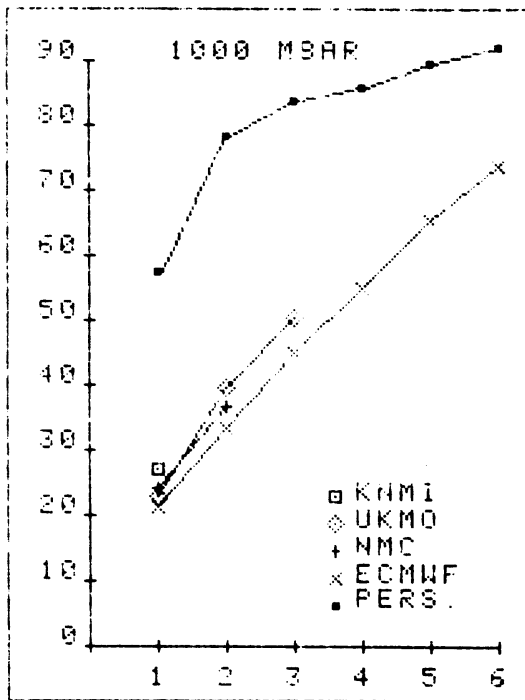


FIG. 11  
RMS-FOOT GEOSTROFISCHE  
WINDRICHTING  $\mu > 15$  KTS.  
HORIZONTAL: VERWACHTINGS  
TERMIJN IN DAGEN.  
GEMIDDELD OVER ONGEVEER  
120 GEVALLEN APRIL-SEP 1980

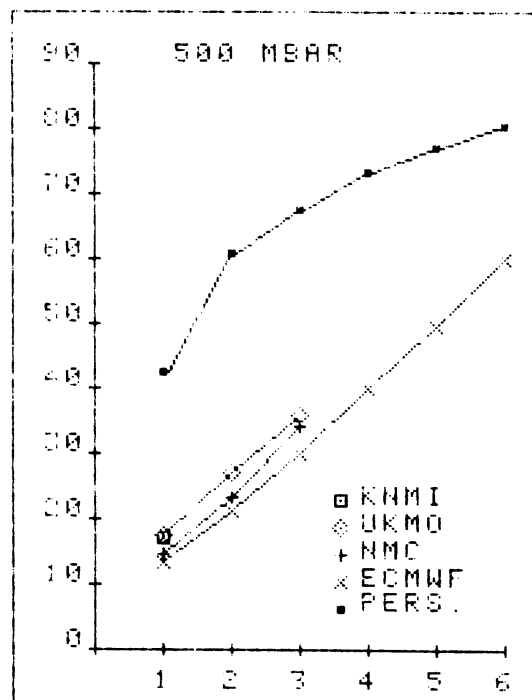


FIG. 12  
RMS-FOOT GEOSTROFISCHE  
WINDRICHTING  $\mu > 15$  KTS.  
HORIZONTAL: VERWACHTINGS  
TERMIJN IN DAGEN.  
GEMIDDELD OVER ONGEVEER  
120 GEVALLEN APRIL-SEP 1980

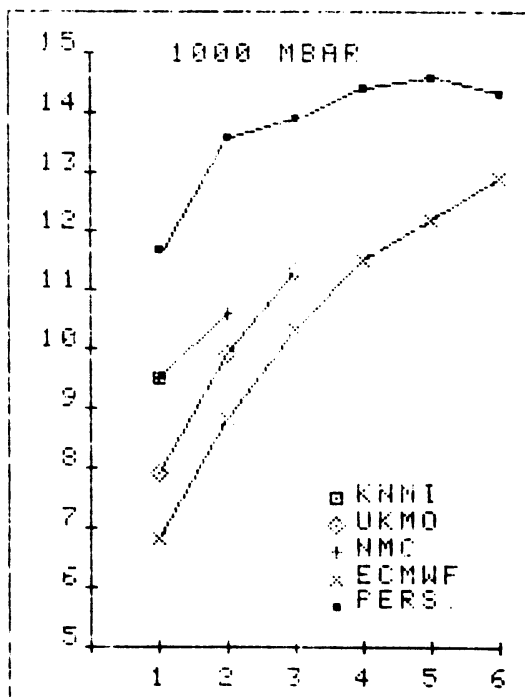


FIG. 13  
RMS-FOOT GEOSTROFISCHE  
WINDSNELHEID  $\mu > 15$  KTS.  
HORIZONTAL: VERWACHTINGS  
TERMIJN IN DAGEN.  
GEMIDDELD OVER ONGEVEER  
120 GEVALLEN APRIL-SEP 1980

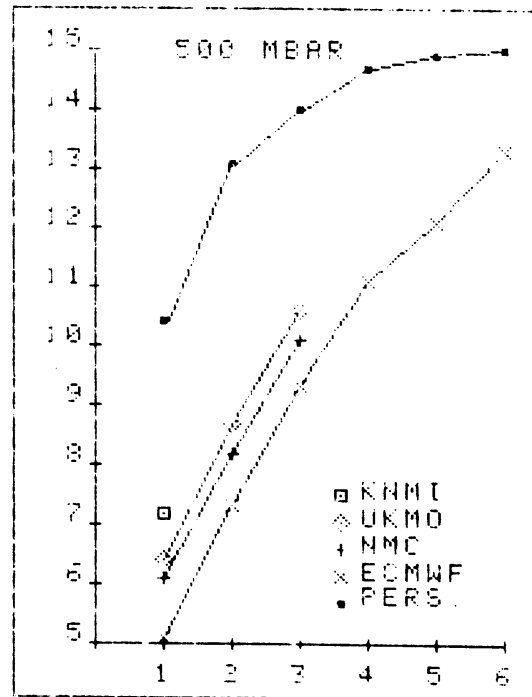


FIG. 14  
RMS-FOOT GEOSTROFISCHE  
WINDSNELHEID  $\mu > 15$  KTS.  
HORIZONTAL: VERWACHTINGS  
TERMIJN IN DAGEN.  
GEMIDDELD OVER ONGEVEER  
120 GEVALLEN APRIL-SEP 1980

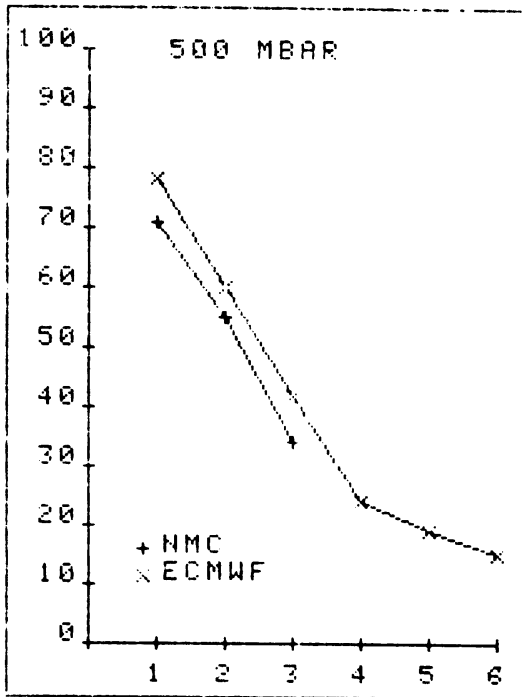


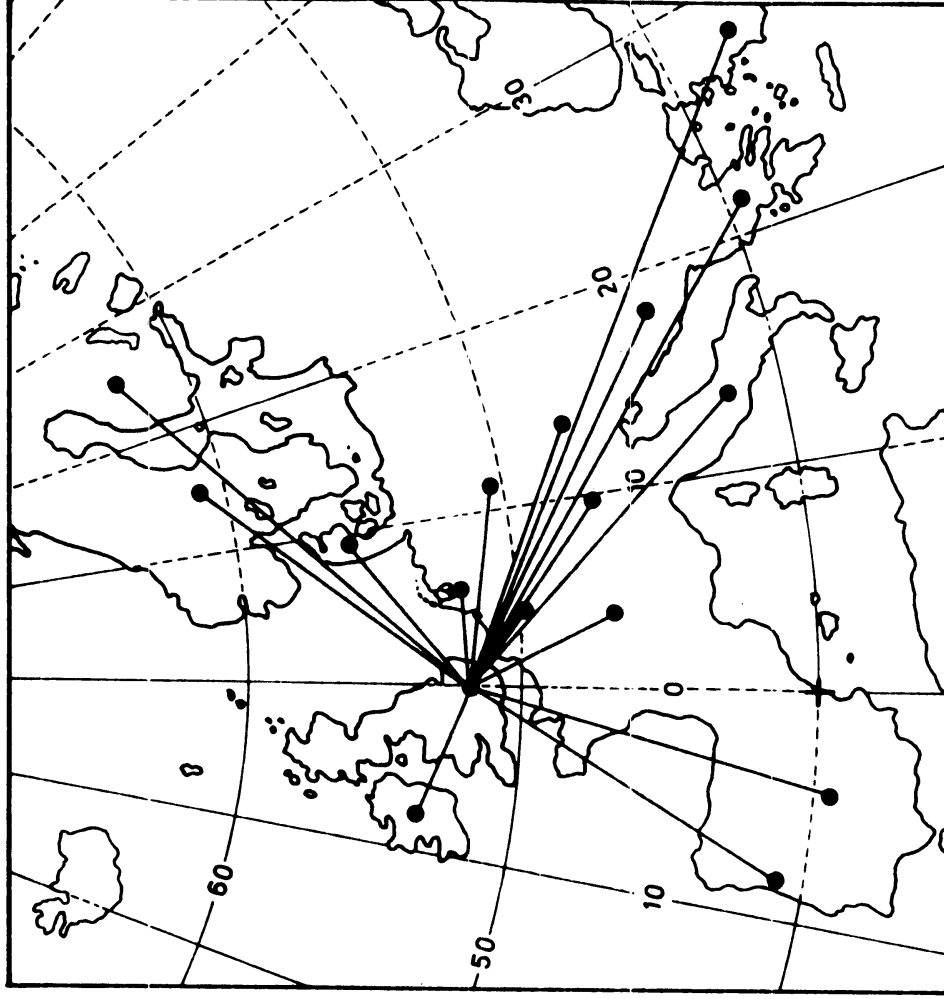
FIG. 15  
 TREFFER PERCENTAGE BIJ OBJEC-  
 TIEVE KLASSIFICATIE VAN HET  
 500 MBAR PATROON VOLGENS  
 HET P27-SYSTEEM. GEMIDDELD  
 OVER ONGEVEER 190 GEVALLEN  
 JANUARI-OKTOBER 1980.  
 HORIZONTAL: VERWACHTINGS  
 TERMIJN IN DAGEN.

Tabel 1.

dag	PI							
	$T_n$		$T_x$		RR		SS	
	NMC	ECMWF	NMC	ECMWF	NMC	ECMWF	NMC	ECMWF
2	26	28	36	45	24	29	9	11
3	24	24	22	37	10	22	3	17
4		14		39		21		14
5		22		34		13		8
6		11		24		9		7

Tabel 1. De prestatie index voor de minimum temperatuur ( $T_n$ ), de maximum temperatuur ( $T_x$ ), de kans op neerslag tussen 1800<sup>n</sup> en 1800 GMT (RR) en het percentage zonneshijn (SS). De pijlen geven de vergelijking aan tussen de PI's wanneer we de late binnenkomst van de ECMWF-producten in rekening brengen. Gegevens januari-november 1980, 80 gevallen.

lidstaten e.c.m.w.f.



- BELGIE
- DENEMARKEN
- W. DUITSLAND
- FINLAND
- FRANKRIJK
- GRIEKENLAND
- GROOT BRITTANNIE
- IERLAND
- ITALIE
- JOEGOSLAVIE
- NEDERLAND
- OOSTENRIJK
- PORTUGAL
- SPANJE
- TURKIJE
- ZWEDEN
- ZWITSERLAND



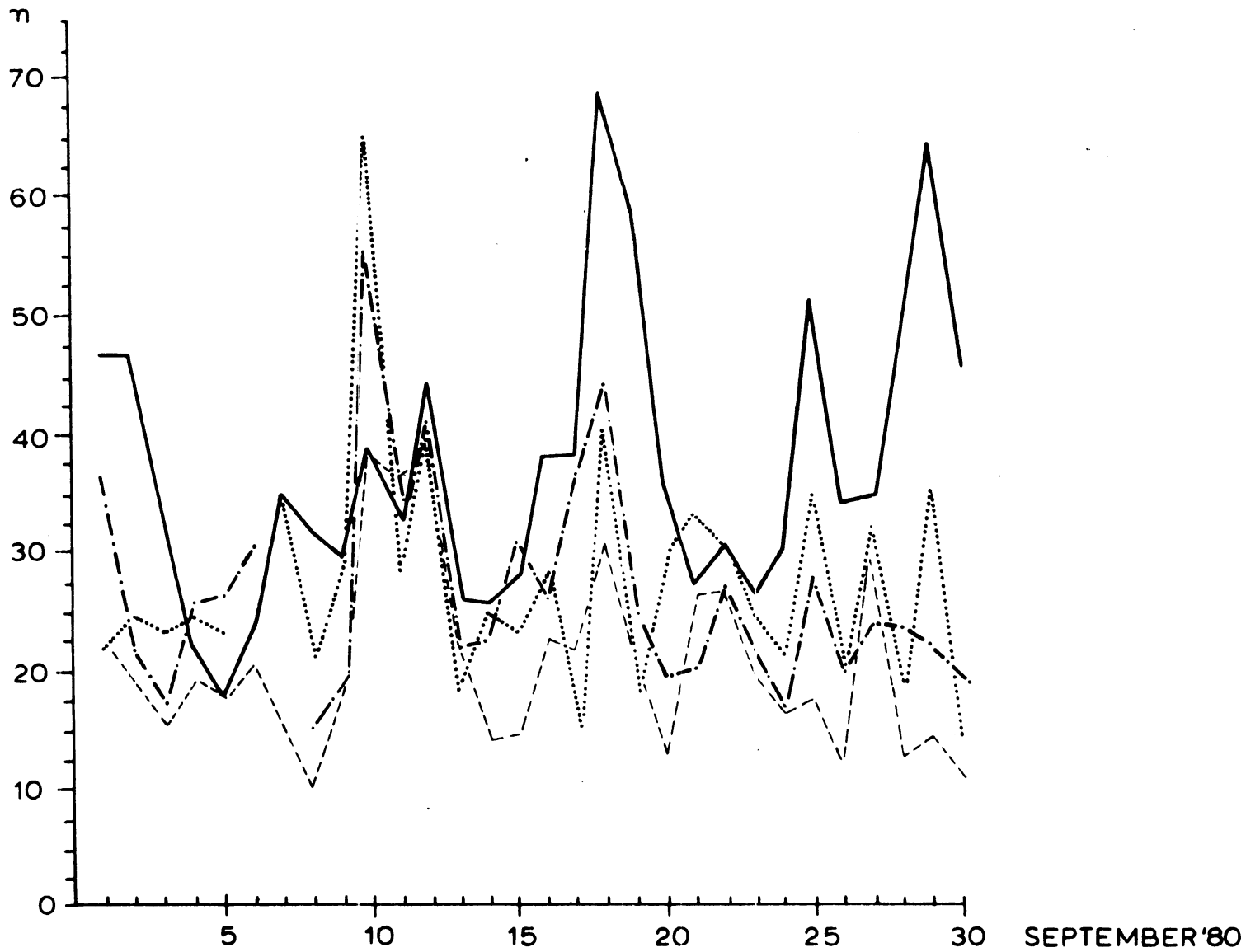
gem. standaard  
deviatie van de

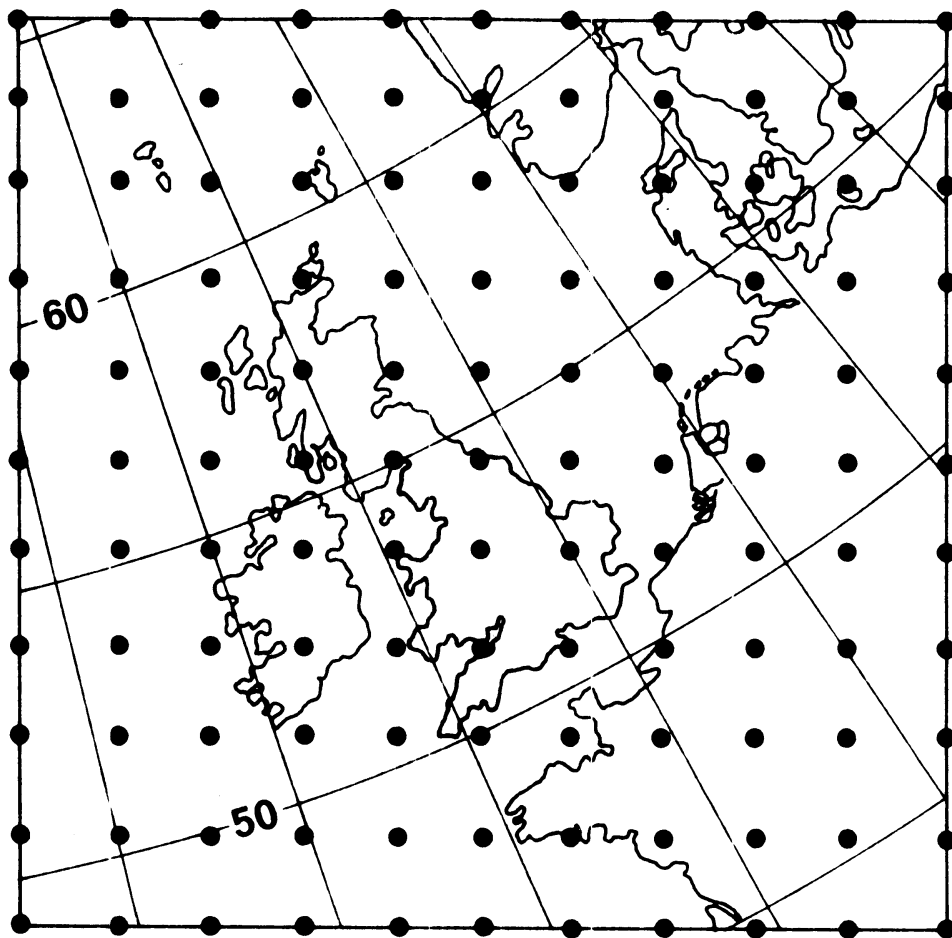
gem. RMS

RMS

---	NMC	2.63	0.93
.....	UKMO	2.70	1.00
—	KNMI	3.73	1.23
- - -	ECMWF	2.10	0.81

RMS - fout  
1000 mb, + 24 uur







## ZEEWIND

J. Oerlemans, IMOU, Rijksuniversiteit Utrecht

### INLEIDING

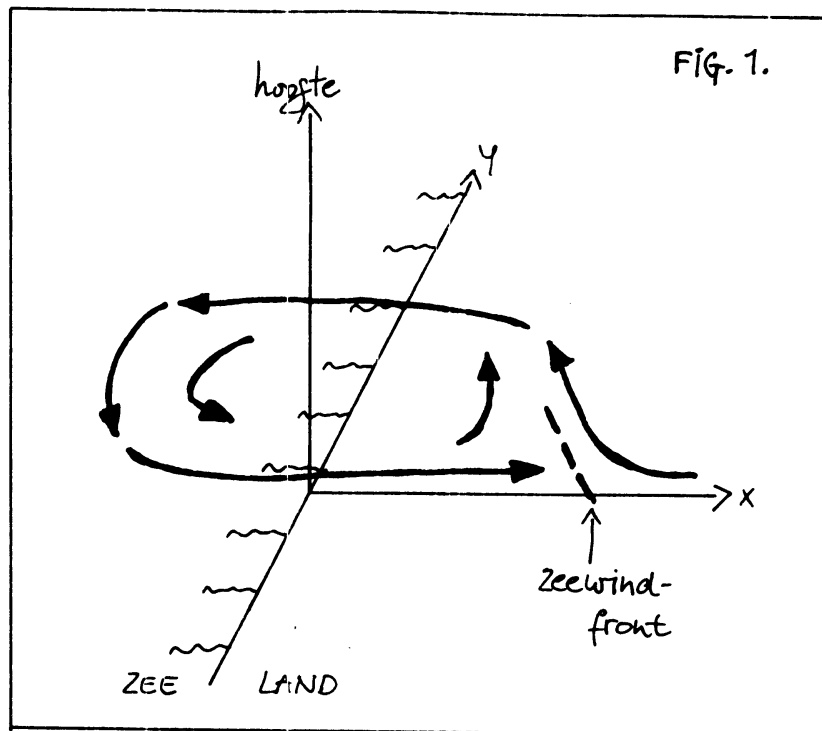
Zeewind is een bijzonder mooi voorbeeld van een thermisch gedreven cirkulatie in de atmosfeer. In feite is de zeewindcirkulatie een verschijnsel dat zijn bestaan dankt aan het verschil in thermische eigenschappen tussen land en zee. Bij de energiehuishouding van het aardoppervlak speelt in het geval van zee een veel dikkere laag mee dan in het geval van land, of, met andere woorden, de effectieve warmtecapaciteit van de zee is veel groter.

In situaties met een intense instraling zal dit tot gevolg hebben dat de oppervlaktetemperatuur op het land veel sterker kan stijgen dan op zee (waar nauwelijks een dagelijkse gang aanwezig is). Door middel van konvektie zal dit leiden tot een temperatuursverhoging van de lucht in de (groeien- de) grenslaag. De isobarische vlakken worden opgetild, en op enige hoogte moet er dus een drukgradiënt ontstaan, loodrecht op de kust en naar zee gericht. De zeewindcirkulatie zet dus in met een wind van land naar zee. In de praktijk zal deze wind zich op een hoogte van 1 á 3 km voordoen, dwz. net onder de subsidentie-inversie die in zeewindsituaties meestal aanwezig is.

Er stroomt nu lucht van land naar zee, wat resulteert in een daling van de *bodem*druk boven land. Vlak boven het aardoppervlak gaat er dus lucht van zee naar land stromen: de eigenlijke zeewind. Op deze manier ontstaat een cirkulatie (zie Fig. 1), die meestal vrij lokaal is. In Nederland bedraagt de doorsnede door zo'n cel zelden meer dan 100 km. Meestal speelt de zeewindcirkulatie zich af op enkele tientallen kilometers.

Op plaatsen die op enkele afstand van de kust liggen, kan men regelmatig vaststellen dat de zeewind plotseling inzet, dwz. dat er sprake is van een vrij snelle verandering in de windrichting en een daling van de temperatuur. Men spreekt hier van het zeewindfront. De koude, van zee afkomstige lucht stroomt uit en duwt daarbij de warme lucht naar boven, gedreven door de horizontale drukgradiënt. Het zou te ver voeren hier in detail op de dynamika van het zeewindfront in te gaan, maar het is een bijzonder interessant verschijnsel.

Een min of meer complete behandeling van de zeewindcirkulatie is zonder de hulp van numerieke modellen niet goed mogelijk. Wél kan men met eenvoudige middelen een kwalitatief beeld van het verschijnsel schetsen.



#### ENKELE EENVOUDIGE THEORETISCHE BESCHOUWINGEN

Laten we eens aannemen dat er in de atmosfeer, die aanvankelijk in rust is, drukgradiënten ontstaan zoals hierboven is beschreven. In de onderste laag van de atmosfeer is deze gradiënt van de zee naar het land gericht. We zullen alleen deze laag in beschouwing nemen, en impliciet veronderstellen dat de verplaatste lucht wordt gekompenseerd door een tegenstroming op grotere hoogte, voor zover dit nodig is om behoud van massa te garanderen. We kiezen het koördinatensysteem volgens Figuur 1. Onder de verwaarlozing van wrijvingskrachten wordt de beweging van een luchtdeeltje bepaald door:

$$\frac{du}{dt} = fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (1)$$

$$\frac{dv}{dt} = -fu \quad (2)$$

Hierin zijn  $u$  en  $v$  de snelheidscomponenten langs de  $x$ - en  $y$ -as,  $f$  de Coriolisparameter,  $p$  de druk, en  $\rho$  de dichtheid. In eerste instantie veronderstellen we dat er geen gemiddeld drukveld en geen gemiddeld windveld is.

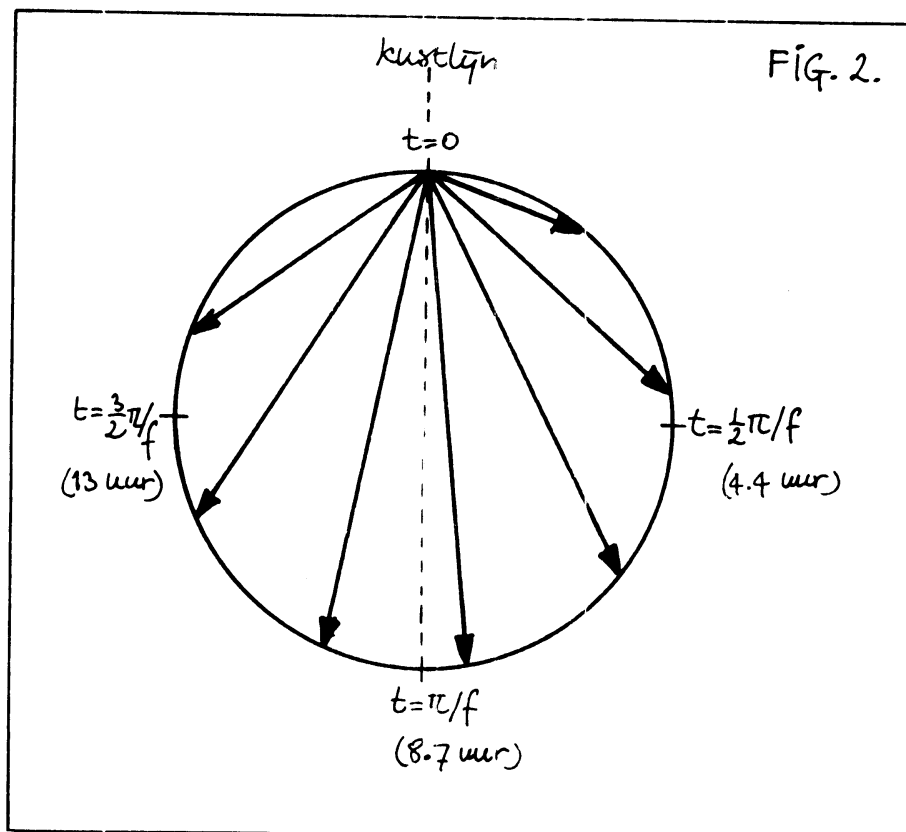
Stel nu dat de kracht, veroorzaakt door bovengenoemde drukgradiënt, begint op  $t=0$ , en vervolgens op het luchtdeeltje blijft werken met konstante grootte  $P$ . Men kan dan heel eenvoudig nagaan dat de oplossing

$$u(t) = \frac{P}{f} \sin(ft) \quad (3)$$

$$v(t) = \frac{P}{f} (\cos(ft) - 1) \quad (4)$$

voldoet aan de vergelijkingen (1) en (2). De windvektor doorloopt een cirkel met straal  $P/f$ , zie Fig. 2. Omdat op onze breedte  $f=10^{-4} \text{ s}^{-1}$ , gaat de windvektor één keer rond in  $2\pi/f=17.5$  uur. De hier beschreven beweging staat bekend als de traagheids- of inertiaal beweging, en treedt bijvoorbeeld ook op bij de vorming van de nachtelijke low-level jet.

In de praktijk zal de gehele cirkel natuurlijk niet voltooid worden, omdat de luchtdrukgradiënt niet konstant zal blijven. Bovendien zal er energieverlies door wrijving optreden. Toch demonstreert de bovenstaande beschouwing op duidelijke wijze hoe de zee wind, door de invloed van de Corioliskracht, geleidelijk ruimt.



Tot nu toe zijn we er vanuit gegaan, dat er geen 'achtergrondwind' is. In werkelijkheid zal dit vaak wel het geval zijn. Omdat we een lineaire analyse uitvoeren, kunnen we de achtergrondwind gewoon bij onze oplossing optellen. Dus, als we de x-komponent van deze wind aangeven met  $u_g$ , hebben we:  $u_{tot} = u_g + u_g + \frac{P}{f} \sin(ft)$ . Lucht van zee zal het land binnen kunnen dringen zodra  $u_{tot}$  groter dan nul wordt. Het tijdstip waarop de zeewind het land opkomt wordt dus gevonden door te stellen  $u_{tot} = 0$ . Dit levert

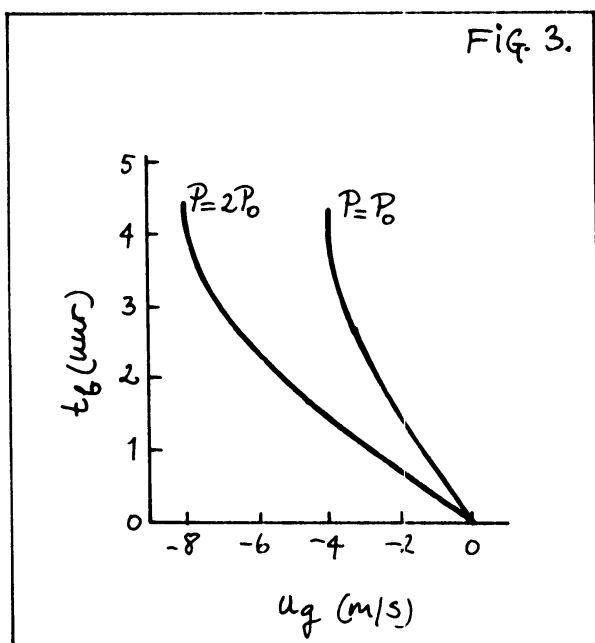
$$t_b = \frac{1}{f} \arcsin(-u_g f/P) \quad (5)$$

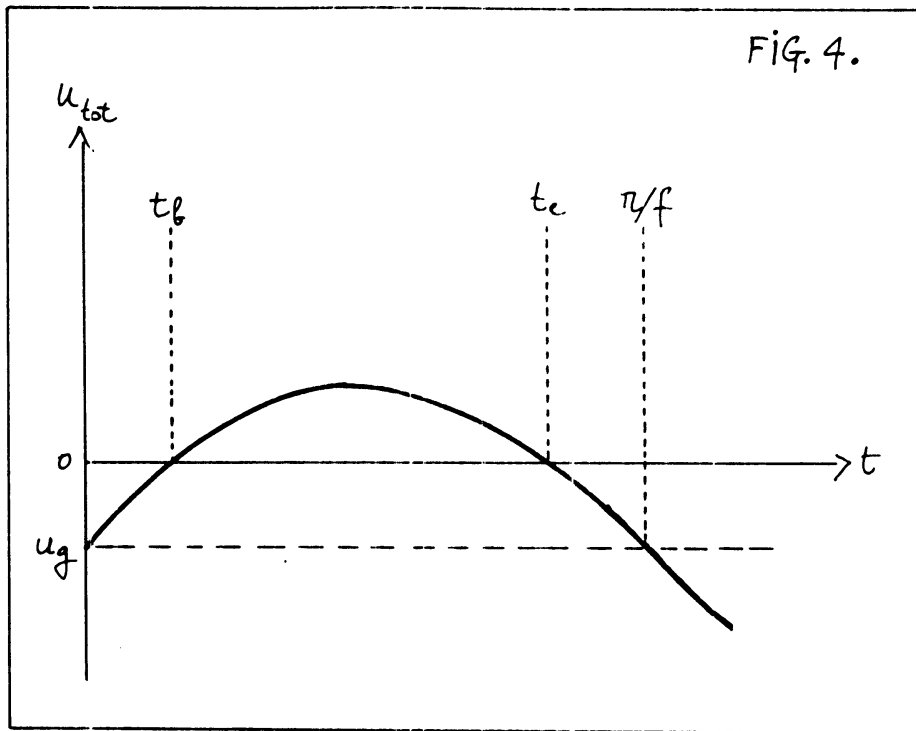
Om met (5) na te kunnen gaan hoe  $t_b$  van de achtergrondwind  $u_g$  afhangt, moet er eerst een waarde voor  $P$  gekozen worden. Stel dat de luchtdrukgradiënt, behorende bij het land-zee temperatuurverschil, 1 mbar per 20 km bedraagt. We vinden dan  $P_0 = -(\partial p/\partial x)/\rho = 4 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$ . De straal van de cirkel in Fig. 2 wordt dan  $P_0/f = 4 \text{ m/s}$ . Dit is tevens de grootste waarde die  $u$  kan bereiken (op het tijdstip  $t = \frac{1}{2}\pi/f = 4.4$  uur; zie ook Fig. 4). Als er dus bij deze waarde van  $P$  een oostelijke achtergrondwind is met snelheid groter dan 4 m/s, dan zal er géén zeewind optreden.

Eén en ander is verduidelijkt in Fig. 3, waar  $t_b$  is uitgezet als een

funktie van  $u_g$ . Het verband is uitgezet voor twee waarden van  $P$ , nl.  $P = P_0$  en  $P = 2P_0$ . Als  $P$  groter is zet de zeewind uiteraard eerder in. Bovendien kan er dan ook bij een sterkere oostenwind nog zeewind optreden.

Met het huidige modelletje kunnen we nog een stap verder gaan. Stel dat ons luchtdeeltje achter het zeewindfront het land opstroomt en dat in de buurt van dit front de luchtdrukgradiënt  $P$  inderdaad gehandhaafd blijft. We kunnen dan nagaan hoever het deeltje het land binnendringt door vgl. (3)





te integreren in de tijd, vanaf  $t=t_b$ . Dus

$$S(t) = \int_{t_b}^{t_e} u_{\text{tot}}(t') dt' = (t-t_b)u_g - \frac{P}{f^2} [\cos(ft) - \cos(ft_b)] \quad (6)$$

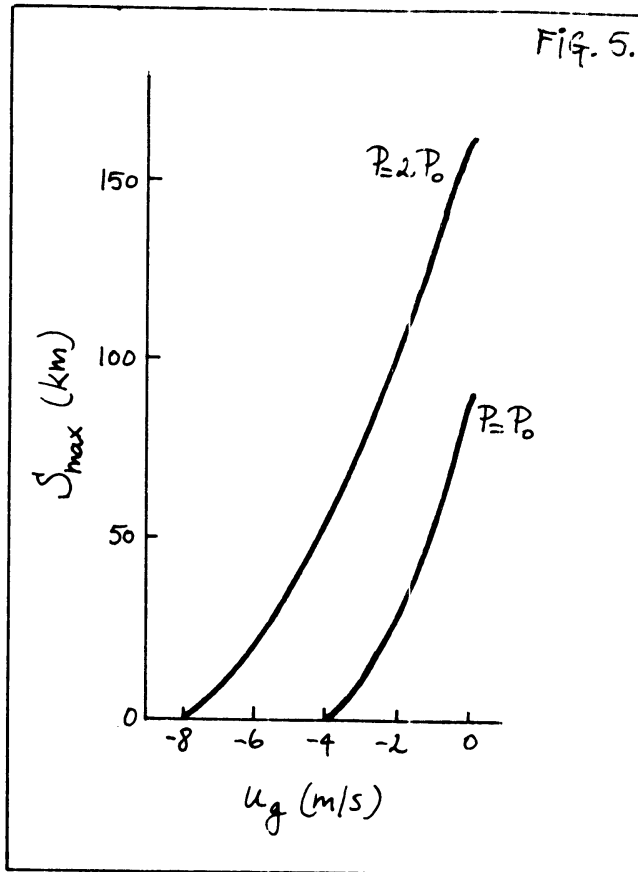
Om nu de maximale waarde van  $S(t)$  te vinden, dus om na te gaan hoe ver de zeewind uiteindelijk het land binnendringt ( $S_{\text{max}}$ ), gaan we als volgt te werk. Fig. 4 laat nog eens zien hoe  $u$  er als funktie van de tijd uitziet (vgl. (3)). Het is duidelijk dat  $S_{\text{max}} = S(t_e)$ , en uit het plaatje zien we dat  $t_e = \pi/f - t_b$ . Als we dit in (6) invullen, volgt

$$S_{\text{max}} = u_g (\pi/f - 2t_b) + \frac{2P}{f^2} \cos(ft_b) \quad (7)$$

$S_{\text{max}}$  is dus groter naarmate  $u_g$  groter (dwz. minder negatief) en  $P$  groter is. Dit is natuurlijk te verwachten. Fig. 5 toont hoe  $S_{\text{max}}$  van  $u_g$  afhangt, weer voor  $P=P_0$  en  $P=2P_0$ .

Uit meer complete theoretische beschouwingen (en ook uit de praktijk) blijkt dat het zeewindfront het land binnen loopt met een snelheid die kleiner is dan  $u$ . Dit komt omdat er reeds aan de zee kant van het front lucht naar boven stroomt (zie Fig. 1). Als vuistregel kan men hanteren dat de snelheid van het front ongeveer de helft is van de maximale wind-





snelheid die achter het front gevonden wordt.

Hiermee zijn we aan het einde gekomen van de mogelijkheden die het eenvoudige model biedt. Voor dat we naar de Nederlandse praktijk kijken dient eerst nog een andere theoretische kijk op de zee-wind genoemd te worden.

In het geval van zeewindsituaties is de (koele) zeelucht zwaarder dan de (warme) lucht boven land. Het optreden van zeewind kan men dan ook opvatten als het uitstromen van een relatief zwaar gas. De potentiële energie die aanwezig is door het dichtheidsverschil tussen de koude en de warme lucht is evenredig met  $\Delta T$ , het verschil in temperatuur. De kinetische energie van de tegenwerkende oostenwind is evenredig met  $u_g^2$ . Het ligt dus voor de hand te veronderstellen dat zeewind optreedt (dwz. lucht van zee het land opstroomt) als  $\Delta T > \alpha u_g^2$ , waarbij  $\alpha$  een konstante is. Of, om het wat mooier te formuleren, als het 'zeewindgetal'

$$ZG = \alpha u_g^2 / \Delta T \quad (8)$$

groter dan 1 is. De konstante  $\alpha$  hangt af van de terreinomstandigheden en de wijze waarop  $\Delta T$  en  $u_g$  bepaald worden.

IETS OVER DE NEDERLANDSE PRAKTIJK

Het hiervoor gedefinieerde zeewindgetal wordt vaak gebruikt als basis voor het opstellen van zeewindverwachtingen. Het succes van zulke verwachtingen wordt bepaald door hoe goed de zeewind zich aan het criterium  $ZG=1$  houdt. Laten we dit eens bekijken voor Schiphol.

Fig. 6 geeft de relatieve frekwentie van zeewind (1975 en 1976, mei t/m augustus), in afhankelijkheid van de (geschatte) grootte  $u_g^2 / \Delta T$ , die logaritmicus is uitgezet. De verdeling van  $u_g^2 / \Delta T$  is aangegeven met een dunne lijn. Inderdaad blijkt dat zeewind veel vaker optreedt bij kleine waarden van  $u_g^2 / \Delta T$ . Toch neemt de frekwentie vrij geleidelijk af, in plaats van onmiddellijk naar nul te gaan bij een zekere kritische waarde van  $u_g^2 / \Delta T$ . Fig. 6 suggereert dat  $\alpha_c = \frac{1}{2}$  voor Schiphol, zodat  $ZG(\text{Schiphol}) = u_g^2 / 2\Delta T$ .

J. Terpstra heeft een aantal verwachtingsmethodieken, die gebaseerd zijn op een verwachting van het ZG, getest. Hieruit bleek dat om 8 uur 's ochtends voor de vliegvelden Schiphol, Zestienhoven en Valkenburg een redelijk betrouwbare verwachting voor het optreden van zeewind gemaakt kon worden. Zie zijn rapport voor meer details.

