

K O N I N K L U K   N E D E R L A N D S  
M E T E O R O L O G I S C H   I N S T I T U U T

D e   B i l t

W E T E N S C H A P P E L I J K   R A P P O R T

W.R. 73-1

L.C. Heijboer

Windverwachtingen voor 12 en 24 uur voor-  
uit op 850 mbar door het BK-3 model en de  
relatie tussen de geostrofische wind op  
850 mbar en de gemeten wind van de meet-  
paal Katwijk

De Bilt, 1973

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 73-1 (MO)

U.D.C.: 551.509.313 :  
551.509.52

Geostrophic wind forecasts at 850 mb produced by the operational three level baroclinic model (BK-3) for 12 and 24 hours ahead and the relation between the geostrophic wind at 850 mb and the real measured wind at sea-level of "meetpaal Katwijk".

### Summary

Since 1970 a quasi geostrophic baroclinic three level model is in operational use at the Royal Netherlands Meteorological Institute. The input consists of objective analyses of the constant pressure levels of 300, 500 and 850 mb. The computational grid consists of 800 gridpoints on a stereographic projection at  $60^{\circ}$  N with a grid distance of 375 km at  $60^{\circ}$  N. The forecast area is Western Europe, North Atlantic and North America. Prognostic equations in the model are the quasi geostrophic vorticity equation, the thermodynamic equation and the equation of continuity. At present surface friction, orography, sensible and latent heat are not included. Predictions are given twice a day based on 00 gmt and 12 gmt observations for 12, 24 and 36 hours ahead.

This report presents the results of an investigation of the quality of the geostrophic wind forecasts by the three level operational baroclinic model named BK-3 on the constant pressure level of 850 mb. Forecasts are made for periods up to 12 and 24 hours. The wind forecasts are compared with persistence forecasts for the same periods. An investigation is made about the possibility to give probability 24 hours forecasts of wind speed at sea-level with the aid of computed 24 hours wind speed forecasts at 850 mb by the baroclinic model. These probability forecasts are compared with those by the meteorologists of the operational weather service. The altitudes of the four most adjacent grid points to the Netherlands are used for the computation of the geostrophic wind speed and direction. The wind is computed in a point, which is situated at the centre of the square formed by the four gridpoints. The position of that point is almost exactly

that of "meetpaal Katwijk" ( $52^{\circ} 12' N$  and  $4^{\circ} 22' E$ ). The investigation period was from 1-5-1971 to 30-4-1972. In that period three different versions of the operational baroclinic model were in use. The results of the most recent version (BK-3 1650C) are compared with those of the two other versions (old BK-3 and BK-3 3200).

The results can be summarized as follows:

1. 24-hours forecasts of wind speed and direction at 850 mb by BK-3 are equivalent to 12-hours persistence forecasts of wind speed and direction.
2. 24-hours forecasts of wind speed and direction at 850 mb by BK-3 1650C are somewhat better than those of BK-3 3200 and old BK-3.
3. The 24-hours probability forecasts at sea-level for "meetpaal Katwijk" are equivalent to those of the operational weather service when 10 kts are predicted by the meteorologist. When 15 kts are predicted, the meteorologist is somewhat better. When 20 kts and 25 kts are predicted, the results of BK-3 are somewhat better.

Windverwachtingen voor 12 en 24 uur vooruit op 850 mbar  
door het BK-3 model en de relatie tussen de geostrofische  
wind op 850 mbar en de gemeten wind van de meetpaal Katwijk.

door Drs.L.C.Heijboer

1.

Inleiding

1.1 Doel van het onderzoek

Voor opstellen van o.a. golf-, deinings- en waterstandsverwachtingen op basis van numerieke berekeningen moet over verwachte windvelden voor 10m hoogte kunnen worden beschikt en wel in digitale vorm. Deze windvelden kunnen op 2 wijzen worden verkregen:

- 1) door inlezen van roosterpuntwaarden uit manueel vervaardigde progs van het druk- of wind-veld, en
- 2) door het benutten van druk- en wind-gegevens in roosterpunten, welke zijn berekend met behulp van numerieke verwachtingsmethodieken.

De eerste methode is in de praktijk moeilijk uitvoerbaar, vooral in die gevallen waarbij 2 of 4 maal per dag prog-series vereist zijn voor opeenvolgende 3 of 6-uurs stappen.

De tweede methode kan nog niet worden toegepast omdat korte termijn wind-progs voor 10m hoogte niet beschikbaar zijn.

Het dichtst bij het aardoppervlak gelegen vlak, waarvoor het KNMI-BK-3 rekenmodel een stromingspatroon berekent, ligt op 1500m hoogte (850 mbar vlak). Met deze informatie kan getracht worden een schatting te maken van het windveld boven zee op 10m hoogte.

Het onderzoek heeft ten doel gehad:

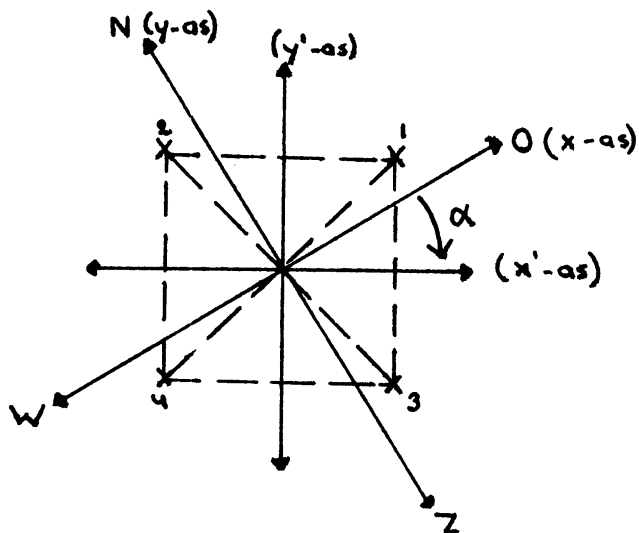
- 1) de kwaliteit van de windverwachtingen voor 850 mbar van het BK-3 rekenmodel te verifiëren, en
- 2) na te gaan in hoeverre met de windgegevens van het 850 mbar vlak een schatting gemaakt kan worden van de te verwachten wind op 10m hoogte boven zee.

Gedurende de 1-jaar lange verificatieperiode, die loopt van 1 mei 1971 t/m 30 april 1972, zijn echter wijzigingen in het BK-3 rekenmodel ingevoerd. Voorzover mogelijk is getracht ook de kwaliteit van de verschillende operationele versies onderling te vergelijken.

## 1.2 Berekening van de geostrofische wind

De geostrofische wind van 300, 500 en 850 mbar wordt door het BK-3 programma uitgerekend voor een punt, dat in hele graden afgerond overeenkomt met  $52^{\circ}$  N.B. en  $4^{\circ}$  O.L. Dat punt ligt in de Noordzee voor de kust van Zuid-Holland en is het snijpunt van de diagonalen van het vierkant, waarvan de hoekpunten bestaan uit de vier roosterpunten van het BK-3 rekenrooster, die het dichtste bij Nederland liggen. De meetpaal Katwijk ( $52^{\circ} 12'$  N.B. en  $4^{\circ} 22'$  O.L.) valt vrijwel samen met bovengenoemd punt.

Voor de berekening van de geostrofische wind wordt uitgegaan van de hoogten in dam.  $z_1$ ,  $z_2$ ,  $z_3$  en  $z_4$  van de vier roosterpunten 1, 2, 3 en 4 van het BK-3 rekenrooster (zie bijgaande tekening).



De x-as valt samen met de west-oost richting en de y-as met de zuid-noord richting. De oorsprong valt samen met het snijpunt van de diagonalen. Als u de component van de geostrofische wind in de x-richting is en v die in de y-richting, dan worden deze componenten gegeven door:

$$u = - \frac{m \cdot g}{f} \cdot \frac{\partial z}{\partial y}$$

en

$$v = \frac{m \cdot g}{f} \cdot \frac{\partial z}{\partial x}$$

$g$  is de versnelling van de zwaartekracht ( $9.81 \text{ m/sec}^2$ )  
 $m$  is de kaartschaalfactor voor stereografische projectie  
 $f$  is de Coriolisparameter

$$m = \frac{1 + \sin 60^\circ}{1 + \sin \gamma} \quad \text{met } \gamma \text{ de geografische breedte } (\gamma = 52^\circ)$$

$$f = 2\Omega \sin \gamma \quad \text{met } \Omega \text{ de hoeksnelheid van de aarde}$$

Het assenstelsel  $x'-y'$  in de tekening is t.o.v. het stelsel  $x-y$  over een hoek  $\alpha (=33^\circ)$  gedraaid. De  $y'$ -as loopt evenwijdig aan de meridiaan van  $30^\circ$  W.L. en is evenwijdig aan de  $y$ -as van het BK-3 rekenrooster. De  $x'$ -as is evenwijdig aan de  $x$ -as van het BK-3 rekenrooster.

De afgeleiden  $\frac{\partial z}{\partial x}$  en  $\frac{\partial z}{\partial y}$  worden in het  $x'-y'$  stelsel:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial z}{\partial x'} \cos \alpha + \frac{\partial z}{\partial y'} \sin \alpha$$

en

$$\frac{\partial z}{\partial y} = - \frac{\partial z}{\partial x'} \sin \alpha + \frac{\partial z}{\partial y'} \cos \alpha$$

$\frac{\partial z}{\partial x'}$  en  $\frac{\partial z}{\partial y'}$  worden m.b.v. de hoogten  $z_1, z_2, z_3$  en  $z_4$  in de vier roosterpunten 1, 2, 3 en 4 uitgerekend. Daartoe wordt een "bilineaire" interpolatie toegepast, waarbij

$$z(x,y) = a_0 + a_1 x' + a_2 y' + a_3 x'y'$$

en

$$a_0 = \frac{1}{4} (z_1 + z_2 + z_3 + z_4)$$

$$a_1 = \frac{z_1 - z_2}{2d} + \frac{z_3 - z_4}{2d}$$

$$a_2 = \frac{z_1 - z_3}{2d} + \frac{z_2 - z_4}{2d}$$

$$a_3 = \frac{z_1 - z_2 - z_3 + z_4}{d^2}$$

met  $d$  = roosterafstand (= 375 km op  $60^\circ$  N.B.).

Nu wordt  $\frac{\partial z}{\partial x'} = a_1 + a_3 y'$  en  $\frac{\partial z}{\partial y'} = a_2 + a_3 x'$ .

Voor de oorsprong geldt dan ( $x' = 0$  en  $y' = 0$ ):

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x'}\right)_{0,0} = a_1 = \frac{z_1 - z_2}{2d} + \frac{z_3 - z_4}{2d}$$

en

$$\left(\frac{\partial z}{\partial y'}\right)_{0,0} = a_2 = \frac{z_1 - z_3}{2d} + \frac{z_2 - z_4}{2d}$$

De componenten  $u$  en  $v$  worden uitgerekend in knopen, waarbij 1 knoop = 0,5 m/sec genomen is.

De windsnelheid  $V$  wordt berekend m.b.v.:

$$V = \sqrt{u^2 + v^2}.$$

De windrichting wordt m.b.v. de  $u$ - en  $v$ - componenten berekend in hele graden.

2. Windsnelheidsverwachtingen van de geostrofische wind op 850 mbar door het BK-3 programma en de persistentie

Onderzocht zijn de verwachtingen, gebaseerd op 00 en 12 gmt, van de verifikatieperiode (1-5-1971 t/m 30-4-1972).

De 12 en 24 uurs prognoses van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar worden vergeleken met de geostrofische



windsnelheden, die uit de objectieve analyses voor de overeenkomstige tijdstippen van 850 mbar verkregen worden. Hoewel er van 1-5-1971 t/m 30-4-1972 drie verschillende BK-3 versies operationeel zijn geweest, zijn de resultaten van die versies toch samengevoegd om voldoende materiaal te krijgen. In hoofdstuk 4 zal blijken, dat de verkregen resultaten zeker toepasbaar zijn op het huidige operationele BK-3 model (BK-3 1650C).

## 2.1 Contingentietabellen van de verwachte windsnelheden

In de tabellen is de windsnelheid in klassen van 10 knoper. De tussen haakjes geplaatste getallen zijn frequenties in procenten.

Tabel 1 en 3 zijn de contingentietabellen van resp. de 12 en 24 uren verwachting van BK-3 van de geostrofische windsnelheid vergeleken met de opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar.

Tabel 2 en 4 zijn de contingentietabellen van resp. de 12 en 24 uren persistentieverwachting van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar.

Omdat de operationele dienst in de eerste plaats geïnteresseerd is in de windsnelheid op zeeniveau, is nagegaan hoe de relatie is tussen de geostrofische windsnelheid op 850 mbar en de gemeten windsnelheid op zeeniveau voor de meetpaal Katwijk.

Tabel 5 geeft de contingentietabel voor de opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar verkregen uit de objectieve analyses en de gemeten windsnelheid op zeeniveau voor hetzelfde tijdstip.

Wil men m.b.v. het BK-3 model windverwachtingen geven op zeeniveau, dan moet men nagaan hoe de relatie is tussen de verwachte geostrofische windsnelheid op 850 mbar en de gemeten windsnelheid op zeeniveau voor hetzelfde tijdstip.

Tabel 6 geeft deze relatie voor de 24-uurs verwachting van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar door het BK-3 model.

## 2.2 Overschrijdingspercentages van de verwachte windsnelheid

M.b.v. de contingentietabellen kunnen voor de verwachte windklassen de overschrijdingspercentages van de opgetreden windsnelheden worden bepaald.

Figuur 1. Overschrijdingspercentages van de opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar als functie van de 12 uren windsnelheidsverwachtingen op 850 mbar door het BK-3 programma (bepaald uit tabel 1).

Figuur 2. Overschrijdingspercentages voor de opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar als functie van de 24 uren windsnelheidsverwachtingen op 850 mbar door het BK-3 programma (bepaald uit tabel 3).

Figuur 3. is bepaald m.b.v. tabel 5. Hier worden de overschrijdingspercentages weergegeven van de opgetreden windsnelheid op zeeniveau van de meetpaal Katwijk als functie van de opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar.

In figuur 4 worden de overschrijdingspercentages van de opgetreden windsnelheid op zeeniveau van de meetpaal Katwijk gegeven als functie van de 24 uren verwachting van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar door het BK-3 model. Bepaald m.b.v. tabel 6.

De relaties van de figuren 3 en 4 zijn uiteraard niet optimaal omdat geen rekening is gehouden met invloed zoals o.a. stabiliteit enz.

## 2.3 Prestatie indices van de verwachte geostrofische windsnelheden

Met behulp van de contingentietabellen 1, 2, 3 en

4 kunnen de prestatie indices worden uitgerekend van de 12 en 24 uurs verwachtingen van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar door het BK-3 programma en de persistentie.

Voor de berekening van de prestatie index wordt gebruik gemaakt van het systeem, dat ook toegepast wordt in de operationele dienst. Dit systeem werkt als volgt: de verwachte windsnelheden worden in  $n$  klassen onderverdeeld, waarbij  $wv_i$  zo'n klasse is en  $i$  van 1 t/m  $n$  loopt.

De opgetreden windsnelheden worden in  $m$  klassen onderverdeeld, waarbij  $wo_j$  zo'n klasse is en  $j$  van 1 t/m  $m$  loopt.

Voor de verwachte windklasse  $wv_i$  worden op het kritiek formulier de opgetreden windklassen  $wo_j$  aangestreept, waarvan de kans op optreden groter is dan de klimatologische kans. Het totale trefferpercentage verminderd met het klimatologische trefferpercentage krijgt men dan door te sommeren over alle verwachte windklassen  $wv_i$ .

De formule hiervoor ziet er als volgt uit:

$$PI = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m \left( P_{o_{i,j}} - P_{k_j} \right) \right\} P_{v_i} \quad (1)$$

Hierbij is:  $P_{v_i}$  het aantal keren dat de windklasse  $wv_i$  verwacht wordt (in procenten),

$P_{o_{i,j}}$  het aantal keren dat de windklasse  $wo_j$  optreedt (in procenten) bij een verwachte windklasse  $wv_i$ ,

$P_{k_j}$  de klimatologische kans, dat de windklasse  $wo_j$  optreedt,

$n$  het totale aantal verwachte windklassen,

$m$  het totale aantal opgetreden windklassen.

De sommatie met index  $j$  loopt over die klassen, waarvoor geldt:  $P_{o_{i,j}} - P_{k_j} \geq 0$

Er geldt verder dat:

$$\sum_{i=1}^n P_{v_i} = 1, \sum_{j=1}^m P_{k_j} = 1 \text{ en } \sum_{j=1}^m P_{o_{i,j}} = 1$$

De maximaal mogelijke PI van dit systeem is 1.

Dit is het geval als de grootte van de klassen oneindig klein is (er worden dan "punt" verwachtingen gegeven) en het trefferpercentage van de verwachtingen steeds 100% is.

In dat geval wordt  $P_{o_{i,j}} = \delta_{i,j}$  en  $P_{k_j} = 0$  en

$$PI \cong \sum_{i=1}^n (1 - 0) P_{v_i} = 1$$

Een PI die gelijk is aan 0 wordt gehaald als per verwachte windklasse  $w_{v_i}$  de percentages van de opgetreden windklassen  $w_{j_i}$  steeds gelijk zijn aan de klimatologische kansen. Dus  $P_{o_{i,j}} = P_{k_j}$  voor alle  $i$ .

In het geval dat de klassenindeling niet oneindig groot is, maar een eindig aantal klassen omvat, is de maximaal mogelijke PI van een ideale verwachtingsmethodiek  $< 1$ .

In dat geval is:  $P_{o_{i,j}} = 1$  en  $P_{k_j} > 0$

en verder geldt:  $j = i$ ,  $P_{v_i} = P_{k_i}$  en  $m = n$

De PI wordt dan:

$$PI = \sum_{i=1}^n (1 - P_{k_i}) P_{k_i} = \sum_{i=1}^n P_{k_i} - \sum_{i=1}^n (P_{k_i})^2 = 1 - \sum_{i=1}^n (P_{k_i})^2 < 1.$$

Is de verwachtingsmethodiek niet ideaal (wat altijd het geval zal zijn) dan is de PI die men krijgt kleiner dan  $1 - \sum_{i=1}^n (Pk_i)^2$ .

Wil men de PI kunnen uitrekenen, dan moet men de klimatologische frequentieverdeling  $Pk_j$  kennen. Voor het onderzoek in dit verslag is hiervoor de frequentieverdeling van de opgetreden geostrofische windsnelheden op 850 mbar van 1-5-1971 t/m 30-4-1972 genomen. Er is nader onderzocht of deze periode van één jaar wel representatief is in klimatologisch opzicht. Hiertoe is de frequentieverdeling van de opgetreden windsnelheden in Beaufort-schaal van de meetpaal Katwijk voor 1-5-1971 t/m 30-4-1972 bepaald. Deze frequenties zijn vergeleken met de frequenties, die gegeven worden in V-240 (1) en tabel 7 van dit rapport. De getallen in tabel 7 zijn vrij goed met elkaar in overeenstemming. Dit is zeker het geval als men de frequenties van de verificatieproef van (1) vergelijkt met die van de meetpaal Katwijk. Wat de windsnelheid op zeeniveau betreft kan men dan ook niet concluderen dat de periode 1-5-1971 t/m 30-4-1972 in klimatologisch opzicht extreem is geweest. We nemen nu aan dat dit eveneens het geval is geweest voor de geostrofische windsnelheid op 850 mbar.

Uit de contingentietabellen 1, 2, 3 en 4 kunnen  $Po_{i,j}$ ,  $Pk_j$  en  $Pv_i$  in procenten afgelezen worden (getallen tussen haakjes) en vervolgens de prestatie indices berekend worden m.b.v. de formule van de PI (tabel 8).

3. Windrichtingsverwachtingen van de geostrofische wind op 850 mbar door het BK-3 programma en de persistentie

Voor de 12. en 24 uurs verwachtingen van de windrichting door de persistentie en het BK-3 programma is het verschil in hele graden bepaald van de verwachte en opgetreden windrichting. Omdat de verschillen in hoge mate

afhankelijk zijn van de windsnelheid, zijn de verschillen voor elke verwachte windsnelheidsklasse van 10 knopen bepaald. Voor elke verwachte windsnelheidsklasse kan nu het gemiddelde windrichtingsverschil en de standaardafwijking worden bepaald.

Tabel 9 en tabel 10 geven resp. de 12 en 24 uren windrichtingsverwachtingen van het BK-3 programma. De bijbehorende grafiek van de standaardafwijking is weergegeven in figuur 5 (12 uren verwachting) en figuur 7 (24 uren verwachting).

De overschrijdingspercentages van de absolute waarde van de grootte verwachte min opgetreden windrichting min gemiddeld windrichtingsverschil als functie van de verwachte geostrofische windsnelheid op 850 mbar worden weergegeven in figuur 6 (12 uren verwachting) en figuur 8 (24 uren verwachting). Deze krommen zijn samengesteld uit resp. figuur 5 en figuur 7.

De 12 en 24 uren verwachtingen van de windrichting door de persistentie worden resp. in tabel 11 en 12 gegeven en de bijbehorende grafieken van de standaardafwijking resp. door de figuren 9 en 10.

Om te zien welk verband er bestaat tussen de windrichting van de opgetreden geostrofische wind op 850 mbar en de windrichting van de gemeten wind aan de grond door meetpaal Katwijk op hetzelfde tijdstip, zijn de verschillen van die twee windrichtingen onderzocht.

In tabel 13 wordt het gemiddelde windrichtingsverschil (geostrofische windrichting op 850 mbar min windrichting meetpaal Katwijk) en de standaardafwijking, als functie van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar gegeven. De bijbehorende grafiek van de standaardafwijking wordt in figuur 11 gegeven.

In figuur 12 worden de overschrijdingspercentages gegeven van de absolute waarden van de grootte, opgetreden geostrofische windrichting op 850 mbar min opgetreden windrichting aan de grond min gemiddeld windrichtingsverschil, als

functie van de opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar.

In tabel 14 wordt het verband gegeven tussen de 24 uren verwachting van de windrichting op 850 mbar door het BK-3 model en de opgetreden windrichting aan de grond voor meetpaal Katwijk op hetzelfde tijdstip. De bijbehorende grafiek van de standaardafwijking van de windrichtingsverschillen wordt in figuur 13 gegeven. De overschrijdingspercentages van de absolute waarden van de grootte, 24 uren verwachting van de geostrofische windrichting min opgetreden windrichting aan de grond min gemiddeld windrichtingsverschil als functie van de 24 uren verwachting van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar door BK-3 worden in figuur 14 gegeven.

4. Windsnelheids- en windrichtingsverwachtingen van BK-3 1650C t.o.v. die van BK-3 3200 en het oude BK-3 model.

De windsnelheids- en windrichtingsverwachtingen van BK-3 1650C zijn vergeleken met de verwachtingen van BK-3 3200 en het oude BK-3 model. De periode loopt van 1 mei 1971 t/m 28 februari 1972 voor het oude BK-3 model en BK-3 3200. De verwachtingen van BK-3 1650C lopen over de periode van 28 februari 12 gmt 1972 t/m 25 juli 1972. Omdat deze periode vrij kort is, is nagegaan of de frequenties van de geostrofische windsnelheden van de verschillende windklassen in overeenstemming zijn met de overeenkomstige frequenties van de periode 1 mei 1971 t/m 28 februari 12 gmt 1972. Tabel 15 geeft een overzicht van de opgetreden frequenties over die twee tijdvakken. Gezien de duur van de tijdvakken, is de overeenstemming redelijk goed te noemen.

De 24-uurs windsnelheidsverwachtingen van het oude BK-3 model en BK-3 3200 worden mb.v. een contingentietabel door tabel 16 gegeven. Tabel 17 geeft de 24 uren windsnelheidsverwachtingen van BK-3 1650C.

De geostrofische windrichtingsverwachtingen op 850 mbar van de oude BK-3 en BK-3 3200 t.o.v. BK-3 1650C staan in tabel 19.

De prestatie indices (PI) van de windsnelheidsverwachtingen zijn m.b.v. de gegevens in de tabellen 16 en 17 uitgerekend (tabel 18).

5. Discussie over de resultaten en conclusies.

5.1 Resultaten van de persistente windverwachtingen en de BK-3 windverwachtingen over de periode 1 mei 1971 t/m 30 april 1972.

Uit tabel 8 blijkt dat de geostrofische windsnelheidsverwachtingen op 850 mbar van BK-3 beter zijn dan die van de persistentie zowel voor de 12 als 24 uren verwachtingen. Verder is de 24 uren verwachting van BK-3 even goed als de 12 uren persistentie verwachting. Het BK-3 model geeft dus voor korte verwachtingstermijn ( $\geq 12$  uur vooruit) i.h.a. meer informatie dan de persistentie. Dit is niet verrassend, omdat men dat op zijn minst van een numeriek model mag verwachten.

5.2 Relatie tussen de opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar en de gemeten windsnelheid op zeeniveau over de periode 1 mei 1971 t/m 30 april 1972

In tabel 5 en figuur 3 wordt de relatie tussen de gemeten windsnelheid op zeeniveau voor meetpaal Katwijk en de bijbehorende opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar volledig weergegeven. Het blijkt, dat bij een gegeven geostrofische windsnelheid op 850 mbar, de opgetreden windsnelheid op zeeniveau een aanzienlijke spreiding vertoont. Uit figuur 3 blijkt dat bij een gegeven geostrofische windsnelheid op 850 mbar, 90% van de opgetreden windsnelheden op zeeniveau in een interval van ongeveer 20 knopen ligt. Die grote spreiding wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de verschillen die bestaan tussen de grenslaag onder 850 mbar en de lucht boven 850 mbar. De stabiliteit van de lucht in de grenslaag is waarschijnlijk ook belangrijk.



5.3 Relatie tussen de 24 uren prognose van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar door het BK-3 model en de opgetreden windsnelheid op zeeniveau over de periode 1 mei 1971 t/m 30 april 1972.

Tabel 6 en figuur 4 geven bovenstaande relatie weer. De relatie tussen de 24 uren prognose van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar en de opgetreden windsnelheid voor hetzelfde tijdstip op zeeniveau is uiteraard minder sterk dan die vermeld in 5.2. Vergelijkt met echter tabel 6 met tabel 5 en figuur 4 met figuur 3, dan ziet men dat de spreiding niet veel is toegenomen. Een afwijking tussen de 24 uren prognose van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar en de opgetreden windsnelheid op zeeniveau, wordt blijkbaar voor het grootste deel bepaald door de in de uitgangstoestand al aanwezige afwijking tussen die twee windvelden.

Uit bovenstaande zou men de indruk krijgen dat het niet zinvol is om met behulp van een prognose op 850 mbar een uitspraak te doen over de wind op zeeniveau. Het tegengestelde blijkt echter waar te zijn. Men kan nl. figuur 4 vergelijken met figuur 4 van de weerkamer in V-240. Als de meteoroloog voor 24 uur vooruit een bepaalde windsnelheid verwacht, kan men via de 50% overschrijdingskromme, de mediaan van de opgetreden windsnelheden aflezen.

M.b.v. de 50% overschrijdingskromme van figuur 4 in dit rapport kan dan de windsnelheid die na 24 uur door het BK-3 model op 850 mbar wordt verwacht afgelezen worden. Bij elke verwachte windsnelheid op zeeniveau door de meteoroloog hoort dus één verwachte windsnelheid op 850 mbar door het BK-3 model.

Men kan nu uit figuur 4 van V-240 voor een bepaalde, door de meteoroloog verwacht windsnelheid, het interval aflezen waarin 80% van de opgetreden windsnelheden liggen, bij een onderschrijdings- en overschrijdingspercentage van 10%. Hetzelfde kan men ook doen met figuur 4 van dit rapport voor het BK-3 model, daar men bij een verwachte windsnelheid door de

meteoroloog, ook de verwachte windsnelheid op 850 mbar door BK-3 kent. (tabel 20). Het blijkt dat de meteoroloog alleen beter is als een windsnelheid van omstreeks 15 knopen op zeeniveau verwacht wordt. Voor hoge windsnelheden (20 en 25 knopen) is BK-3 beter en voor de laagste snelheden (10 knopen) zijn BK-3 en de weerkamer gelijkwaardig.

Uit bovenstaande blijkt dat het BK-3 model, wat windsnelheidsverwachtingen betreft, informatie geeft, die minstens gelijkwaardig is aan die van de weerkamer.

5.4 Windrichtingsverwachtingen van het BK-3 model en de persistentie over de periode 1 mei 1971 t/m 30 april 1972

De 12 en 24 uren windrichtingsverwachtingen op 850 mbar door BK-3 worden in de tabellen 9 en 10 en de figuren 5, 6, 7 en 8 gegeven en die van de persistentie in de tabellen 11 en 12 en de figuren 9 en 10. De resultaten beschreven in 5.1 gelden ook t.a.v. de windrichtingen nl. dat BK-3 beter is dan de persistentie zowel voor de 12 als 24 uren verwachtingen. Bovendien geldt ook hier dat de 24 uren verwachting van BK-3 even goed is als de 12 uren persistentie verwachting. Ook t.a.v. de windrichting geeft BK-3 dus op korte termijn ( $\geq 12$  uur vooruit) i.h.a. meer informatie dan de persistentie.

5.5 Relatie tussen de geostrofische windrichting op 850 mbar en de gemeten windrichting op zeeniveau over de periode 1 mei 1971 t/m 30 april 1972

De relatie wordt gegeven door tabel 13 en figuren 11 en 12. Uit tabel 13 blijkt dat de wind op 850 mbar geruimd is t.a.v. de wind op zeeniveau, wat uiteraard te verwachten was. Men krijgt de indruk dat de ruiming afneemt bij toenemende geostrofische windsnelheid op 850 mbar. Uit figuur 12 blijkt dat voor een gegeven windsnelheid op

850 mbar, de spreiding in de opgetreden windrichtingsverschillen tussen die op 850 mbar en zeeniveau zeer aanzienlijk is. 90% van de opgetreden windrichtingsverschillen varieert, afhankelijk van de opgetreden windsnelheid op 850 mbar, tussen  $30^{\circ}$  en  $100^{\circ}$ .

5.6 Relatie tussen de 24 uren prognose van de geostrofische windrichting op 850 mbar door het BK-3 model en de opgetreden windrichting op zeeniveau over de periode 1 mei 1971 t/m 30 april 1972

Deze relatie wordt gegeven door tabel 14 en de figuren 13 en 14. Als men tabel 14 vergelijkt met tabel 13 dan blijkt de spreiding in de opgetreden windrichtingsverschillen iets toegenomen te zijn. De toename in de spreiding is echter kleiner dan de spreiding die al aanwezig was in tabel 13. De verschillen in windrichting tussen 850 mbar en het zeeniveau worden dus voor een belangrijk deel bepaald door de verschillen, die al aanwezig zijn in de uitgangstoestand en deze verschillen vinden hun oorzaak waarschijnlijk in de verschillen tussen de grenslaag en de laag boven 850 mbar, de stabiliteit in de grenslaag enz.

5.7 Windsnelheids- en windrichtingsverwachtingen van het oude BK-3 model en BK-3 3200 t.o.v. die van BK-3 1650C.

De verwachtingen van het oude BK-3 model en BK-3 3200 lopen over de periode van 1 mei 1971 t/m 30 april 1972, terwijl die van BK-3 1650C over de periode van 29 februari t/m 25 juli 1972 gaan. Wil men de modellen onderling kunnen vergelijken, dan moet men wat de wind betreft nagaan of de twee tijdvakken in meteorologisch opzicht gelijkwaardig zijn geweest. In tabel 15 kan men zien, dat de overeenstemming, althans wat de windsnelheid betreft, vrij goed is. De prestatie indices van de windsnelheidsverwachtingen, die uit de contingentie -

tabellen 16 en 17 zijn berekend, worden in tabel 18 gegeven. Men ziet dat BK-3 1650C waarschijnlijk iets beter is dan de gezamenlijke resultaten van de twee andere BK-3 modellen. Door het feit dat de modellen niet parallel hebben gedraaid over dezelfde periode moet men echter voorzichtig zijn t.a.v. bovenstaande conclusie.

De windrichtingsverwachtingen worden gegeven in tabel 19. Het blijkt, dat het gemiddelde richtingsverschil tussen de verwachte en opgetreden windrichting voor alle windklassen voor BK-3 1650C kleiner is dan voor de andere BK-3 modellen, uitgezonderd de klasse van de laagste windsnelheid.

Wat de standaardafwijking betreft is die van BK-3 1650C kleiner dan die van de andere BK-3 modellen voor de laagste drie windklassen, terwijl er weinig verschil is voor de overige windklassen.

Omdat ongeveer 75% van alle gevallen voorkomt in de laagste drie windklassen, mag men stellen dat BK-3 1650C wat betreft de windrichtingsverwachting i.h.a. beter is dan de gezamenlijke resultaten van de beide andere BK-3 modellen.

## 6. Verder onderzoek

Hoewel de windsnelheids- en windrichtingsverwachtingen verre van volmaakt zijn, is het resultaat wel zodanig dat het zinvol lijkt om de 36 uren prognoses van de geostrofische windsnelheid en windrichting van de q.f.f. (geschatte luchtdruk op zeeniveau) aan een nader onderzoek te onderwerpen. Begin juli is dat onderzoek gestart. Hierbij zal tevens nagegaan worden of het mogelijk is om met behulp van die prognoses objectieve verwachtingen van de windsnelheid en windrichting voor de Noordzee bij de Nederlandse kust te geven.

Dit onderzoek is een verifikatie van een aantal elementen, die naast een groot aantal andere afgeleide grootheden,

sinds kort door het BK-3 model op een lijst worden uitgevoerd (zie memorandum 72-009 van de werkgroep Numerieke Voorspelmethode).

7. Referenties

1. Bijvoet, H.C.

Over de nauwkeurigheid van windverwachtingen voor verwachtingsperioden van 12 en 24 uur.

Verslagen Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. V-240 (1971).

TABEL I

12-uurs verwachting van de geostrofische windsnelheid (in knopen) op 850 mbar door het BK-3 programma.

| Verwacht / Opgetreden | 0-10         | 11-20        | 21-30        | 31-40      | 40-50      | ≥ 51      | Totaal       |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------|
| 0-10                  | 100<br>( 69) | 59<br>(23)   |              |            |            |           | 159<br>( 22) |
| 11-20                 | 45<br>(31)   | 151<br>( 60) | 49<br>(26)   | 3<br>(3)   |            |           | 248<br>( 34) |
| 21-30                 |              | 38<br>(15)   | 118<br>( 64) | 32<br>(34) | 3<br>(8)   |           | 191<br>( 26) |
| 31-40                 |              | 4<br>(2)     | 17<br>( 9)   | 51<br>(54) | 16<br>(42) | 2<br>(29) | 90<br>(12)   |
| 41-50                 |              |              | 1<br>(-1)    | 8<br>(8)   | 15<br>(39) | 4<br>(57) | 28<br>( 4)   |
| ≥ 51                  |              |              |              | 1<br>(1)   | 4<br>(11)  | 1<br>(14) | 6<br>(2)     |
| Totaal                | 145<br>( 20) | 252<br>( 35) | 185<br>( 26) | 95<br>(13) | 38<br>( 5) | 7<br>(1)  | 722<br>(100) |

TABEL 2

12-uurs persistentie verwachting van de geostrofische windsnelheid (in knopen) op 850 mbar.

| Verwacht / Opgetreden | 0-10         | 11-20        | 21-30        | 31-40      | 41-50      | ≥ 51      | Totaal       |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------|
| 0-10                  | 86<br>(59)   | 50<br>(21)   | 9<br>(5)     | 2<br>(2)   |            |           | 147<br>( 21) |
| 11-20                 | 52<br>(36)   | 132<br>( 54) | 52<br>(28)   | 9<br>(10)  | 1<br>(4)   |           | 246<br>( 35) |
| 21-30                 | 8<br>(5)     | 51<br>(21)   | 94<br>(50)   | 28<br>(31) | 4<br>(14)  | 1<br>(17) | 186<br>( 26) |
| 31-40                 |              | 10<br>( 4)   | 31<br>(16)   | 34<br>(39) | 11<br>(39) | 2<br>(33) | 88<br>(13)   |
| 41-50                 |              | 1<br>(0)     | 2<br>(1)     | 16<br>(18) | 6<br>(22)  | 3<br>(50) | 28<br>( 4)   |
| ≥ 51                  |              |              |              |            | 6<br>(21)  |           | 6<br>(1)     |
| Totaal                | 146<br>( 21) | 244<br>( 35) | 188<br>( 26) | 89<br>(13) | 28<br>( 4) | 6<br>(1)  | 701<br>(100) |

TABEL 3

24-uurs verwachting van de geostrofische windsnelheid (in knopen) op 850 mbar door het BK-3 programma.

| Verwacht<br>Opgetreden | 0-10        | 11-20       | 21-30       | 31-40       | 41-50      | ≥ 51      | Totaal       |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|--------------|
| 0-10                   | 59<br>(53)  | 80<br>(31)  | 10<br>(6)   | 2<br>(3)    |            |           | 151<br>(21)  |
| 11-20                  | 48<br>(43)  | 125<br>(48) | 62<br>(36)  | 14<br>(12)  | 2<br>(5)   |           | 251<br>(35)  |
| 21-30                  | 4<br>(9)    | 45<br>(17)  | 77<br>(46)  | 49<br>(43)  | 9<br>(22)  |           | 184<br>(26)  |
| 31-40                  |             | 12<br>(4)   | 12<br>(7)   | 41<br>(36)  | 19<br>(46) | 5<br>(33) | 89<br>(13)   |
| 41-50                  |             |             | 6<br>(4)    | 5<br>(4)    | 10<br>(24) | 8<br>(53) | 29<br>(4)    |
| ≥ 51                   |             |             | 1<br>(1)    | 2<br>(2)    | 1<br>(3)   | 2<br>(14) | 6<br>(1)     |
| Totaal                 | 111<br>(15) | 262<br>(37) | 168<br>(24) | 113<br>(16) | 41<br>(6)  | 15<br>(2) | 710<br>(100) |

TABEL 4

24-uurs persistentie verwachting van de geostrofische windsnelheid (in knopen) op 850 mbar.

| Verwacht<br>Opgetreden | 0-10        | 11-20       | 21-30       | 31-40      | 41-50     | ≥ 51      | Totaal       |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|-----------|--------------|
| 0-10                   | 57<br>(41)  | 63<br>(27)  | 15<br>(8)   | 3<br>(3)   | 1<br>(4)  |           | 139<br>(21)  |
| 11-20                  | 58<br>(42)  | 102<br>(44) | 61<br>(33)  | 10<br>(12) | 3<br>(11) |           | 234<br>(35)  |
| 21-30                  | 18<br>(13)  | 47<br>(20)  | 69<br>(38)  | 37<br>(45) | 6<br>(22) | 3<br>(50) | 180<br>(27)  |
| 31-40                  | 6<br>(4)    | 16<br>(7)   | 29<br>(16)  | 22<br>(27) | 8<br>(30) | 2<br>(33) | 83<br>(12)   |
| 41-50                  |             | 3<br>(2)    | 6<br>(3)    | 9<br>(11)  | 8<br>(30) |           | 26<br>(4)    |
| ≥ 51                   |             |             | 2<br>(2)    | 2<br>(2)   | 1<br>(3)  | 1<br>(17) | 6<br>(1)     |
| Totaal                 | 139<br>(21) | 231<br>(35) | 182<br>(27) | 83<br>(12) | 27<br>(4) | 6<br>(1)  | 668<br>(100) |

TABEL 5

Relatie tussen de geostrofische windsnelheid op 850 mbar uit objectieve analyses en de gemeten windsnelheid op zeeniveau.

| opgetreden windsnelheid op zeeniveau | Beau-<br>fort | →<br>knopen | 0-10         | 11-20        | 21-30        | 31-40      | 41-50      | 51-60     | totaal       |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------|
|                                      | 1             | 0-3         | 11<br>( 7)   | 5<br>( 2)    | 2<br>( 1)    |            |            |           | 18<br>( 3)   |
|                                      | 2             | 4-6         | 31<br>(21)   | 32<br>(13)   | 4<br>( 2)    |            |            |           | 67<br>( 9)   |
|                                      | 3             | 7-10        | 62<br>(41)   | 80<br>(32)   | 22<br>(12)   | 3<br>( 3)  |            |           | 167<br>( 23) |
|                                      | 4             | 11-16       | 36<br>(24)   | 91<br>(36)   | 71<br>(38)   | 13<br>(15) | 5<br>(17)  |           | 216<br>( 30) |
|                                      | 5             | 17-21       | 8<br>( 5)    | 36<br>(14)   | 56<br>(30)   | 32<br>(36) | 1<br>( 3)  |           | 133<br>( 19) |
|                                      | 6             | 22-27       | 2<br>( 1)    | 5<br>( 2)    | 28<br>(15)   | 23<br>(26) | 11<br>(38) | 3<br>(50) | 72<br>(10)   |
|                                      | 7             | 28-33       | 1<br>( 1)    | 1<br>( 1)    | 5<br>( 2)    | 15<br>(17) | 9<br>(31)  | 3<br>(50) | 34<br>( 5)   |
|                                      | 8             | 34-40       |              |              | 1<br>( 1)    | 2<br>( 2)  | 3<br>(10)  |           | 6<br>( 1)    |
|                                      | totaal        | →           | 151<br>( 21) | 250<br>( 35) | 189<br>( 27) | 88<br>(12) | 29<br>( 4) | 6<br>( 1) | 713<br>(100) |

opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar



TABEL 6

Relatie tussen de 24 uren verwachting van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar en de gemeten windsnelheid op zeeniveau.

| opgetreden windsnelheid op zeeniveau | Beaufort | → knopen | 0-10         | 11-20        | 21-30        | 31-40      | 41-50      | 51-60      | totaal       |
|--------------------------------------|----------|----------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|
|                                      | 1        | 0-3      | 4<br>(4)     | 11<br>( 4)   | 2<br>(1)     |            |            |            | 17<br>( 2)   |
|                                      | 2        | 4-6      | 21<br>(19)   | 34<br>(13)   | 12<br>( 7)   | 2<br>(2)   |            |            | 69<br>(10)   |
|                                      | 3        | 7-10     | 45<br>(40)   | 69<br>(26)   | 39<br>(22)   | 12<br>(13) | 1<br>(2)   |            | 166<br>( 24) |
|                                      | 4        | 11-16    | 30<br>(27)   | 93<br>(36)   | 60<br>(34)   | 26<br>(29) | 6<br>(14)  |            | 215<br>( 31) |
|                                      | 5        | 17-21    | 11<br>(10)   | 41<br>(16)   | 40<br>(22)   | 15<br>(18) | 15<br>(34) | 4<br>(27)  | 126<br>( 18) |
|                                      | 6        | 22-27    |              | 9<br>(3)     | 19<br>(11)   | 26<br>(29) | 9<br>(20)  | 6<br>(40)  | 69<br>(10)   |
|                                      | 7        | 28-33    | 1<br>(0)     | 3<br>(1)     | 5<br>(3)     | 7<br>(8)   | 11<br>(25) | 4<br>(27)  | 31<br>( 4)   |
|                                      | 8        | 34-40    |              | 1<br>(1)     | 1<br>(0)     | 1<br>(1)   | 2<br>(5)   | 1<br>(6)   | 6<br>(1)     |
|                                      | totaal   | →        | 112<br>( 16) | 261<br>( 37) | 178<br>( 25) | 89<br>(13) | 44<br>( 6) | 15<br>( 3) | 699<br>(100) |

verwachte geostrofische windsnelheid op 850 mbar

TABEL 7

| WINDSNELHEIDSKLASSEN<br>(knopen)                                       | ≤ 10 | 11-16 | 17-21 | 22-27 | 28-33 | 34-49 | > 40 |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| TERSCHELLINGERBANK<br>1910-1939<br>frequenties in procenten            | 40   | 34    | 13    | 7     | 3     | 2     | 0,6  |
| VERIFICATIEPROEF<br>1-6-1968 t/m 30-6-1969<br>frequenties in procenten | 35   | 32    | 19    | 8     | 4     | 2     | 0,1  |
| MEETPAAL KATWIJK<br>1-5-1971 t/m 30-4-1972<br>frequenties in procenten | 35   | 30    | 19    | 10    | 5     | 1     | 0,0  |

TABEL 8

Prestatie indices (PI)

|   |      |
|---|------|
| 12-uurs verwachting van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar door EK-3 programma | 0.40 |
| 12-uurs persistentie verwachting van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar        | 0.31 |
| 24-uurs verwachting van de geostrofische windsnelheid door EK-3 programma             | 0.31 |
| 24-uurs persistentie verwachting van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar        | 0.22 |

**TABEL 9**

12-uurs verwachting van de windrichting op 850 mbar (verwachte-opgetreden richting) door het BK-3 model als functie van de verwachte geostrofische windsnelheid op 850 mbar na 12 uur.

| verwachte windklasse door BK-3 na 12 uur              | 0-10          | 11-20         | 21-30         | 31-40         | 41-50          | $\geq 51$      |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| aantal verwachtingen                                  | 133           | 253           | 186           | 95            | 35             | 10             |
| gemiddeld windrichtingsverschil (verwacht-opgetreden) | $2,5^{\circ}$ | $3,1^{\circ}$ | $2,2^{\circ}$ | $5,9^{\circ}$ | $-0,3^{\circ}$ | $-0,2^{\circ}$ |
| standaardafwijking                                    | $56^{\circ}$  | $23^{\circ}$  | $14^{\circ}$  | $13^{\circ}$  | $15^{\circ}$   | $9^{\circ}$    |

**TABEL 10**

24-uurs verwachting van de windrichting op 850 mbar (verwachte-opgetreden richting) door het BK-3 model als functie van de verwachte geostrofische windsnelheid op 850 mbar na 24 uur.

| verwachte windklasse door BK-3 na 24 uur              | 0-10           | 11-20          | 21-30          | 31-40          | 41-50          | $\geq 51$       |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| aantal verwachtingen                                  | 111            | 261            | 186            | 95             | 41             | 15              |
| gemiddeld windrichtingsverschil (verwacht-opgetreden) | $-1,9^{\circ}$ | $+7,1^{\circ}$ | $+3,8^{\circ}$ | $+7,3^{\circ}$ | $+6,9^{\circ}$ | $+13,3^{\circ}$ |
| standaardafwijking                                    | $61^{\circ}$   | $39^{\circ}$   | $29^{\circ}$   | $20^{\circ}$   | $20^{\circ}$   | $20^{\circ}$    |

TABEL 11

12-uurs persistentie verwachting van de windrichting op 850 mbar (verwachte-opgetreden richting) als functie van de verwachte geostrofische windsnelheid op 850 mbar.

| verwachte windklasse volgens de persistentie          | 0-10           | 11-20          | 21-30          | 31-40          | 41-50          | $\geq 51$       |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| aantal verwachtingen                                  | 137            | 247            | 185            | 86             | 29             | 6               |
| gemiddeld windrichtingsverschil (verwacht-opgetreden) | $-7,7^{\circ}$ | $+1,6^{\circ}$ | $-1,1^{\circ}$ | $-3,7^{\circ}$ | $-3,2^{\circ}$ | $-15,5^{\circ}$ |
| standaardafwijking                                    | $60^{\circ}$   | $44^{\circ}$   | $29^{\circ}$   | $22^{\circ}$   | $19^{\circ}$   | $21^{\circ}$    |

TABEL 12

24-uurs persistentie verwachting van de windrichting op 850 mbar (verwachte-opgetreden richting) als functie van de verwachte geostrofische windsnelheid op 850 mbar.

| verwachte windklasse volgens de persistentie          | 0-10           | 11-20          | 21-30          | 31-40          | 41-50          | $\geq 51$      |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| aantal verwachtingen                                  | 141            | 247            | 191            | 87             | 28             | 6              |
| gemiddeld windrichtingsverschil (verwacht-opgetreden) | $+0,5^{\circ}$ | $-5,3^{\circ}$ | $+0,0^{\circ}$ | $-9,3^{\circ}$ | $-8,9^{\circ}$ | $-6,2^{\circ}$ |
| standaardafwijking                                    | $79^{\circ}$   | $62^{\circ}$   | $49^{\circ}$   | $38^{\circ}$   | $31^{\circ}$   | $32^{\circ}$   |

TABEL 13

windrichtingsverschillen van de opgetreden geostrofische windrichting op 850 mbar en de gemeten windrichting van de meetpaal Katwijk, als functie van de opgetreden geostrofische windsnelheid op 850 mbar.

| opgetreden windsnelheid               | 0-10   | 11-20  | 21-30  | 31-40  | 41-50  | $\geq 51$ |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| aantal verwachtingen                  | 154    | 249    | 193    | 89     | 29     | 6         |
| gemiddeld windrichtings -<br>verschil | +22,9° | +22,5° | +19,2° | +16,2° | +12,8° | +32,0°    |
| standaardafwijking                    | 75°    | 61°    | 38°    | 31°    | 22°    | 4°        |

TABEL 14

windrichtingsverschillen van de 24 uren verwachting van de geostrofische windrichting op 850 mbar door BK-3 en de gemeten windrichting van de meetpaal Katwijk, als functie van de 24 uren verwachting van de geostrofische windsnelheid op 850 mbar door BK-3.

| verwachte windsnelheid na<br>24 uur op 850 mbar door<br>BK-3   | 0-10   | 11-20  | 21-30  | 31-40  | 41-50  | $\geq 51$ |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| aantal verwachtingen   | 110    | 265    | 187    | 98     | 40     | 15        |
| gemiddelde windrichtings-<br>verschil<br>(verwacht-opgetreden) | +14,6° | +27,7° | +23,0° | +24,5° | +21,3° | +28,3°    |
| standaardafwijking   | 94°    | 73°    | 54°    | 44°    | 35°    | 43°       |

TABEL 15

| opgetreden geostrofische<br>windsnelheid op 850 mbar<br>(knopen) | 0-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | $\geq 51$ |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| frequenties (1 mei 1971<br>t/m 28 februari 1972)                 | 23   | 37    | 26    | 10    | 3     | 1         |
| frequenties (29 februari<br>1972 t/m 25 juli 1972)               | 21   | 30    | 24    | 19    | 5     | 1         |

TABEL 16

24-uurs verwachting van de geostrofische windsnelheid (in knopen) op 850 mbar door het oude BK-3 model en BK-3200 over de periode 01-05-1971 t/m 28-02-1972.

| Verwacht / Opgetreden | 0-10       | 11-20       | 21-30       | 31-40      | 40-50      | ≥ 51      | Totaal       |
|-----------------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|--------------|
| 0-10                  | 51<br>(52) | 72<br>(32)  | 7<br>(5)    | 2<br>(2)   |            |           | 132<br>(23)  |
| 11-20                 | 44<br>(44) | 114<br>(50) | 48<br>(36)  | 13<br>(14) | 2<br>(6)   |           | 221<br>(37)  |
| 21-30                 | 4<br>(4)   | 33<br>(14)  | 66<br>(50)  | 43<br>(47) | 7<br>(23)  |           | 153<br>(26)  |
| 31-40                 |            | 9<br>(4)    | 5<br>(4)    | 29<br>(32) | 14<br>(45) | 3<br>(33) | 60<br>(10)   |
| 41-50                 |            |             | 5<br>(4)    | 4<br>(4)   | 7<br>(23)  | 4<br>(45) | 20<br>(3)    |
| ≥ 51                  |            |             | 1<br>(1)    | 1<br>(1)   | 1<br>(3)   | 2<br>(22) | 5<br>(1)     |
| Totaal                | 99<br>(17) | 228<br>(38) | 132<br>(22) | 92<br>(16) | 31<br>(5)  | 9<br>(2)  | 591<br>(100) |

TABEL 17

24-uurs verwachting van de geostrofische windsnelheid (in knopen) op 850 mbar door BK-3 1650C. periode 29-02-1972 t/m 25-07-1972.

| Verwacht / Opgetreden | 0-10       | 11-20      | 21-30      | 31-40      | 41-50      | ≥ 51      | Totaal       |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|--------------|
| 0-10                  | 36<br>(73) | 19<br>(21) | 4<br>(5)   |            |            |           | 59<br>(21)   |
| 11-20                 | 12<br>(24) | 46<br>(51) | 25<br>(32) | 3<br>(8)   |            |           | 86<br>(30)   |
| 21-30                 | 1<br>(3)   | 23<br>(25) | 34<br>(44) | 9<br>(24)  | 2<br>(9)   |           | 69<br>(24)   |
| 31-40                 |            | 3<br>(3)   | 14<br>(18) | 22<br>(59) | 12<br>(55) | 4<br>(40) | 55<br>(19)   |
| 41-50                 |            |            | 1<br>(1)   | 2<br>(5)   | 6<br>(27)  | 5<br>(50) | 14<br>(5)    |
| ≥ 51                  |            |            |            | 1<br>(4)   | 2<br>(9)   | 1<br>(10) | 4<br>(1)     |
| Totaal                | 49<br>(17) | 91<br>(32) | 78<br>(27) | 37<br>(13) | 22<br>(8)  | 10<br>(3) | 287<br>(100) |

TABEL 18

prestatie indices van de windsnelheidsverwachtingen op 850 mbar.

| BK-3 model             | periode                       | PI   |
|------------------------|-------------------------------|------|
| oude BK-3 en BK-3 3200 | 1 mei 1971 t/m 28 febr.1972   | 0.31 |
| BK-3 1650C             | 29 febr.1972 t/m 25 juli 1972 | 0.35 |

TABEL 19

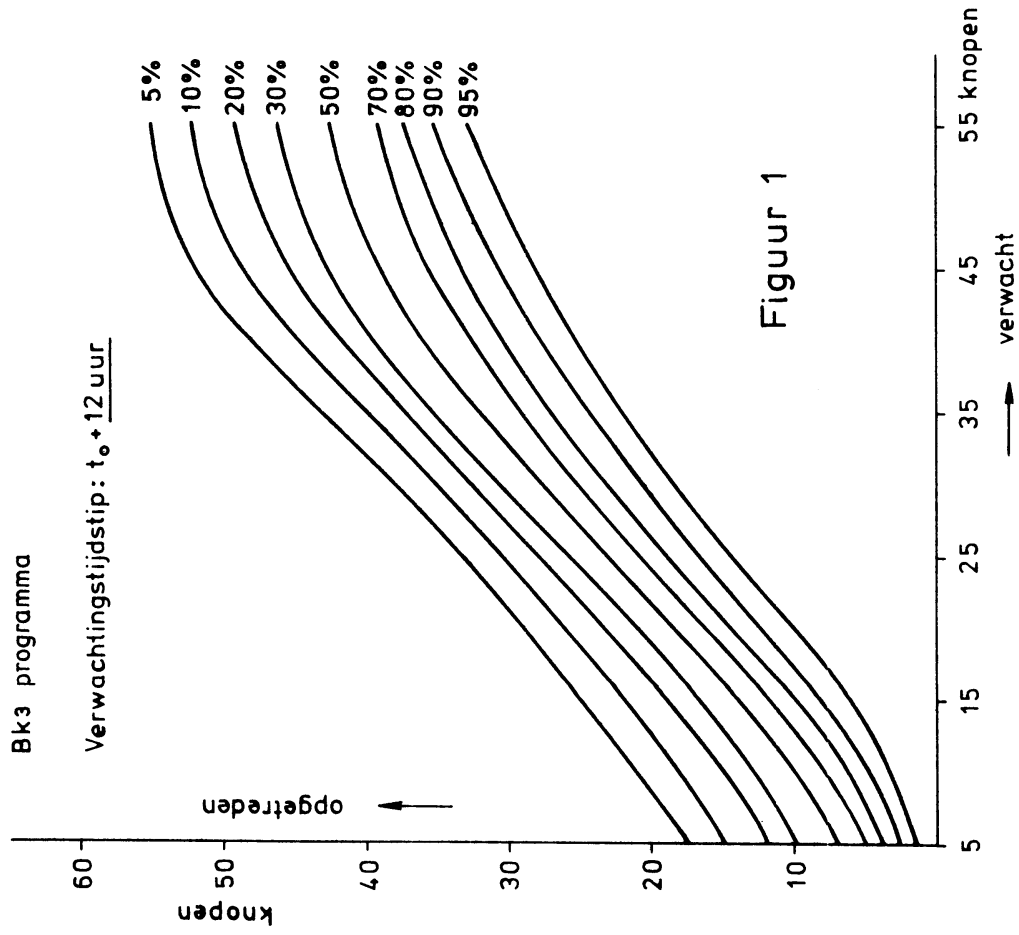
| <u>oude BK-3 en BK-3 3200</u><br>( 1 mei 1971 t/m 28 februari 1972) |        |       |       |        |       |        |
|---|--------|-------|-------|--------|-------|--------|
| verwachte windklasse  | 0-10   | 11-20 | 21-30 | 31-40  | 41-50 | ≥51    |
| aantal verwachtingen  | 99     | 227   | 150   | 74     | 31    | 11     |
| gemiddeld richtingsverschil<br>(verwacht-opgetreden)                | -0,1°  | +6,6° | +4,5° | +10,3° | +7,7° | +12,7° |
| standaardafwijking  | 61°    | 40°   | 31°   | 19°    | 20°   | 21°    |
| <u>BK-3 1650C</u><br>( 29 februari 1972 t/m 25 juli 1972)           |        |       |       |        |       |        |
| aantal verwachtingen  | 49     | 87    | 78    | 37     | 22    | 8      |
| gemiddeld richtingsverschil<br>(verwacht-opgetreden)                | -14,9° | +3,8° | +1,6° | +3,0°  | +6,5° | +8,0°  |
| standaardafwijking  | 57°    | 32°   | 23°   | 20°    | 19°   | 24°    |

TABEL 20

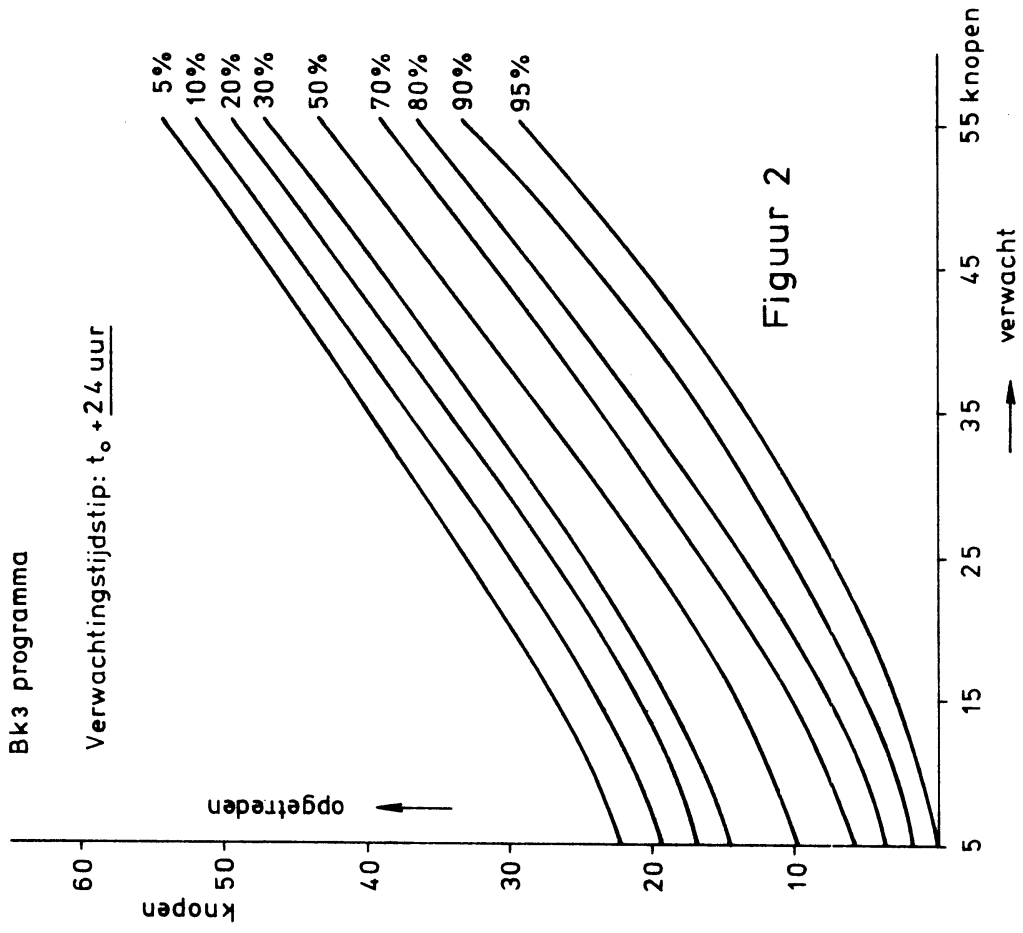
| windsnelheid verwacht door de weerkamer na 24 uur op zeeniveau | mediaan van de opgetreden windsnelheden op zeeniveau | windsnelheid op 850 mbar verwacht door BK-3 na 24 uur | voor de weerkamer liggen 80% van de opgetreden snelheden in onderstaande intervallen | voor het BK-3 model liggen 80% van de opgetreden windsnelheden op zeeniveau in onderstaande intervallen |
|--|--|---|--|---|
| (knopen)   | (knopen)   | (knopen)  | (knopen)   | (knopen)  |
| 10   | 11   | 15  | 5-18 (13 kts)  | 5-18 (13 kts)   |
| 15   | 15   | 28  | 8-21 (15 kts)  | 8-24 (16 kts)   |
| 20   | 21   | 43  | 12-30 (18 kts)   | 13-30 (17 kts)  |
| 25   | 27   | 55  | 16-38 (22 kts)   | 18-36 (18 kts)  |



Overschrijdingspercentages van de  
opgetreden geostr. windsnelheid op 850 mbar  
als functie van de 12-uursverwachting van de  
geostr. windsnelheid op 850 mbar door het  
Bk3 programma

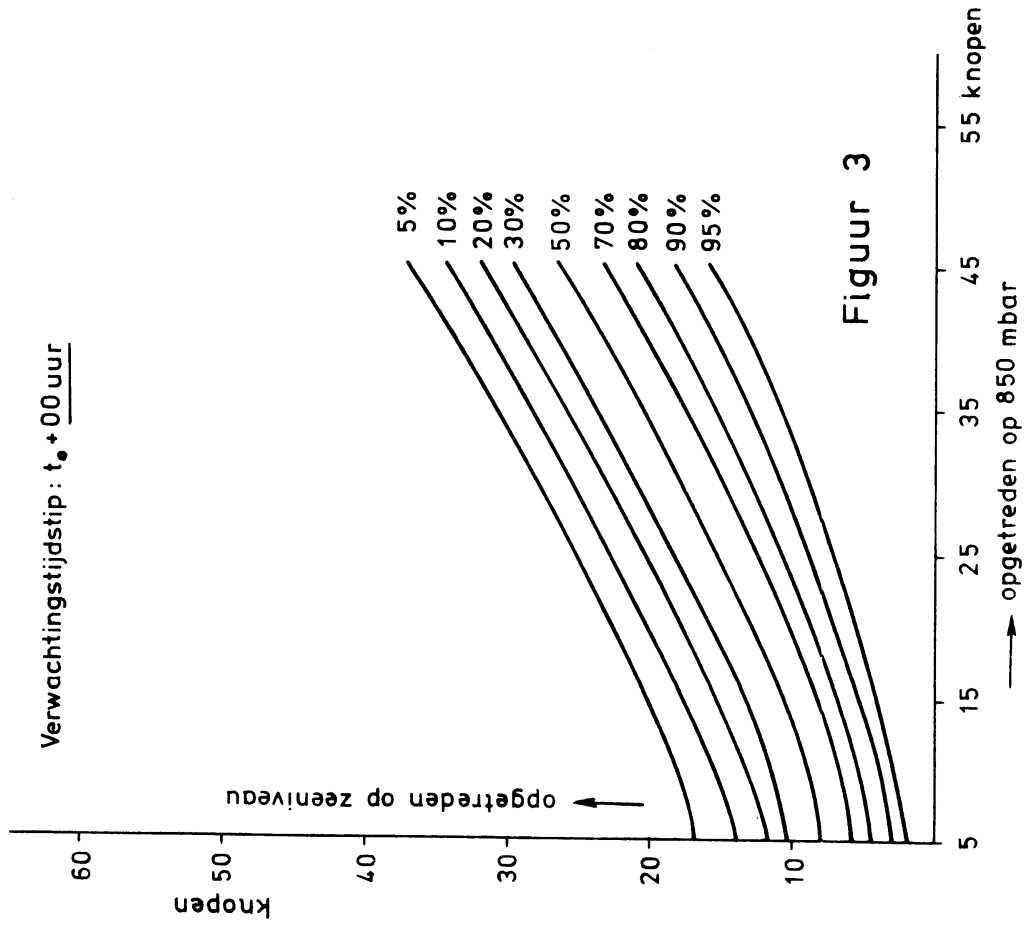


Overschrijdingspercentages van de  
opgetreden geostr. windsnelheid op 850 mbar  
als functie van de 24-uursverwachting van de  
geostr. windsnelheid op 850 mbar door het  
Bk3 programma



Overschrijdingspercentages van de opgetreden windsnelheid op zeeniveau als functie van de opgetreden geostr. windsnelheid op 850 mbar

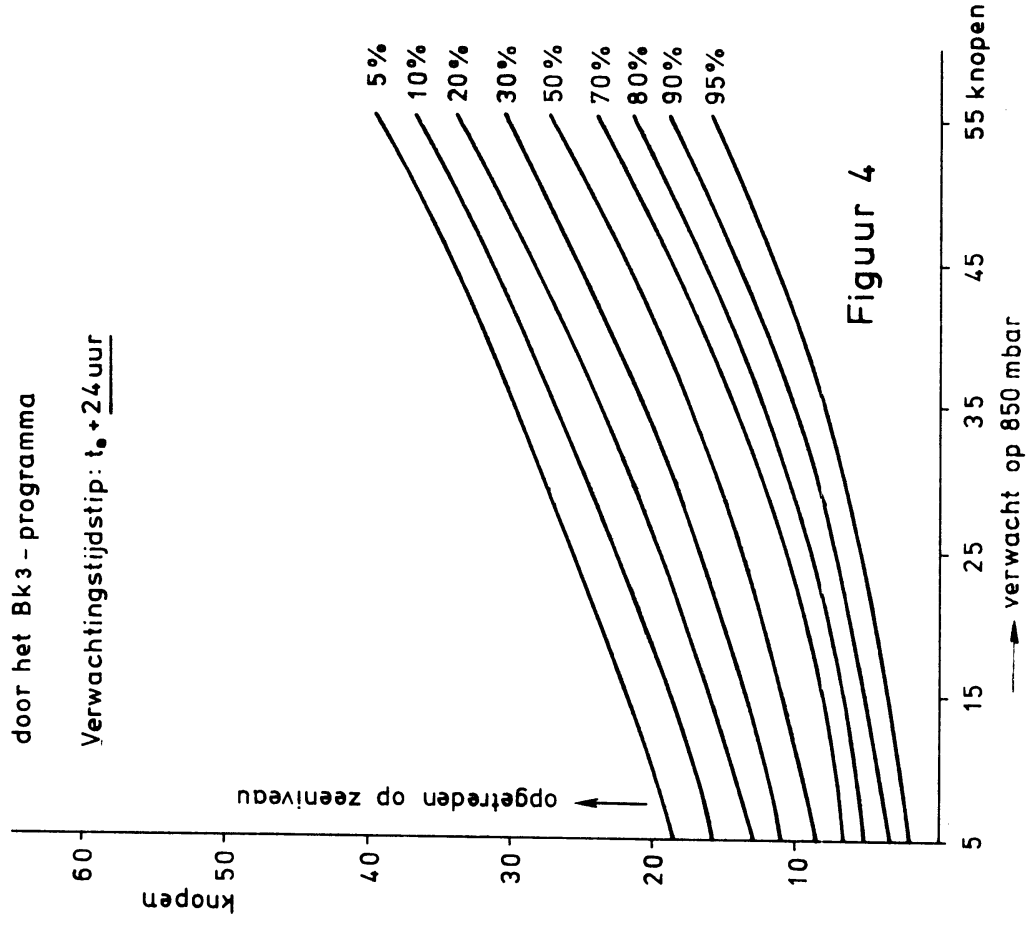
Verwachtingstijdstip:  $t_0 + 00$  uur



Figuur 3

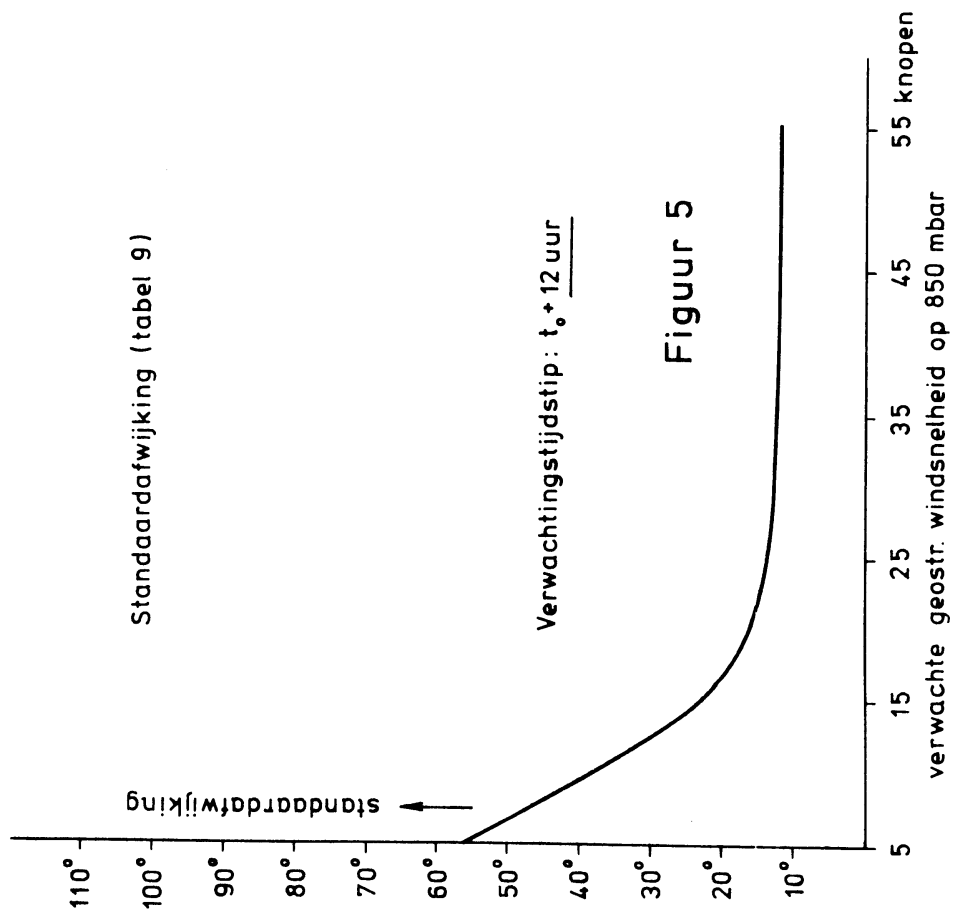
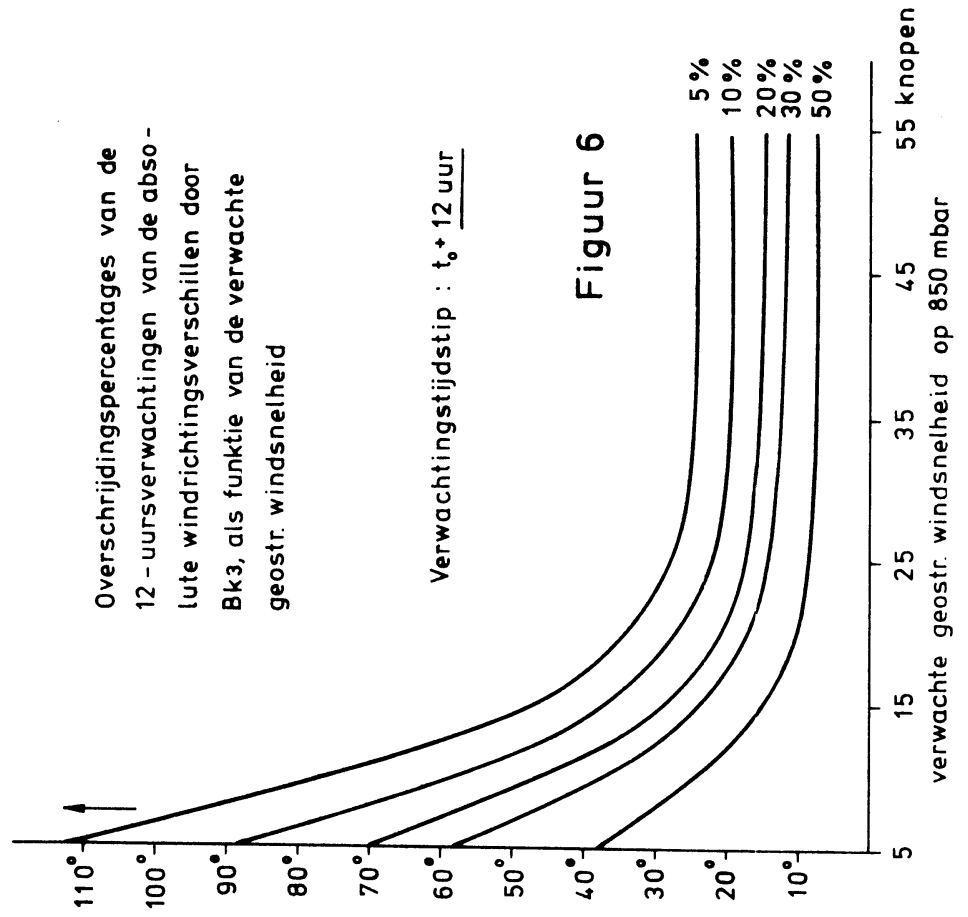
Overschrijdingspercentages van de opgetreden windsnelheid op zeeniveau als functie van de 24-uurs verwachting van de geostr. windsnelheid op 850 mbar door het Bk3 - programma

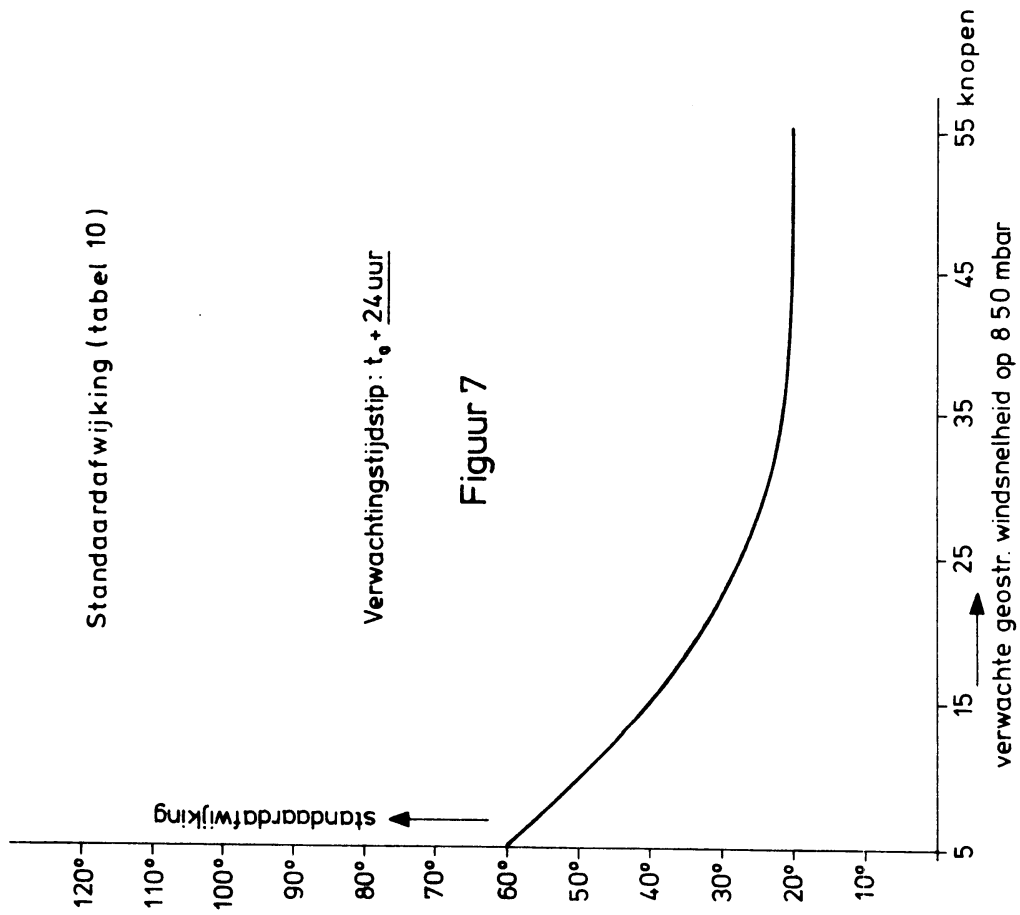
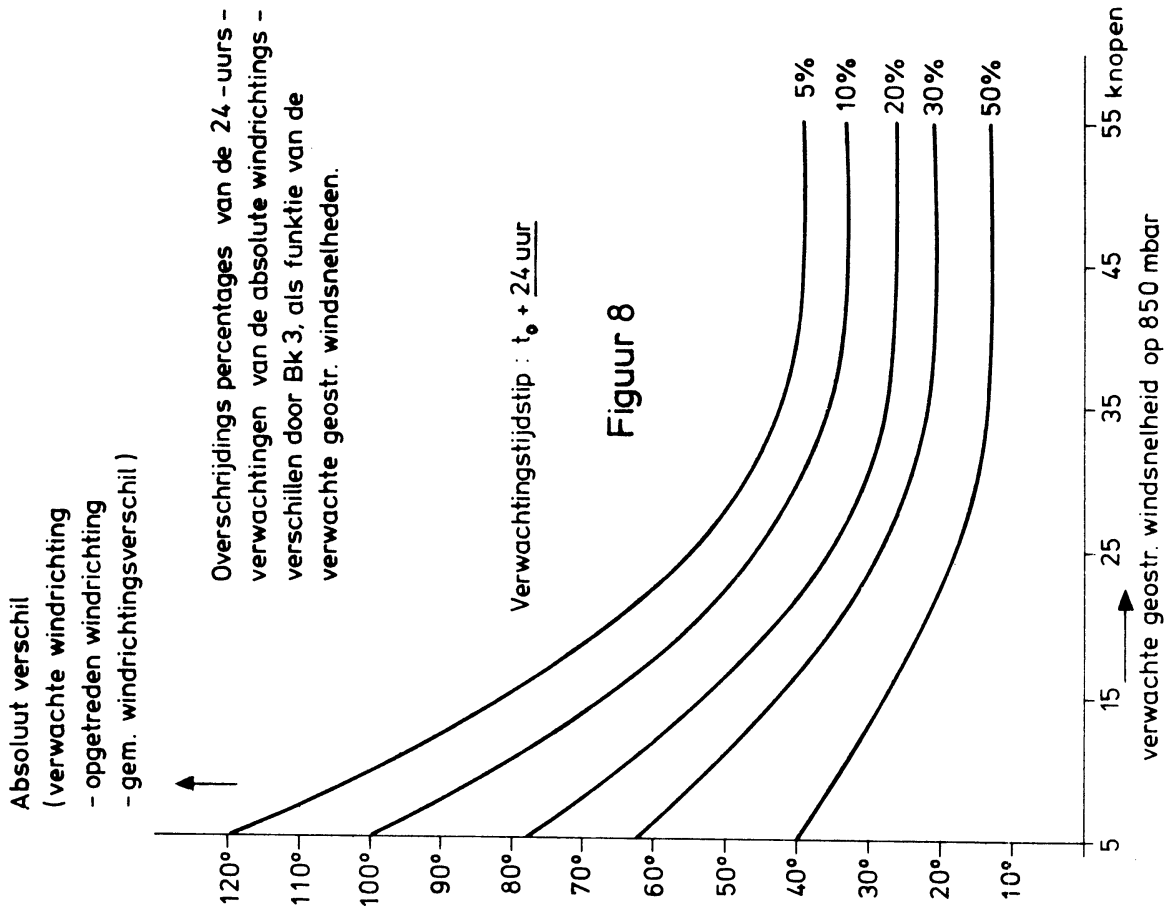
Verwachtingstijdstip:  $t_0 + 24$  uur

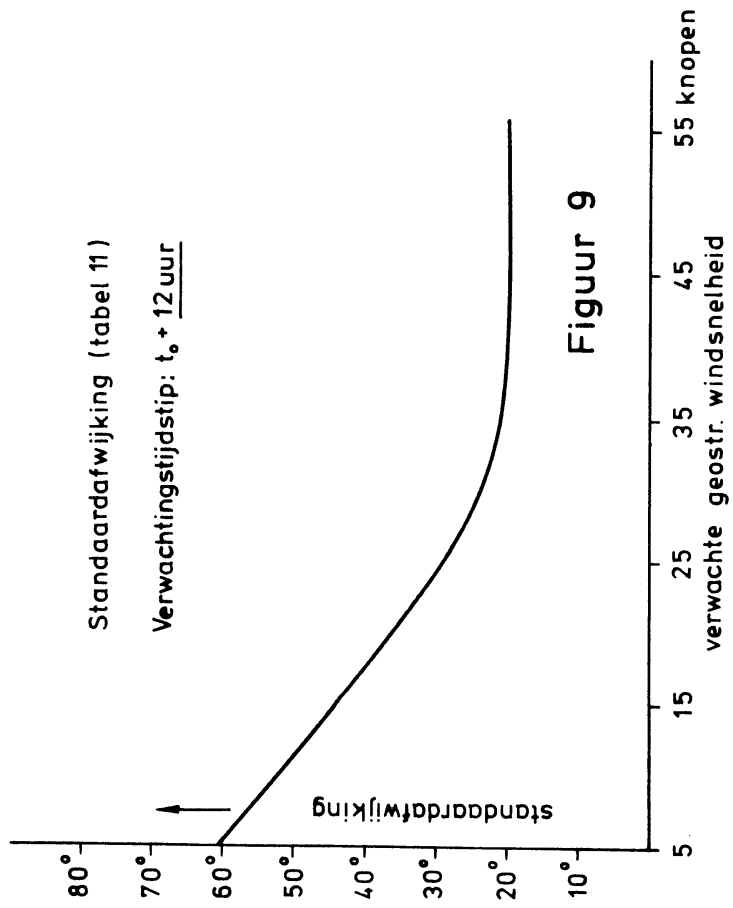


Figuur 4

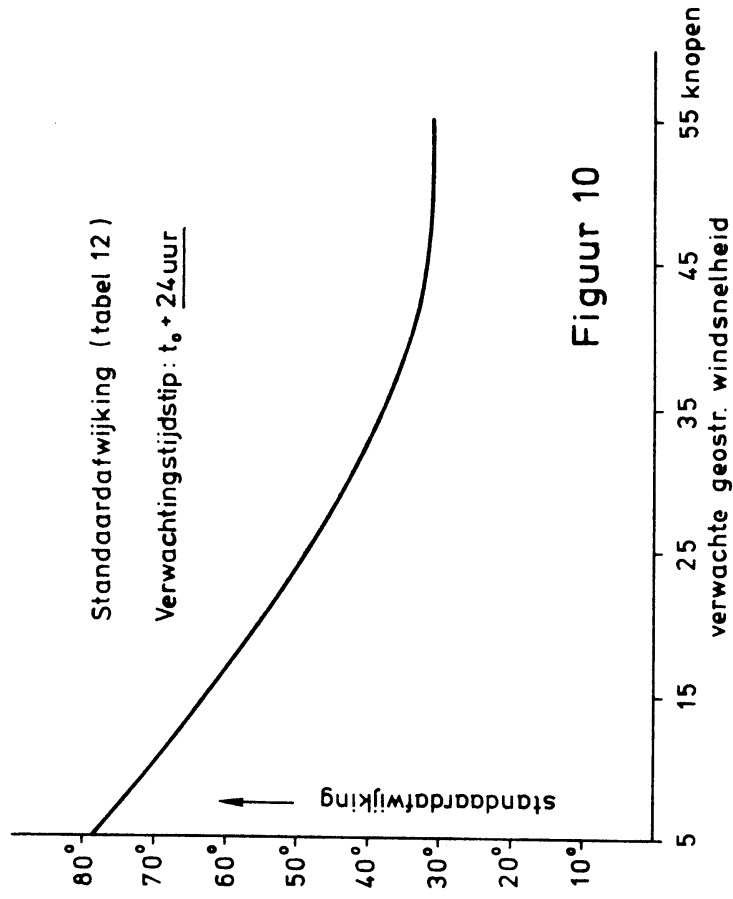
Absoluut verschil  
 ( verwachte windrichting  
 - opgetreden windrichting  
 - gemiddeld windrichtings  
 verschil )



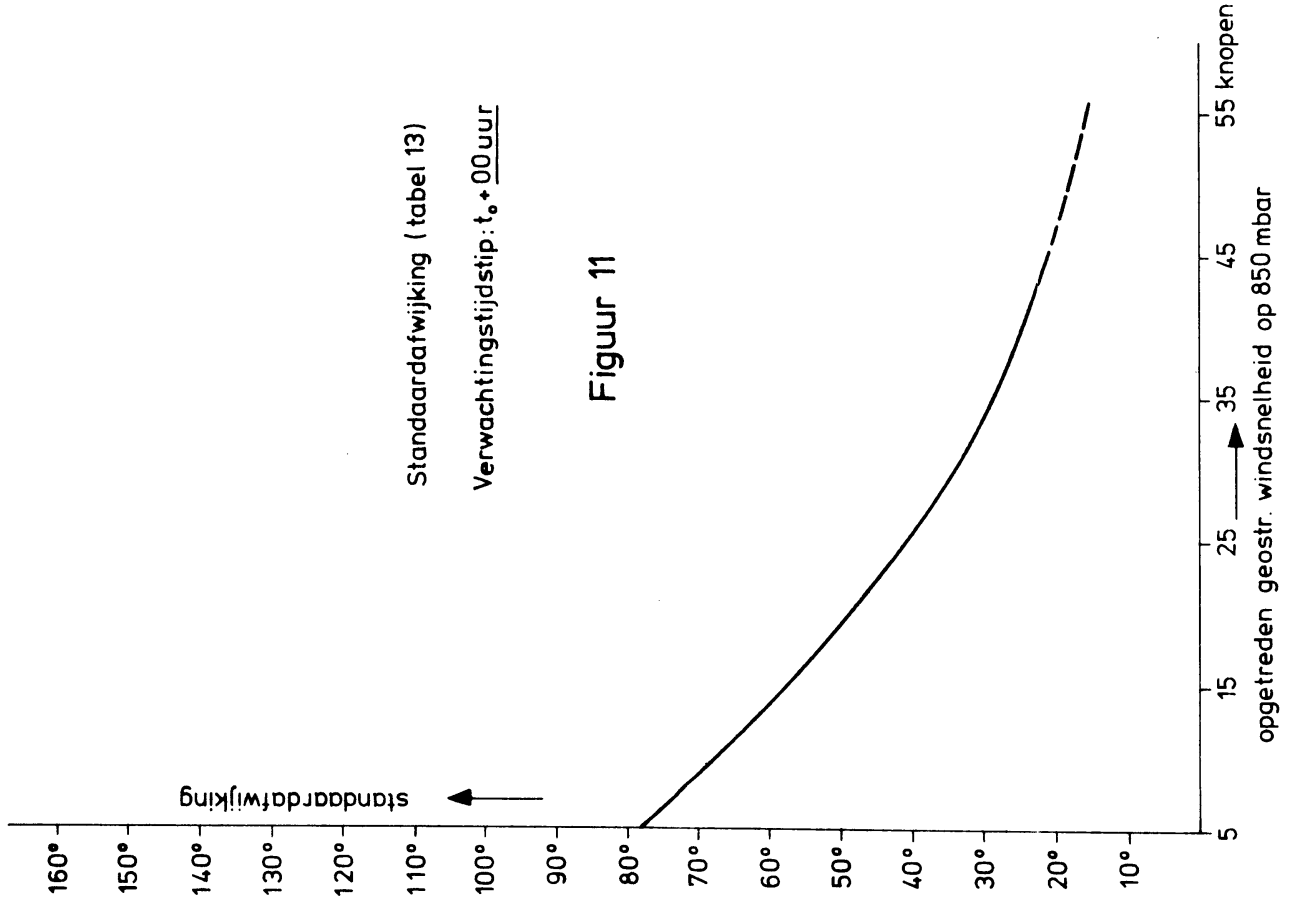




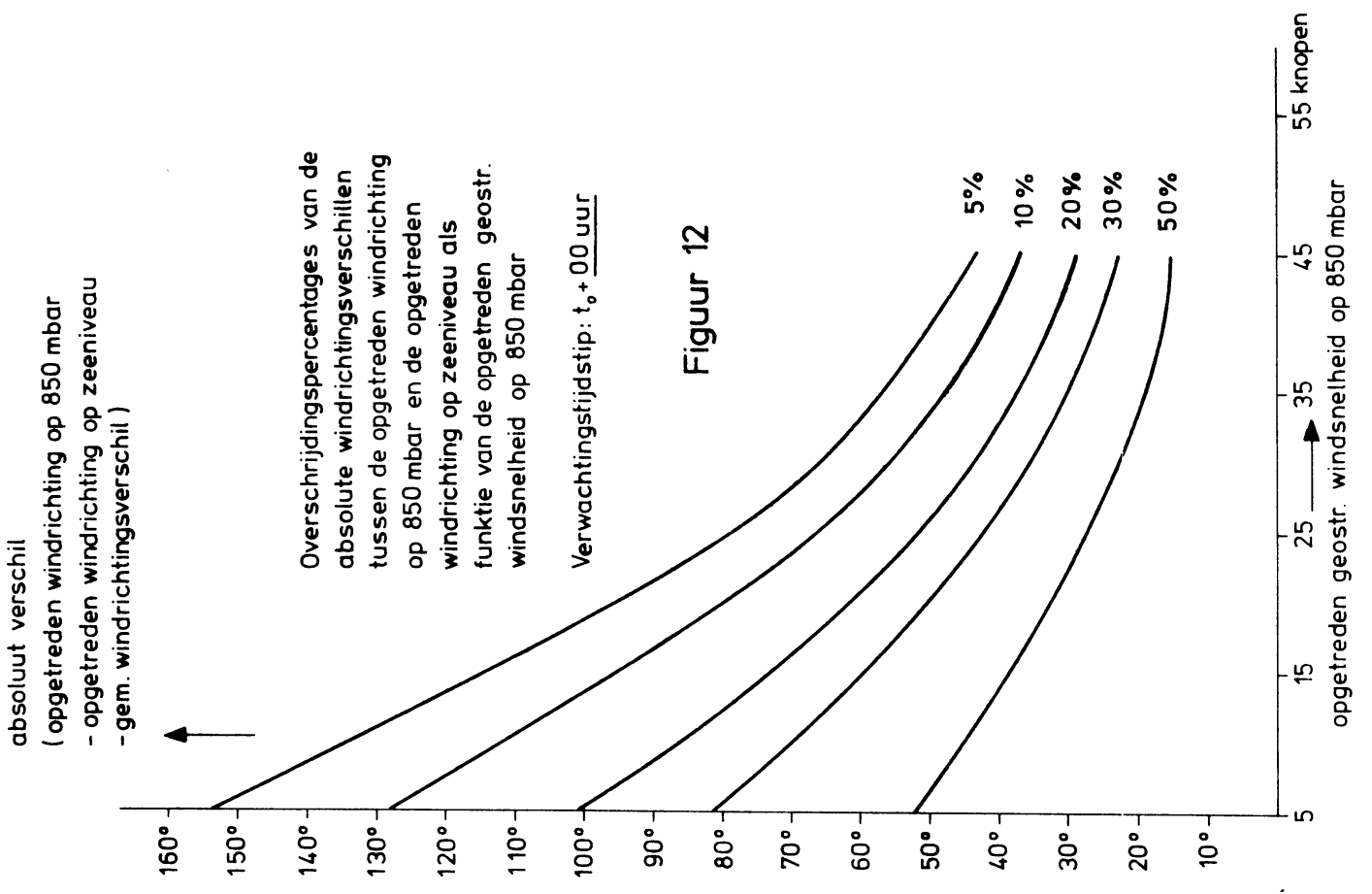
Figuur 9



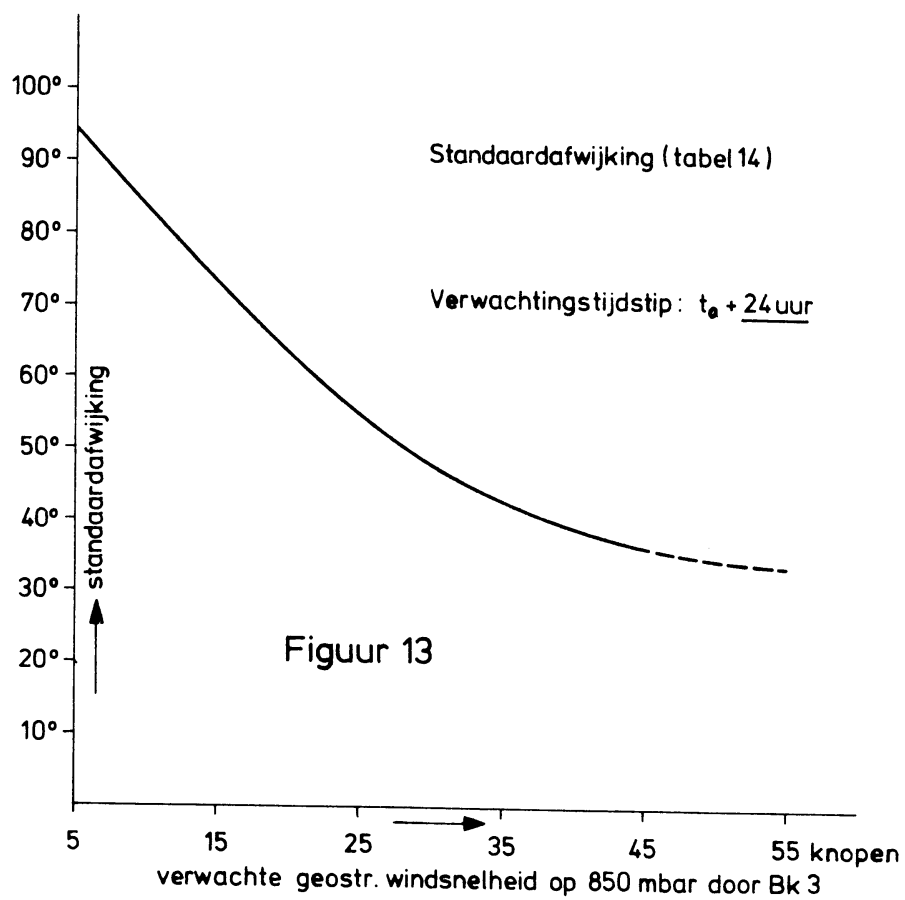
Figuur 10



Figuur 11



Figuur 12



**Absoluut verschil**

(verwachte windrichting door Bk 3 na 24 uur

-opgetreden windrichting op zeeniveau

-gem windrichtingsverschil )

