

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT
De Bilt

Verslagen
V-246

drs. L.C. Heijboer

Experimenten met nieuwe versies van het
BK3-programma

De Bilt, 1972

Experimenten met nieuwe versies van het BK3-programma.

Verslag door drs. L.C.Heijboer^{*)}

1.

Inleiding

1.1

Gebreken in de prognoses van het BK3-model

Aanleiding tot het onderzoek was de klacht van de weerkamer, dat in sommige weersituaties de voorspelde hoogte van het 500 mbar.-vlak of de luchtdruk aan de grond in hogedrukgebieden veel te hoog was. Men kan hiervoor twee mogelijke oorzaken aanwijzen:

- 1) Randbederf, dat optreedt als de straalstroom de rand snijdt van het kaartgebied waarop gerekend wordt. Dit treedt meestal op in de wintermaanden, omdat de straalstroom dan het krachtigst is en zich het verst naar het zuiden uitstrekt. Het feit dat bovengenoemde gebreken zich het meest en het hevigst manifesteren in het winterseizoen, rechtvaardigt het vermoeden dat randbederf een mogelijke oorzaak is. Een oplossing zou zijn het uitbreiden van het kaartgebied. Wegens gebrek aan geheugenruimte en rekensnelheid van de computer is dit tot op heden echter nog niet mogelijk.
- 2) De gebruikte vergelijkingen in het model. Het gebruik van de geostrofische vorticiteitsvergelijking kan in hogedrukgebieden op het 500 mbar.-vlak, aanleiding geven tot te hoge waarden. Hiermee kan echter nog niet de fout in de voorspelde luchtdruk aan de grond worden verklaard. Aan de grond immers zijn de hogedrukgebieden t.o.v. het 500 mbar.-vlak in werkelijkheid iets verschoven. Te hoge drukwaarden aan de grond kunnen verklaard worden als men veronderstelt dat de rel. top. (500-850) onrealistisch t.o.v. het 500 mbar.-vlak verschoven is. Na bestudering van de prognoses van het 500 mbar.-vlak en de rel. top. (500-850) bleek inderdaad, dat in veel gevallen dit effect geconstateerd kon worden.

Door de coëfficiënten van het BK3-model volgens een andere methode opnieuw te bepalen is het gelukt om een versie te creëren, die een realistischer verband geeft tussen het 500 mbar.-vlak en de rel. top. (300-500) en (500-850). Bij dit onderzoek is in eerste instantie gebruik

^{*)} Tevens verslag van het colloquium van woensdag 10 mei 1972.

gemaakt van één geval, nl. 25-3-71-00 G.M.T. In dit geval was de 72-uursprognose totaal onrealistisch.

Afbeeldingen 1, 2 en 3 geven aan, hoe het werkelijke weersverloop was van 25 t/m 28 maart 1971.

1.2 Het verband tussen de relatieve topografieën en het 500 mbar.-vlak

Op afbeelding 4, 5 en 6 krijgt men een indruk van het verband tussen het 500 mbar.-vlak en de rel. top. (500-850). De golven in de rel. top. lopen ongeveer even snel als die in het 500 mbar.-vlak. Vindt er ontwikkeling plaats op het 500 mbar.-vlak (toe- of afnemen van amplitudo's; het ontstaan of verdwijnen van afsnoeringen enz.) dan geven de rel. top. dezelfde ontwikkelingen te zien, in ongeveer hetzelfde tempo.

Verder zijn de systemen in de rel. top. enigszins verschoven t.o.v. het 500 mbar.-vlak, waarbij de faseverschuiving als functie van de tijd, ongeveer constant blijft. Deze karakteristieken zijn duidelijk waar te nemen in de afbeeldingen 4, 5 en 6.

Een bijzondere voorstelling van de atmosfeer, die aan bovenstaande karakteristieken voldoet is een zgn. barokliene referentie atmosfeer. (Verder in dit verslag aangeduid door b.r.a.).

2. De barokliene referentie atmosfeer

2.1 Definitie, divergentie en ω -profiel

De atmosfeer wordt een b.r.a. genoemd als voldaan wordt aan de vier volgende voorwaarden:

1) De hoogte z van een bepaald drukvlak kan worden voorgesteld als:
$$z(x,y,500,t) = A(p) \cdot z(x,y,500,t) + B(p) \tag{1}$$
waarin A en B functies zijn die van de druk p afhangen en $z(x,y,500,t)$ de hoogte van het 500 mbar.-vlak is.

2)
$$\omega = \frac{dp}{dt} = 0 \text{ voor } p=0 \text{ en } p=p_g \tag{2}$$
waarin p_g de luchtdruk is van een drukniveau dicht bij het aardoppervlak.

3) De geostrofische vorticitetsvergelijking geldt:
$$\nabla^2 \psi_g + J(\psi_g, \nabla^2 \psi_g + f) + f_c D = 0 \text{ met } \psi_g = \frac{gz}{f_0}, \tag{3}$$
waarin f_0 een vaste waarde van de Coriolisparameter, g de versnelling van de zwaartekracht,

ψ_g de geostrofische stroomfunctie,

D de horizontale divergentie van de wind is

$$\text{en } \nabla^2 \psi_g = \frac{\delta}{\delta x^2} + \frac{\delta}{\delta y^2} \frac{\delta \psi_g}{\delta t} \quad \text{en } J(a,b) = \frac{\delta a}{\delta x} \cdot \frac{\delta b}{\delta y} - \frac{\delta a}{\delta y} \cdot \frac{\delta b}{\delta x}$$

4) De continuïteitsvergelijking geldt: $D + \frac{\delta \omega}{\delta p} = 0$ (4)

Uit (1) volgt dat voor deze b.r.a. de isolijnen van o.a. de rel. top. $z_{300} - z_{500}$ en $z_{500} - z_{850}$ steeds evenwijdig lopen aan die van het 500 mbar.-vlak, zodat voldaan wordt aan het verband dat in 1.2 beschreven is.

Een interessant aspect is verder, dat er in deze atmosferische voorstelling, horizontale divergenties en verticale bewegingen bestaan. Substitueert men nl. (1) in (3) en integreert men (3) over de hele atmosfeer van $p = 0$ tot $p = p_s$ dan krijgt men na gebruikmaking van (2) en (4) en enig rekenwerk:

$$D = - \frac{1}{f_0} (A.K - A^2) \cdot \text{RVA} \quad (5)$$

waarin $K = \frac{\int_0^{p_s} A^2 dp}{\int_0^{p_s} A dp}$

$\text{RVA} = - J(\psi_g(x,y,500,t), \nabla^2 \psi_g(x,y,500,t))$ d.i. de relatieve vorticitateitsadvectie in het 500 mbar.-vlak.

Uit (4) en (5) volgt dan: $\omega = - \int_0^p D dp = + \frac{1}{f_0} \int_0^p (A.K - A^2) dp \cdot \text{RVA}$ (6)

Kent men A als functie van p dan ligt ook het divergentie-en ω -profiel vast.

2.2 Numerieke waarden voor 25-3-71-00 G.M.T.

Voor 25-3-71-00 G.M.T. zijn de functie A(p) en B(p) experimenteel bepaald, door de hoogten van de verschillende standaarddrukkniveaus te correleren met de hoogten van het 500 mbar.-vlak.

Afbeelding 7 en 8 geven resp. de functies A(p) en B(p) weer, terwijl de divergentie-en ω -profielen worden weergegeven in afbeelding 9. Deze zien er erg realistisch uit. Het niveau in de troposfeer waar de divergentie = 0 en ω maximaal is, ligt dichtbij het 500 mbar.-vlak. Hieruit volgt dat het gedrag van het stromingspatroon op het 500 mbar.-vlak in hoge mate barotroop is. Als de grootte van de RVA bekend is,

kunnen D en ω berekend worden m.b.v. (5) en (6).

Voor 25-3-71-00 G.M.T. lag 95% van de RVA-waarden tussen $-3,42_{10}^{-9}$ en $3,42_{10}^{-9} \text{ s}^{-2}$. Hieruit volgt dat:

$$\begin{aligned} -239 \text{ mbar./} 24 \text{ uur} &\leq \omega_{500} \leq 239 \text{ mbar./} 24 \text{ uur.} \\ -1,69_{10}^{-5} \text{ s}^{-1} &\leq D_{\text{tropopauze}} \leq 1,68_{10}^{-5} \text{ s}^{-1} \\ -7,40_{10}^{-6} \text{ s}^{-1} &\leq D_{810 \text{ mbar.}} \leq 7,40_{10}^{-6} \text{ s}^{-1} \\ -4,73_{10}^{-6} \text{ s}^{-1} &\leq D_{1000 \text{ mbar.}} \leq 4,73_{10}^{-6} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

Deze getalwaarden zijn realistisch.

2.3 De barokliene referentie atmosfeer als benadering van de werkelijkheid

De b.r.a. is een goede eerste orde benadering van de werkelijkheid. Hiervoor kunnen de volgende argumenten worden aangevoerd:

- 1) Realistisch geostrofisch windprofiel, weergegeven door de functie $A(p)$.
- 2) Realistische divergentie- en ω -profielen.
- 3) Realistische numerieke waarden van D en ω .
- 4) Het 500 mbar.-vlak is barotroop.
- 5) De "verticale snelheid" ω is evenredig met de RVA op het 500 mbar.-vlak.

Bij het bepalen van de coëfficiënten van de nieuwe BK3-versies heeft de b.r.a. als leidraad gediend.

3. Bepaling van de coëfficiënten in de nieuwe BK3-versies m.b.v. de b.r.a.

3.1 Uitgangsprincipe

Het BK3-model maakt gebruik van de hoogten van de drukkivau's 300, 500 en 850 mbar. Stel dat de uitgangstoestand op $t = 0$ volgens de b.r.a. gegeven wordt, dan geldt volgens (1):

$$z(x,y,300,0) = A(300).z(x,y,500,0) + B(300) \quad (7)$$

$$\text{en } z(x,y,850,0) = A(850).z(x,y,500,0) + B(850). \quad (8)$$

Daar de b.r.a. een goede eerste orde benadering is van de werkelijkheid, is het niet onredelijk te eisen, dat in dit geval de BK3-vergelijkingen de atmosfeer volgens de b.r.a. blijven beschrijven, d.w.z. voor elk tijdstip t moet dan gelden:

$$z(x,y,300,t) = A(300).z(x,y,500,t) + B(850) \quad (9)$$

$$z(x,y,850,t) = A(850).z(x,y,850,t) + B(850) \quad (10)$$

Bovendien moet het 500 mbar.-vlak barotroop zijn. Er moet dus gelden:

$$\nabla^2 \psi_g(x,y,500,t) = -J(\psi_g(x,y,500,t), \nabla^2 \psi_g(x,y,500,t) + f) \quad (11)$$

Uit (9) en (10) volgt, dat de isolijnen van de rel. top. 300-500 en 500-850 steeds evenwijdig moeten lopen aan die van het 500 mbar.-vlak.

3.2 Het oude BK3-model voldoet niet aan het uitgangsprincipe van 3.1.

Voor een eenvoudige voorstelling van de b.r.a. (nl. in het geval dat het 500 mbar.-vlak een sinusgolf is), kan men aantonen, dat in het oude BK3-model op het tijdstip $t = 0$ de voortplantingssnelheden van de rel. top. en het 500 mbar.-vlak verschillend zijn.

We beschouwen:

$$\psi_{g500} = -U.y + B.\cos(\mu_y.y).\sin(\mu_x.x) + E \quad (12)$$

waarin U de "grondstroming", B de amplitudo en E een constante is.

Bovendien:

$\mu_y = \frac{2\pi}{L_y}$ en $\mu_x = \frac{2\pi}{L_x}$, met L_y en L_x de golflengten in resp. de y - en x -richting, waarbij de x -as van west naar oost en de y -as van zuid naar noord loopt.

Kent men nu de grootheden $\frac{L_x}{L_y}$ en $\frac{B}{U}$ dan kan de verhouding van de voortplantingssnelheid c in de x -richting en de grondstroming U , als functie van L_x berekend worden.

De gemiddelde waarde van $\frac{L_x}{L_y}$ is voor 25-3-71-00 G.M.T. bepaald uit de grootte van de RVA-gebieden. Deze blijken ellipsvormig te zijn, waarbij L_x langs de korte as en L_y langs de lange as genomen is.

Door in het centrum van alle RVA-gebieden de waarde van $\frac{B}{U}$ te bepalen is daarna door middeling de gemiddelde waarde van $\frac{B}{U}$ vastgesteld.

De zo gevonden waarden bedragen: $\frac{L_x}{L_y} = 0,51$ en $\frac{B}{U} = 0,05 \cdot 10^{-11} \text{ m}^{-2}$.

In afbeelding 10 worden de relatieve voortplantingssnelheden van de rel. top. 300-500, 500-850 en het 500 mbar.-vlak t.o.v. U als functie van de golflengte L_x gegeven. Men ziet dat de krommen verschillend zijn. Er is dus niet voldaan aan de eis dat de systemen in de rel. top. en het 500 mbar.-vlak even snel moeten lopen.

3.3 Coëfficiënten van de nieuwe BK3-versies

De voortplantingssnelheden van de rel. top. en het 500 mbar.-vlak hangen af van de gebruikte coëfficiënten in de BK3-vergelijkingen. Deze coëfficiënten worden bepaald door de volgende factoren:

- 1) Het verloop van de wind als functie van de druk p .
- 2) Het verloop van de horizontale divergentie D als functie van p .
- 3) De keuze van de niveau's, waarop gerekend wordt.
- 4) De keuze van het onderste niveau in de atmosfeer, waar $\omega = 0$.
- 5) De grootte van de statische stabiliteit σ .

Door één of meer van deze factoren te wijzigen, kunnen nieuwe coëfficiënten voor de BK3-vergelijkingen worden uitgerekend. De wijzigingen, die hier zijn aangebracht zijn zodanig van aard, dat volgens het uitgangsprincipe in 3.1, de BK3-vergelijkingen de atmosfeer aan de hand van (9) en (10), vanuit de uitgangstoestand[‡], blijven beschrijven.

Er volgt nu een kort overzicht van deze wijzigingen, zoals ze zijn aangebracht in de vijf bovenstaande factoren:

- 1) De geostrofische vorticitetsvergelijking wordt toegepast op de niveau's 300, 500 en 850 mbar. Het blijkt dat we dan geen uitspraak behoeven te doen, over het verloop van de geostrofische wind, als functie van de druk.
- 2) De profilering van de horizontale divergentie D wordt zodanig gewijzigd, dat in het geval van de b.r.a., D van het BK3-model, exact gelijk wordt aan D van de b.r.a. volgens (5).
- 3) De niveau's waarop gerekend wordt blijven hetzelfde als in het oude BK3-model nl. 300, 500 en 850 mbar.
- 4) Het niveau waar $\omega = 0$, wordt 1000 mbar. i.p.v. 850 mbar. in het oude BK3-model.
- 5) In het oude BK3-model was σ een functie van p . De waarde hiervan was vooral boven het 500 mbar.-vlak veel te groot.

In het nieuwe BK3-model wordt σ vastgelegd m.b.v. de b.r.a. door te veronderstellen dat de formules (7), (8), (9), (10) en (11) geldig zijn en het 500 mbar.-vlak sinusgolvormig is volgens (12).

Deze formules worden in de geïntegreerde thermodynamische vergelijkingen gesubstitueerd, waarbij men dan de volgende relaties krijgt:

Voor de laag 300-500 mbar, waar $\sigma = \sigma_1$:

[‡] Zie (7) en (8).

$$\frac{\sigma_1}{f_o^2} = \frac{\left\{ A_{(300)}^{-1} \right\} \cdot 4 \cdot \left[1 - \frac{\beta}{U} \cdot \frac{L_x^2}{4\pi^2 \left\{ 1 + \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right\}} \right] \cdot L_x^2}{4\pi^2 \cdot \left\{ 1 + \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right\} \cdot K^2 \cdot (b_o^1 \cdot \beta^{\#} + b_1^1 \cdot \gamma^{\#})} \quad (13)$$

en voor de laag 500-850 mbar., waar $\sigma = \sigma_o$:

$$\frac{\sigma_o}{f_o^2} = \frac{\left\{ 1 - A_{(850)} \right\} \cdot 4 \cdot \left[1 - \frac{\beta}{U} \cdot \frac{L_x^2}{4\pi^2 \left\{ 1 + \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right\}} \right] \cdot L_x^2}{4\pi^2 \cdot \left\{ 1 + \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right\} \cdot K^2 \cdot (a_o^1 \cdot \beta^{\#} + a_1^1 \cdot \gamma^{\#})} \quad (14)$$

waarin $K = \frac{1000 \int A^2 dp}{1000 \int A dp}$ en b_o^1 , b_1^1 , a_o^1 , a_1^1 , $\beta^{\#}$ en $\gamma^{\#}$ constanten zijn

die van $A(p)$ afhangen.

Neemt men voor $A(p)$, $\frac{\beta}{U}$ en $\frac{L_x}{L_y}$ de waarden van 25-3-71-00 G.M.T., dan

hangen $\frac{\sigma_1}{f_o^2}$ en $\frac{\sigma_o}{f_o^2}$ alleen af van de golflengte L_x .

In afbeelding 11 wordt die afhankelijkheid weergegeven. De coëfficiënten van het BK3-model zijn omgekeerd evenredig met $\frac{\sigma_1}{f_o^2}$ en $\frac{\sigma_o}{f_o^2}$ en bestaan verder uit termen, die alleen van $A(p)$ afhangen. Substitueert men in de coëfficiënten de waarden van $\frac{\sigma_1}{f_o^2}$ en $\frac{\sigma_o}{f_o^2}$ volgens (13) en (14) dan hangen deze alleen van L_x af daar $A(p)$, $\frac{\beta}{U}$ en $\frac{L_x}{L_y}$ bekend zijn.

Voor elke golflengte L_x kunnen de coëfficiënten dus uitgerekend worden. Dit is gedaan voor de golflengten 1600, 1650, 1800, 2000 en 3200 km. De bijbehorende BK3-versies hebben de codenamen BK3-1600, BK3-1650, BK3-1800, BK3-2000 en BK3-3200 gekregen.

De uitgangstoestand volgens de b.r.g., op $t=0$, met een sinusgolvormig 500 mbar.-vlak kan men nu weer substitueren in de BK3-vergelijkingen en de relatieve voortplantingssnelheden van de rel. top. 300-500 en 500-850 en het 500 mbar.-vlak t.o.v. U uitgerekend. Afbeelding 12 geeft

dat weer voor BK3-3200. Als men deze snelheden vergelijkt met die van het oude BK3-model (afb. 10), ziet men dat deze nu veel beter overeenkomen. Dit geldt ook voor de andere BK3-versies.

Als L_x de golflengte is waarvoor de coëfficiënten zijn uitgerekend, dan heeft de nieuwe BK3-versie met die coëfficiënten de volgende eigenschap:

Neemt men als uitgangstoestand de b.r.a., met een sinusgolfvormig 500 mbar.-vlak, dan wordt een sinusgolf met golflengte L_x , gedurende de gehele prognosetijd volgens de b.r.a. beschreven. Neemt men echter voor deze BK3-versie als uitgangstoestand de b.r.a. met een sinusgolf die een golflengte $\neq L_x$ heeft, dan wordt die golf gedurende de prognosetijd niet volgens de b.r.a. beschreven.

Toch is er nu vooruitgang geboekt, want uit afbeelding 10 blijkt, dat in het oude BK3-model voor geen enkele golflengte de rel. top. en het 500 mbar.-vlak even snel lopen.

3.4 Correctie in de thermodynamische vergelijkingen

Door in de geïntegreerde thermodynamische vergelijkingen een correctie toe te passen blijkt het mogelijk om nog een verdere verbetering aan te brengen. Deze correctie werkt zodanig, dat bij de b.r.a. met een willekeurig 500 mbar.-vlak als uitgangstoestand, de atmosfeer door de vergelijkingen gedurende de prognosetijd volledig volgens de b.r.a. beschreven wordt. De vijf BK3-versies met de aangebrachte correctie hebben de codenamen BK3-1600c, BK3-1650c, BK3-1800c, BK3-2000c en BK3-3200c gekregen. Neemt men in de b.r.a. het 500 mbar.-vlak weer sinusgolfvormig dan zullen in deze BK3-versies de rel. top. en het 500 mbar.-vlak voor alle golflengten even snel lopen.

4. Resultaten van de nieuwe BK3-versies voor 25-3-71-00 G.M.T.

4.1 Gemiddelde kinetische energie van het 500 mbar.-vlak

Als men de verschillende BK3-versies toepast op de werkelijke uitgangstoestand van 25-3-71-00 G.M.T., i.p.v. op de uitgangstoestand volgens de b.r.a., blijkt het resultaat zeer interessant te zijn.

Eerst zal onderzocht worden hoe de versies zich gedragen t.a.v. de prognoses van de gemiddelde kinetische energie van het 500 mbar.-vlak.

Als maat hiervoor is genomen:

$$\sum_{i,j} \left[(z_{i+1,j} - z_{i-1,j})^2 + (z_{i,j+1} - z_{i,j-1})^2 \right] / 588, \quad (15)$$

waarin Z de hoogte van het 500 mbar.-vlak is in dam.

De berekening is uitgevoerd op een veld van 588 roosterpunten (21x28), zijnde een sneede uit het gehele rooster, dat uit 800 punten bestaat (25x32).

Afbeelding 13 geeft het verloop tot en met een prognosetijd van 72 uur voor het barotrope model (geostrofische vorticitetsvergelijking op 500 mbar.), het oude BK3-model, BK3-3200, BK3-2000, BK3-1800, BK3-1650 en BK3-1600. Bovendien is het verloop van de werkelijkheid uitgezet, dat verkregen werd uit objectieve analyses van het 500 mbar.-vlak. Het blijkt dat BK3-1600, BK3-1650 en BK3-1800 op t=0 het verloop correct weergeven, maar dat daarna de kin.energie onrealistisch toeneemt. Het oude BK3-model, BK3-3200 en BK3-2000 laten de gem.kin. energie tot 36 uur vooruit onrealistisch afnemen en daarna onrealistisch toenemen.

Afbeelding 14 toont het verloop van de vijf BK3-c versies, waarbij dus de eerder besproken correcties in de thermodynamische vergelijkingen zijn ingevoerd. Men ziet dat er één versie is nl. BK3-1650c, die het verloop t/m 72 uur min of meer juist weergeeft, terwijl de andere versies alle een onrealistische afname te zien geven, uitgezonderd BK3-1600c, die eerst een afname en daarna een toename geeft.

4.2 72-uurs prognoses van 500 mbar. van 25-3-71-00 G.M.T.

De afwijkingen, die de verschillende versies vertonen t.a.v. de prognoses van de gem. kin. energie op het 500 mbar.-vlak, blijken ook tot uiting te komen in het stromingspatroon op 500 mbar. De 72-uurs prognoses hiervan laten duidelijk zien dat er grote verschillen zijn.

Afbeelding 15 toont de objectieve analyse aan het 500 mbar.-vlak van 25-3-71-00 G.M.T., terwijl afbeelding 16 de analyse 72 uur later afbeeldt nl. 28-3-71-00 G.M.T. Men ziet dat er zich op het 500 mbar.-vlak ten westen van Frankrijk, een flinke rug ontwikkelde die later in West-Europa voor een blokkering zorgde.

Afbeeldingen 17 t/m 28 geven van 25-3-71-00 G.M.T. de 72 uursprognoses weer van resp.: de oude BK3, de barotrope prognose, BK3-3200 t/m 1600 en BK3-3200c t/m 1600c. Uit deze afbeeldingen blijkt dat het

oude BK3-programma en de zuivere barotrope prognose niet in staat waren om bovengenoemde rug te voorspellen. Bij deze ontwikkeling hebben duidelijk barokliene processen een rol gespeeld. Als men echter de prognoses van BK3-3200 t/m 1600 onderling vergelijkt, valt op, dat gaande van BK3-3200 naar BK3-1600, de ontwikkeling van deze rug steeds beter wordt weergegeven.

Tevens blijkt uit de grafiek op afbeelding 13, dat, gaande van BK3-3200 naar BK3-1600, er op het 500 mbar.-vlak steeds meer produktie van kinetische energie plaatsvindt.

Er bestaat dus blijkbaar verband tussen de barokliene ontwikkeling op het 500 mbar.-vlak en de produktie van kinetische energie op dat niveau en wel zo, dat grotere produktie van kinetische energie samen gaat met grotere barokliene ontwikkeling.

Bekijkt men de c-versies dan komt eveneens tot uiting, dat gaande van BK3-3200c naar BK3-1650c de ontwikkeling van deze rug steeds beter wordt weergegeven, terwijl BK3-1600c een duidelijk slechter resultaat te zien geeft dan BK3-1650c.

Uit afbeelding 14 blijkt, dat de versie die de meeste produktie van kinetische energie geeft nl. BK3-1650c, ook de ontwikkeling van bedoelde rug het beste weergeeft. Ook voor deze BK3-versies geldt dus, dat grotere produktie van kinetische energie samen gaat met grotere barokliene ontwikkeling.

4.3 Keuze van de golflengte L_x

Hoewel men bij het vastleggen van de coëfficiënten vrij is in de keuze van de golflengte L_x blijkt toch uit (12) en (13) dat men slechts bij bepaalde waarden van L_x , realistische waarden voor σ_0 en σ_1 krijgt.

Neemt men voor $L_x = 1650$ km., de gemiddelde golflengte van de RVA-gebieden op het 500 mbar.-vlak voor 25-3-71-00 G.M.T., dan krijgt men realistische waarden voor σ_0 en σ_1 , die overeenkomen met de statische stabiliteit van een atmosfeer, welke een verzadigd potentiële temperatuur van ongeveer 10° tot 14° C. heeft en een verzadigd adiabatische temperatuurgradiënt bezit.

Uit een onderzoek van I.Dodds[‡] blijkt dat depressies, die hun grootste diepte bereiken bij een diameter van 800-1000 km. (dus een

[‡] Comparison of depressions of Europe and North-Atlantic Weather, vol. 26 1971.

golflengte van 1600-2000 km), het meeste voorkomen. Zie afbeeldingen 29 en 30, die een histogram geven van het aantal depressies die boven West-Europa en de Noordelijke Atlantische Oceaan voorkomen in de jaren 1965, 1966 en 1967. Bovengenoemde diameter komt overeen met de gemiddelde golflengte van de RVA-gebieden van 25-3-71-00 G.M.T.

4.4 Resultaten van experimenten op andere data.

Van de BK3-versies zijn de oude EK3, BK3-3200, BK3-1600 en BK3-1650c toegepast op een aantal andere weersituaties. Hieruit konden de volgende conclusies worden getrokken: De meteorologische kwaliteit van de 36 uurs-prognoses van het 500 mbar.-vlak is voor al die versies ongeveer hetzelfde (ruim 10 gevallen onderzocht). Wat de 72 uurs-prognose betreft kan men in het algemeen geen verschil constateren tussen de oude BK3, BK3-3200 en BK3-1600, terwijl BK3-1650c waarschijnlijk iets beter is (ruim 10 gevallen onderzocht). (Per geval vertonen ze onderling echter soms grote verschillen).

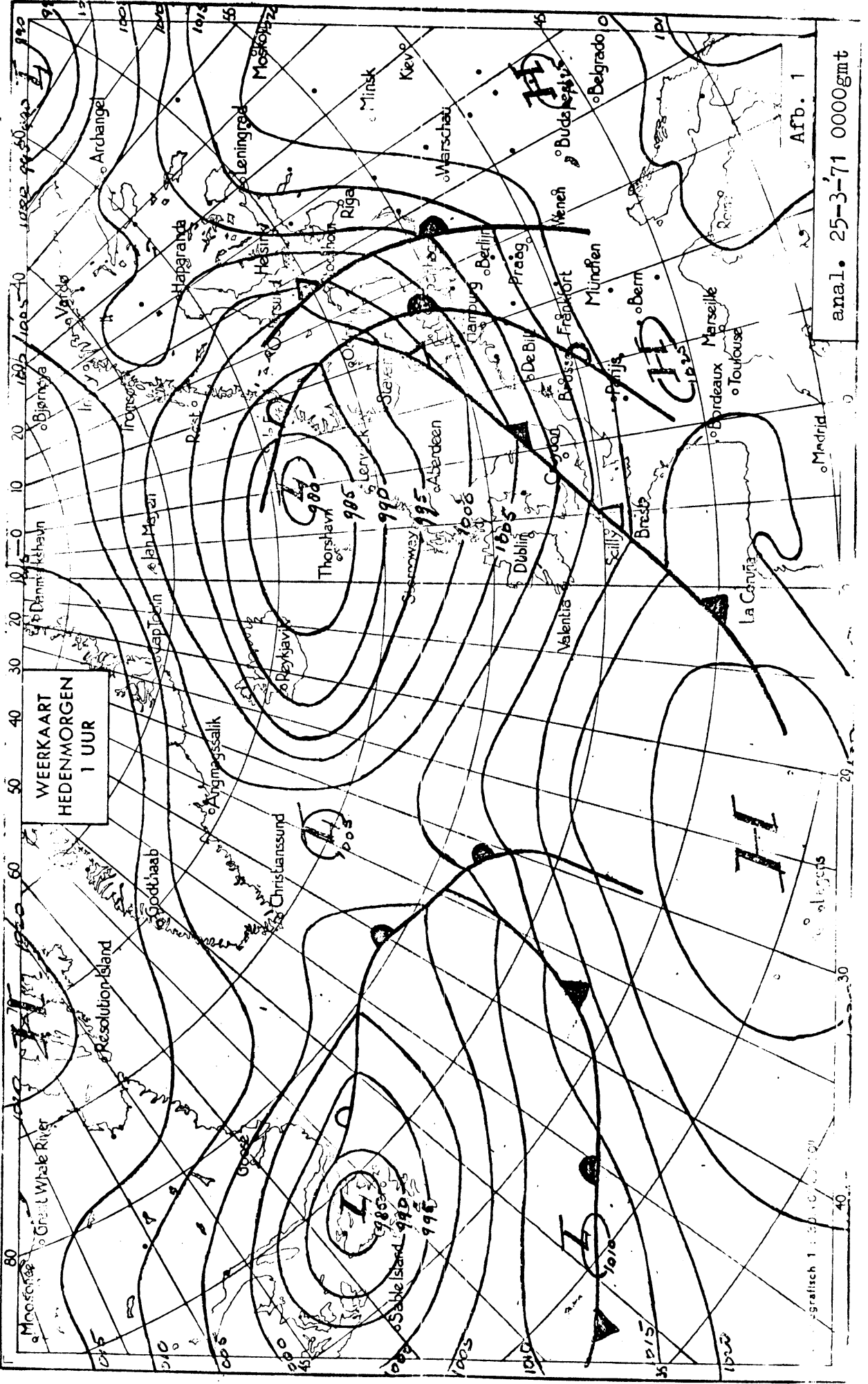
Voor de 36 uurs-prognose van de geschatte luchtdruk aan de grond geldt dat:

- a) BK3-1650c realistische prognoses geeft van drukwaarden in hogedrukgebieden.
- b) BK3-1600- en BK3-3200-prognoses te hoge drukwaarden geven in hogedrukgebieden, doch BK3-3200 minder dan de oude BK3.
- c) BK3-3200 is meteorologisch opzicht gelijk of beter is dan de oude BK3 (ongeveer 15 gevallen onderzocht).
- d) BK3-1650c in meteorologisch opzicht beter is dan BK3-3200 (ruim 20 gevallen onderzocht).

Dear BK3-1650c, gedurende de prognosetijd, het verband tussen het 500 mbar.-vlak en de rel. top. op realistische manier handhaaft, is de belangrijkste oorzaak van de fout genoemd in 1.1 in de prognoses van de geschatte luchtdruk aan de grond opgelost.

Op het 500 mbar.-vlak echter kan de fout genoemd in 1.1 ("opblazerij") nog optreden door randbederf en het gebruik van de geostrofische vorticitetsvergelijking.

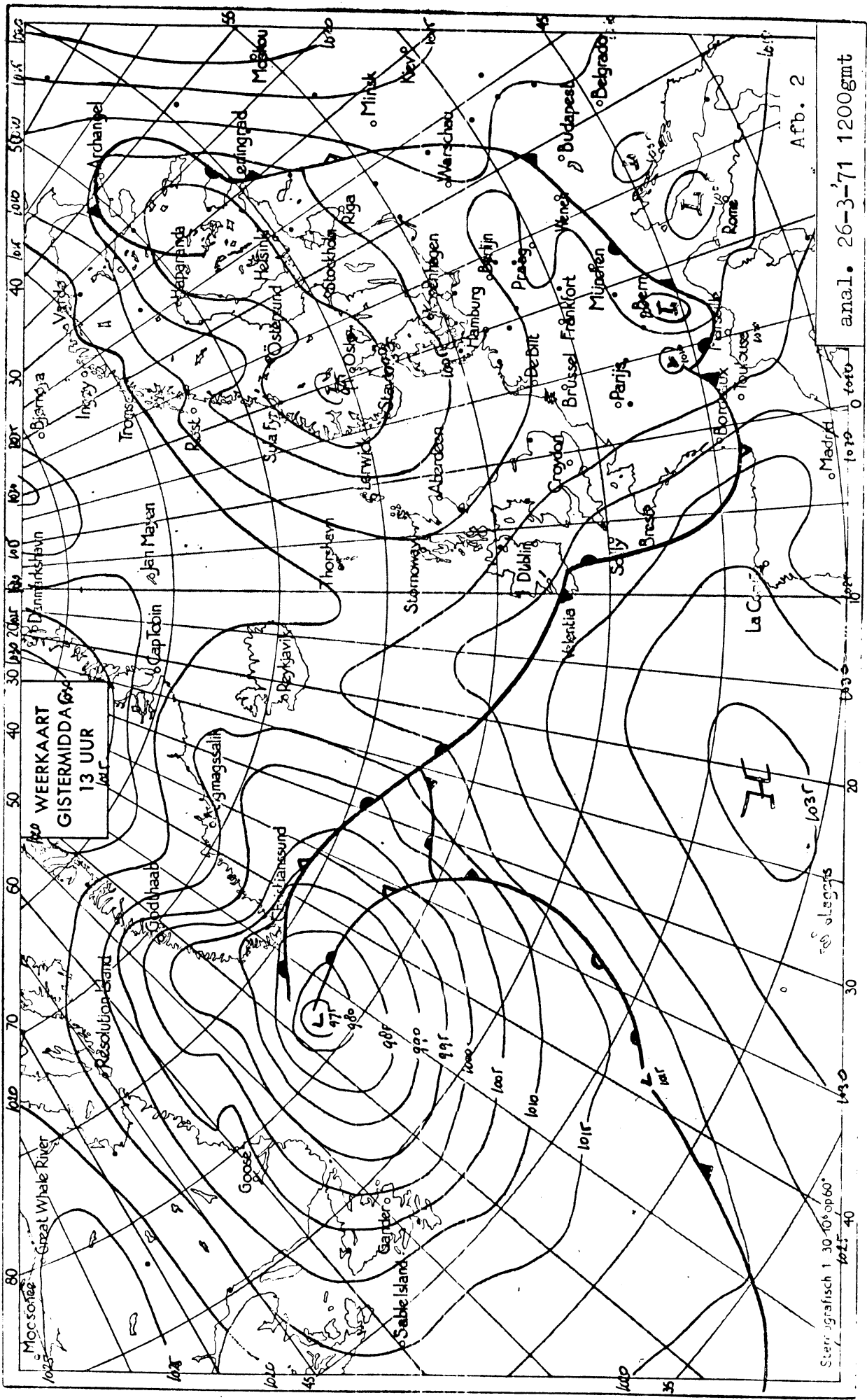
BK3-1650c is vanaf 28-2-72-12 G.M.T. operationeel geworden.



WEERKAART
HEDENMORGEN
1 UUR

anal. 25-3-71 0000gmt

Gratisch 1 : 500 000

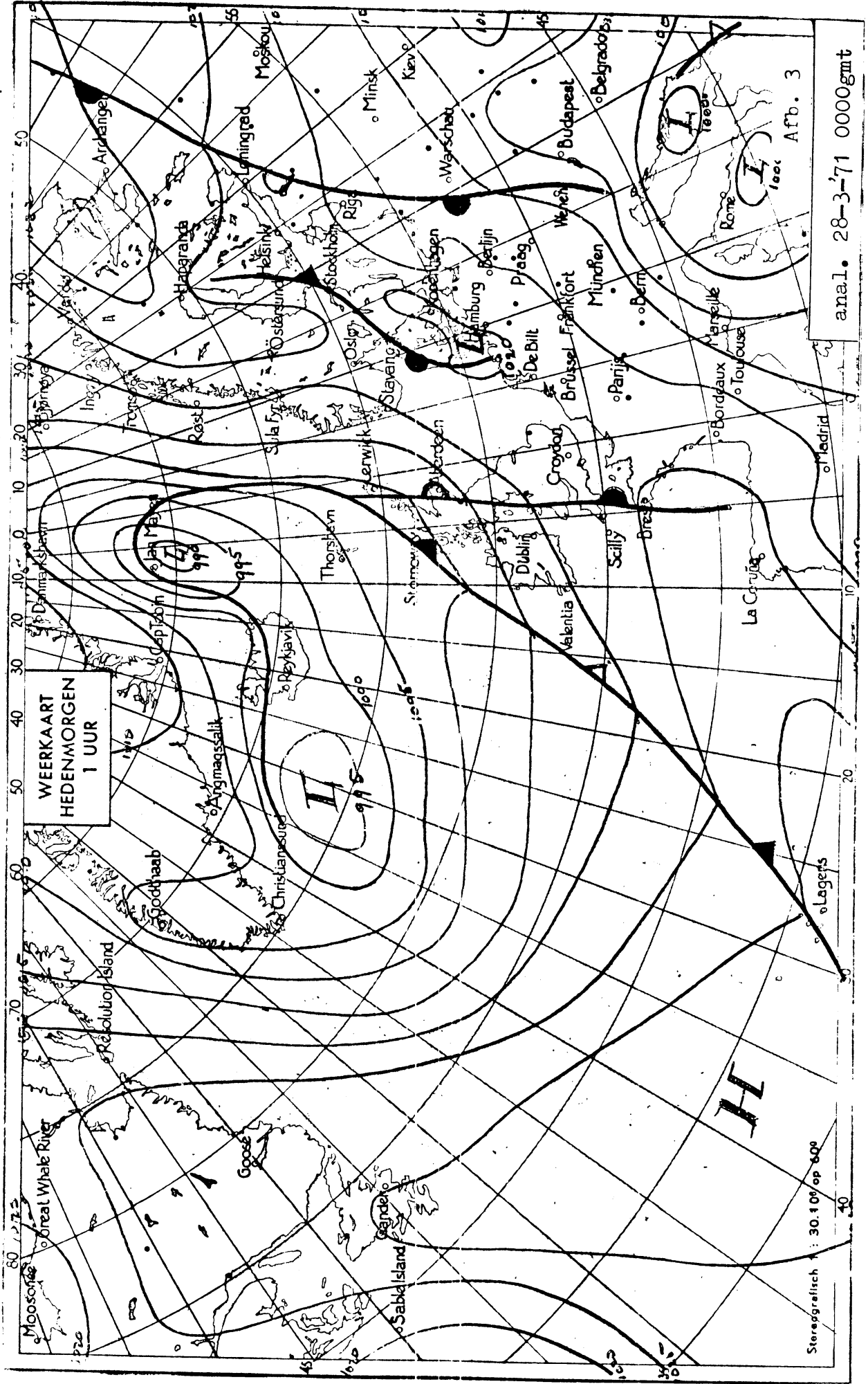


WERKAART
GISTERMIDDAG
13 UUR

Afb. 2

anal. 26-3-71 1200gmt

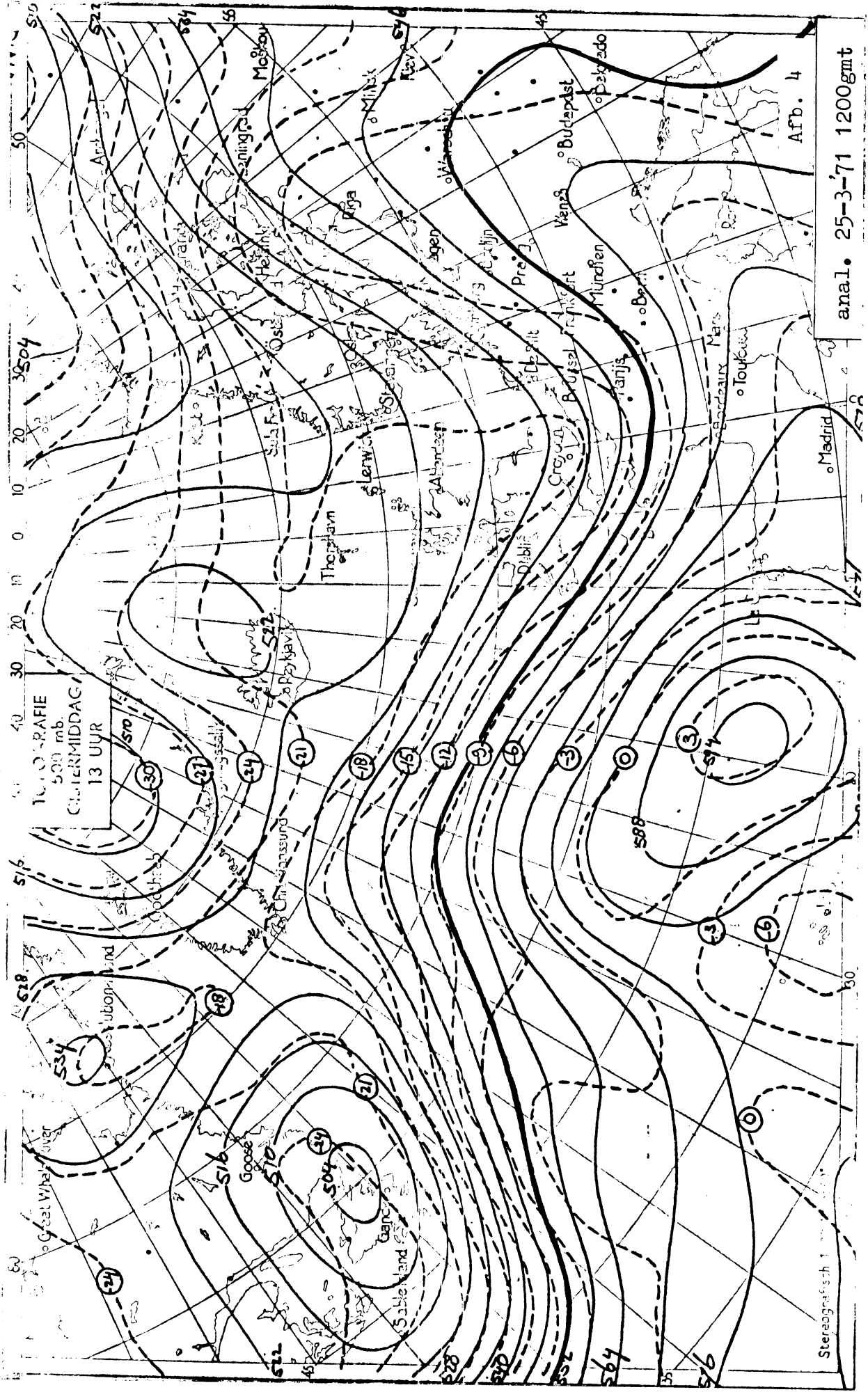
Sterregrafisch 1 30 10' op 60'



WEERKAART
HEDENMORGEN
1 UUR

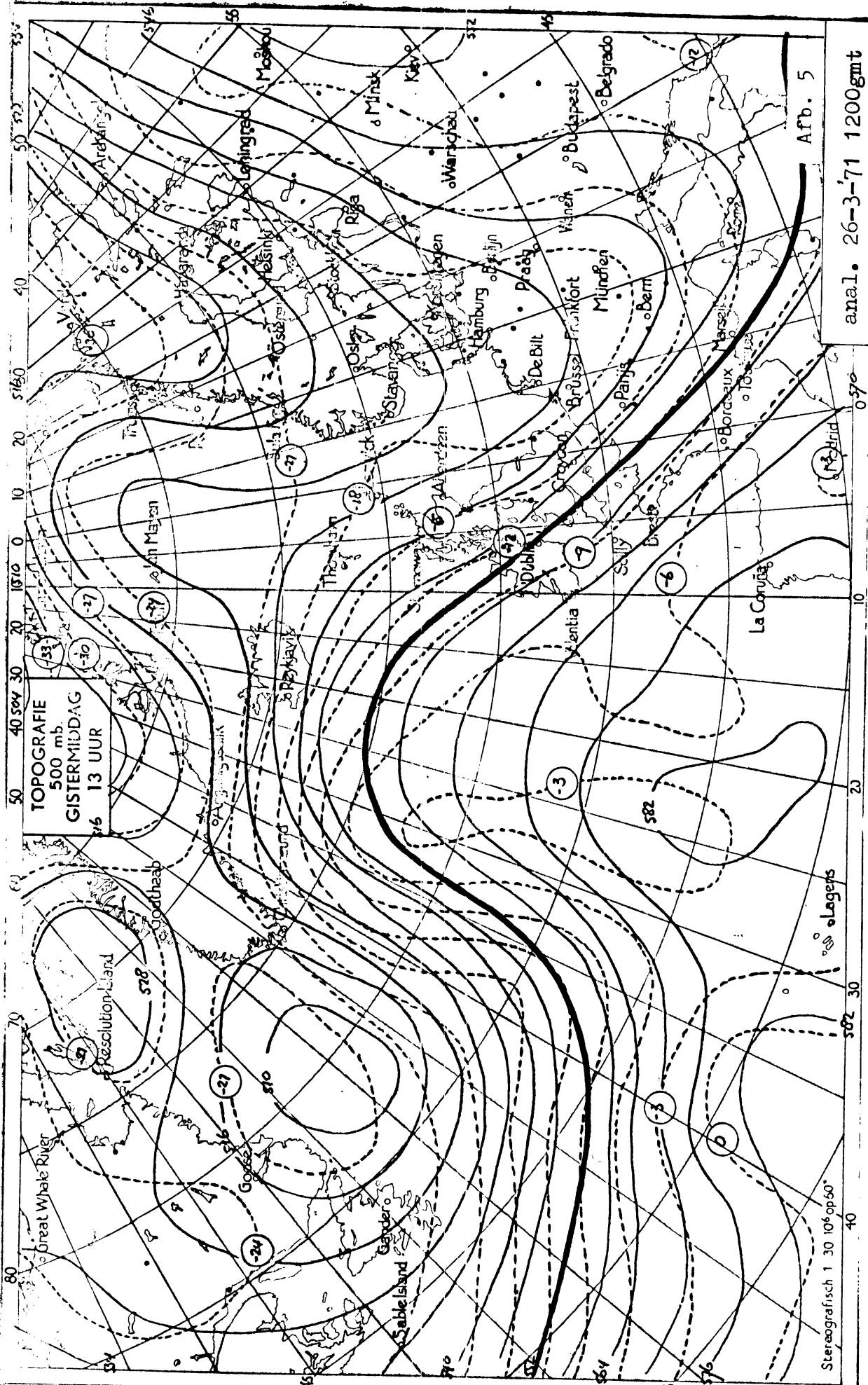
Stereografisch 1 : 30.10⁶ op 600

anal. 28-3-71 0000gmt
Afb. 3



anal. 25-3-71 1200gmt

Afb. 4



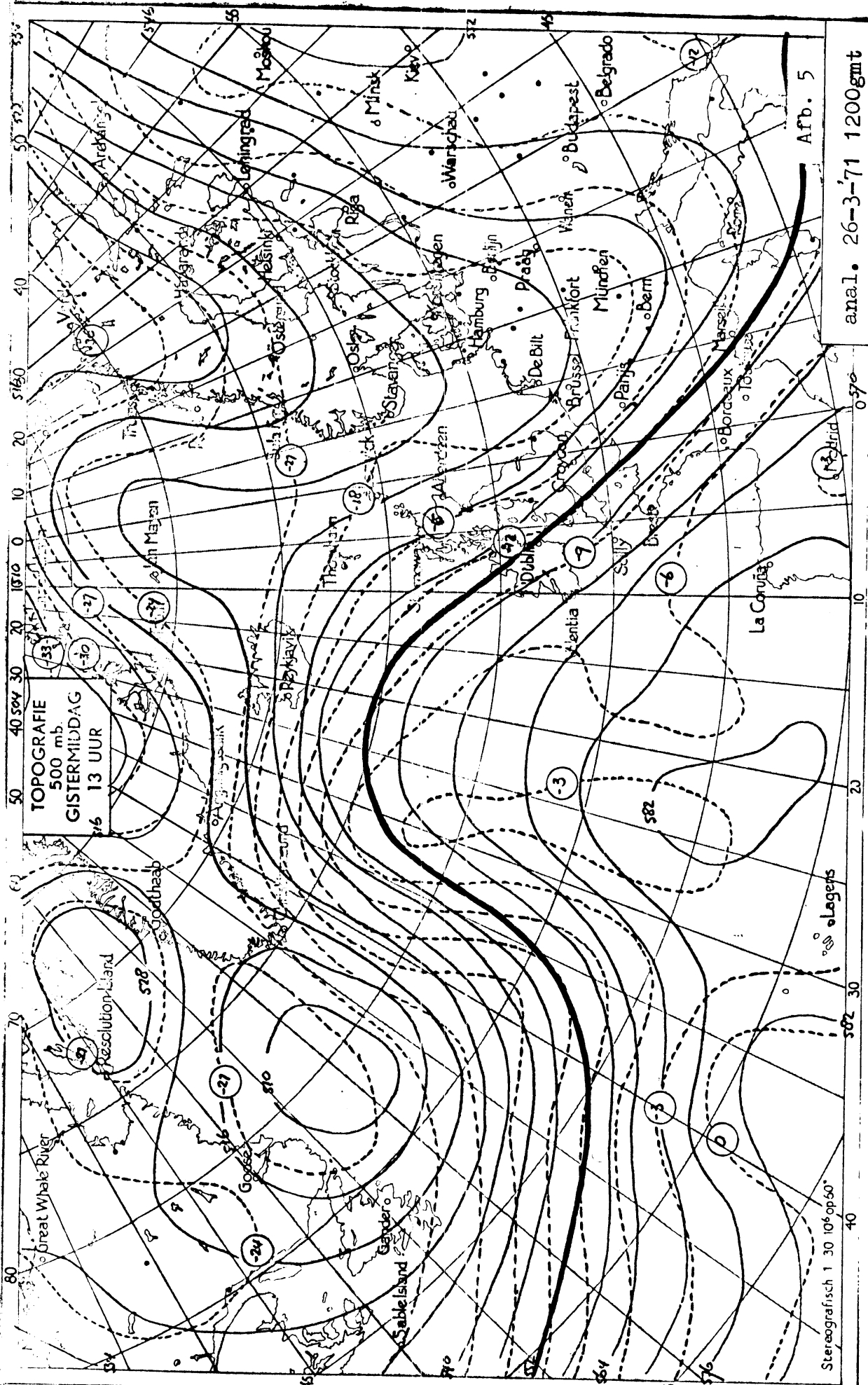
TOPOGRAFIE
500 mb.
GISTERMIDDAG
16 13 UUR

Afb. 5

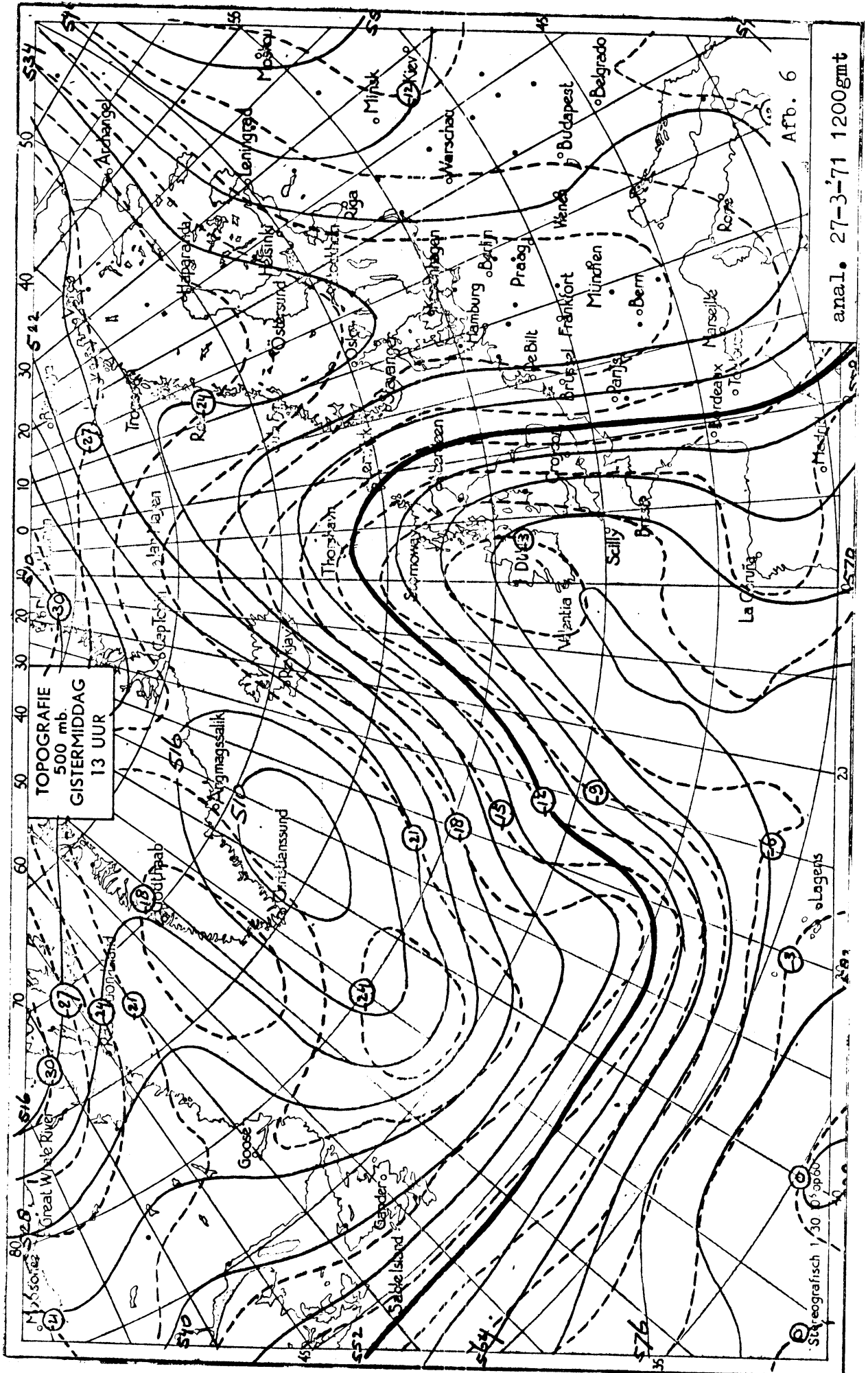
anal. 26-3-71 1200gmt

Legens

Stereografisch 1 30 10° op 50°

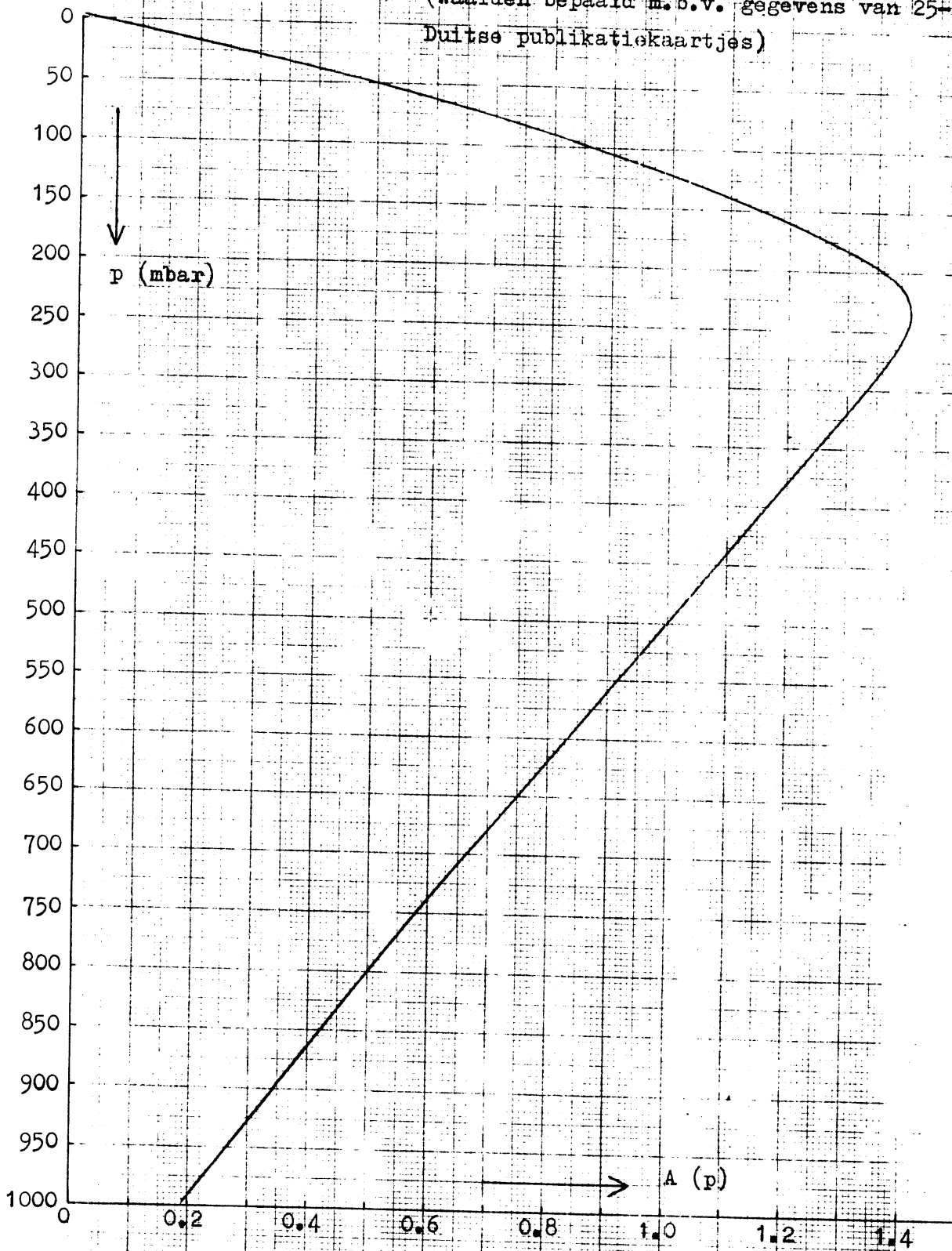


40



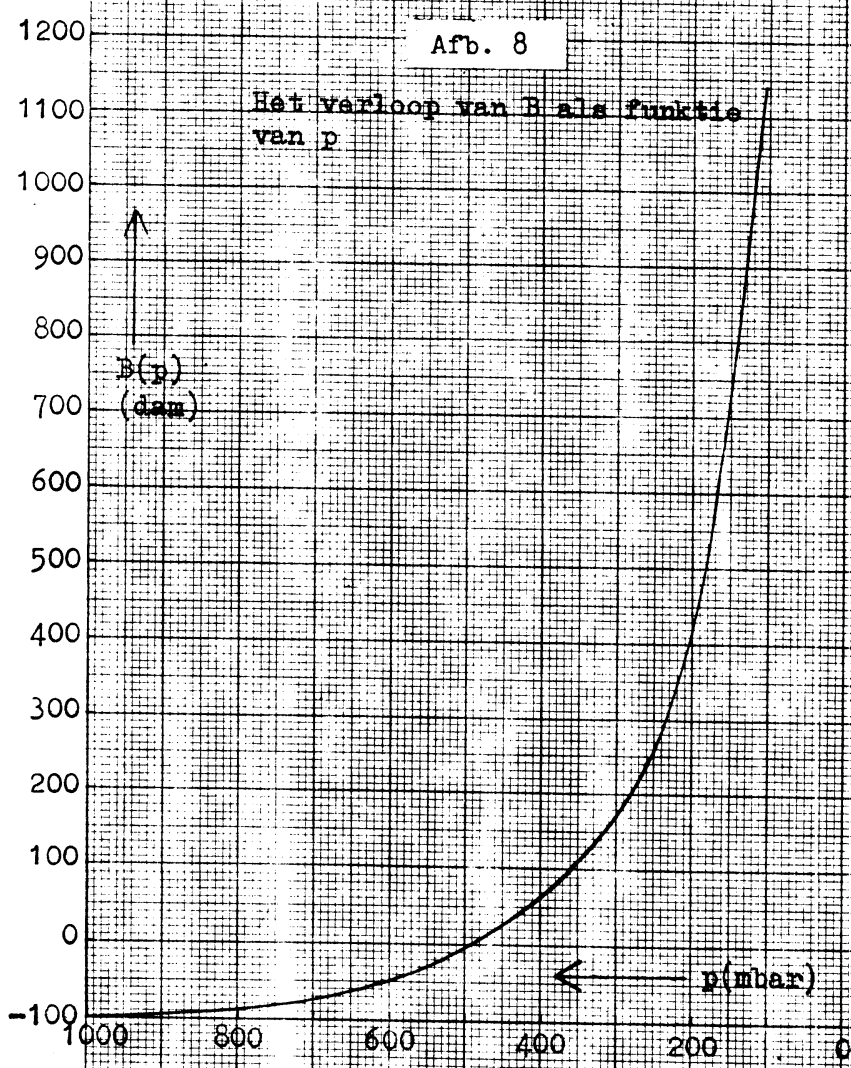
Afb. 7

Het verloop van A als functie van p
(waarden bepaald m.b.v. gegevens van 25-3-71-00 uit
Duitse publikatiekaartjes)



Afb. 8

Het verloop van B als functie van p



Afb. 9

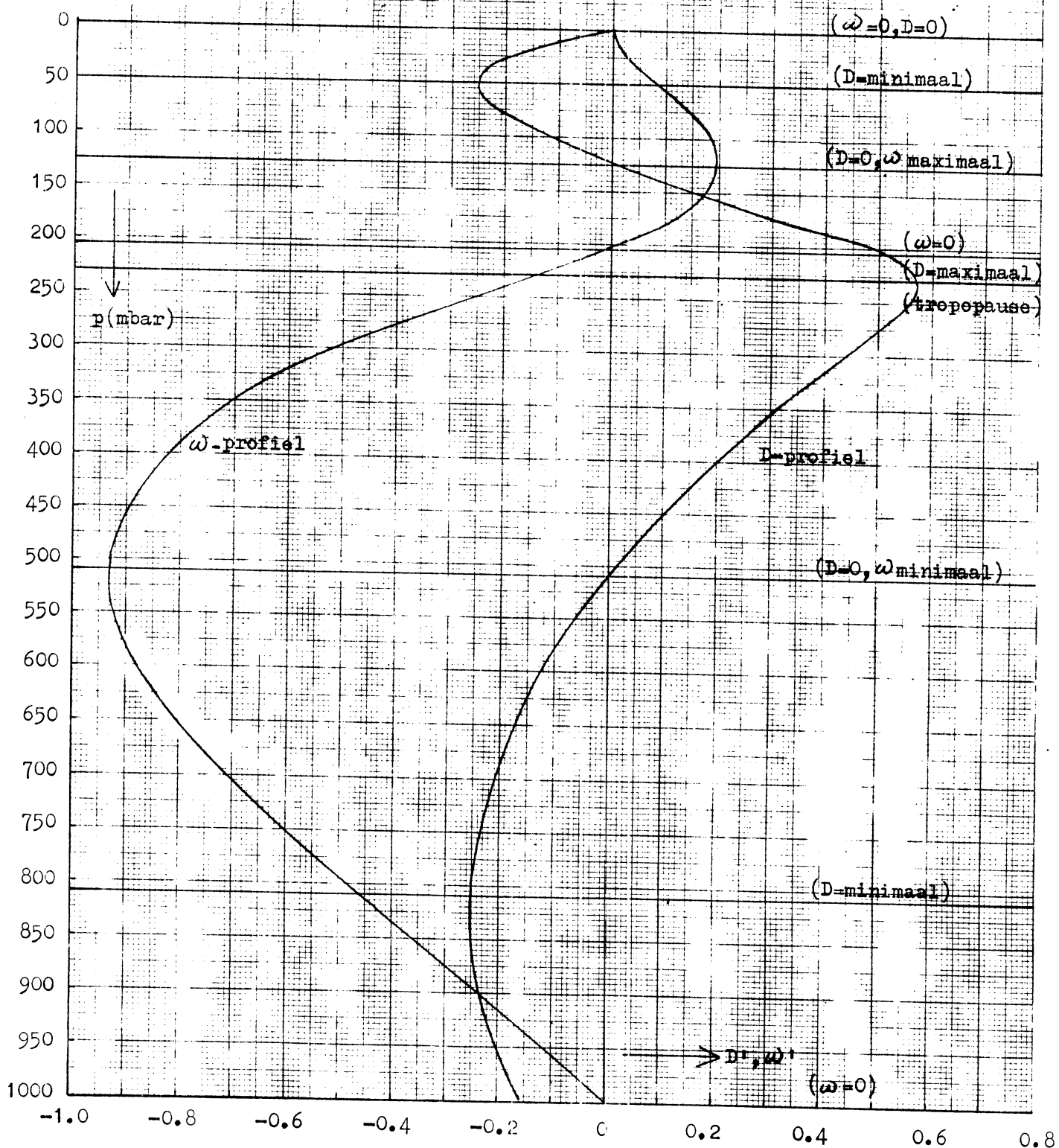
Het verloop van ω en de horizontale divergentie D als functie van p in het geval van positieve verticaaladvectie op 500 mbar. ($RVA > 0$)

$$D = \frac{D'}{f_0} \times RVA \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

$$\omega = \frac{\omega'}{f_0} \times RVA \times 10^4 \text{ (kg m}^{-1} \text{s}^{-3}\text{)}$$

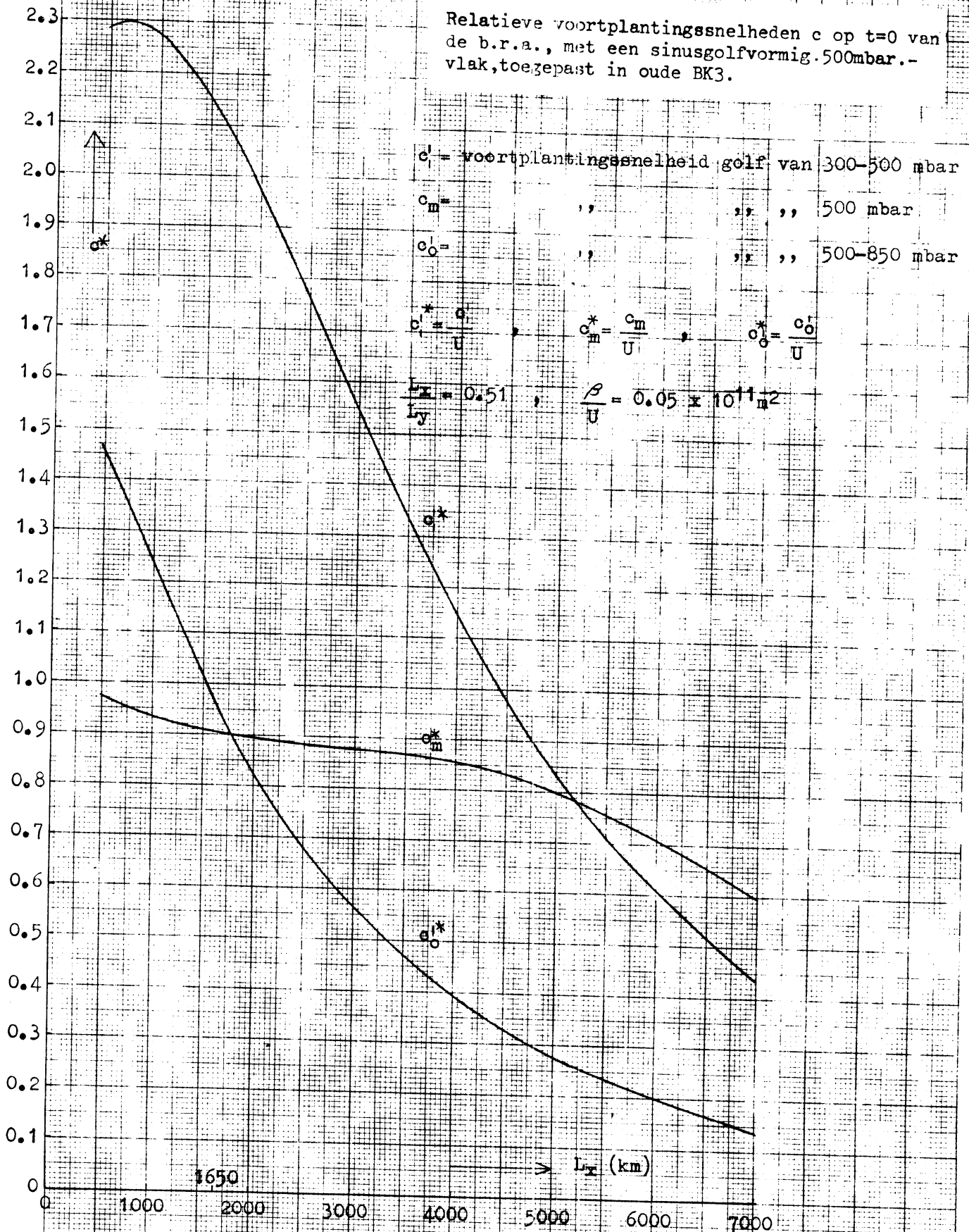
$$D' = -(A(p) \times K - A^2(p))$$

$$\omega' = - \int_0^p D' dp \times 10^{-4} \text{ (kg m}^{-1} \text{s}^{-2}\text{)}$$



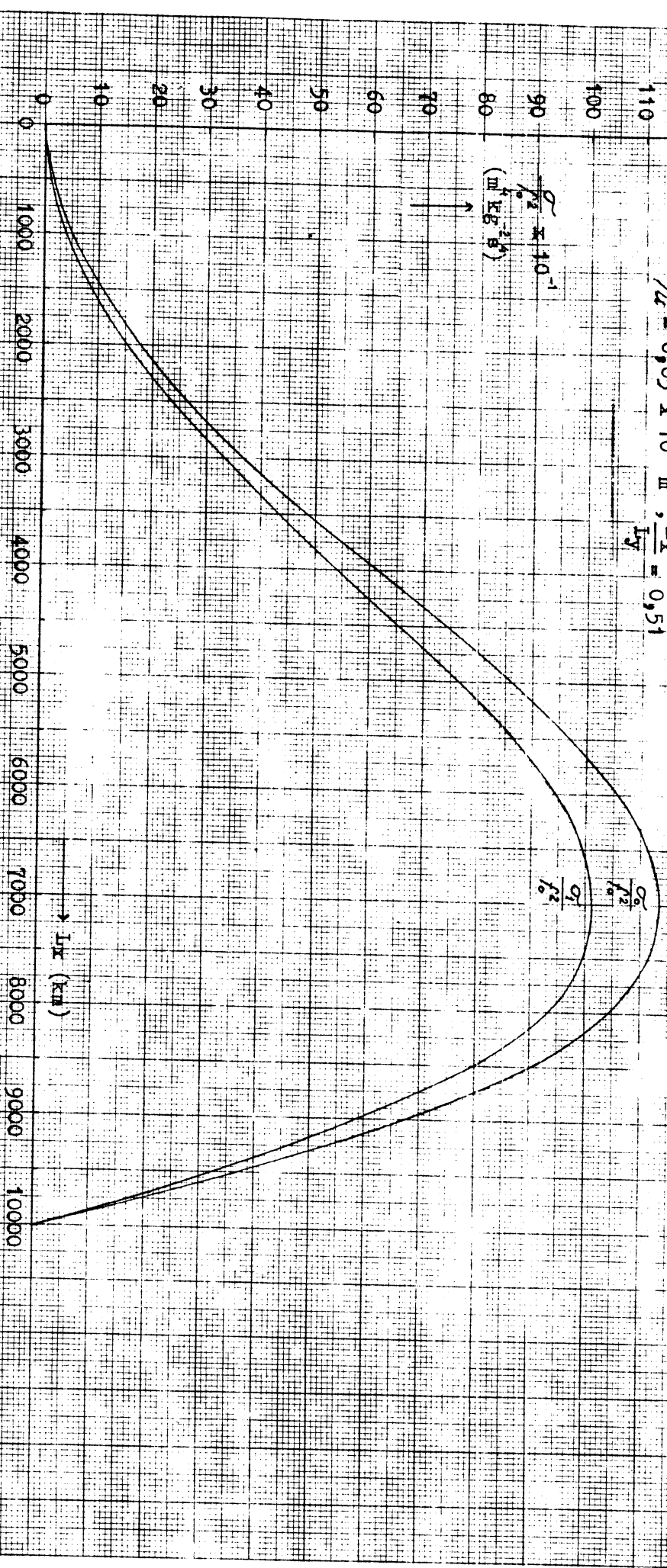
Afb. 10

Relatieve voortplantingssnelheden c op $t=0$ van de b.r.a., met een sinusgolvormig 500mbar.-vlak, toegepast in oude BK3.



Afb. 11

$\frac{\sigma_c}{f_c}$ om $\frac{Q_1}{f_c}$ als functie van L_x
 voor $25-3-71-90$
 $\beta/L = 0,05 \times 10^{-11} \text{ m}^{-2}$, $\frac{L_x}{L_y} = 0,51$



Afb. 12

Relatieve voortplantingssnelheden c op $t=0$ van de b.r.a., met een sinusgolvormig 500mbar.-vlak, toegepast in BK3-3200.

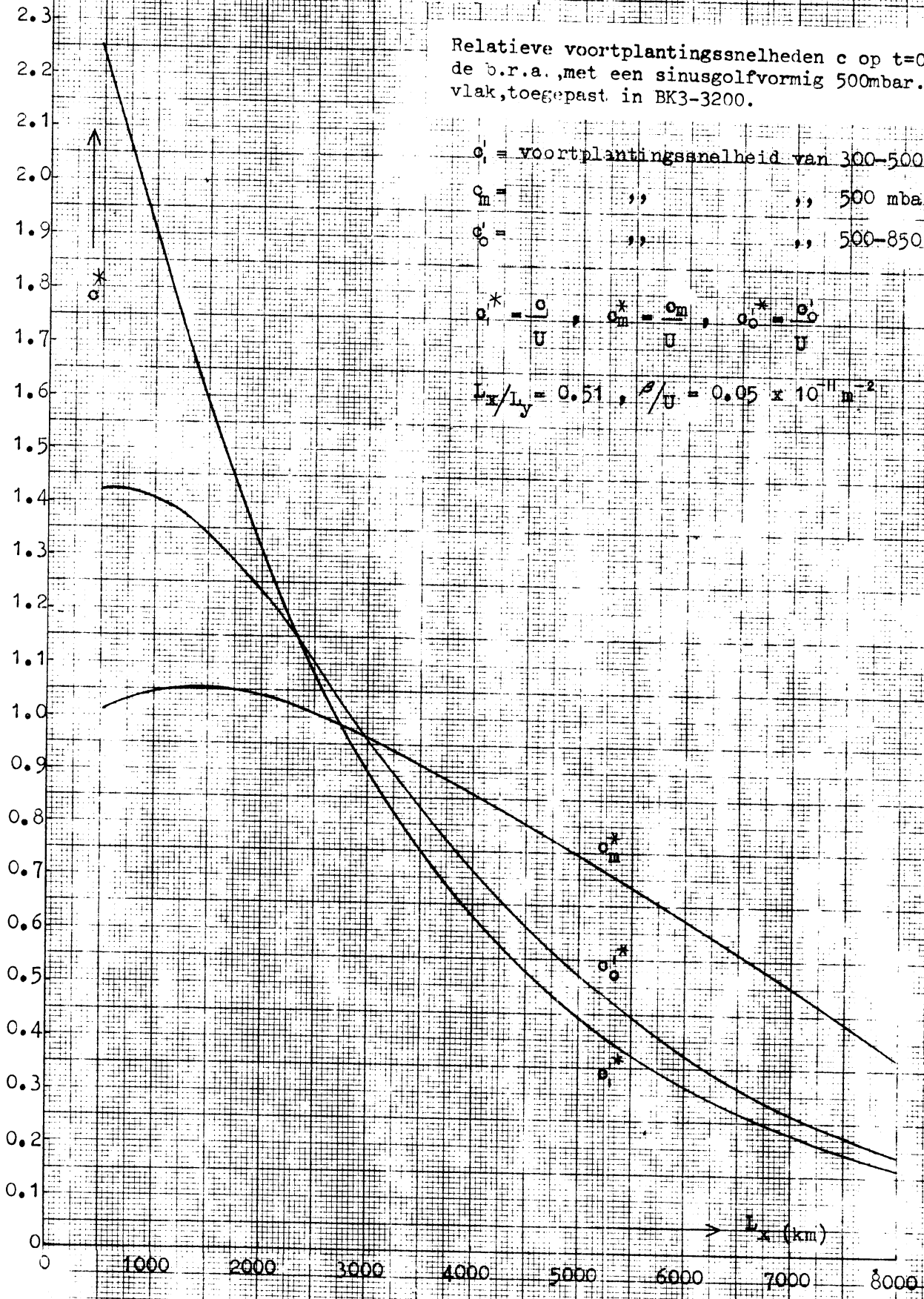
c_1 = voortplantingssnelheid van 300-500 mbar

c_m = " " " " 500 mbar

c_0 = " " " " 500-850 mbar

$$c_1^* = \frac{c_1}{U}, \quad c_m^* = \frac{c_m}{U}, \quad c_0^* = \frac{c_0}{U}$$

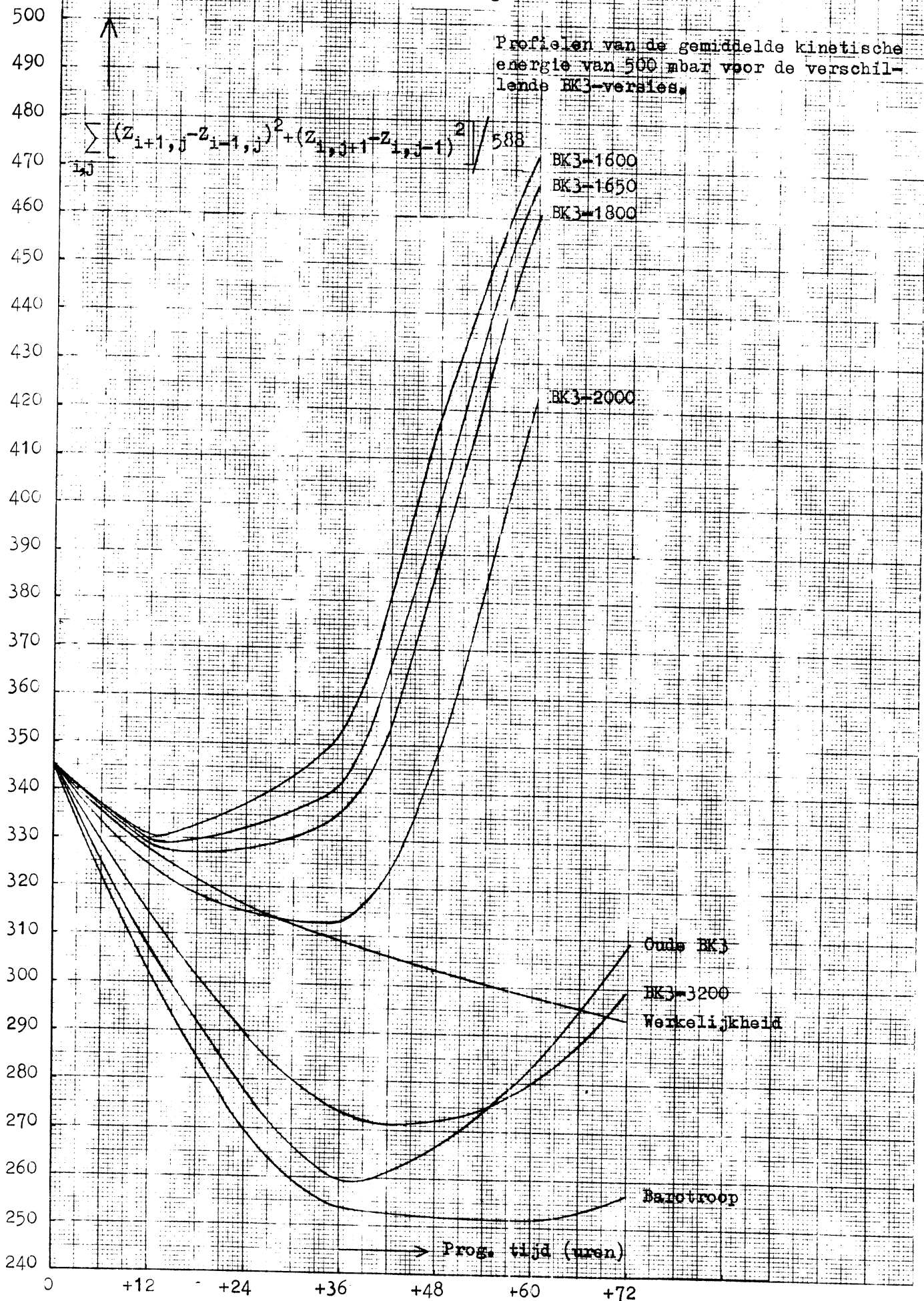
$$L_x/L_y = 0.51, \quad \beta/U = 0.05 \times 10^{11} \text{ m}^{-2}$$



Afb. 13

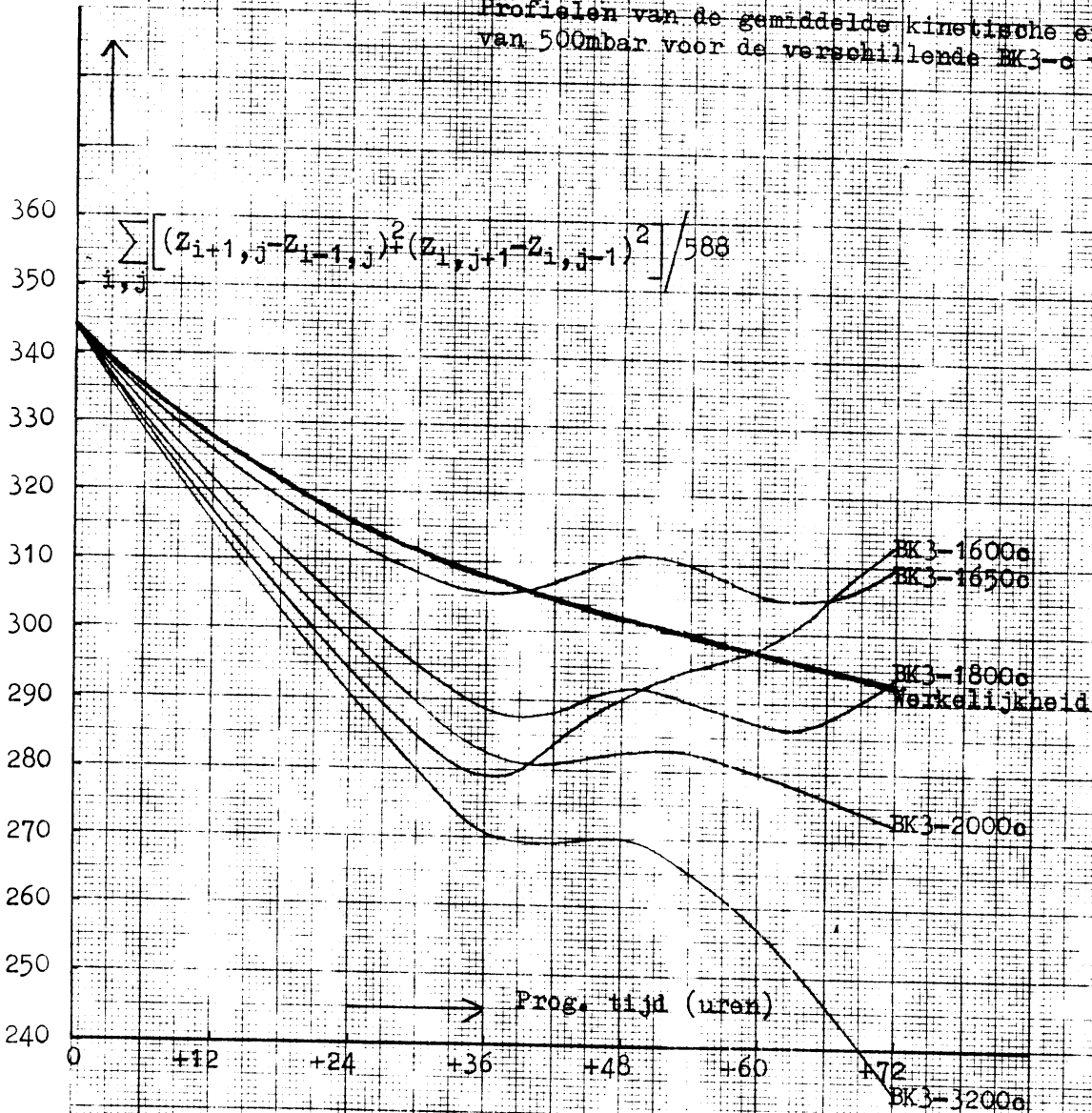
Profielen van de gemiddelde kinetische energie van 500 mbar voor de verschillende BK3-versies.

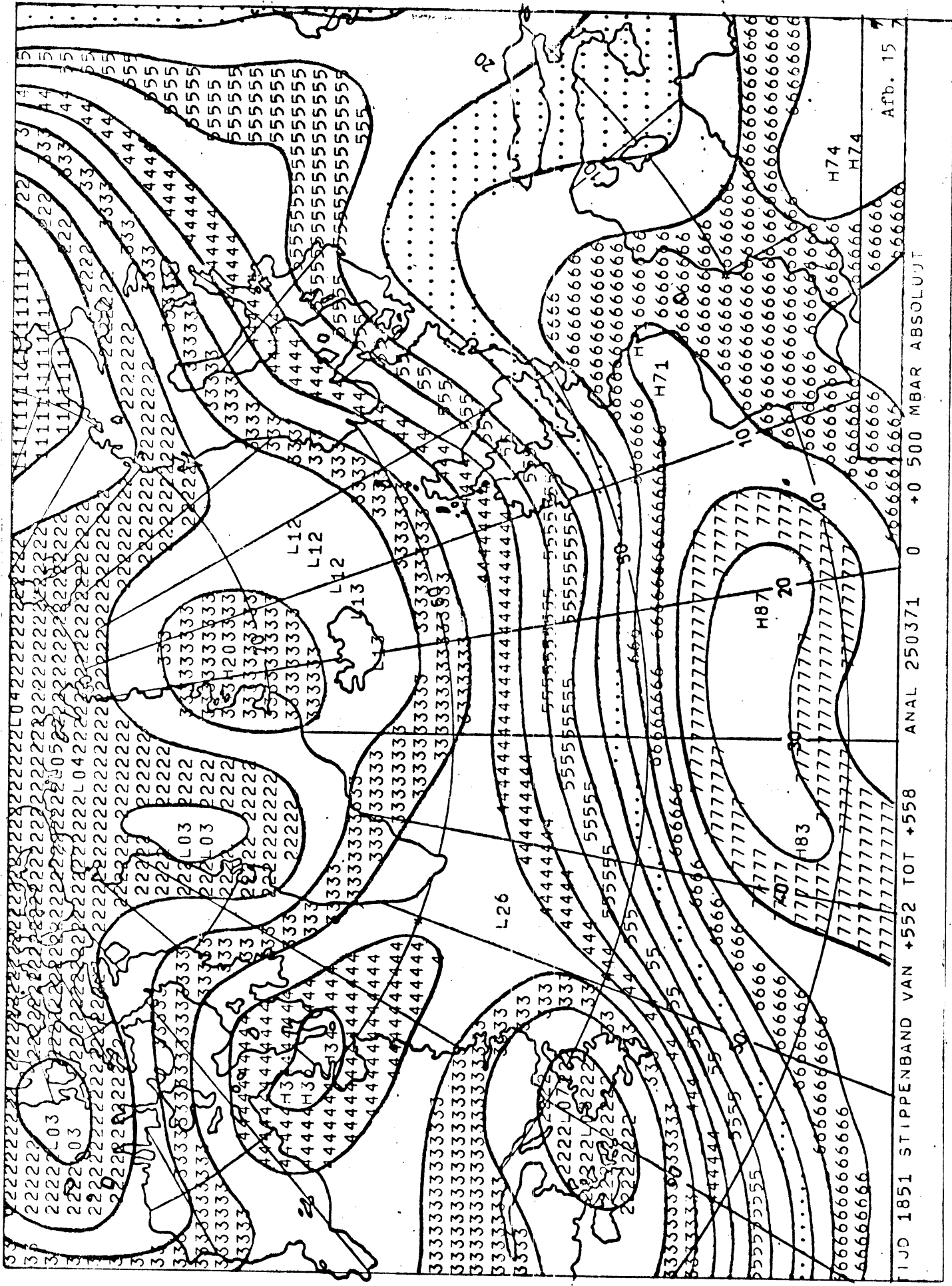
$$\sum_{i,j} \left[(z_{i+1,j} - z_{i-1,j})^2 + (z_{i,j+1} - z_{i,j-1})^2 \right] / 588$$



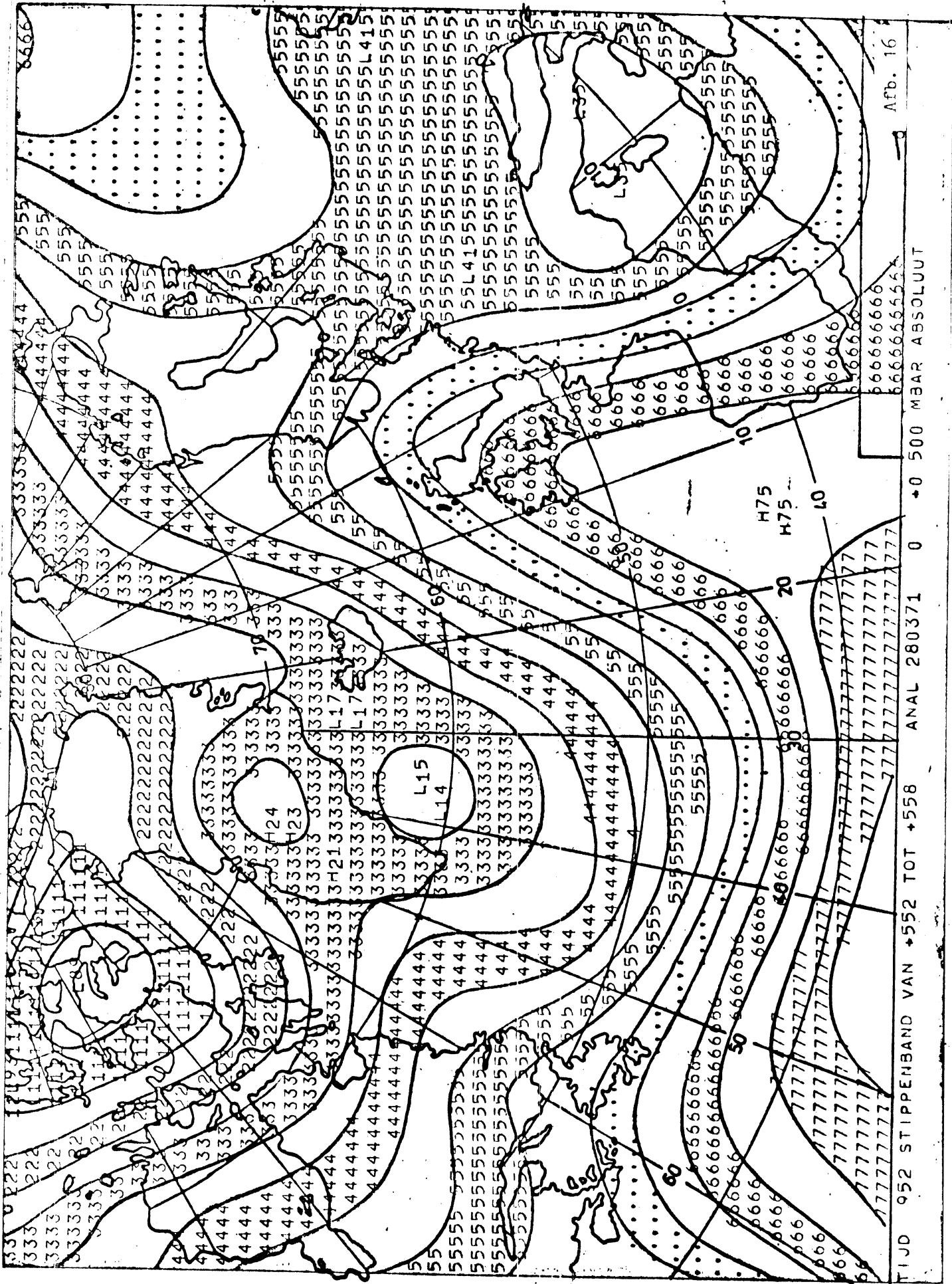
Afb. 14

Profielen van de gemiddelde kinetische energie van 500mbar voor de verschillende BK3-c versies.



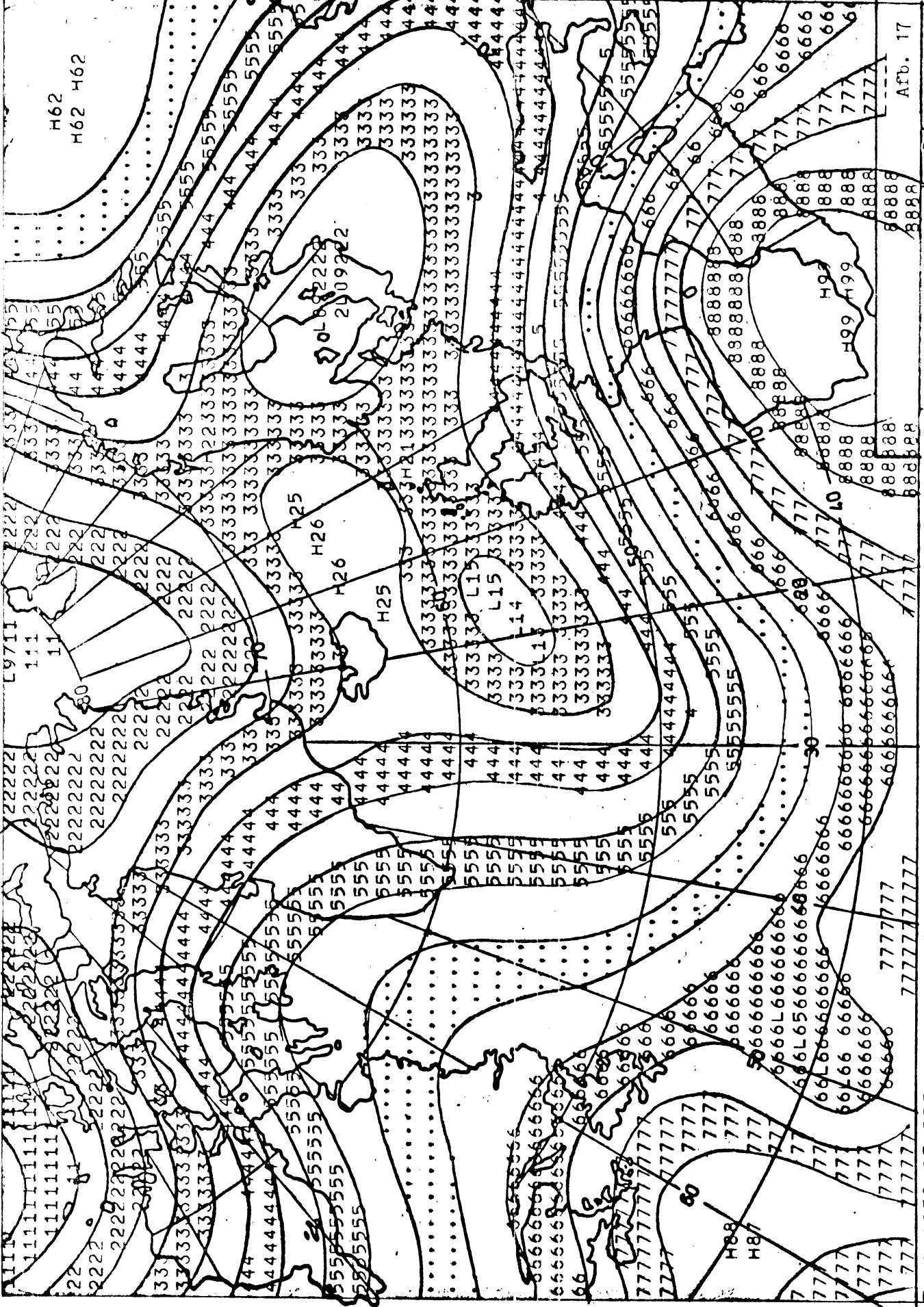


T I J D 1851 STIPPENBAND VAN +552 TOT +558 ANAL 250371 0 +0 500 MBAR ABSOLUJT Arb. 15

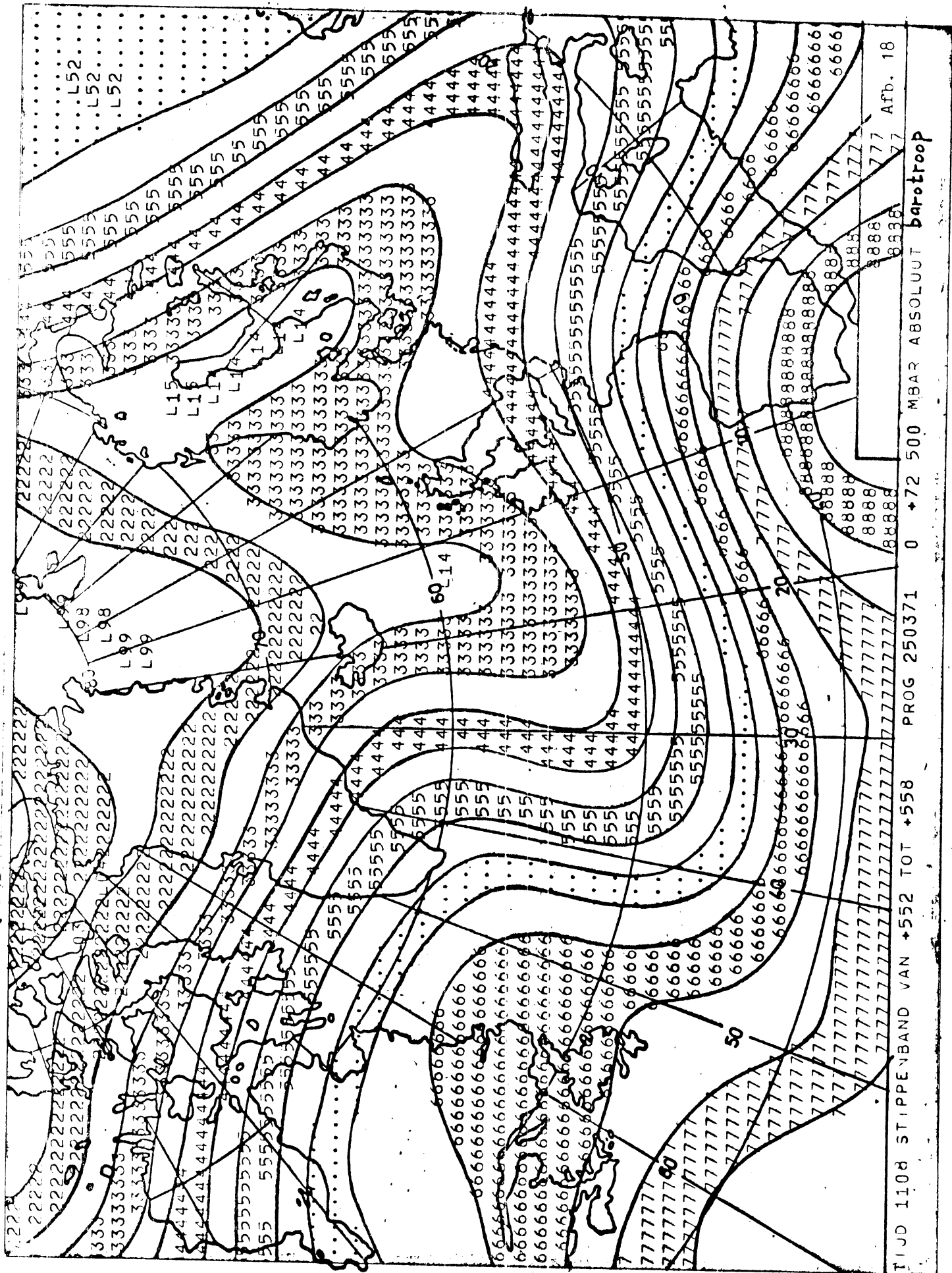


Afb. 16

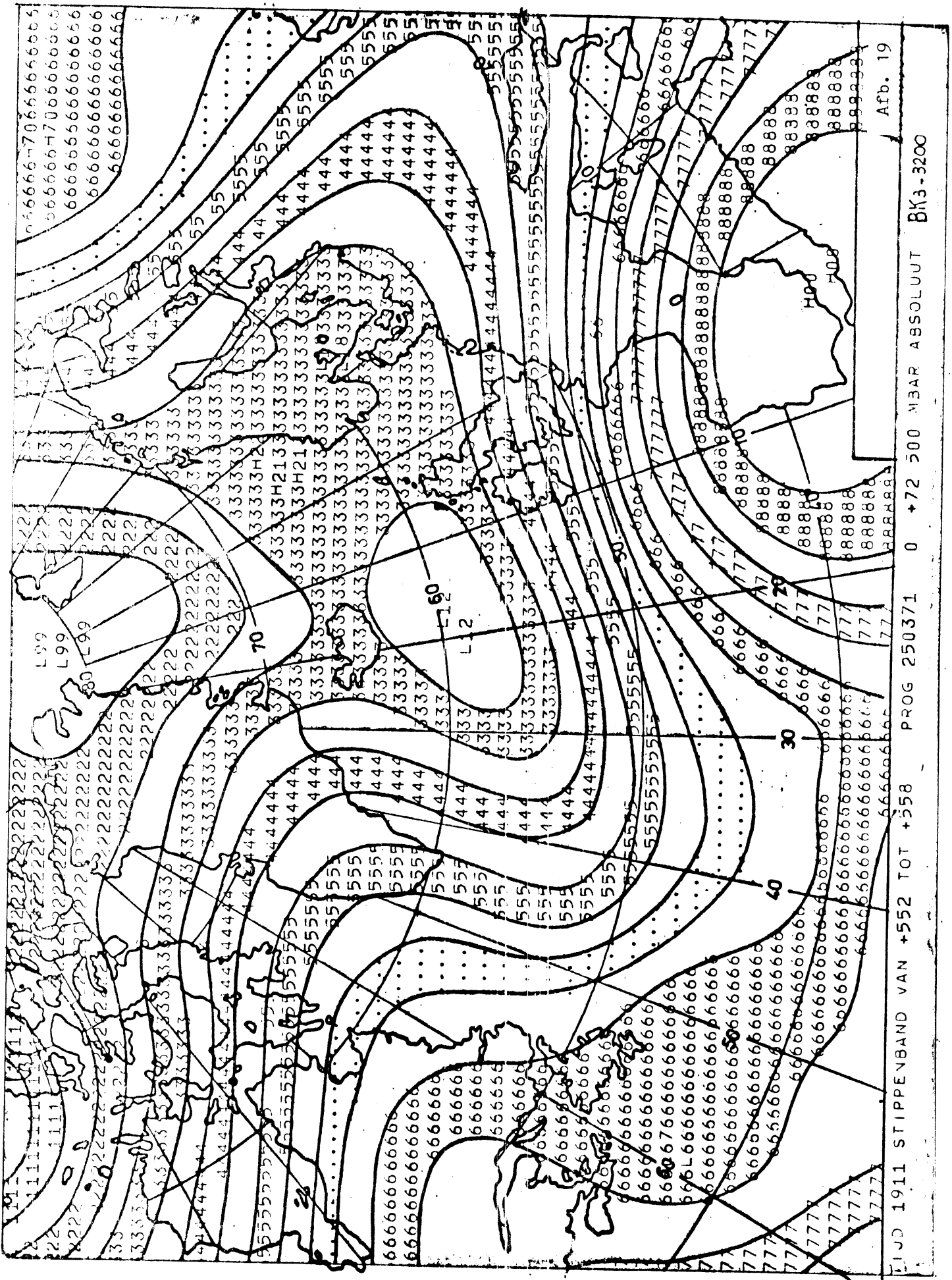
TIJD 952 STIPPENBAND VAN +552 TOT +558 ANAL 280371 0 +0 500 MBAR ABSOLUUT



TIJD 1058 STIPPENBAND VAN +552 TOT +558 PROG 250371 0 +72 500 MBAR ABSOLUUT **orde Bks**



TIJD 1108 STIPPENBAND VAN +552 TOT +558 PROG 250371 0 +72 500 MBAR ABSOLUUT barotroop



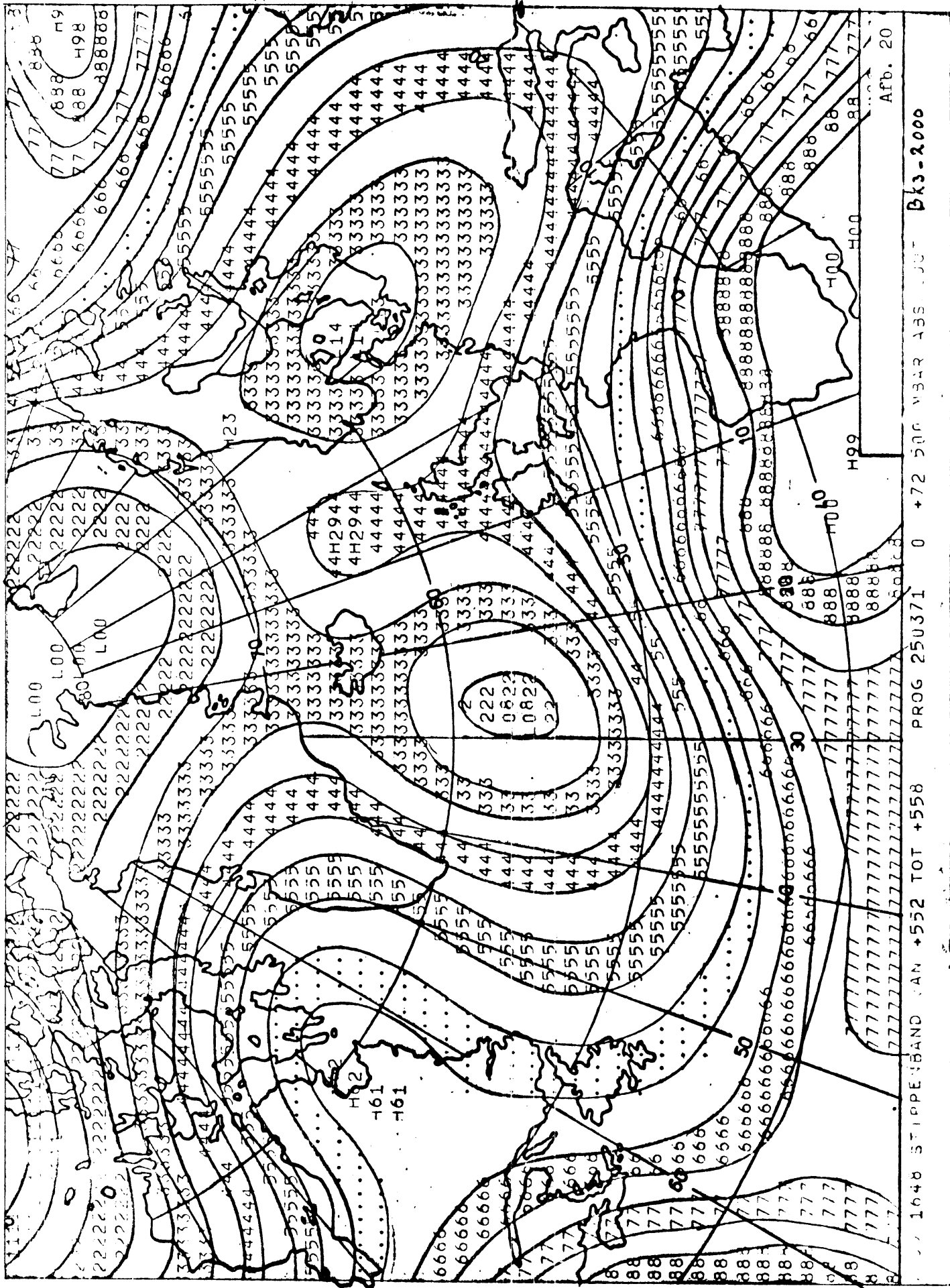
L10 1911 STIPPENBAND VAN +552 TOT +558

PROG 250371

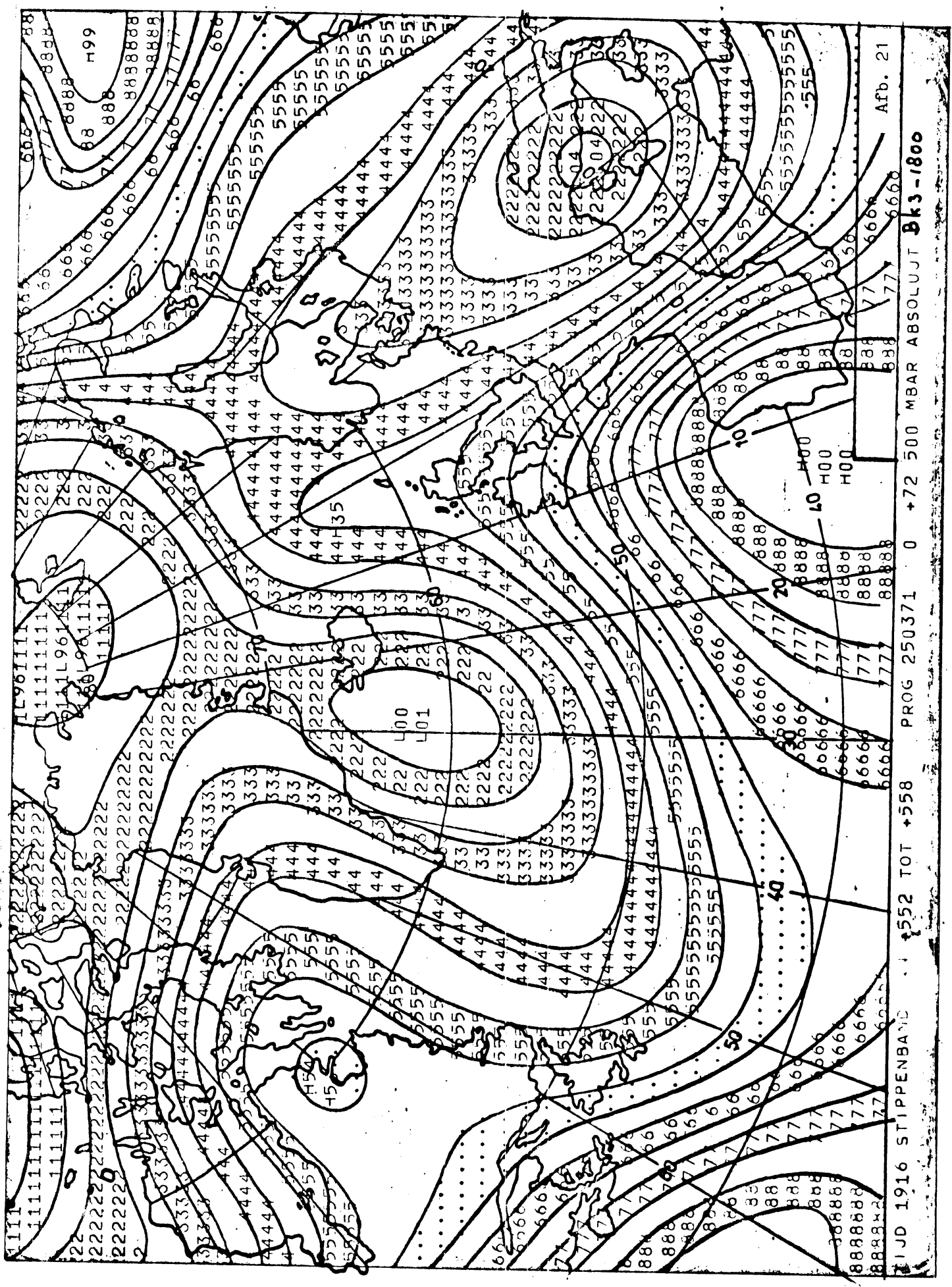
0 +72 500 NEAR ABSOLUUT

BK3-3200

Afb. 19

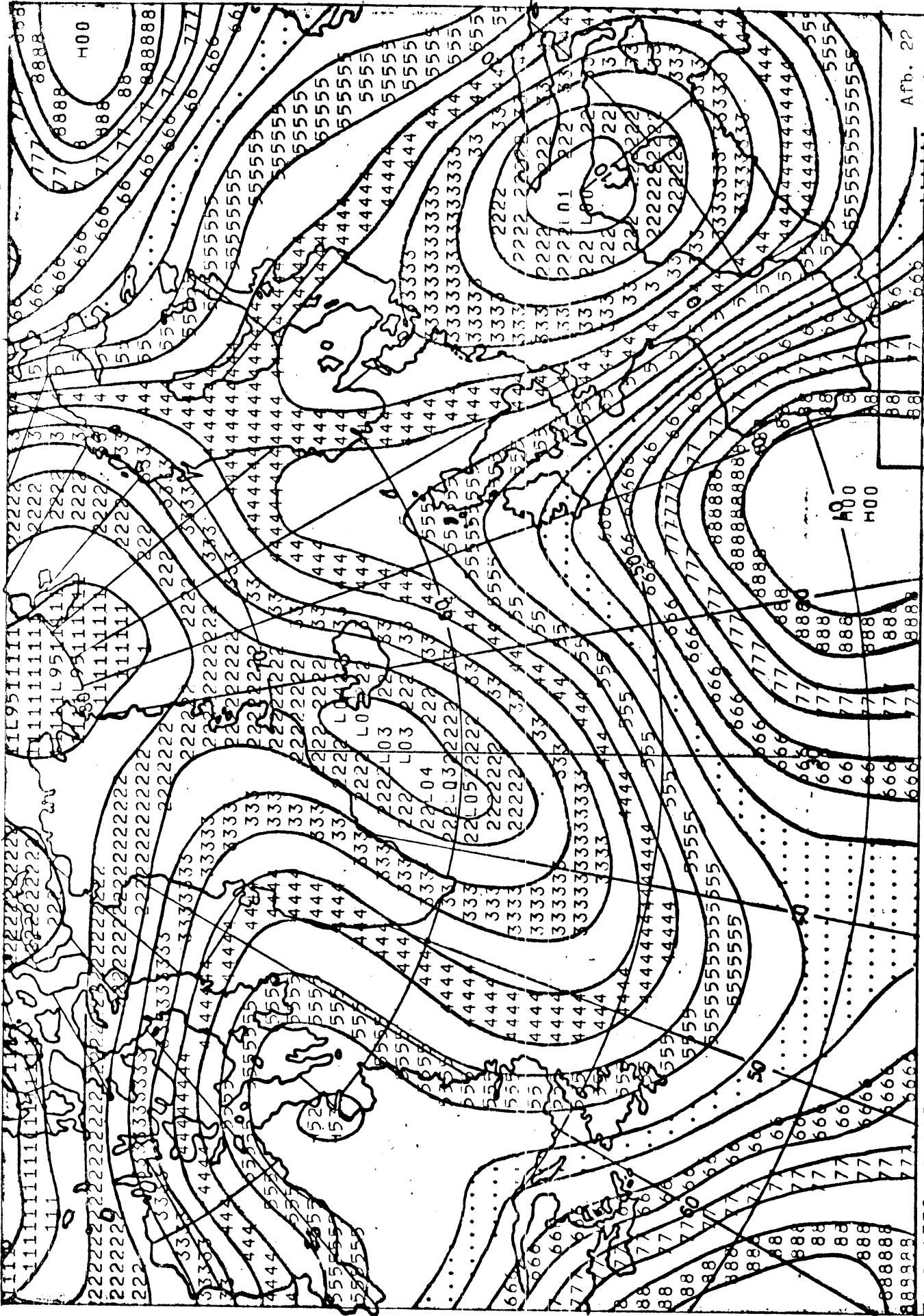


1648 STIPPEBAND CAN +552 TOT +558 PROG 250371 0 +72 500 VBAR ABS 007 Bks-2000 Afb. 20



PROG 250371 0 +72 500 MBAR ABSOLUJT Bks-1800

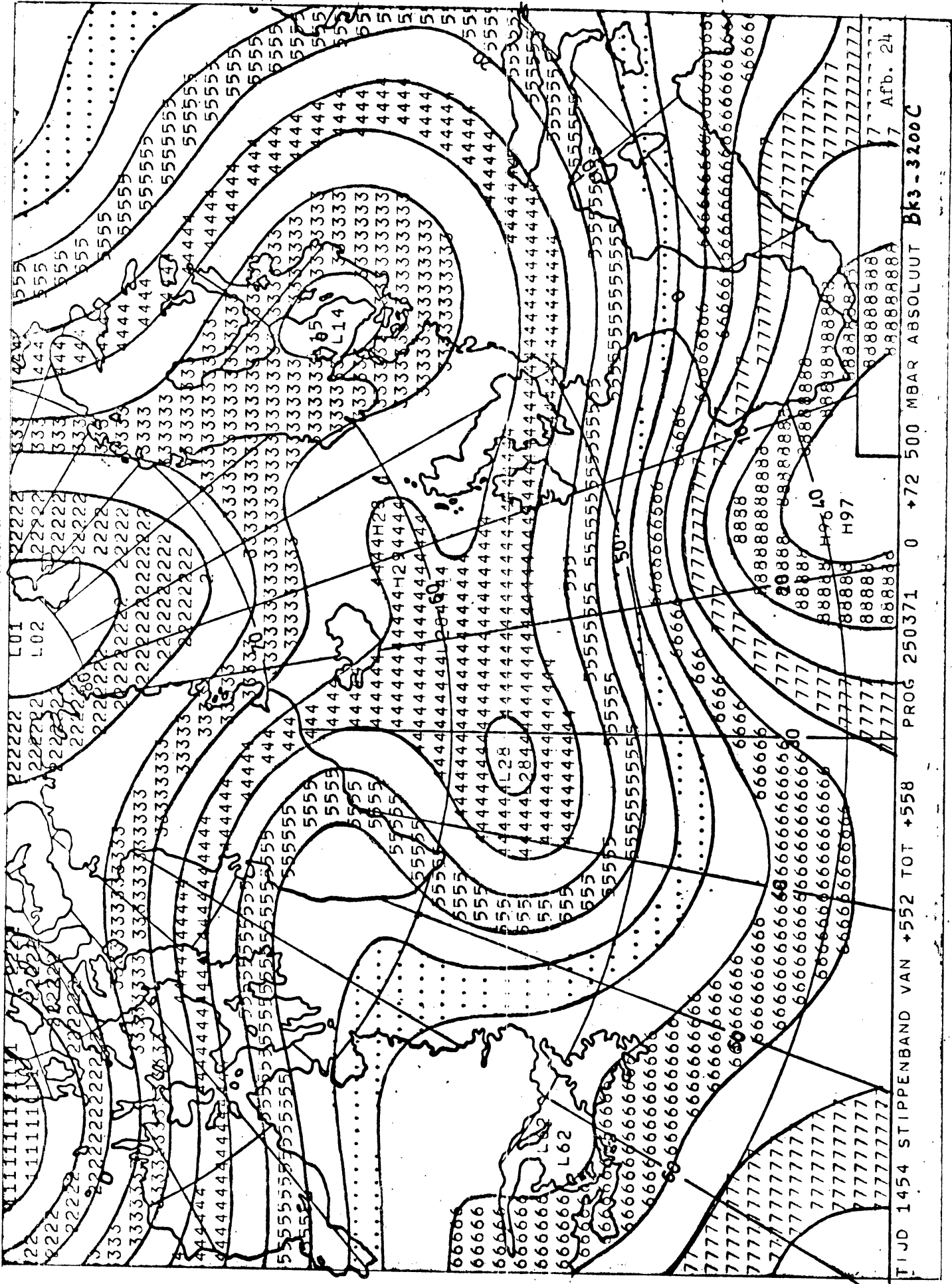
Afb. 21



TIJD 1538 STIPPENBAND VAN +552 TOT +558 PROG 250371 0 +72 500 MBAR ABSOLUUT

Bks-1650

Afb. 22

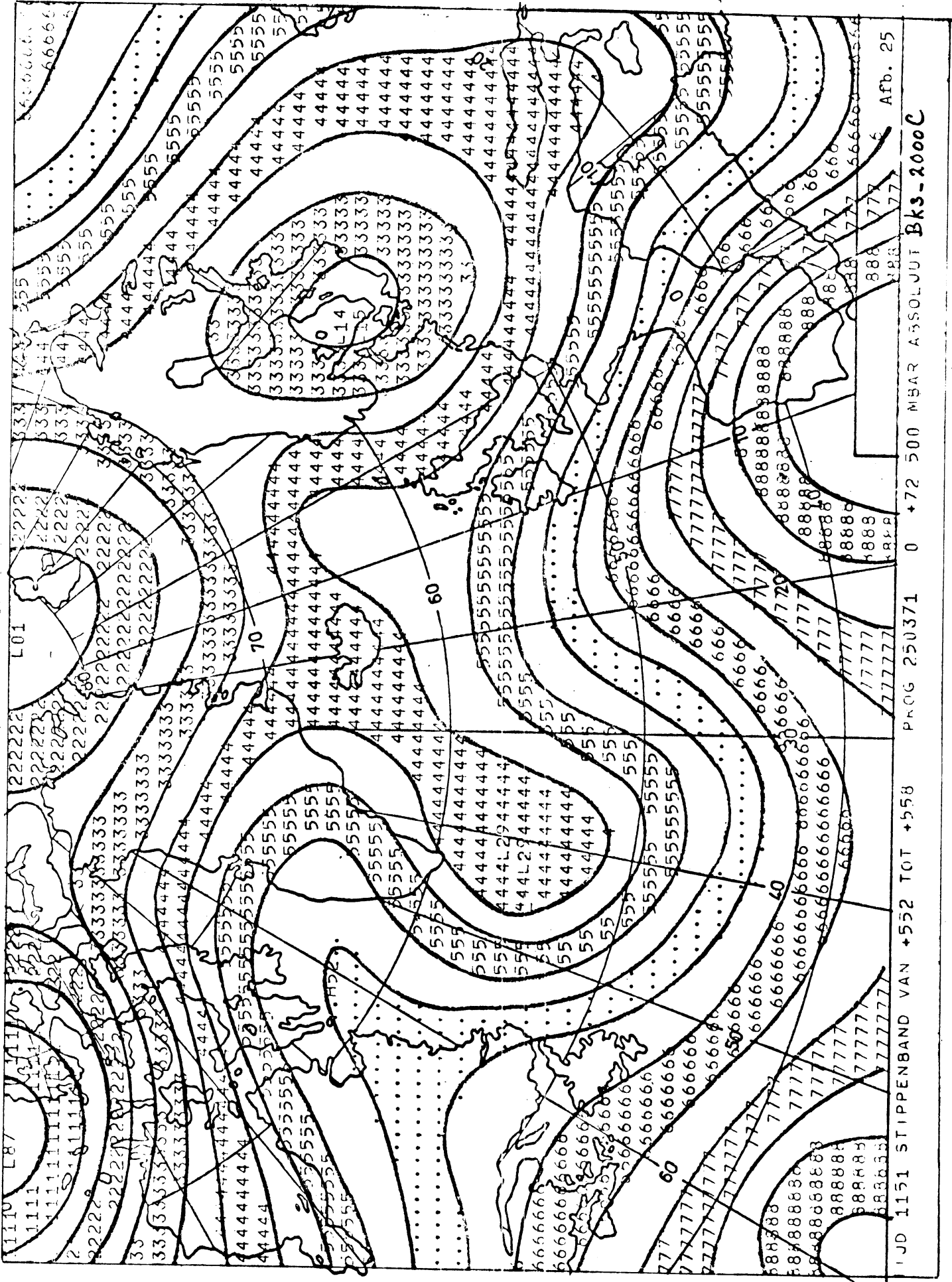


TJD 1454 STIPPENBAND VAN +52 TOT +558

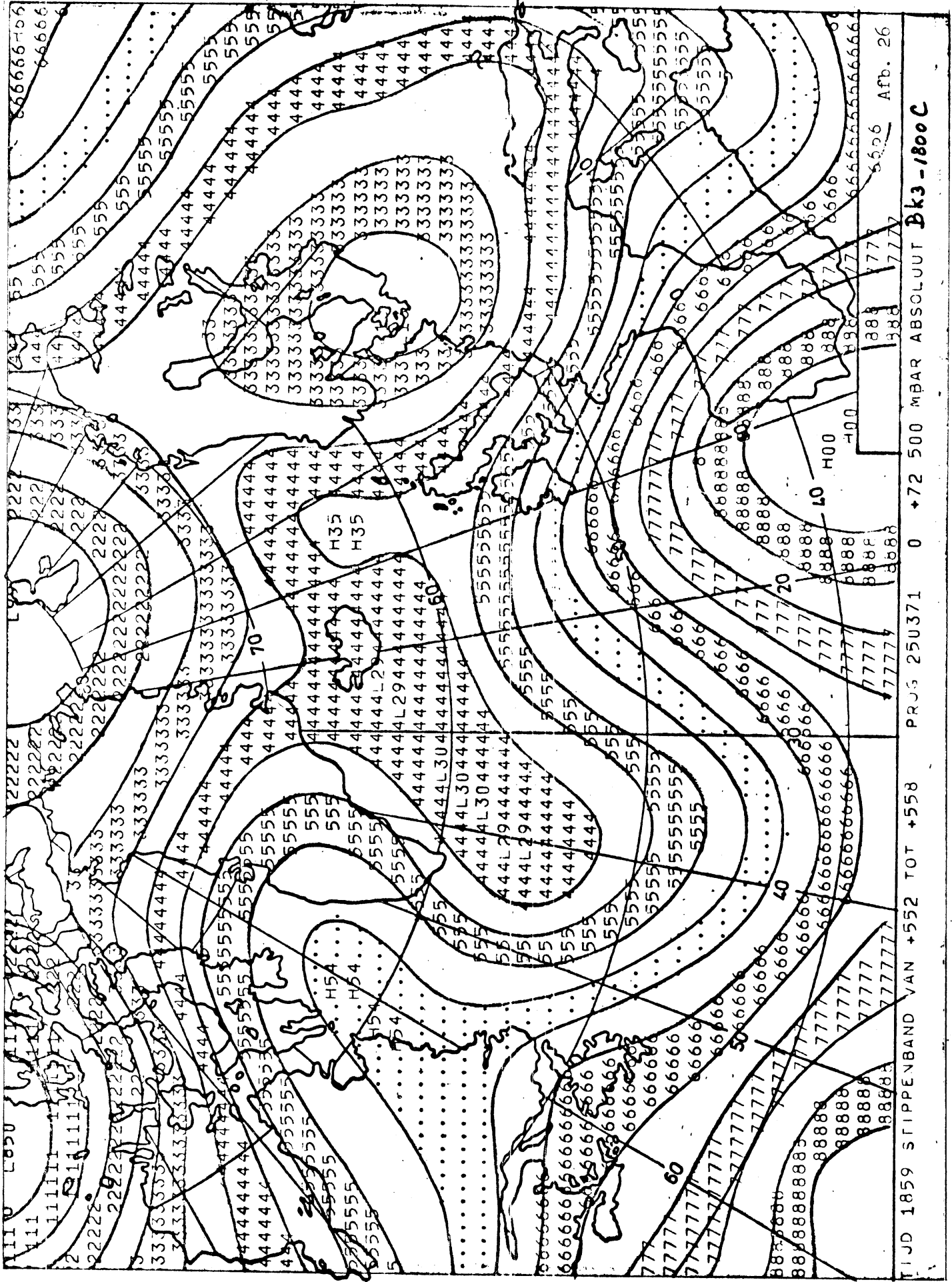
PROG 250371 0 +72 500 MBAR ABSOLUUT

Bks - 3200C

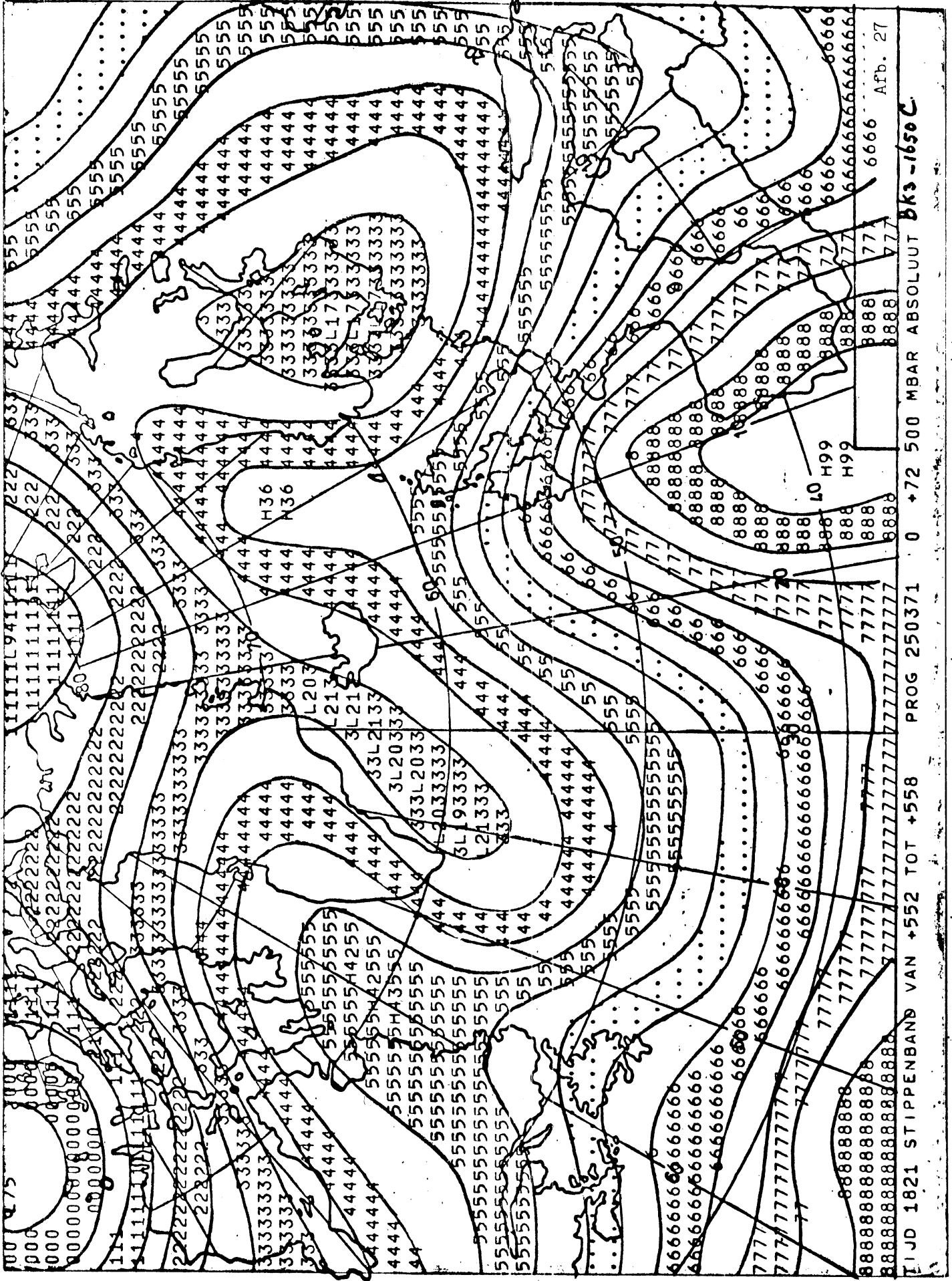
7 Afb. 24



IJD 1151 STIPPENBAND VAN +552 TOT +558 PROG 250371 0 +72 500 MBAR ABSOLUUT Bks-2000C 6 Afb. 25

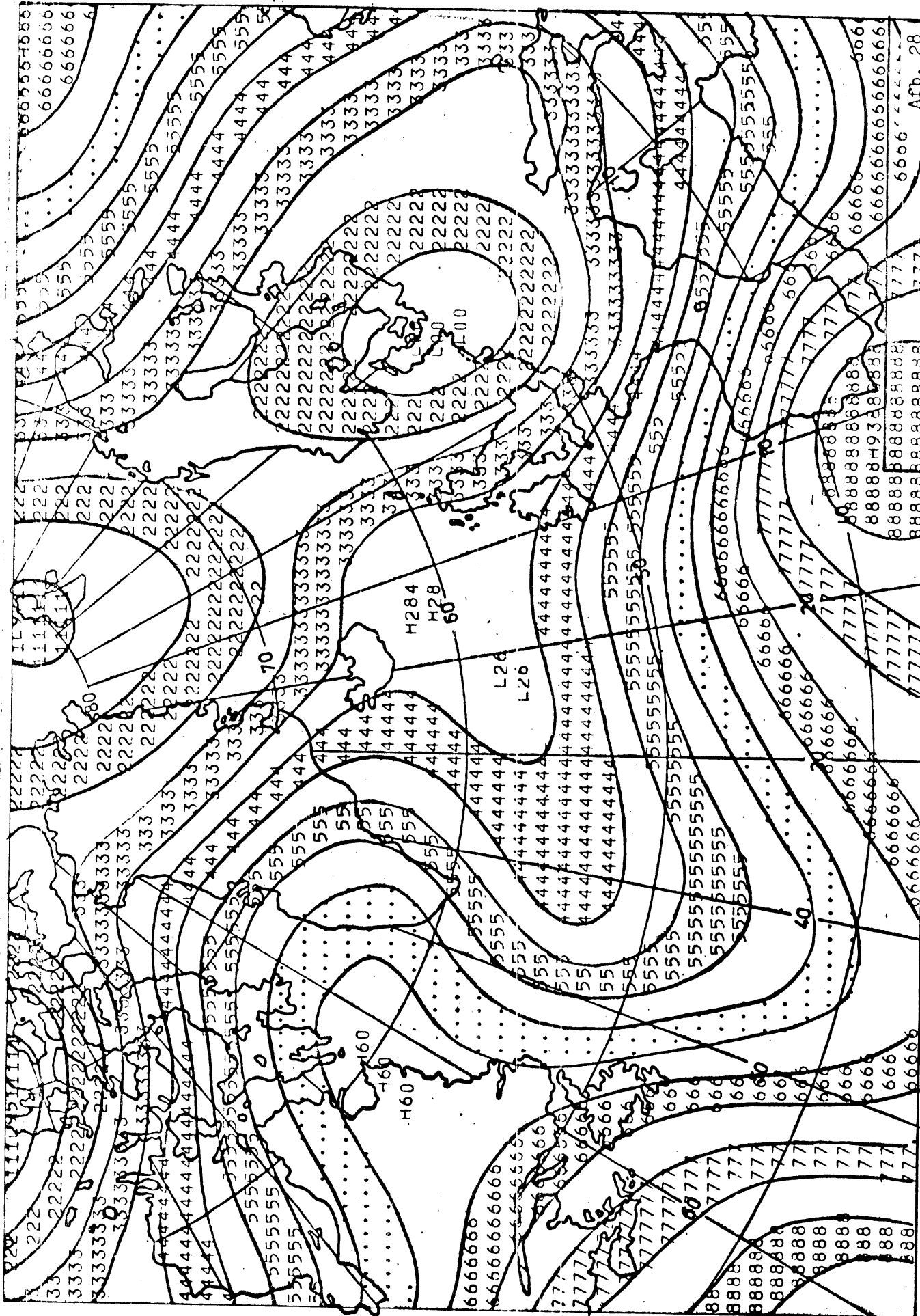


TUJD 1859 STIPPENBAND VAN +552 TOT +558 PRUG 250371 0 +72 500 MBAR ABSOLUUT Bk3-1800C



Afb. 27

IJD 1821 STIPPENBAND VAN +52 TOT +58 PROG 250371 0 +72 500 MBAR ABSOLUUT Bks -1650C



T I J D 1638 STIPPENBAND VAN +552 TOT +558 PROG 250371 0 +72 500 MBAR ABSOLUUT Bk3 -1600C Afb. 28

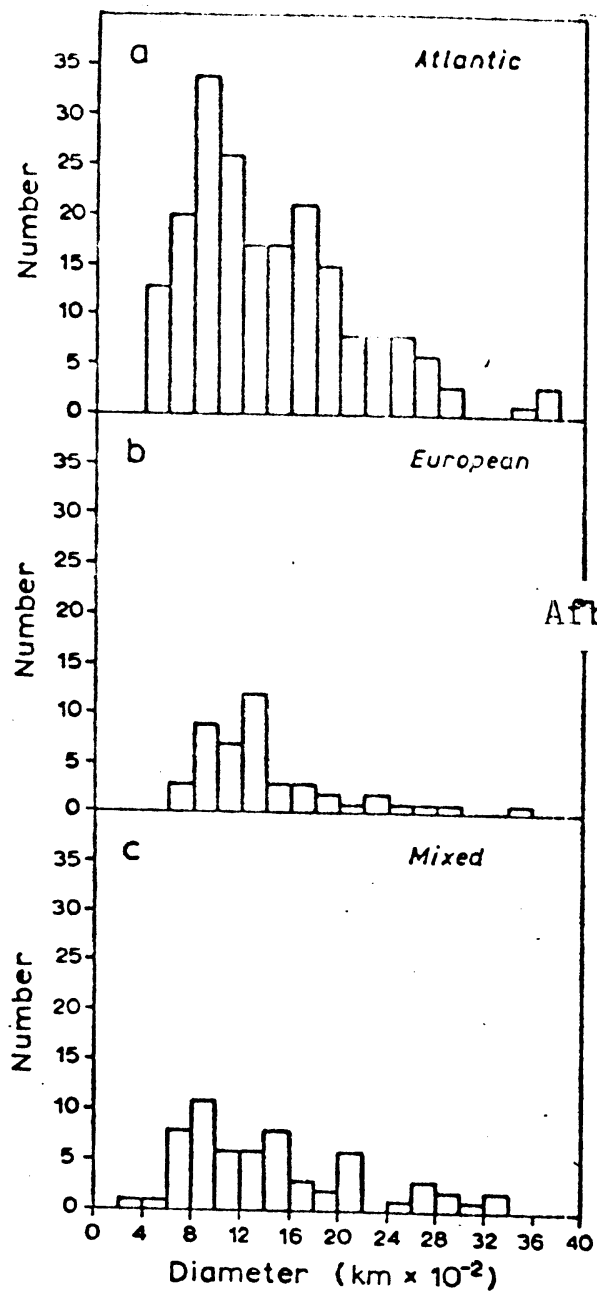


Abb. 29 Numbers of depressions in different diameter ranges

Afb. 30

Aantal depressies als functie van de diameter.
(sommering van de delen a, b en c van afb. 29)

