

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

De Bilt

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 73-5

S.J. Bijlsma, B. van Rietschote
en
G.D.G. Folkers

Over het optimaal routeren van schepen.
V. Een geautomatiseerd systeem.

De Bilt, 1973

Publikatienummer: K.N.M.I. W.R. 73-5 (M.B.W.)

Deel I zie W.R. 72-1 (I)

Deel II zie W.R. 72-2 (I)

Deel III zie W.R. 72-11 (M.B.W.)

Deel IV zie W.R. 73-2 (M.B.W.)

U.D.C.: 551.509.58

I N H O U D

	pag.
Summary	2
Inleiding	3
1. Enige testen betreffende de relatie tussen luchtdruk en wind.	5
1.1. Het coördinaten systeem.	5
1.2. Het in rekening brengen van windwaarnemingen.	7
1.3. Resultaten	11
2. Resultaten van het geautomatiseerde systeem.	20
Bijlage: Het ALGOL-programma	25
Literatuur	31

Summary.

This report concludes a series of previous reports on minimum-time ship routing, dealing both with the problem of determining the least-time track (Bijlsma en Van Rietschote, 1972, I, II, III) and with that of the computation of wavecharts from windcharts (Bijlsma en Folkers, 1973). It contains an (experimental) method for the solution of the remaining problem: to bring into agreement, by taking into account observations of snips, windcharts of the Atlantic Ocean derived from pressurecharts, with those used by the Routing Office (see chapter 1).

With the solution of this problem we are in a position to compare optimal routes, obtained both in a manual way (by the Routing Office) and in a computational way (by the automated system) starting from the same pressurecharts (chapter 2).

Inleiding

Een geautomatiseerd systeem voor het optimaal routeren van schepen kunnen we ons opgebouwd denken uit drie onderdelen:

1. Het bepalen van windvelden uit de luchtdrukverdeling op de Atlantische Oceaan.
2. Het bepalen van golfvelden op de Atlantische Oceaan uit deze windvelden (dit is behandeld in Bijlsma en Folkers, 1973).
3. Het berekenen van de optimale vaarroute voor een schip met behulp van deze golfvelden (zie Bijlsma en Van Riet-schote, 1972, I, II, III).

In dit rapport behandelen we het eerste punt, waarmee de reeks van rapporten over het optimaal routeren van schepen besloten wordt. De relatie tussen luchtdrukverdeling en wind is theoretisch voldoende bekend. Het probleem waar we hier echter voor staan is dat bij het vastleggen van de luchtdrukverdeling van de Atlantische Oceaan op weerkaarten van de Weerdienst gebleken is dat aan luchtdrukwaarnemingen groter gewicht wordt toegekend dan aan luchtdrukgradient-informatie vervat in de windwaarnemingen van schepen. Het gevolg hiervan is dan ook dat de windsnelheden berekend uit de luchtdrukwaarden in roosterpunten afgelezen uit de weerkaarten van de Weerkamer vaak niet overeenstemmen met gemeten of geschatte windsnelheden. Een der dingen die men hier aan kan doen is het in rekening brengen van scheepswaarnemingen, zodat men met behulp van berekende en gemeten waarden van de windsnelheid het isobarenverloop op de Atlantische Oceaan kan corrigeren. Op het K.N.M.I. wordt dit momenteel op een manuele manier gedaan door het bureau Routing. Het doel dat ons in dit rapport voor ogen stond was deze gang van zaken geschikt te maken voor verwerking met behulp van een rekenmachine. Bij het ontwikkelen van de door ons gevolgde methode was het doel de uiteindelijke resultaten in een zo goed mogelijke overeenstemming te brengen met die van de manuele methode.

Een aantal resultaten wordt gepresenteerd in het eerste hoofdstuk. Het tweede en belangrijkste punt dat in dit rapport (met behulp van bovenstaande) aan de orde komt betreft het nagaan van de mogelijkheden voor de toepassing van het, mede in de voorgaande rapporten ontwikkelde geautomatiseerde systeem voor het optimaal routeren van schepen. Met andere woorden we zullen uitgaande van dezelfde luchtdrukkaarten, die ook het bureau Routing ten dienste staan, door opeenvolgende berekening van windkaarten en golfkaarten, in een aantal gevallen optimale routes berekenen en deze vergelijken met overeenkomstige routes, die op de manuele manier verkregen zijn. Voorbeelden hiervan treft men aan in het tweede hoofdstuk. Tenslotte is het rekenprogramma (in ALGOL-60) toegevoegd, dat gebruikt is bij de berekening van de wind uit de luchtdruk. Voor de andere rekenprogramma's verwijzen we naar de eerder verschenen rapporten.

1. Enige testen betreffende de relatie tussen luchtdrukverdeling en wind.

1.1. Het coördinatensysteem.

We gaan in dit rapport uit van een rechthoekig coördinatensysteem met coördinaten x en y , zoals getoond in fig.1. De coördinaten van de noordpool in dit coördinatensysteem zijn $x_n = 13$ en $y_n = -11$ en de roosterafstand bedraagt $d_0 = 0.625$ bij een schaalfactor $s = 30 \cdot 10^6$ (zie Bijlsma en Van Rietschote 1972, II, p.6). Verder maken we in dit rapport gebruik van een tweetal gebieden voor het presenteren van onze resultaten (zie fig.1.). In gebied I wordt de relatie luchtdruk \rightarrow wind getoetst, terwijl in gebied II optimale routes, verkregen met behulp van de manuele en de geautomatiseerde methode met elkaar vergeleken worden. Deze globale indeling in twee gebieden is gemaakt omdat het tijdbesparend werkte bij het digitaliseren van respectievelijk luchtdruk-, isochachen- en golfkaarten, waarvan op deze manier slechts de meest interessante gebieden voor het testen van luchtdruk \rightarrow wind, wind \rightarrow golven (Bijlsma en Folkers, 1973) en golven \rightarrow optimale route (Bijlsma en Van Rietschote, 1972, II, III) zijn meegenomen. Gebied I wordt gegeven door $0 \leq x \leq 23$, $0 \leq y \leq 20$ en gebied II door $2 \leq x \leq 33$, $5 \leq y \leq 19$.

Een enkele opmerking nog over de vergelijking van de loxodroom. In de praktijk wordt namelijk niet alleen de vaartijd langs de grootcirkel tussen begin- en eindpunt uitgerekend, maar ook die langs de loxodroom. Een loxodroom is een kromme op de aardbol, die alle meridianen onder dezelfde hoek snijdt. In het projectievlak gedraagt een dergelijke kromme zich als een spiraal om de geprojecteerde noordpool. Veronderstel dat θ_0 en ϕ_0 de lengte en breedte van het beginpunt zijn dan is de afstand van dit punt tot de noordpool in het projectievlak gelijk aan

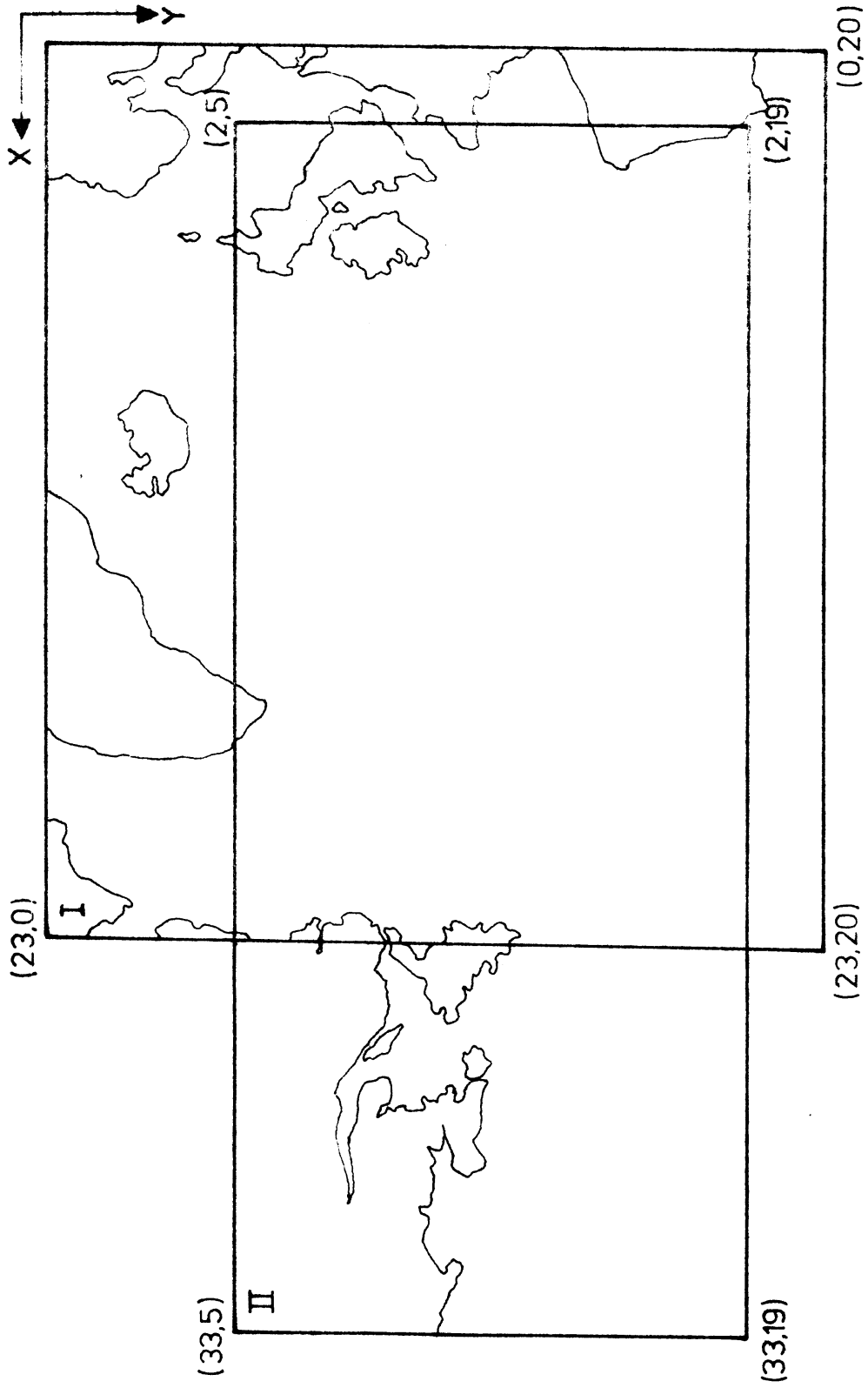


Fig. 1

$$r_0 = \frac{R}{S} (1 + \cos \pi/6) (\tan (\phi_0/2))^{-1}$$

Hierin is R de straal van de aarde. Een spiraal door dit punt heeft (in poolcoördinaten ten opzichte van de geprojecteerde noordpool) de vergelijking

$$r = r_0 \exp (\alpha (\theta - \theta_0))$$

waarin α een hieronder te bepalen constante is. Moet deze spiraal bovendien door het punt met coördinaten (θ_1, ϕ_1) gaan dan vindt men na substitutie

$$\alpha = \ln (r_1/r_0) / (\theta_1 - \theta_0)$$

waarin

$$r_1 = \frac{R}{S} (1 + \cos \pi/6) (\tan (\phi_1/2))^{-1}$$

1.2. Het in rekening brengen van windwaarnemingen.

We zullen hier in 't kort aangeven hoe de berekening van de wind uit de luchtdrukverdeling plaats vindt. Het verband tussen wind en luchtdruk wordt gegeven door de vergelijkingen

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

$$\frac{dv}{dt} = -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + F_y \quad (2)$$

Hierin zijn u en v de x- en y-component van de windsnelheid, p de luchtdruk, F_x en F_y de x- en y-component van de wrijving, ρ de luchtdichtheid en fv en -fu versnellingen ten gevolge van de corioliskracht ($f = 2\omega \sin \phi$, waarin ϕ de geografische breedte is en ω de hoeksnelheid van de aarde). De oplossingen van deze vergelijkingen kunnen worden geapproximeerd door (zie Bijvoet, 1957, p.15, formules (18a) en (18b), waarin termen met tweede en hogere orde afgeleiden zijn weggelaten)

$$u = - a_2 \frac{\partial p}{\partial x} - a_1 \frac{\partial p}{\partial y} \quad (3)$$

$$v = + a_1 \frac{\partial p}{\partial x} - a_2 \frac{\partial p}{\partial y} \quad (4)$$

waarin a_1 en a_2 nader te bepalen constanten zijn. Een zo goed mogelijke benadering voor windsnelheden boven de Atlantische Oceaan (gemiddeld in de winter) vinden we door te stellen

$$a_1 = 0.6 \cdot 10^4 \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}$$

$$a_2 = 0.15 \cdot 10^4 \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}$$

zodat we, daar de dimensie van de luchtdruk gelijk is aan $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ (milibaren), de windsnelheid vinden in meters per sec., indien afstanden op aarde in meters gegeven worden. Daar later zal blijken (punt 1.3) dat windvelden, die met behulp van vergelijking (3) en (4) uit luchtdruk velden berekend zijn, nauwelijks overeenstemmen met de op een manuele manier, door bureau Routing, vervaardigde isotachenkaarten (waarin windwaarnemingen verwerkt zijn), zullen we hier een methode ontwikkelen voor het in rekening brengen van deze windwaarnemingen. Deze experimentele methode, die uit de door ons behandelde praktische situaties als beste te voorschijn kwam, zullen we duidelijk maken aan de hand van fig. 2.

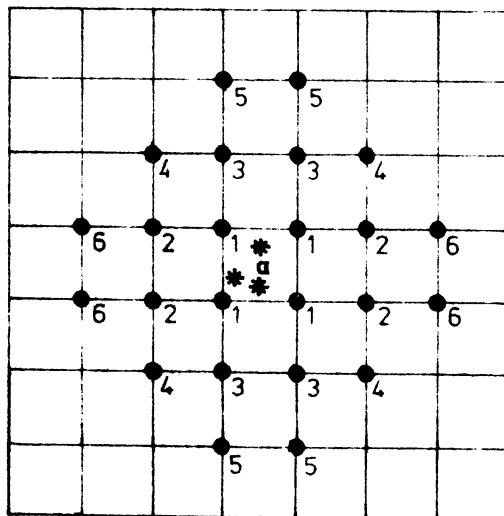


fig.2

* windwaarnemingen

In fig. 2 is een gedeelte van het rooster weergegeven, in de roosterpunten waarvan de windsnelheden (en richtingen) berekend met behulp van formule (3) en (4) gegeven zijn.

Bovendien zijn de posities aangegeven van schepen, waarvan we de waarnemingen in rekening willen brengen. Bij het verwerken van deze windwaarnemingen, kunnen we twee belangrijke punten onderscheiden.

1. Het invloedsgebied van een windwaarneming.
2. De vorm, waarin we deze waarnemingen in roosterpunten laten meetellen.

Om met het eerste punt te beginnen, het bleek dat de resultaten het beste waren indien het invloedsgebied zich uitstrekte tot de in fig.2 gemarkeerde roosterpunten. Alvorens iets te zeggen over de vorm, waarin we deze invloed laten meespelen, nog enkele opmerkingen. Allereerst worden windsnelheden groter dan 58 knopen niet geaccepteerd en gelijk gemaakt aan 58 knopen, ongeacht of ze berekend zijn met behulp van vergelijking (3) en (4) of verkregen zijn na correctie met windwaarnemingen. In de tweede plaats is gebleken, dat gemeten en berekende windrichtingen redelijk overeenkwamen, zodat we hier konden volstaan met het bewerken van slechts windsnelheden. De berekening van deze uiteindelijke windsnelheden gaat als volgt. Stel gegeven een windsnelheidswaarneming ($V_{gem.}$) van een schip op de positie a (zie fig.2). Met behulp van de windsnelheden $V^{(1)}$ in de 4 roosterpunten, aangegeven met index (1), bepalen we nu door bilineaire interpolatie de (met behulp van vergelijking (3) en (4) berekende) waarde ($V^{(1)}$) in a.
ber.

De nieuwe windsnelheid ($v_{\text{nieuw}}^{(1)}$) in deze roosterpunten wordt

$$v_{\text{nieuw}}^{(1)} = \frac{1}{4} (v_{\text{oud}}^{(1)} + 3 * \frac{v_{\text{gem.}}^{(1)}}{v_{\text{ber.}}^{(1)}} v_{\text{oud}}^{(1)})$$

Een zelfde procedure wordt gevolgd voor de roosterpunten, aangegeven met indices (2) en (3), waar bovendien nog een restrictie wordt ingevoerd nl.

$$v_{\text{nieuw}}^{(2),(3)} = \begin{cases} v_{\text{oud}}^{(2),(3)} & \text{als } \frac{v_{\text{gem.}}^{(2),(3)}}{v_{\text{ber.}}^{(2),(3)}} > 1 \text{ en } v_{\text{oud}}^{(2),(3)} > 30 \\ \frac{1}{3} (v_{\text{oud}}^{(2),(3)} + 2 * \frac{v_{\text{gem.}}^{(2),(3)}}{v_{\text{ber.}}^{(2),(3)}} v_{\text{oud}}^{(2),(3)}) & \text{anders} \end{cases}$$

Voor de roosterpunten met indices (4),(5) en (6) geldt:

$$v_{\text{nieuw}}^{(4),(5),(6)} = \begin{cases} \frac{1}{2} (v_{\text{oud}}^{(4),(5),(6)} + \frac{v_{\text{gem.}}^{(4),(5),(6)}}{v_{\text{ber.}}^{(4),(5),(6)}} v_{\text{oud}}^{(4),(5),(6)}) & \text{als } \frac{v_{\text{gem.}}^{(4),(5),(6)}}{v_{\text{ber.}}^{(4),(5),(6)}} \leq 1 \\ v_{\text{oud}}^{(4),(5),(6)} & \text{anders} \end{cases}$$

Deze laatste restricties bleken nodig

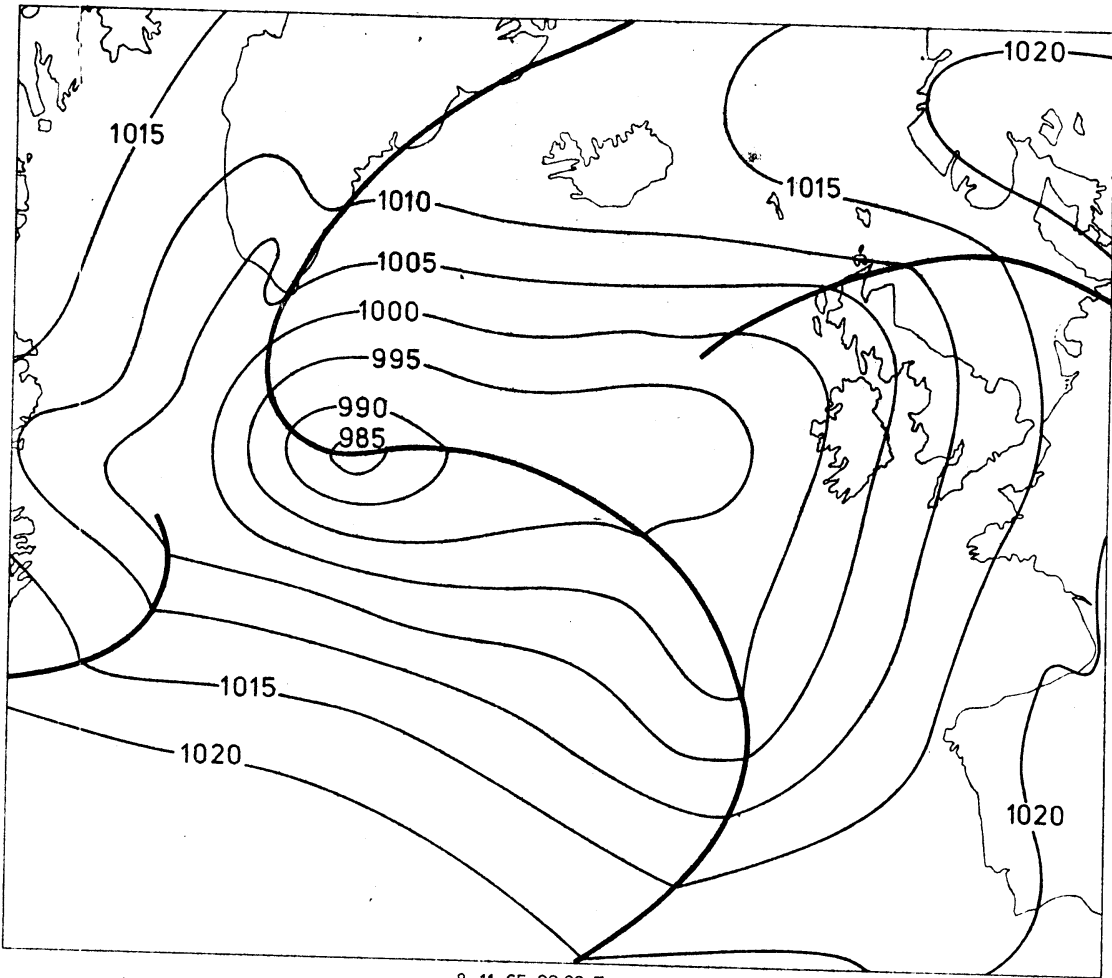
- (a) Omdat de berekende windsnelheden over het algemeen te hoog waren.
- (b) Om de invloedssfeer van een windwaarneming uit te breiden, ten gevolge van een tekort aan waarnemingen in bepaalde gebieden.

Hebben we meerdere windwaarnemingen tot onze beschikking binnen de met (1) aangemerkte roosterpunten, dan worden de uiteindelijke resultaten van deze windwaarnemingen gemiddeld. Hoewel er onderzoeken met een theoretisch uitgangspunt gedaan zijn op het hier besproken gebied (we noemen hier bijvoorbeeld Cressman en Gilchrist (1954)) blijkt toch dat men zich, voor het verkrijgen van praktische resultaten, moet behelpen met empirische oplossingsmethoden van het probleem.

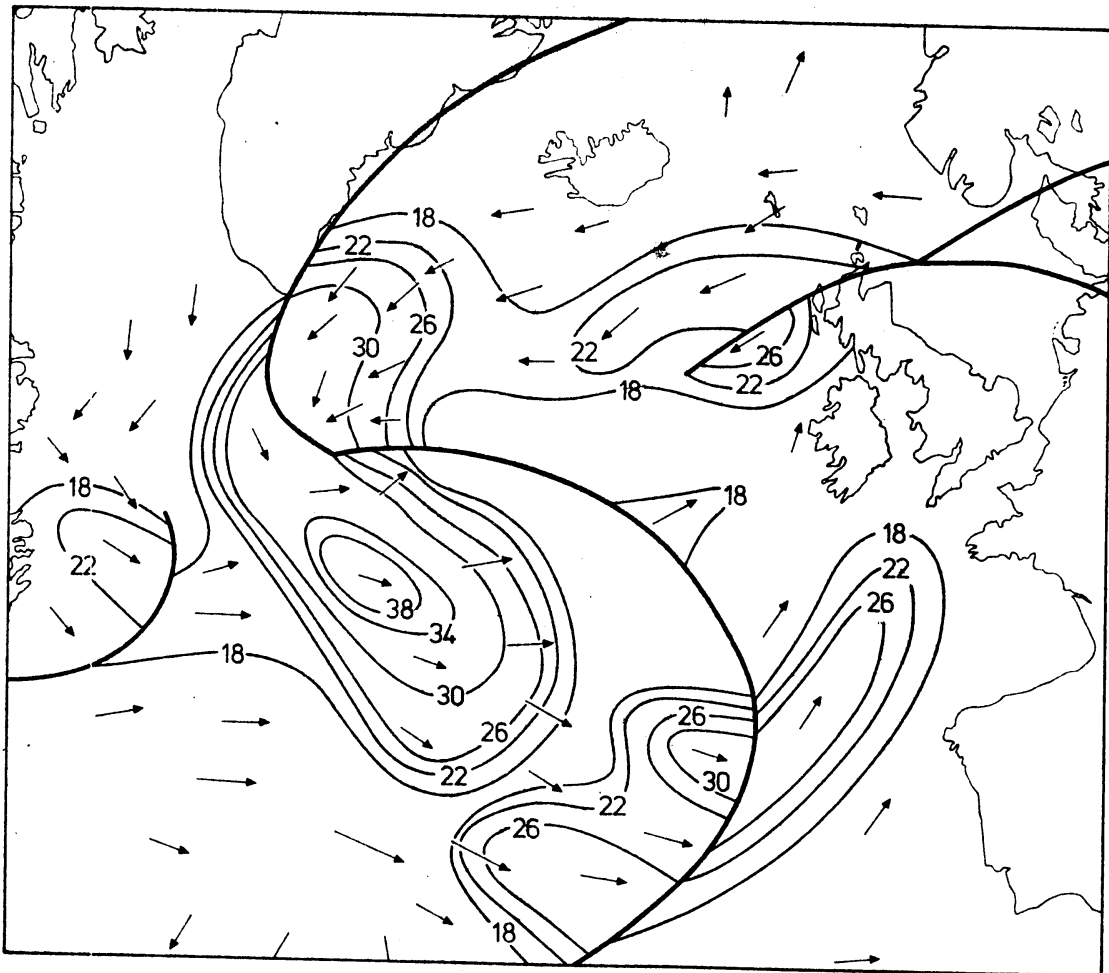
Derhalve leek het ons raadzaam dit probleem a priori empirisch aan te pakken. Resultaten van bovengenoemde berekeningen vindt men in (1.3). Windvelden, die op deze manier berekend zijn, zullen in het tweede hoofdstuk gebruikt worden bij de toepassing van het geautomatiseerde systeem.

1.3. Resultaten.

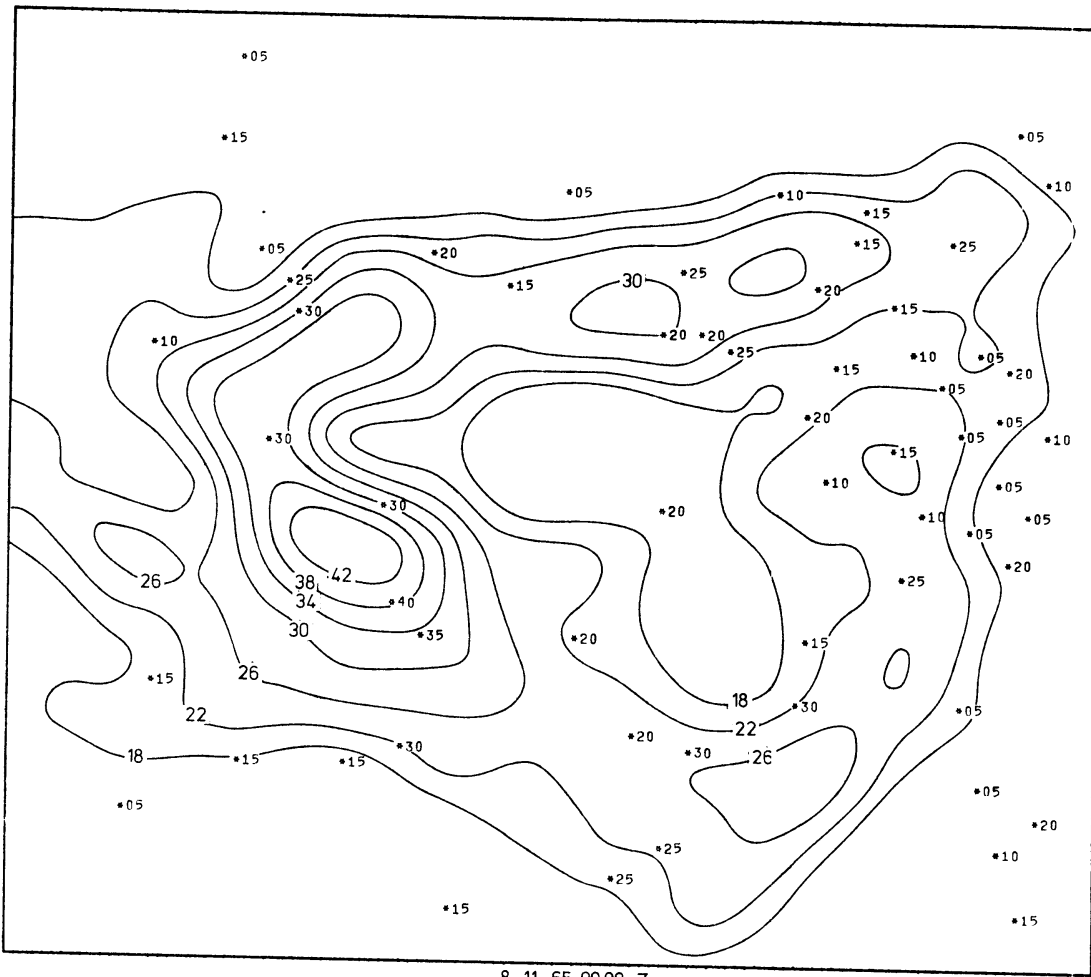
De resultaten zijn zo gerangschikt, dat men op de linkerbladzijde steeds de luchtdrukkaart en de hieruit door bureau Routing afgeleide isotachenkaart vindt. Op de rechterbovenbladzijde staan de met behulp van vgl.n.(3) en (4) berekende resultaten, met daarin vermeld windwaarnemingen, terwijl men de gecorrigeerde resultaten op de rechterbenedenbladzijde vindt. Windsnelheden worden gegeven in knopen. Beneden de 18 knopen worden ze niet vermeld.



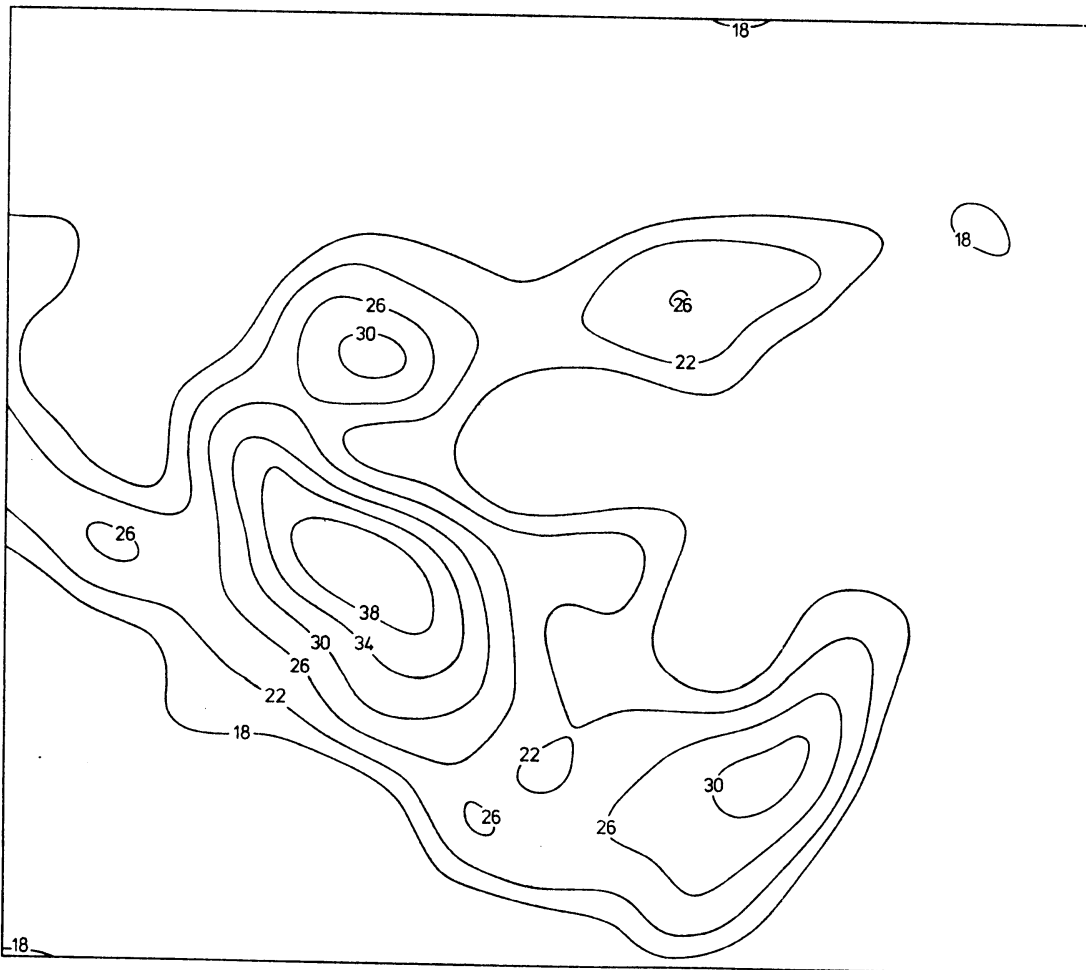
8-11-65 00.00 Z



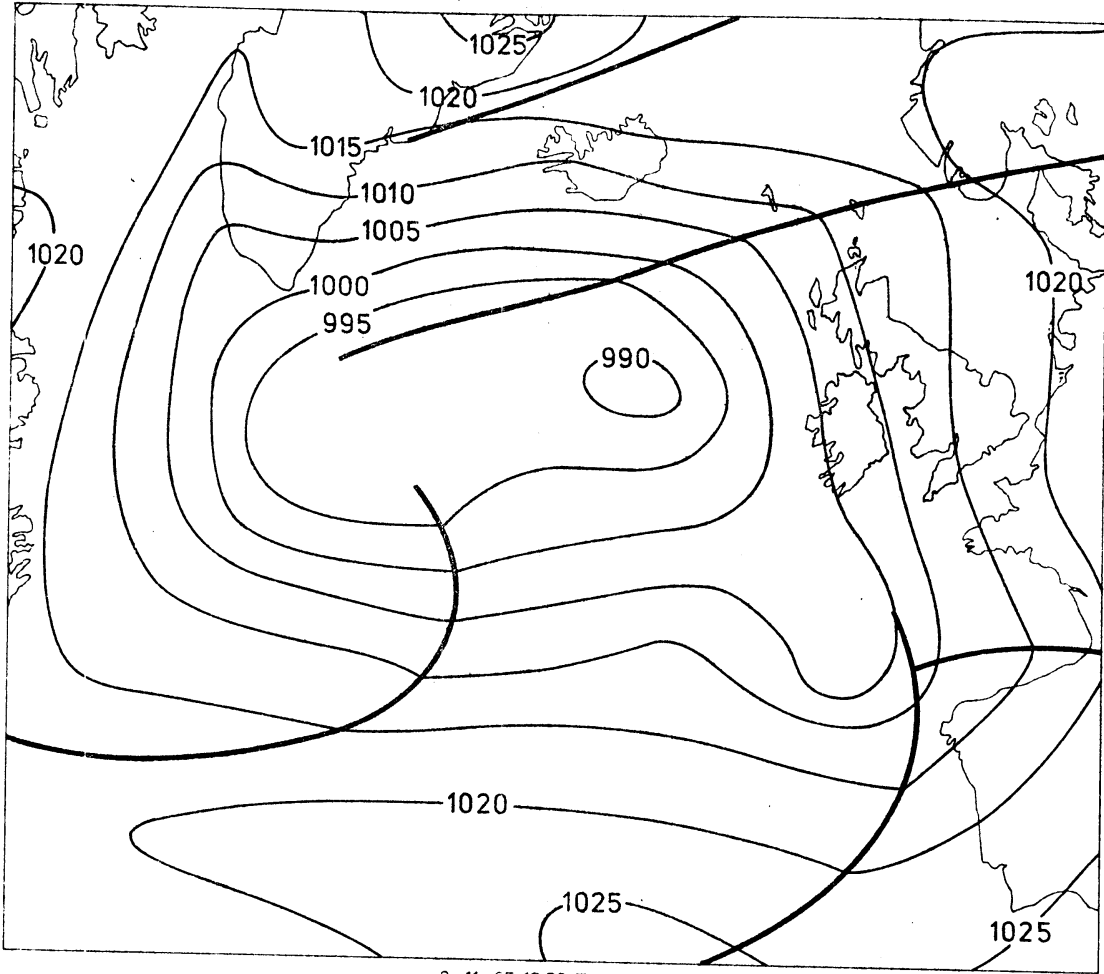
8-11-65 00.00 Z



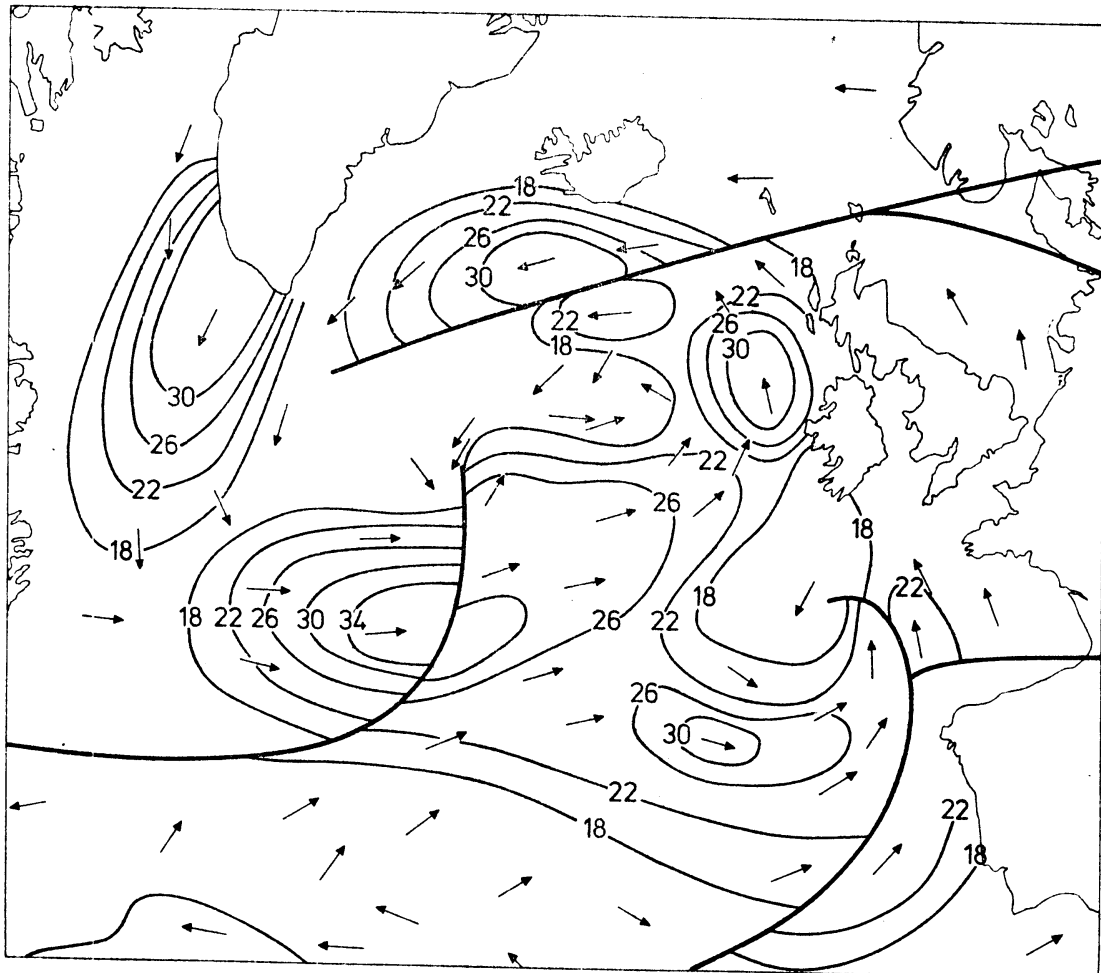
8-11-65 00.00 Z



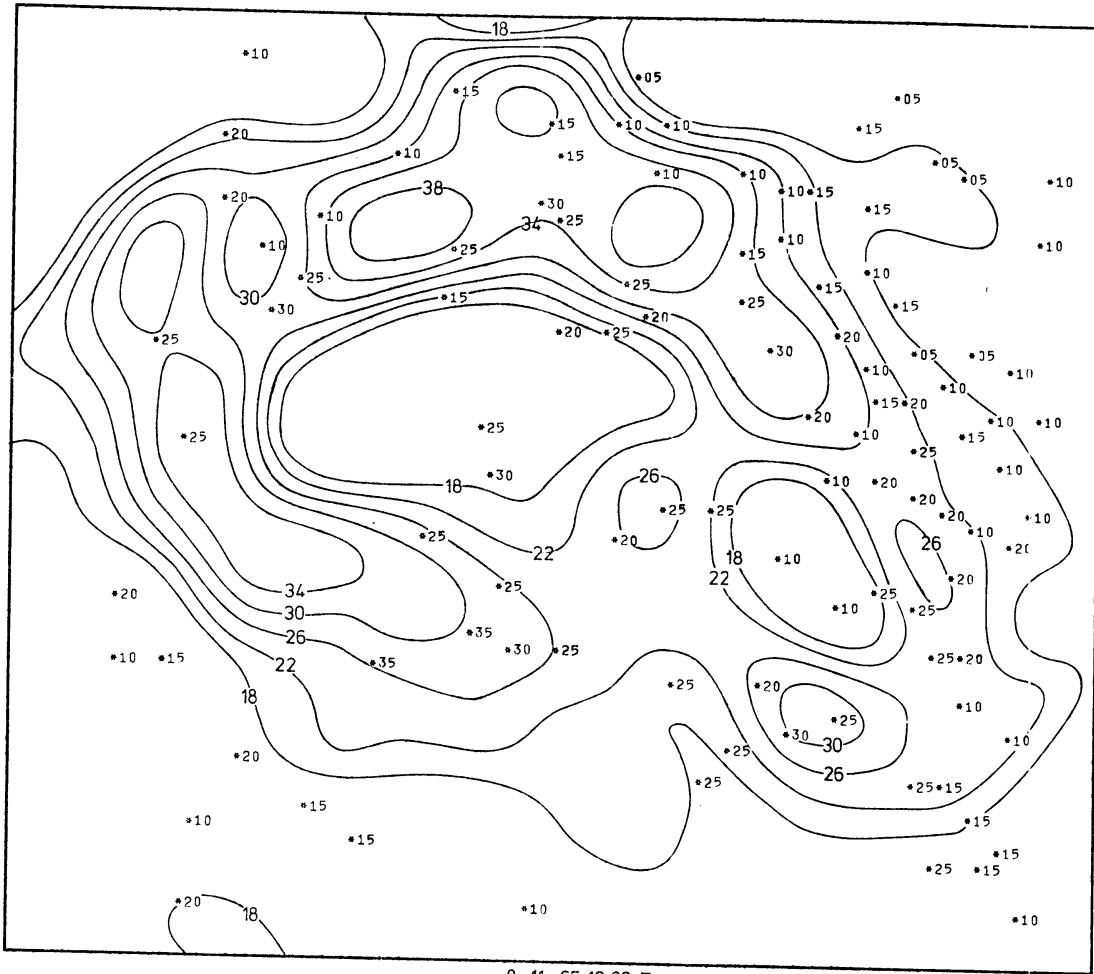
8-11-65 00.00 Z



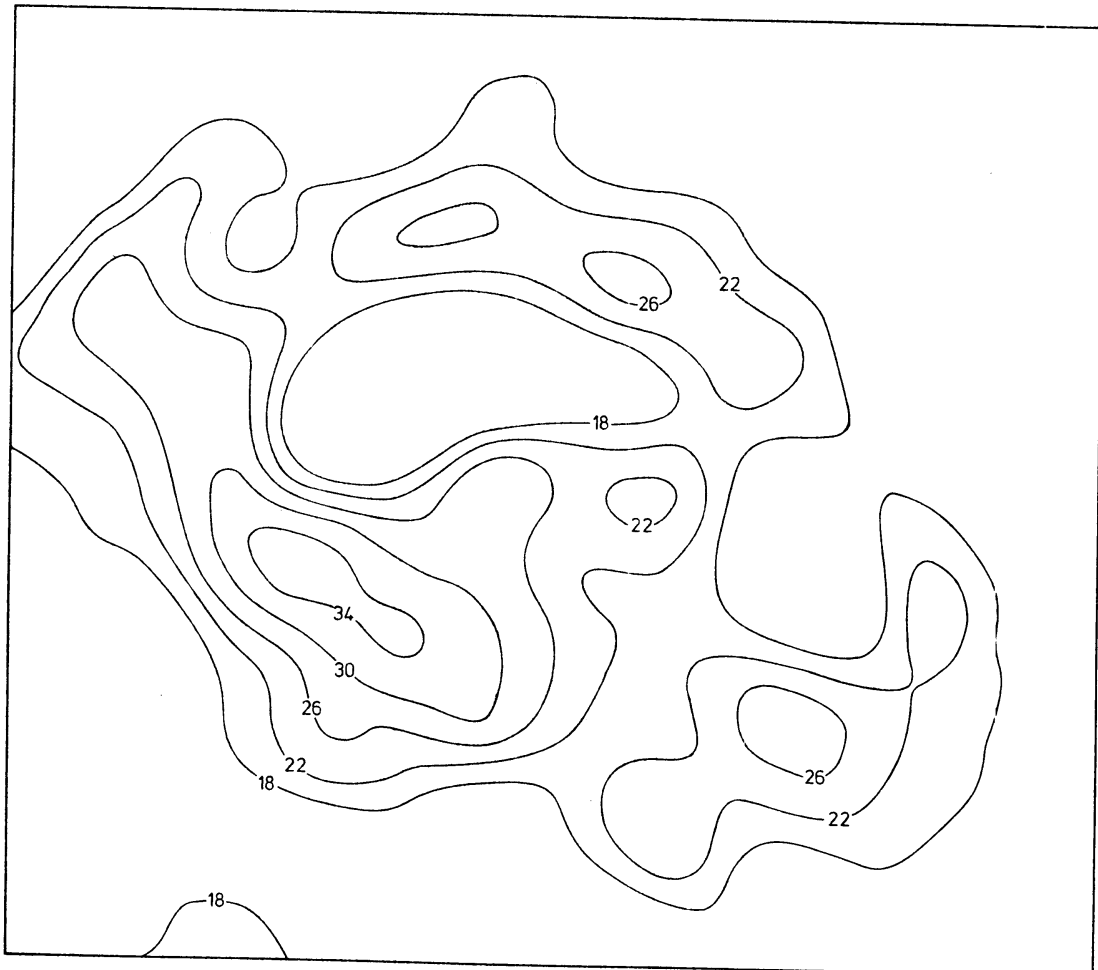
8-11-65 12.00 Z



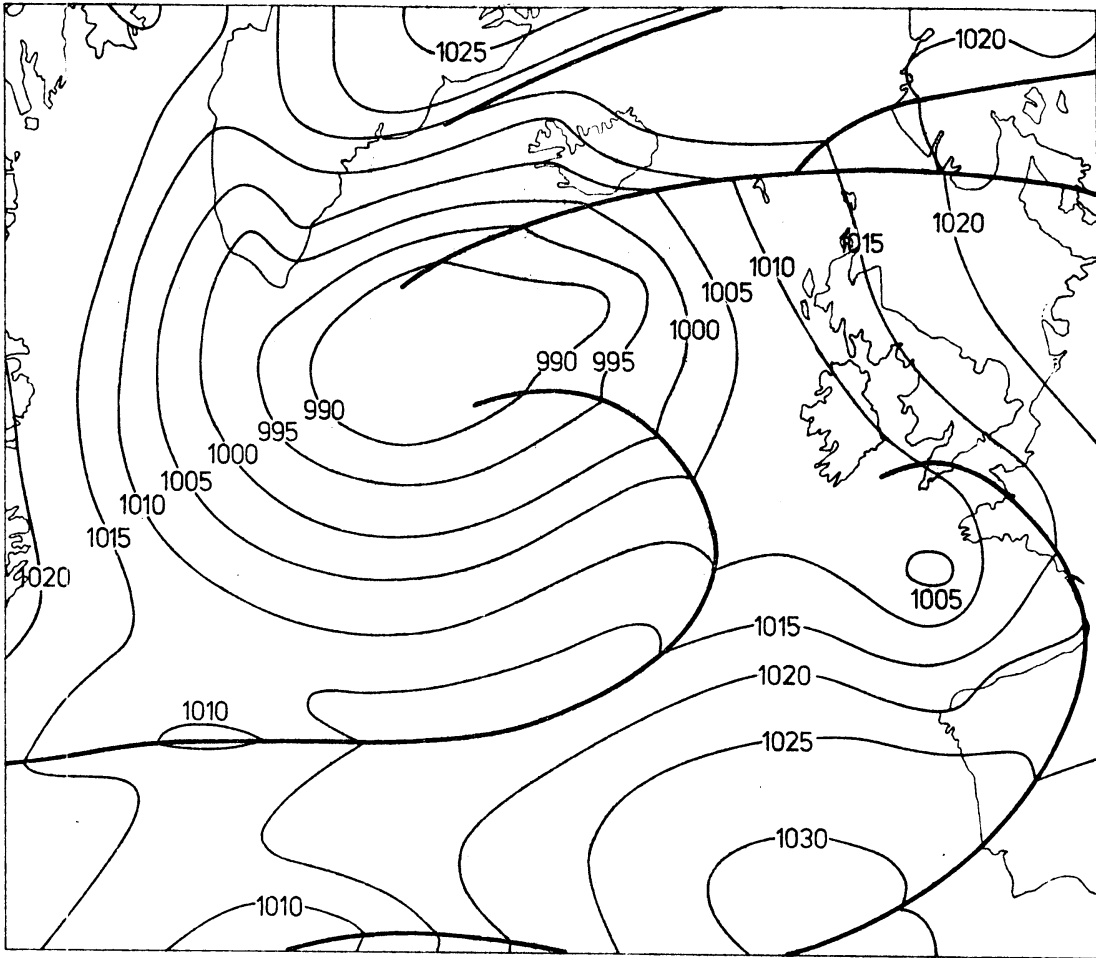
8-11-65 12.00 Z



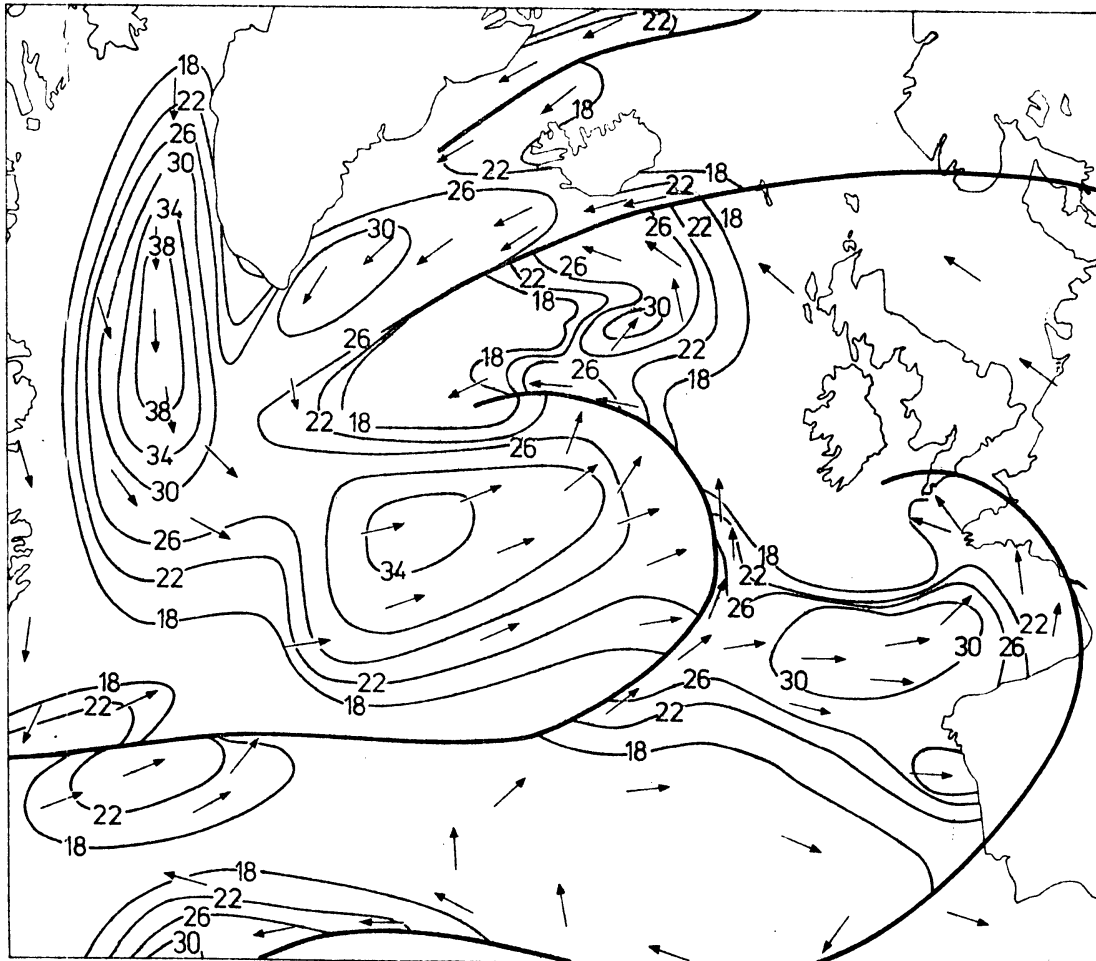
8-11-65 12.00 Z



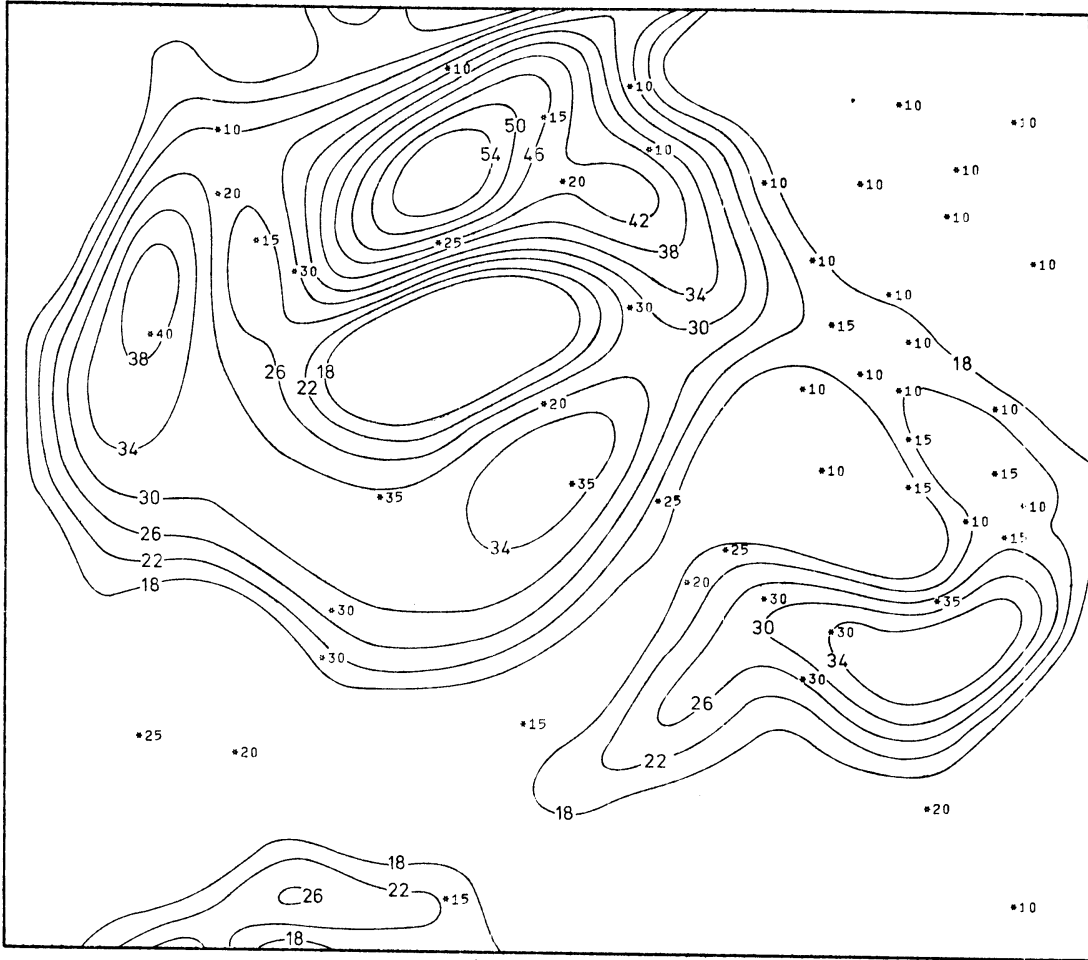
8-11-65 12.00 Z



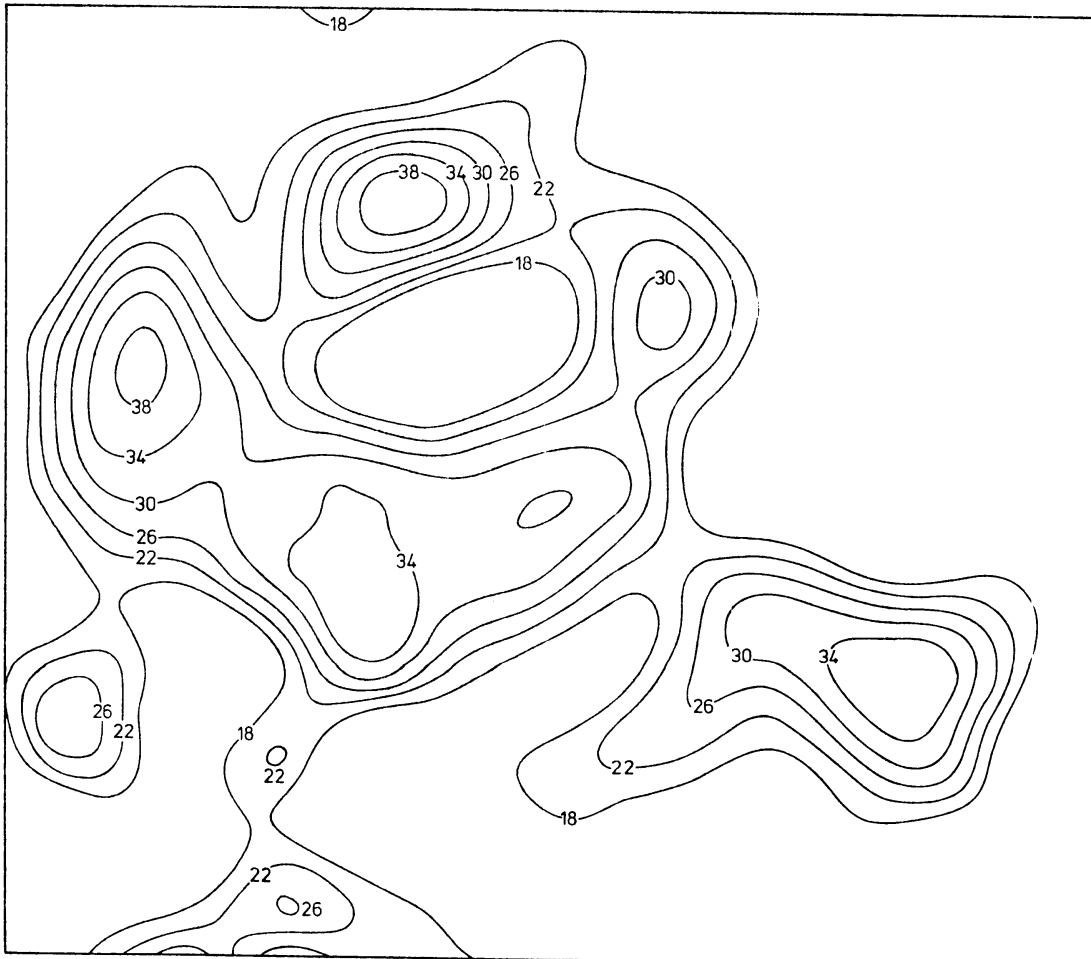
9-11-65 00.00 Z



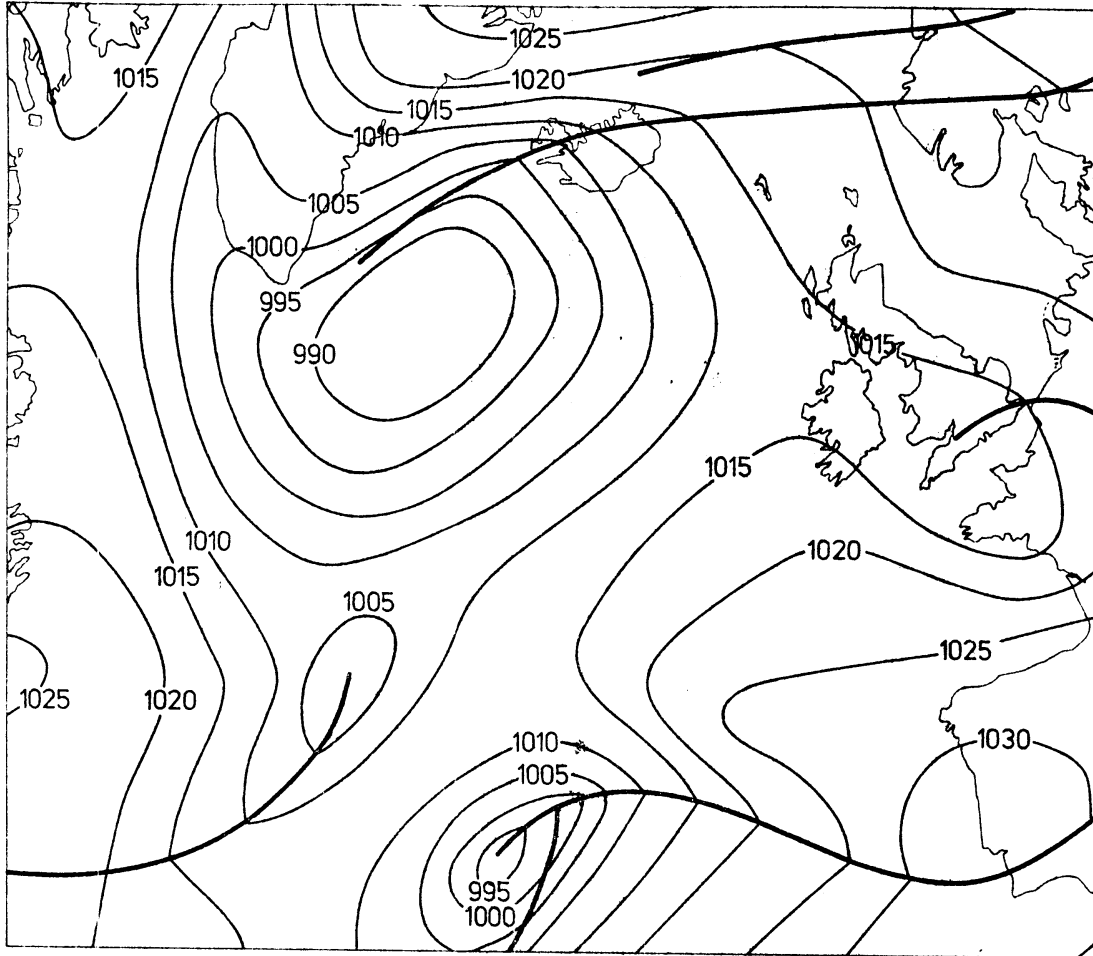
9-11-65 00.00 Z



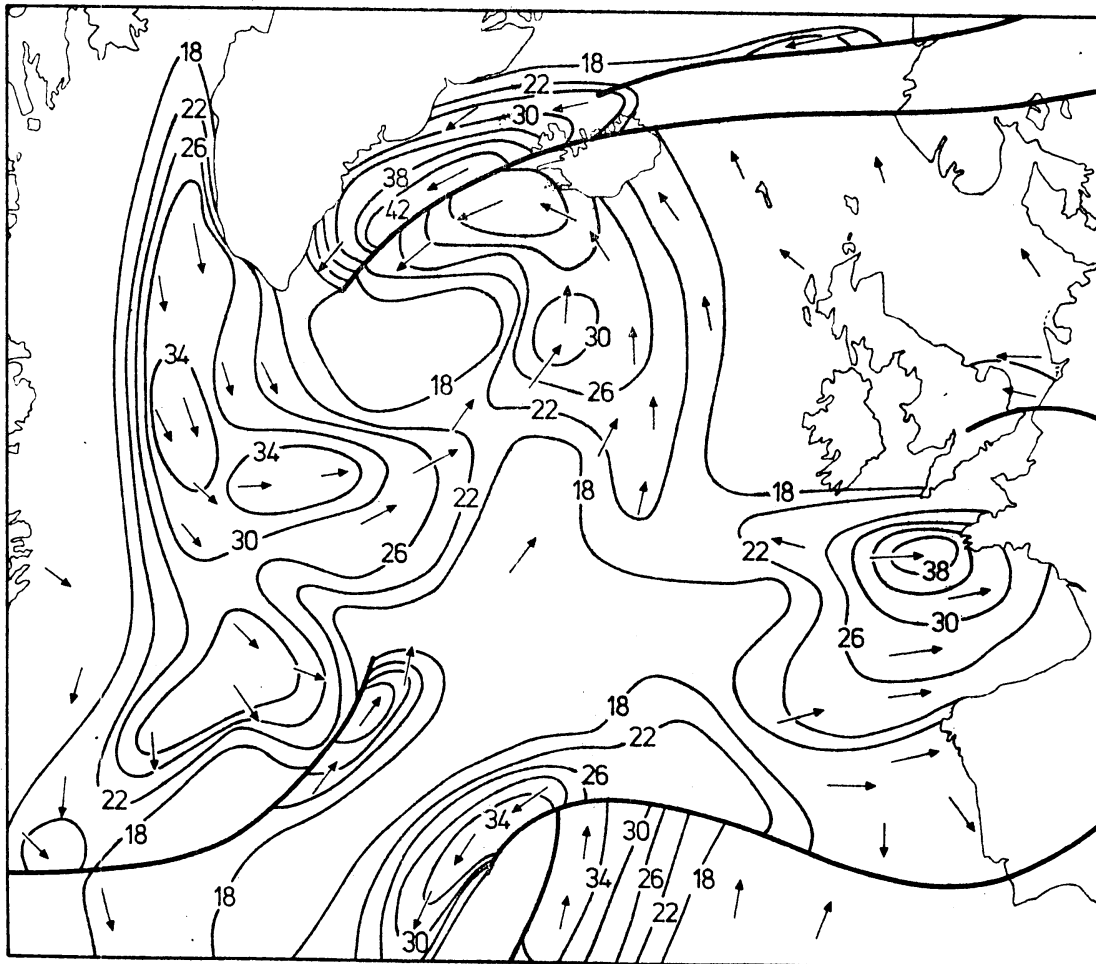
9-11-65 00.00 Z



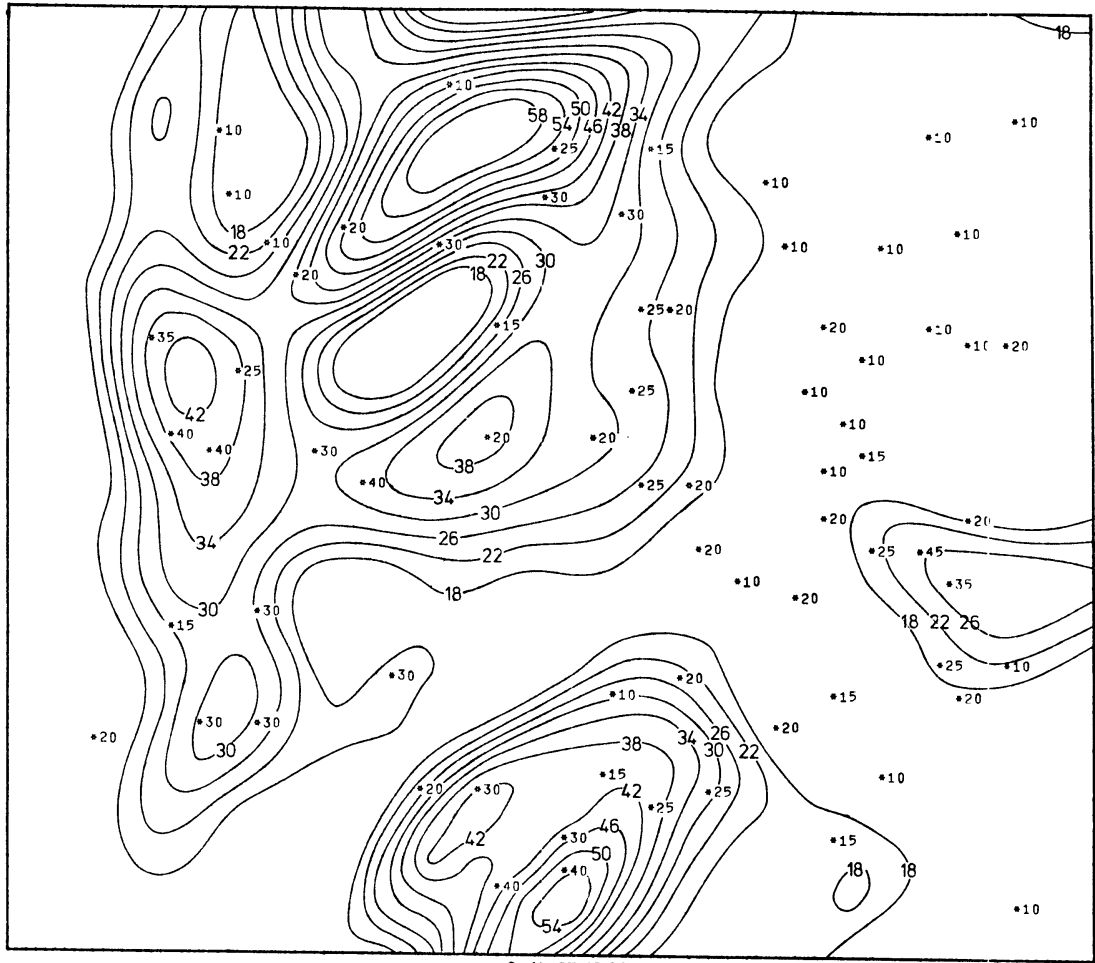
9-11-65 00.00 Z



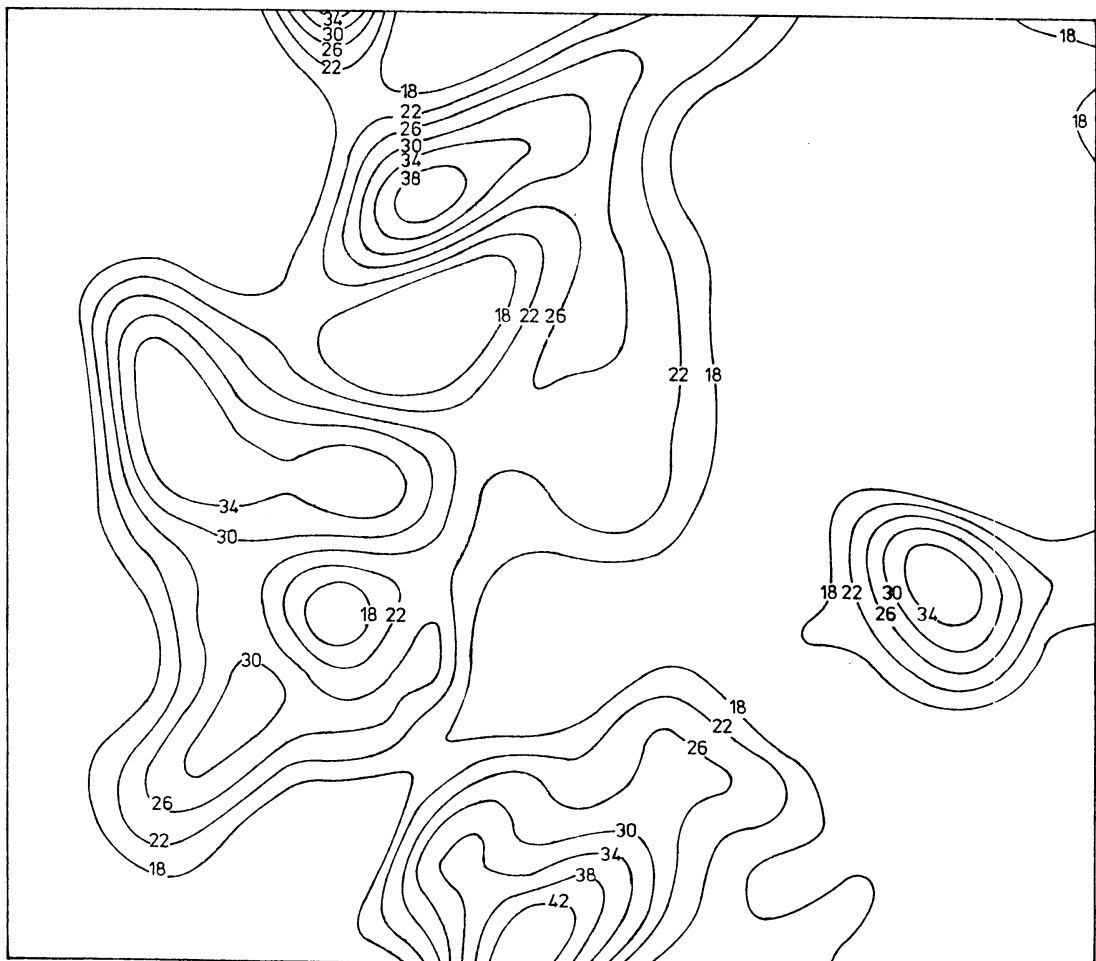
9-11-65 12.00 Z



9-11-65 12.00 Z



9-11-65 12:00 Z



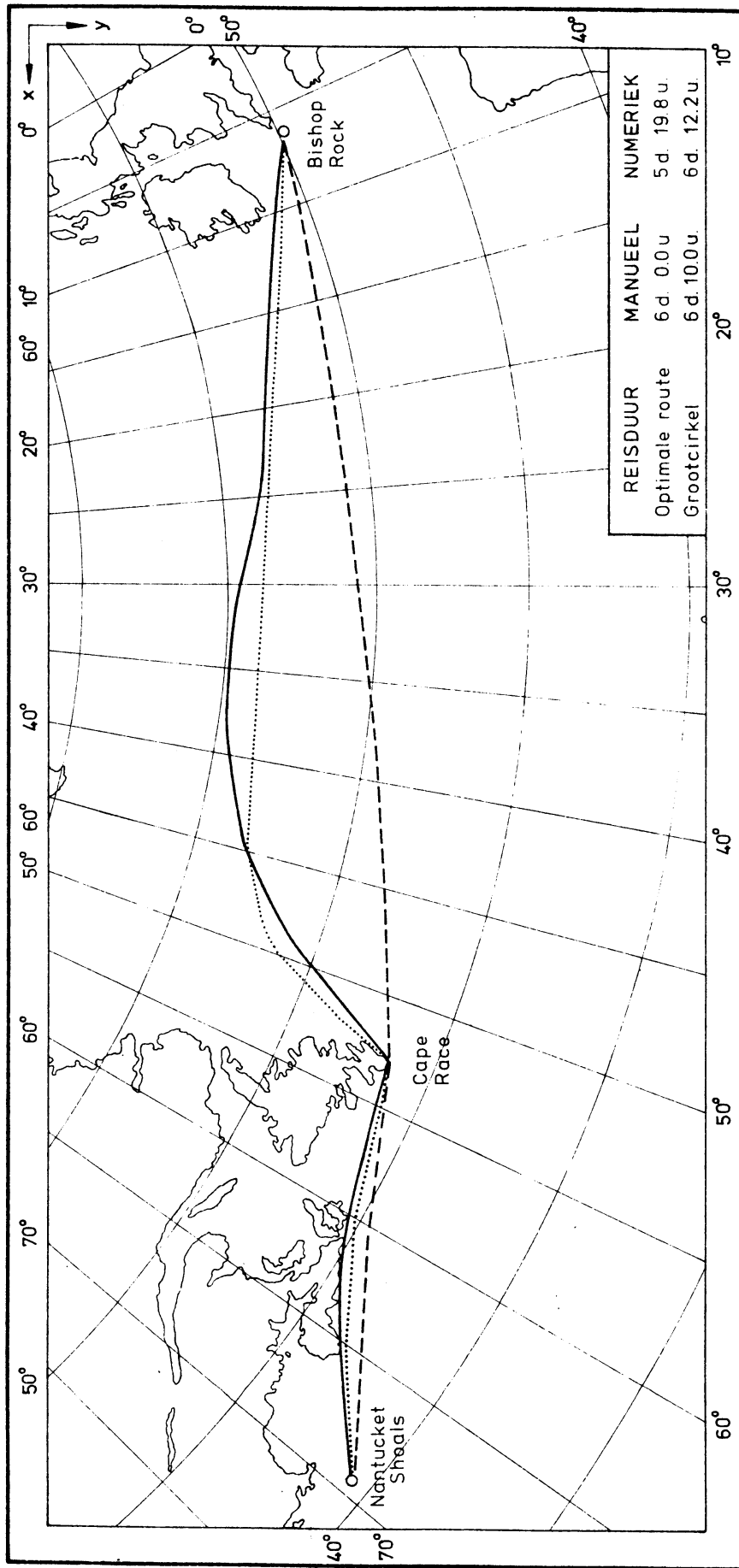
9-11-65 12:00 Z

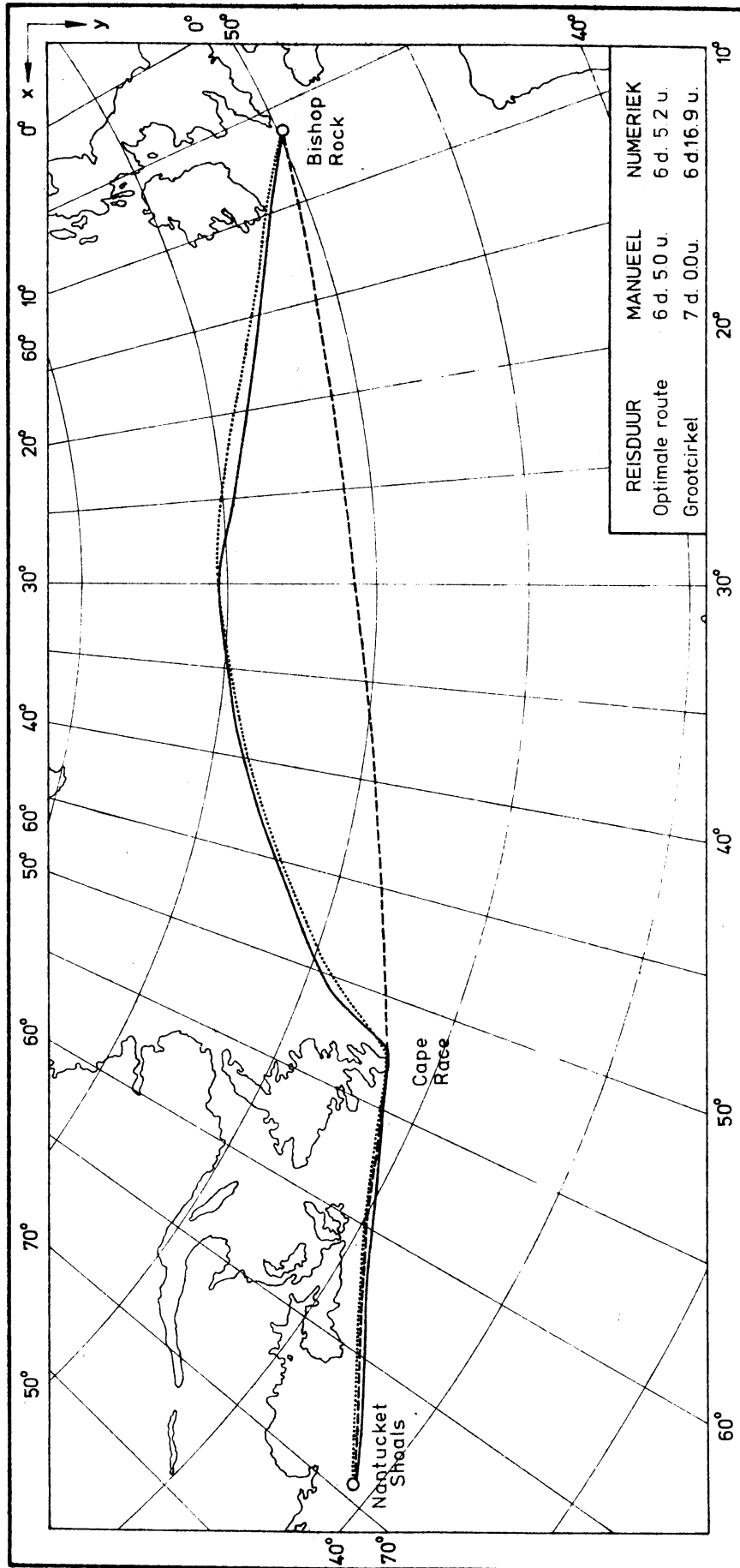
2. Resultaten van het geautomatiseerde systeem.

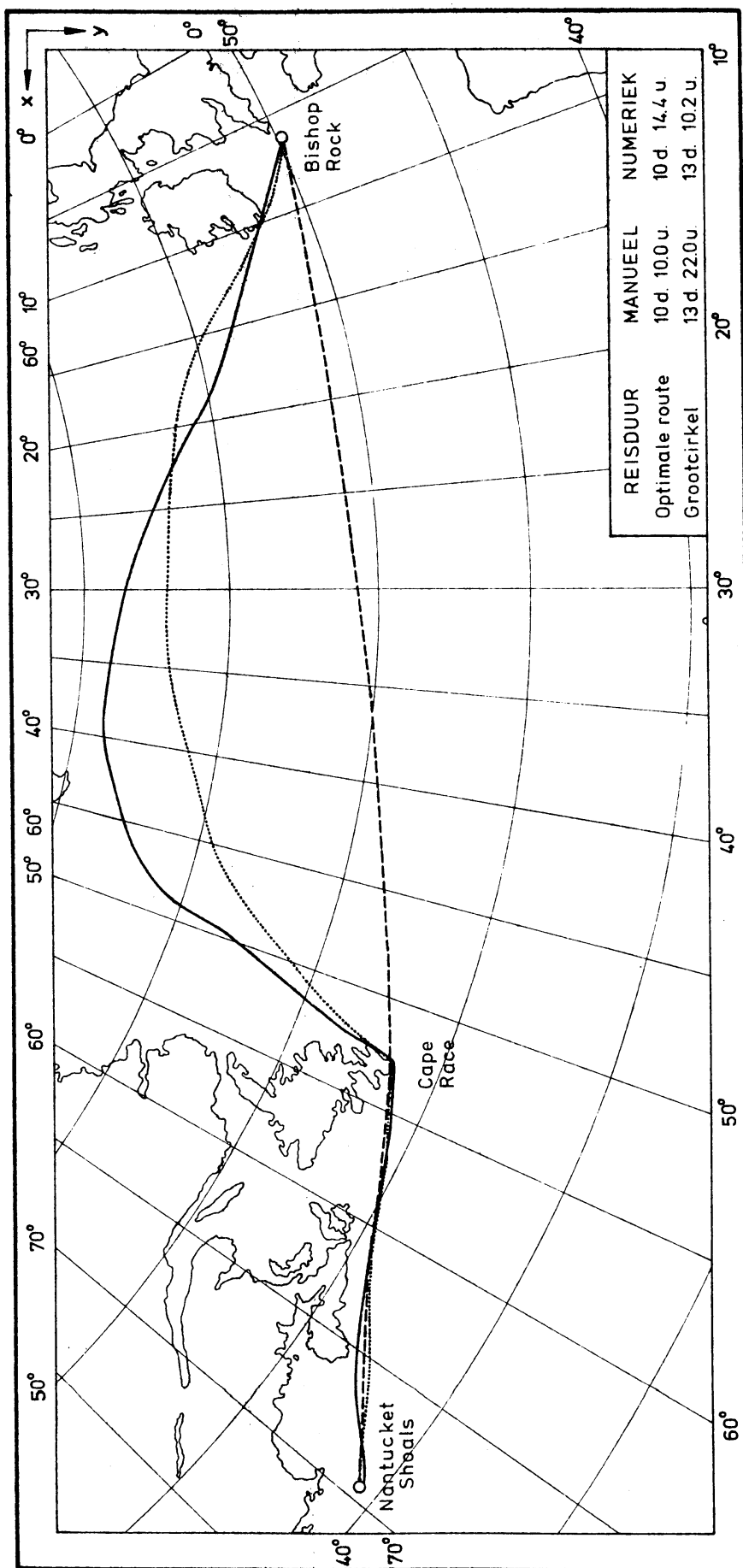
We zullen nu enkele resultaten tonen van het geautomatiseerde systeem, met andere woorden we zullen uitgaande van luchtdrukkaarten, achtereenvolgens isotachen- en golfkaarten en tenslotte optimale vaarroutes berekenen. Het blijkt dat de berekende optimale vaarroutes redelijk overeenstemmen met overeenkomstige op manuele wijze geconstrueerde routes. Het ligt voor de hand dat dit niet hoeft te gelden voor vaartijden langs vaste routes zoals grootcirkel en loxodroom. Een geringe verschuiving in windvelden en de daarmee corresponderende golfvelden kan uiteraard aanzienlijke afwijkingen geven indien er een opeenhoping van fouten langs een dergelijke route optreedt. Dit effect is zeker bij routes met langere vaartijden te merken.

Tenslotte nog het volgende. De bedoeling van deze serie rapporten over het optimaal routeren van schepen was de mogelijkheden te onderzoeken om het berekenen van optimale vaarroutes voor schepen, dat tot nu toe manueel gebeurde, te automatiseren. Als zodanig moet de inhoud van deze rapporten beschouwd worden als een eerste poging tot onderzoek op dit gebied en als uitgangspunt voor verdere studie, indien in de toekomst meer exacte gegevens op de Atlantische Oceaan ter beschikking zijn.

N.B. In de bijgevoegde figuren wordt de optimale route berekend op de numerieke manier aangegeven met _____, de op manuele wijze geconstrueerde met en de grootcirkel met - - - - .







BIJLAGE

H E T A L G O L - P R O G R A M M A

```
begin      comment KNMI-BIJLS-RIEB-FOLG-100973-wind.
berekent windvelden uit luchtdrukwaarden
en past dit windveld aan m.b.v. windwaarnemingen;
integer h,k,i,j,jj,c,cc,d,dd,a,aa,b,c1y,c2y,ctr,tl,num,ldr;
real pi,pi2,pi6,a0,Ab,LT,stap,dpdx,dpdy,pol1,pol2,u,v,f1,f2;
integer array G[1:2,23:46,6:26],P[22:47,5:27],FF,DD[23:46,6:26],
WS[0:200,1:3],tel[23:46,6:26],S[0:113,0:59],ant,dt,t[0:27];
array fact[0:2,1:3];

real procedure ARCTAN(x,y); real x,y;
ARCTAN:=if y>0 ^ x<0 then pi-arctan(abs(x/y)) else
if y<0 ^ x>0 then pi+arctan(abs(x/y)) else
if y>0 ^ x>0 then pi-arctan(x/y) else arctan(abs(x/y));

integer procedure poleer(bb,pol); value bb,pol;
integer bb; real pol;
begin if bb<6 ^ b<6 ^ bb>26 ^ b>26 ^
aa<23 ^ a<23 ^ aa>46 ^ a>46 then
begin poleer:=WS[1,3]; goto L1 end;
c1y:=(G[1,a,bb]-G[1,a,b]) $\times$ pol+G[1,a,b];
c2y:=(G[1,aa,bb]-G[1,aa,b]) $\times$ pol+G[1,aa,b];
poleer:=(c2y-c1y) $\times$ (2-tl+pol1)/(-tl $\times$ 2+5)+c1y;
L1:
end;

num:=HAND(1);
pi:=arctan(1) $\times$ 4; pi2:=pi/2; pi6:=pi/6;
a0:=187500/((1+cos(pi6)) $\times$ 6378178);
Ab:=(1+cos(pi6))/187.5;
f1:=13.75/28; f2:=2.375/8;
for i:=0,i+1 while i<num do
```

```
begin  for k:=27,k-1 while k>4 do
      for h:=22,h+1 while h<48 do
        begin  ldr:=READ;
              if ldr<50 then
                begin  if ldr<0 then ldr:=abs(ldr)+
                      (if ldr>(-50) then 900 else 1000)
                      else ldr:=ldr+1000
                end else ldr:=ldr+900;
                P[h,k]:=ldr
              end;
        outarray(drum,i×600,P)
      end;
end;
for h:=0,h+1 while h<num do
begin  dt[h]:=READ; t[h]:=READ; ant[h]:=READ;
      for i:=0,i+1 while i<ant[h] do
        for j:=1,2,3 do WS[i,j]:=READ;
        ctr:=READ; if ctr≠99 then
          begin  CARRIAGE(5);
                PRINTTEXT(ksamenstelling getalband);
                PRINTTEXT(k windwaarnemingen is onjuist);
                NLCR; NLCR; ABSFIXT(7,0,dt[h]); ABSFIXT(7,0,t[h]);
                goto AF
          end;
        end;
      outarray(drum,h×603+20000,WS)
    end;
  hold(WS);
  jj:=0;
  inarray(drum,jj×603+20000,WS); hold(WS);
  for i:=1,i+1 while i<60 do
    for j:=0,j+1 while j<114 do S[j,i]:=-1;
    for i:=0,i+1 while i<ant[jj] do
      begin  a:=(WS[i,1]-20)×f1;
            b:=(WS[i,2]-20)×f2;
            S[a,b]:=WS[i,3]
      end;
    end;
  wr:
```

```
for i:=0,i+1 while i<60 do  
begin SPACE(4);  
  for j:=0,j+1 while j<114 do  
  begin if i=0 ∨ i=59 ∨ j=0 ∨ j=113 then  
    begin PRSYM(88); goto I2 end;  
    c:=S[j,i]; if c≠-1 then  
    begin if j>110 then  
      begin SPACE(1); goto I2 end;  
      PRSYM(66); PRSYM(c:10);  
      PRSYM(-c:10×10+c); j:=j+2  
    end else SPACE(1);  
  I2:  
  end;  
  if i=59 then  
  begin ABSFIXT(7,0,dt[jj]); SPACE(2);  
    if t[jj]=0 then PRINTTEXT(⟨00.00 z⟩) else PRINTTEXT(⟨12.00 z⟩)  
  end;  
  NLCR  
end;  
inarray(drum,jj×600,P); hold(P);  
for h:=23,h+1 while h<47 do for k:=6,k+1 while k<27 do  
begin LT:=-arctan(sqrt((h-33)2+(k-37)2)×a0)+pi2;  
  stap:=(sin(LT)×2+2)/Ab;  
  dpdx:=(P[h+1,k]-P[h-1,k])/stap;  
  dpdy:=(P[h,k+1]-P[h,k-1])/stap;  
  u:=-150×dpdx-600×dpdy; v:=600×dpdx-150×dpdy;  
  aa:=sqrt(u×u+v×v)×2; DD[h,k]:=ARCTAN(u,v)/pi×180;  
  if aa>58 then aa:=58; G[2,h,k]:=G[1,h,k]:=aa  
end;  
CARRIAGE(3); SPACE(6);  
for k:=2,k+1 while k<26 do ABSFIXT(3,0,k);  
NLCR; NLCR;  
for k:=26,k-1 while k>5 do  
begin ABSFIXT(2,0,28-k); SPACE(2);  
  for h:=23,h+1 while h<47 do ABSFIXT(3,0,G[1,h,k]);  
  NLCR; NLCR  
end;
```

```
NEWPAGE;
for h:=23,h+1 while h<47 do for k:=6,k+1 while k<27 do tel[h,k]:=1;
for i:=0,i+1 while i<ant[jj] do
begin  c:=WS[i,1]:10+21;
       d:=WS[i,2]:10+28;
       pol1:=(-WS[i,1]:10x10+WS[i,1])/10;
       pol2:=(-WS[i,2]:10x10+WS[i,2])/10;
       t1:=0; cc:=c+4;
       for a:=c-2,a+1 while a<cc do
       begin  aa:=-t1x2+a+5; dd:=d-t1-1;
              for b:=d+t1,b-1 while b>dd do
              begin  h:=if b=d+t1 v b=dd then 1 else
                     if b=d+t1-1 v b=d-t1 then 2 else 3;
                     if a<c+1 ^ b>d-1 then
                     begin  if h=1 then
                              fact[t1,h]:=WS[i,3]/poleer(-t1x2+b-1,
                              (pol2+t1)/(t1x2+1)) else
                              if h=2 then
                              fact[t1,h]:=WS[i,3]/poleer(-t1:2+b-t1,
                              (pol2+t1-1)/((t1-1)x2+1)) else
                              fact[t1,h]:=WS[i,3]/poleer(b-1,pol2)
                              end;
                     if fact[t1,h]<0 then goto L3;
                     if h#3 ^ fact[t1,h]>1 then
                     begin  if h=2 ^ G[1,a,b]≤30 then else goto L3 end;
                              G[2,a,b]:=G[1,a,b]xfact[t1,h]xh+G[2,a,b];
                              tel[a,b]:=tel[a,b]+h;
                     L3:
                     end;
                     t1:=t1+(if a<c then 1 else if a>c then -1 else 0)
              end
       end
end;
```

```
for h:=23,h+1 while h<47 do for k:=6,k+1 while k<27 do  
begin FF[h,k]:=G[2,h,k]/tel[h,k]; if FF[h,k]>58 then FF[h,k]:=58 end;  
CARRIAGE(3); SPACE(6);  
for k:=2,k+1 while k<26 do ABSFIXT(3,0,k);  
NLCR; NLCR;  
for k:=26,k-1 while k>5 do  
begin ABSFIXT(2,0,28-k); SPACE(2);  
    for h:=23,h+1 while h<47 do ABSFIXT(3,0,FF[h,k]);  
    NLCR; NLCR  
end;  
NEWPAGE;  
CARRIAGE(3); SPACE(6);  
for k:=2,k+1 while k<26 do ABSFIXT(3,0,k);  
NLCR; NLCR;  
for k:=26,k-1 while k>5 do  
begin ABSFIXT(2,0,28-k); SPACE(2);  
    for h:=23,h+1 while h<47 do FIXT(3,0,G[1,h,k]-FF[h,k]);  
    NLCR; NLCR  
end;  
jj:=jj+1; if jj†num then  
begin NEWPAGE; goto wr end;
```

AF:

end

Literatuur

Bijlsma, S.J. en

B. van Rietschote (1972, I, II, III)

Over het optimaal routeren van schepen.

I. Een literatuuronderzoek
WR 72-1,

II. Een vergelijkend onderzoek
WR 72-2,

III. Een vergelijkend onderzoek (vervolg)
WR 72-11,
KNMI, De Bilt.

Bijlsma, S.J. en G.D.G. Folkers
(1973)

Over het optimaal routeren van schepen.

IV. Het berekenen van golfvelden uit windvelden op de Atlantische Oceaan
WR 73-2,

KNMI, De Bilt.

Bijvoet, H.C. (1957)

A new overlay for the determination of the surface wind over sea from surface weather charts, Med. en Verh.,
KNMI, De Bilt.

Cressman, G.P. en B. Gilchrist
(1954)

An experiment in objective analysis, Tellus 6, pp.309-318.