

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCHE INSTITUUT

De Bilt

Verslagen

V - 256

H. ten Kate en B. Zwart

De storm van 2 april 1973

De Bilt, 1974

Publikationsnummer: K.N.M.I. V-256 (K.D.)

U.D.C.: 551.553.8

## De storm van 2 april 1973

door

H. ten Kate en B. Zwart

### 1. Inleiding

Op maandag 2 april 1973, nauwelijks vijf maanden na de zeer zware storm van 13 november 1972 <sup>1)</sup>, werd ons land opnieuw door een vrijwel even zware storm geteisterd. De depressie die deze storm veroorzaakte, gedroeg zich ongeveer hetzelfde als die van storm I <sup>2)</sup>. Er waren echter ook verschillen waarvan het belangrijkste was dat de omvang van het stormveld van storm II veel kleiner was dan dat van storm I. In feite is op 2 april 1973 uitsluitend Nederland door de storm geteisterd (zie figuur 1); buiten onze grenzen werden alleen het uiterste Oosten van Engeland, de kusten van het Engelse Kanaal, Vlaanderen en het Noordwesten van Duitsland getroffen maar de windsnelheid was in die streken over het algemeen minder groot dan in Nederland.

De opzet van dit verslag is ongeveer dezelfde als die van het verslag van de storm van 13 november 1972. Ook nu neemt de beschrijving van de weersomstandigheden, gekoppeld aan de beschrijving van de algemene verdeling van de luchtdruk, het grootste deel in beslag. Tevens is er aandacht aan geschonken in hoeverre er tijdig voor deze storm is gewaarschuwd. De aangerichte schade alsmede de zeldzaamheid van de storm worden eveneens besproken. Aan de metingen van de windsnelheid en aan het bepalen van de vlagfactor is in het verslag over storm I uitvoerig aandacht besteed; het is evenwel gebleken dat er nog behoefte bestaat aan een meer algemene korte beschouwing over het schatten en het meten van de windsnelheid, speciaal in verband met het gebruik van de Beaufortschaal. Aan dit onderwerp zal in het aanhangsel aandacht worden geschonken.

---

1) H. ten Kate en B. Zwart, De storm van 13 november 1972 (KNMI verslagen V-248).

H. ten Kate, De stormen van 13 november 1972 en van 2 april 1973, De Zee 2, 331, 1973.

2) Storm I is de storm van 13 november 1972, storm II die van 2 april 1973.

## 2. De stormdepressie

Als twee zeer zware stormen minder dan een half jaar na elkaar komen, kan het niet anders of er worden vergelijkingen gemaakt, temeer, omdat er tal van punten van overeenkomst zijn op te merken, vooral voorzover het de veroorzaker  $\tau$  de stormdepressie - betreft. Enkele van die punten zijn:

- a. Beide depressies ontstonden ten oosten van New Foundland.
- b. Beide depressies ontstonden dicht bij het front van een vrijwel stationaire moederdepressie die zich in uit de subtropen afkomstige lucht bevond. In dit front tussen tropische en polaire lucht ontstond een golf die zich naar het oosten verplaatste.
- c. Beide depressies volgden vrijwel dezelfde baan (zie figuur 2).
- d. Beide depressies begonnen zich op vrijwel dezelfde plaats sneller uit te diepen.
- e. Beide depressies bereikten op vrijwel dezelfde plaats de grootste diepte.

Maar er waren ook enkele belangrijke verschillen:

- a. Bij storm II ontwikkelde de storm zich uitsluitend in de trog aan de zuid- en westzijde van de depressie; tijdelijk bevond zich in deze trog een afzonderlijke kern van de depressie. Bij storm I daarentegen was het vooral de storm in de warme sector die schade aanrichtte, later gevolgd door de storm bij de trog waarin de verschillen in luchtdruk eveneens zeer groot waren.
- b. Bij storm II was de tijd waarin de storm zich ontwikkelde, belangrijk korter dan bij storm I. De omvang van het stormveld was dan ook nogal verschillend, bij storm I reikte het (in de warme sector) van Ierland tot diep in Polen en bij storm II (bij de trog) van de oostkust van Engeland tot de westkust van Denemarken. Bij storm II kon in de warme sector, die zich veel sneller occludeerde dan bij storm I, nauwelijks van een stormveld worden gesproken.

De stormdepressie van 2 april 1973 ontstond boven de Atlantische Oceaan in het gebied begrensd door de meridianen van 40 en 45 graden westerlengte en door de breedtecirkels van 45 en 50 graden noorderbreedte. Dit is precies hetzelfde gebied als dat waar de stormdepressie van storm I was ontstaan. De ontwikkeling die gepaard ging met een golf in het polaire front, verliep op analoge wijze. Het tijdstip van ontstaan van de depressie was vermoedelijk 1 april 1973 tussen 13 en 16 uur <sup>1)</sup>.

---

1) Alle tijden in M.E.T.

De snelheid waarmee de depressie zich naar het oosten verplaatste, was minder regelmatig dan die van de depressie van storm I (zie figuur 2). Er zijn aanwijzingen dat de depressie op 2 april omstreeks 13 uur bij het weerschip J zich belangrijk minder snel heeft bewogen. Daarna bedroeg de snelheid ongeveer 90 km/h, maar boven de Britse Eilanden verminderde de snelheid tot 50 km/h. Even ten westen van de Waddeneilanden was de snelheid enige tijd nog iets kleiner. Boven Noord Duitsland liep de snelheid weer tot ongeveer 60 km/h op om daarna nagenoeg constant te blijven. De vertraging in de beweging zal verband hebben gehouden met het belangrijk dieper worden van de depressie.

Het verloop van de luchtdruk in de kern van de depressie (zie figuur 3) was vrijwel identiek met dat in de depressie van storm I. Daarmee beantwoorden beide "barogrammen" aan de gedaante van een gemiddeld barogram van een stormdepressie; dit wordt achtereenvolgens gekenmerkt door:

- a. een langzaam dalen van de luchtdruk gedurende het eerste halve etmaal van het bestaan van de depressie;
- b. een sneller dieper worden met ongeveer 2 mbar per uur;
- c. een onregelmatigheid waarbij het dalen van de luchtdruk tot bijna nul wordt gereduceerd;
- d. een snel dieper worden met 2, later met 3 mbar per uur totdat de laagste waarde van de luchtdruk in de kern is bereikt.

Bij de depressie die storm II veroorzaakte, was de onregelmatigheid in het dalen van de luchtdruk boven Ierland op te merken. De laagste waarde van de luchtdruk in de kern bedroeg 968 mbar, een waarde die op 2 april 1973 even na 13 uur op een plaats 150 km ten noordwesten van Den Helder werd bereikt. Daarna steeg de luchtdruk in de kern regelmatig met bijna 2 mbar per uur. Dat de depressie van storm II niet zo'n lage waarde van de luchtdruk heeft bereikt als die van storm I, is voornamelijk hierin gelegen dat storm II zich afspeelde in een luchtdrukveld met een gemiddeld 15 tot 20 mbar hogere luchtdruk (zie figuren 4 en 5).

### 3. Het stormveld

Evenals in het verslag van storm I is ook hier uitgegaan van de door de Wereldorganisatie voor Meteorologie (W.M.O.) gegeven indeling van windsnelheden waarbij de stormgrens gelegd wordt bij de windsnelheid van 20 m/s of 72 km/h (windkracht 9). Van storm kon voor het eerst worden gesproken toen het centrum van de depressie zich boven Ierland bevond; het stormde toen in een vrij beperkt gebied ten westen en ten zuiden van Ierland en aan de ingang van het Engelse Kanaal (zie figuur 1). Zoals reeds

eerder opgemerkt, is in de warme sector van de depressie nauwelijks van een stormveld sprake geweest, windkracht 9 en meer kwam vrijwel uitsluitend voor aan de west- en aan de zuidwestkant van het centrum van de depressie, d.w.z. in de buurt van de trog. Evenals bij storm I is er als gevolg van de grotere wrijving geen sprake van gemiddelde windsnelheden van 20 m/s en meer boven Ierland en Engeland. Een stormveld met windsnelheden van 25 m/s ontwikkelde zich boven de Noordzee, even buiten de Engelse kust. Het centrum van de depressie bevond zich toen al halverwege de Noordzee, op ongeveer 100 km ten noordnoordwesten van Den Helder. Kort na 17 uur bereikte de depressie de Waddeneilanden, zoals op het kaartje van figuur 9 is te zien. Boven Noordholland bevond zich toen reeds een afzonderlijk centrum van lage druk dat boven de Noordzee in de trog van de depressie was ontstaan. De schade veroorzakende winden kwamen vooral aan de zuidzijde hiervan voor en ook aan de westzijde; de windrichting was daar tussen west en noord. Boven land was het grootste gemeten uurgemiddelde van de windsnelheid 28 m/s (windkracht 11) zoals te IJmuiden en te Lelystad is geregistreerd. Dit is even groot als het grootste uurgemiddelde, gemeten tijdens storm I; toen werd het te Hoek van Holland en te IJmuiden geregistreerd. De boven zee geregistreerde grootste uurgemiddelden waren 30 m/s op de meetpaal op de Texelhors en 29 m/s op de meetpaal, 2 km uit de kust vóór Katwijk. Ook op het licht-eiland Goeree werd een zo grote gemiddelde snelheid geregistreerd. Op de lichtschepen Texel en Terschellingerbank werden de maximale gemiddelde windsnelheden geschat op resp. 29 en 28 m/s. Al deze windsnelheden komen overeen met kracht 11 volgens de Beaufortschaal.

Boven ons land woei de wind het minst hevig in Zuid-Limburg waar het grootste uurgemiddelde van de windsnelheid 14 m/s bedroeg, dit is 2 m/s minder dan tijdens storm I.

Een analyse van de windsnelheid is in de figuren 5 en 6 te vinden. Het valt op dat er twee gebieden zijn waarin het verschil in windsnelheid tussen storm I en storm II groot is: in de zuidelijke provincies met inbegrip van het rivierengebied was de gemiddelde snelheid tijdens storm II over het algemeen groter, in het gebied van de grote rivieren zelfs wel 3 m/s groter dan tijdens storm I. Daarentegen was de windsnelheid in het Noordoosten van het land over het algemeen kleiner dan op 13 november 1973. De stormgrens werd op 2 april 1973 in ons land het eerst overschreden te 15 uur en wel ongeveer gelijktijdig te Vlissingen en te Hoek van Holland, korte tijd later ook te IJmuiden. Vooral boven Zeeland en Zuidholland wakkerde de wind in de nu volgende twee uren snel aan. Dit hield verband met

het feit dat zich aan de zuidzijde van de trog van de depressie een gebied met een grote gradient van de luchtdruk ontwikkelde; in de trog ontstond vermoedelijk een afzonderlijke kern die zich dwars over Noordholland en over het IJsselmeer naar de Noordoostpolder verplaatste om zich vervolgens boven Zuidoost Friesland met de hoofdkern van de depressie te versmelten.

Op de kaartjes van de figuren 8 tot en met 11 is deze ontwikkeling te volgen. De gradient van de luchtdruk werd als gevolg van deze gang van zaken in het Noorden van het land zeer klein zodat daar enige tijd zeer weinig wind stond, soms was het zelfs windstil. Aan de westzijde van de depressie stond toen al een storm kracht 10 of 11 zodat er langs de Waddenkust een plotselinge overgang plaats vond van windstilte naar zware storm. Het centrum van de depressie zelf trok tussen 17 en 18 uur vrijwel recht over Vlieland. Het een en ander blijkt uit de geanalyseerde weerkaartjes maar ook uit de winddiagrammen van op de Waddeneilanden geplaatste windmeters waarvan er in figuur 14 een is afgebeeld. Direct om het centrum van de depressie heen is de gradient van de luchtdruk uiterst klein, als regel begint het gebied met grote gradient pas op enkele tientallen kilometers afstand van het punt met de laagste luchtdruk. Vandaar, dat het stormveld op de Waddeneilanden pas ongeveer één uur na het passeren van de kern van de depressie aankwam waarbij de windsnelheid in enkele minuten toenam van 6 à 7 m/s tot gemiddeld 20 m/s.

Het gebied met een zeer grote gradient van de luchtdruk (waar de isobaren dus dicht bij elkaar liggen) bevond zich aan de zuidzijde van de trog. Dit gebied is op de kaartjes van de figuren 7 - 13 duidelijk te volgen. Het beweegde zich voornamelijk over Zuidholland, Utrecht, Gelderland en Noordbrabant naar het oosten hoewel ook elders in de zuidelijke provincies en vooral in Zeeland van een zware storm kon worden gesproken. Met een pijl is in de figuren 5 en 6 ongeveer de ligging van de baan aangegeven waarlangs het maximum van de windsnelheid aan de zuidzijde van de trog zich heeft verplaatst. De zware storm in Noordholland en op de Waddeneilanden hield verband met de grote gradient van de luchtdruk die ontstond toen de luchtdruk aan de achterzijde (westzijde) van de naar het oosten trekkende depressie zeer snel begon te stijgen.

In Duitsland heeft de storm vooral langs de Waddenkust gewoed, op het eiland Norderney werd een gemiddelde windsnelheid van 27 m/s en een maximale windsnelheid van 38 m/s geregistreerd. In Cuxhaven waren de analoge waarden 25 en 37 m/s. Verder naar het oosten toenam de gemiddelde windsnelheid zeer snel af, boven Oost Duitsland was zij in het algemeen niet groter dan 13 m/s. Alleen aan de zuidzijde van de trog van de depressie was het gebied nog enige tijd te volgen waarin in ons land grote windsnelheden voorkwamen

en waarin in het deltagebied en in de streek van de grote rivieren veel schade werd aangericht; dit gebied is in Duitsland met name in het Ruhrgebied nog enige tijd te volgen. Te Bocholt, Essen, Düsseldorf en Aken bedroegen de grootste gemiddelde windsnelheden resp. 17, 18, 21 en 16 m/s, de maximale snelheden resp. 30, 28, 32 en 28 m/s. In de streken tussen het Waddengebied en het Ruhrgebied waren de windsnelheden aanmerkelijk kleiner, gemiddeld 14 m/s te Emden, 13 m/s te Lingen en 12 m/s te Münster. De maximale snelheden liepen daar uiteen van 26 tot 29 m/s. Ook elders in Duitsland was storm II van veel minder betekenis dan storm I.

#### 4. Waarschuwingen voor de storm

De wind- en stormwaarschuwingdienst streeft ernaar de waarschuwingen te doen uitgaan 6 tot 12 uur voordat de in de waarschuwing genoemde windkracht wordt verwacht. Bij storm I werd de stormgrens (gemiddelde windsnelheid 20 m/s, dit is 9 Beaufort) het eerst bereikt te Vlissingen op 13 november 1972 te 3 uur, dit is 13½ uur na de waarschuwing voor deze windkracht. Bij storm II werd de stormgrens eveneens te Vlissingen het eerst bereikt en wel op 2 april 1973 te 15 uur, dit is 6½ uur nadat voor deze windkracht was gewaarschuwd.

De waarschuwingen gelden voor het zeegebied langs de kust, voor de zee-gaten en voor de havenmondingen. Zij kunnen dus niet worden gebruikt als waarschuwingen voor een bepaalde windkracht in streken landinwaarts.

In onderstaande tabel is aangegeven op welke tijdstippen waarschuwingen zijn uitgegaan alsmede welke waarschuwingen aan ieder district afzonderlijk zijn gegeven. De zes districten waarin het gebied is ingedeeld bij de wind- en stormwaarschuwingdienst, zijn: Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden, IJsselmeer, Texel en Rottum.



Datum	tijd	Vliss.	H.v.H.	IJmui.	IJsselm.	Texel	Rottum
1 apr. 1973	23.30	Z-ZW 8	Z-ZW 8	Z-ZW 8	Z 7	Z 7	-
2 apr. 1973	3.00	Z-ZW 8	Z-ZW 8	Z-ZW 8	Z-ZW 8	Z-ZW 8	Z-ZW 8
	8.30	ZW 9	ZW 9	ZW 9	ZW 9	ZW 9	ZW 9
	11.30 <sup>1)</sup>	NW 10	NW 10	NW 10	NW 10	NW 10	NW 10 <sup>1)</sup>
	14.30	NW 11	NW 11	NW 11	NW 11	NW-N 12	NW-N 12
	17.45	NW 11	NW 11	NW-N12	NW-N 12	NW-N 12	NW-N 12
	22.30	NW 9	NW 9	NW 10	NW 10	NW 10	NW-N 11
	3 apr. 1973	1.30	NW 9	NW 9	NW 9	NW 9	NW 9
	3.00	NW 9	NW 9	NW 9	NW 9	NW 9	NW 9
	8.45	NW 8	NW 8	NW 8	NW 8	NW 8	NW 8
	11.30	NW 7	NW 7	NW 7	NW 7	NW 7	NW 8
	15.00	-	-	-	-	-	NW 7
	19.30	-	-	-	-	-	-

#### 5. De schade

De schade die door de storm werd aangericht, was groot hoewel over het algemeen minder groot dan die van storm I. Ook nu weer moesten miljoenen bomen het ontgelden en dat terwijl de ravage na storm I nog niet was opgeruimd. Vooral de Utrechtse en de Veluwe bossen werden ditmaal zwaar geteisterd. Het aantal bomen dat niet tegen deze storm bestand bleek te zijn, was ongeveer de helft van het aantal dat tijdens storm I sneuvelde. Uit een onderzoek van het Landbouw-Economisch Instituut naar de schade in de landbouw<sup>2)</sup>, blijkt dat storm II de Alblasserwaard, de Vijfherenlanden en het rivierkleigebied het zwaarst heeft getroffen. Ook elders in Zuidholland was de schade groot evenals in Noordholland, dit in tegenstelling tot de schade die door storm I werd aangericht en die vooral in het Noorden van het land werd teweeggebracht.

Dank zij het feit dat de storm van betrekkelijk korte duur was, is de schade aan zeekeringen over het algemeen meegevallen; alleen op Zuidbeveland werd schade van betekenis aangericht aan de dijken langs de Westerschelde.

1) Alle districten: ZW 9, ruimend naar NW 10.

2) Th.J. Snoek, Omvang en verdeling van de schade in de landbouw als gevolg van de novemberstorm. Mededelingen en overdrukken van het LEI no. 99.

Th.J. Snoek, De stormschade in de landbouw van 2 april 1973. Mededelingen en overdrukken van het LEI no. 105.

Wel kwamen op zee schepen in moeilijkheden, o.a. werd op de Noordzee de buiten de territoriale wateren liggende "Veronica", een zenderschip, van zijn ankers geslagen waardoor het op drift raakte; vervolgens is het in Scheveningen hoog op het strand geworpen.

Ook nu weer hadden vele gebouwen zwaar te lijden; de schade aan monumenten werd geschat op 2½ miljoen gulden, dit is ongeveer het vierde gedeelte van de schade die door storm I was aangericht. De meldingen van schade kwamen nu uit het gehele land en niet vooral uit de noordelijke provincies zoals direct na storm I het geval was.

Het aantal doden dat de storm tot gevolg had, bedroeg in Nederland 3, in Engeland eveneens 3. Ook in West Duitsland zijn enkele doden gevallen, o.a. toen een trein bij Münster door een omvallende boom werd getroffen.

#### 6. De zeldzaamheid

Ten slotte moet hier nog iets over de zeldzaamheid van de storm worden gezegd. Men kan zich de vraag stellen hoe vaak een dergelijke storm is te verwachten in het gehele jaar en ook uitsluitend in april. Uiteraard is een dergelijke storm minder zeldzaam als het gehele jaar wordt beschouwd dan wanneer alleen april in de beschouwing wordt betrokken. De nadruk zij er hier op gelegd dat men aan de gegevens van onderstaande tabel geen absolute waarde mag toekennen; het zijn schattingen die verkregen zijn uit een reeks metingen ter lengte van minder dan een halve eeuw en veelal met verschillende typen van instrumenten die niet steeds in dezelfde omgeving waren opgesteld.

Het schatten van de gemiddelde herhalingstijd kan wel eens zeer moeilijk zijn zoals uit het volgende blijkt.

In Den Helder is op 7 april 1943 een grootste uurgemiddelde van 31 m/s geregistreerd, op 2 april 1973 van 29 m/s, zoals is geschat uit registreringen op het Marinevliegkamp "De Kooy" en op de paal op de Texelhors. Deze twee waarden wijken zo sterk af van de grootste uurgemiddelden in andere aprilstormen, dat men zou kunnen zeggen dat ze niet in het geheel van de metingen passen. Dergelijke grote snelheden blijken in april zo zelden voor te komen, dat het vrijwel niet mogelijk is een betrouwbare schatting te maken van de frequentie ervan. De herhalingstijd zal gemiddeld ergens tussen de 400 en de 10 000 jaar liggen. Als alle maanden van het jaar in de beschouwingen worden betrokken, kan men zeggen dat een uurgemiddelde van de windsnelheid van 29 m/s slechts eenmaal in de gemiddeld 75 jaar is te verwachten.

	grootste uurgemiddelde windsnelheid	gemiddelde herhalings-tijd april	
Den Helder	29 m/s	400 jaar	75 jaar
Eelde	19½ m/s	50 jaar	3 jaar
De Bilt	21 m/s	450 jaar	8 jaar
Vlissingen	26 m/s	150 jaar	7 jaar
Zuid-Limburg	14 m/s	50 jaar	2 jaar

De tabel is geheel analoog met die in het verslag van storm I, ook nu weer zijn de gegevens afkomstig van Dr. P.J. Rijkoort.

Nog veel zeldzamer is het dat twee van dergelijke zeer zware stormen als die van 13 november 1972 en van 2 april 1973 zo dicht of nog dicht na elkaar komen. Het is echter nauwelijks mogelijk de kans op een dergelijk zeldzaam gebeuren te schatten. Om een orde van grootte aan te geven: men zou moeten denken aan een gemiddelde herhalings-tijd van duizend jaar of meer. Hierbij moet wel een voorbehoud worden gemaakt. Er is namelijk verschil tussen de kans dat in de komende jaren twee zware stormen zullen voorkomen en de kans op een tweede zware storm als er reeds een is geweest. Om een voorbeeld te geven: indien de kans op een zware storm op eenmaal in de 100 jaar zou kunnen worden gesteld, dan zou de kans op twee zware stormen eenmaal in de 10 000 jaar zijn, maar de kans op een tweede zware storm als er reeds een is geweest, is dan toch weer nagenoeg eenmaal in de 100 jaar. Het voorkomen van dergelijke zware stormen is namelijk niet afhankelijk van elkaar, alleen onmiddellijk na een storm is de kans op een volgende storm iets groter. 1)

---

1) P.J. Rijkoort, Eenling- en tweeling-stormen. Hemel en Dampkring 56, 90, 1958.

## AANHANGSEL

### Het schatten en het meten van de windsnelheid <sup>3)</sup>

De belangstelling voor de wind is van oorsprong in de zeevaart het grootst geweest. Vooral enkele eeuwen geleden, toen scheepvaart nog identiek was met zeilvaart, was de wind de allesoverheersende factor als men zich over zee diende te verplaatsen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de zeelui het eerst hebben gedacht aan de mogelijkheid om een methode te vinden om de windsnelheid te schatten, ervan uitgaande, dat er voor elk voorwerp een betrekking bestaat tussen de windsnelheid en de op het voorwerp uitgeoefende windkracht. Daarop gebaseerd heeft de Engelse admiraal Beaufort in 1805 grondslagen opgesteld van een methode om de windsnelheid te schatten. Hij gaf zich rekenschap van de krachten die een oorlogsschip voortstuwden; deze waren afhankelijk van het oppervlak van de gehesen zeilen. Elk schaaldeel van de Beaufortschaal die van 0 tot 12 loopt, gaf oorspronkelijk een windkracht of windsterkte aan; later heeft men kunnen vastleggen welke windsnelheden met ieder schaaldeel corresponderen.

De zeilvaart werd vervangen door de stoomvaart en toen men het dus zonder zeilen moest stellen, werd men min of meer automatisch gedwongen de invloed na te gaan die de wind op het zeeoppervlak heeft, gesteld dat men iets over de windkracht wil weten. Zo is de Petersen-schaal ontstaan. Ieder schaaldeel van de Beaufortschaal is gecorreleerd met een bepaalde toestand van de zee en omgekeerd kan men uit de toestand van de zee dus de windkracht afleiden. Doordat metingen van de windsnelheid aan boord van een zich verplaatsend schip uiterst moeilijk zijn, vooral omdat een schip het windveld sterk verstoort, vindt het schatten van de windkracht uit de toestand van de zee nog steeds op alle wereldzeeën plaats. Vervolgens heeft men de schattingen van de windkracht volgens de Beaufortschaal gecorreleerd met metingen van de windsnelheid; daaruit is het verband tussen windkracht en windsnelheid afgeleid zodat nu ook schepen in de weerrapporten niet meer de windkracht maar de windsnelheid vermelden.

Het is in de loop der jaren gebleken dat de zeelieden de windsnelheid vrij nauwkeurig kunnen bepalen met behulp van de schaal van Beaufort. Men mag echter nooit uit het oog verliezen dat het hierbij om schattingen gaat.

---

3) Dit aanhangsel werd kritisch doorgelezen door Drs. C.G. Korevaar.

Daarbij komt, dat de toestand van de zee bij een bepaalde windsnelheid niet geheel onafhankelijk is van het verschil in temperatuur tussen de lucht en het zeewater; is de temperatuur van de lucht lager, dan ontstaan als regel iets hogere golven en zal dus ook een iets grotere windkracht worden geschat dan wanneer het tegengestelde het geval is. Desondanks zijn de schattingen zo goed dat men over het algemeen mag aannemen dat ze minder dan één schaaldeel Beaufort fout zijn. Dit betekent dus dat een schatting van b.v. 7 Beaufort dient te worden geïnterpreteerd als te zijn 6 tot 8 Beaufort. Op de volgende pagina is de Beaufortschaal vermeld.

Uiteraard is ook getracht een Beaufortschaal samen te stellen die te land kan worden gebruikt. De beschrijving van de toestand van de zee is dan vervangen door een beschrijving van de toestand in de natuur zoals deze is bij ieder schaaldeel van de Beaufortschaal afzonderlijk. Vooral de bewegingen van bomen door de wind zijn daarin betrokken. Op deze wijze is de windschaal ontstaan die door het KNMI dagelijks wordt verstrekt als bijlage bij het antwoord op een brief waarin naar de windsnelheid op een bepaald ogenblik en op een bepaalde plaats wordt gevraagd. Meer dan een indruk van de windsnelheid kan deze schaal, die eveneens op een der volgende pagina's is afgedrukt en die vanzelfsprekend uitsluitend gemiddelde snelheden bevat, niet geven.

De vraag is meer dan eenmaal naar voren gekomen waarom de windsnelheid door het KNMI vrijwel steeds in meter per seconde (m/s) wordt opgegeven terwijl het verband tussen de schaaldelen Beaufort en de windsnelheid bekend is. De Beaufortschaal moge dan zeer praktisch zijn bij het geven van een globale schatting van de windsnelheid op een bepaald tijdstip, de zo veel nauwkeuriger metingen kan deze nooit vervangen. Het zal bovendien bekend zijn dat de windsnelheid als regel toeneemt met de hoogte terwijl met de Beaufortschaal de gemiddelde windsnelheid in de onderste laag (waarvan de dikte niet is aangegeven) van de dampkring wordt geschat. Daaruit blijkt de noodzaak om de windsnelheid op een bepaald niveau te betrekken indien men deze correleert met schaaldelen Beaufort. Zowel op de Beaufortschaal als op de windschaal is dan ook steeds de hoogte aangegeven waarop de windsnelheid betrekking heeft. Tegenwoordig wordt zo veel mogelijk op 10 meter hoogte gemeten; naarmate men een grotere hoogte kiest, worden de snelheden overeenkomende met een bepaald schaaldeel van de Beaufortschaal, ook groter.

Er zijn meer bezwaren aan te voeren tegen het gebruik van de Beaufortschaal. De windsnelheid fluctueert als regel voortdurend; vooral als het hard waait, kan in een kort tijdsbestek het verschil tussen de maximale snelheid tijdens windstoten en de minimale snelheid groot zijn. De vraag

Internationale Beaufortschaal

Windkracht Beaufort	Gemiddelde snelheid op 10 m hoogte m/s	snelheid km/h	Benaaming	Zichtbare uitwerking van de wind op het zeeoppervlak (de zgn. Petersen schaal)
0	0,0- 0,2	< 1	stil	Spiegelgladde zee.
1	0,3- 1,5	1- 5	flauw en stil	Golfjes, welke de zee een geschubd aanzien geven; schuimvorming heeft niet plaats.
2	1,6- 3,3	6- 11	flauwe koelte	Kleine, nog korte golven, maar beter gevormd; de toppen hebben een glasachtig aanzien en breken niet.
3	3,4- 5,4	12- 19	lichte koelte	Kleine golven; de golftoppen beginnen te breken en het hierdoor gevormde schuim heeft een overwegend glasachtig aanzien, terwijl hier en daar op zichzelf staande witte schuimkoppen kunnen voorkomen.
4	5,5- 7,9	20- 28	matige koelte	Kleine, langer wordende golven; de witte schuimkoppen beginnen vrij veel voor te komen.
5	8,0-10,7	29- 38	frisse bries	Matige golven, van aanmerkelijk grotere lengte; overal zijn witte schuimkoppen te zien en hier en daar komt opwaaiend schuim voor.
6	10,8-13,8	39- 49	stijve bries	Grotere golven beginnen zich te vormen; de brekende koppen doen overal grote witte schuimplekken ontstaan en opwaaiend schuim komt vrij veelvuldig voor.
7	13,9-17,1	50- 61	harde wind	De golven worden hoger en het witte schuim van de brekende koppen begint zich als strepen in de richting van de wind te ontwikkelen.
8	17,2-20,7	62- 74	stormachtig	Matig hoge golven, met aanmerkelijke kamlengte; de toppen der golven waaien af en vormen goed ontwikkelde schuimstrepen in de richting van de wind.
9	20,8-24,4	75- 88	storm	Hoge golven; zware strepen schuim in de richting van de wind; de karakteristieke rollers beginnen zich te vormen; het zicht kan door verwaaid schuim worden beïnvloed.
10	24,5-28,4	89-102	zware storm	Zeer hoge golven met lange overstortende golfkammen; grote oppervlakken schuim worden door de wind in zulke zware witte strepen verspreid, dat de zee een wit aanzien krijgt; zware overslaande rollers; het zicht is door verwaaid schuim verminderd.
11	28,5-32,6	103-117	zeer zware storm	Buitengewoon hoge golven (kleine en middelmatig grote schepen verliezen elkaar in de golfdalen tijdelijk uit zicht); de zee is geheel bedekt met lange in de windrichting lopende schuimstrepen; de randen der golfkammen verwaaien overal; het zicht is sterk verminderd.
12	> 32,6	> 117	orkaan	De lucht is met schuim en verwaaid zeewater gevuld; de zee is volkomen wit door schuim; zicht op enige afstand bestaat niet meer.

W I N D S C H A A L

Gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte boven vlak terrein		Benaming	Omschrijving
m/s	km/h		
0	< 1	stil	Stil; rook stijgt recht of bijna recht omhoog.
0 - 3	1 - 11	zwakke wind	Windrichting goed herkenbaar aan rookpluimen, wind begint merkbaar te worden in het gelaat; bladeren beginnen te ritselen en windvanen kunnen gaan bewegen.
3 - 8	11 - 28	matige wind	Bladeren en twijgen zijn voortdurend in beweging, kleine takken beginnen te bewegen. Stof en papier beginnen van de grond op te dwarrelen.
8 - 11	28 - 38	vrij krachtige wind	Kleine bebladerde takken maken zwaaiende bewegingen; er vormen zich gekuifde golven op meren en kanalen.
11 - 14	38 - 50	krachtige wind	Grote takken bewegen; men hoort de wind in de telegraafdraden fluiten; paraplu's kunnen slechts met moeite worden vastgehouden.
14 - 17	50 - 61	harde wind	Gehele bomen bewegen; de wind is hinderlijk, wanneer men er tegen in loopt.
17 - 20	61 - 72	stormachtige wind	Twijgen breken af; het voortgaan wordt belemmerd.
20 - 24	72 - 86	storm	Veroorzaakt lichte schade aan gebouwen (schoorsteenkapen en dakpannen worden afgerukt).
24 - 28	86 - 101	zware storm	Ontwortelde bomen; aanzienlijke schade aan gebouwen enz. (komt op land zelden voor).
28 - 32	101 - 115	zeer zware storm	Veroorzaakt uitgebreide schade (komt op land zeer zelden voor).
> 32	> 115	orkaan	

naar gegevens over maximale snelheden is steeds groot, maar deze kunnen niet worden verkregen via de Beaufortschaal omdat deze alleen maar gebruikt kan worden om een zekere gemiddelde toestand te karakteriseren, zoals uit het voorgaande zal zijn gebleken. Het is dus b.v. niet mogelijk om van "windstoten 8 Beaufort" te spreken. Nu de windsnelheid boven land kan worden geregistreerd zoals op tal van plaatsen het geval is, verdient het aanbeveling om "de maximale windsnelheid tijdens windstoten" op te geven, ook al is de grootte ervan enigszins afhankelijk van de plaats waar de windmeter is opgesteld.

Door het KNMI worden uurlijkse gegevens verzameld van de wind op een groot aantal plaatsen. De gegevens hebben betrekking op uurgemiddelden van de windsnelheid alsmede op gemiddelden gedurende de laatste tien minuten van ieder uurvak, zowel van de windsnelheid als van de windrichting. Bovendien wordt ook de maximale snelheid in ieder uurvak op magneetband vastgelegd.

Beschouwen wij nu een uurvak waarin de windsnelheid een gemiddelde waarde  $V_{\text{gem}}$  had en een grootste waarde  $V_{\text{max}}$  bereikte. Het is nu gebleken dat men ruwweg mag stellen dat

$$V_{\text{max}} = 1\frac{1}{2} V_{\text{gem}}.$$

Een vaste regel is dit niet, het jaargetijde speelt een rol en ook de afstand tot de kust. Uit de kaartjes van Nederland in dit verslag is duidelijk te zien (figuur 7 - 13) dat de factor waarvoor in de formule  $1\frac{1}{2}$  is ingevuld, niet een constante waarde heeft (de vlagfactor), maar in het hier volgende zal er toch van worden uitgegaan dat de waarde  $1\frac{1}{2}$  is. Als b.v. wordt opgegeven dat de windsnelheid tijdens rukwinden 27 m/s bedroeg, kan men uit de windschaal niet afleiden dat van een zware storm moet worden gesproken waarvan bovendien is vermeld dat deze op land zelden voorkomt. Men dient deze  $V_{\text{max}}$  eerst met  $\frac{2}{3}$  te vermenigvuldigen om het uurgemiddelde van de windsnelheid te verkrijgen. In dit geval is dit derhalve  $\frac{2}{3} \times 27 = 18$  m/s, dus moet van een stormachtige wind worden gesproken. In verband hiermede zij opgemerkt dat de windsnelheid van 14 m/s, die in het verzekeringswezen als een belangrijk criterium geldt, oorspronkelijk bedoeld zal zijn geweest als gemiddelde snelheid en niet als maximale snelheid. Windsnelheden van 14 m/s en meer tijdens stoten komen herhaaldelijk voor, deze zijn bij een vrij krachtige wind reeds te verwachten. Bij een gemiddelde snelheid van 14 m/s dient men met een windsnelheid tijdens stoten van  $1\frac{1}{2} \times 14 = 21$  m/s rekening te houden. Indien deze waarden van de windsnelheid als criterium zouden gelden, zou men dus uitsluitend verzekerd zijn voor de gevolgen van een harde wind of van een nog sterkere wind. Dan zou het woord "Stormverzekering" meer van toepassing worden en zou er in



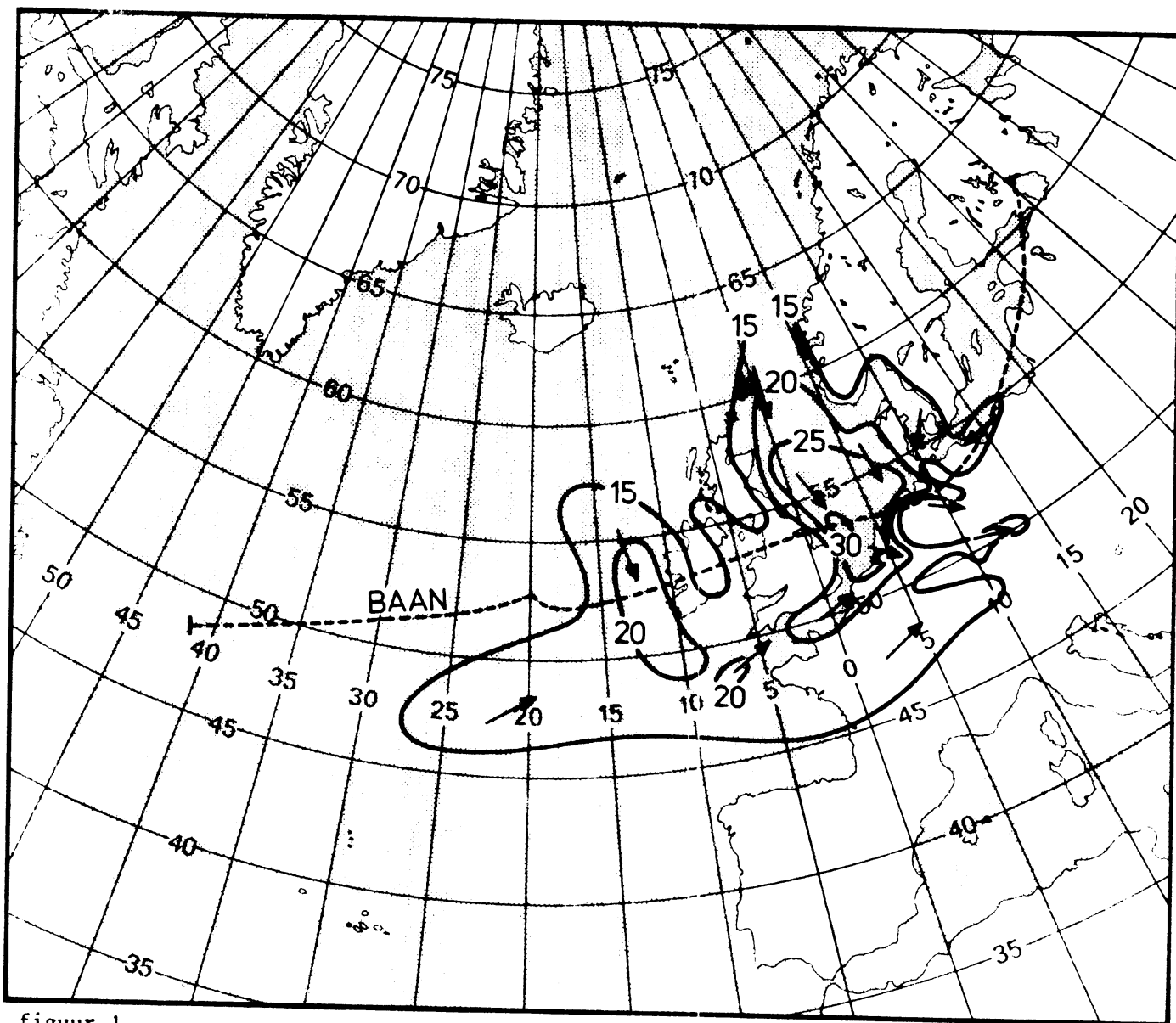
dit opzicht meer overeenstemming zijn met het buitenland.

Ten slotte nog een moeilijkheid met de Beaufortschaal: men kan een gemiddelde, verkregen uit schattingen gedurende vele jaren, moeilijk in schaaldelen Beaufort uitdrukken. Als b.v. 10 000 schattingen van de windsnelheid een som van 31 000, uitgedrukt in schaaldelen Beaufort, zouden opleveren, kan men niet zeggen dat de gemiddelde windsterkte 3,1 Beaufort heeft bedragen in het beschouwde tijdvak en kan men deze ook niet omzetten in een gemiddelde windsnelheid (in m/s) zonder het risico van fouten te lopen. Een schaaldeel Beaufort komt namelijk niet overeen met één bepaalde windsnelheid maar met een interval van windsnelheden; bovendien worden de intervallen groter naarmate de windsnelheid groter wordt.

In de vijftiger jaren is door Drs. G. Verploegh een onderzoek verricht naar de juistheid van de aan de Beaufortschaal gekoppelde windsnelheden op zee die in 1946 algemeen waren aanvaard voor internationaal gebruik (zie blz. 3). Deze snelheden waren in 1906 berekend door G.C. Simpson en wel aan de hand van een aantal metingen in Engeland. Verploegh heeft uit een groter aantal metingen een aantal wijzigingen <sup>1)</sup> in deze snelheden kunnen voorstellen; deze zijn inmiddels voor het grootste deel door de Wereldorganisatie voor Meteorologie aanvaard. Alleen bij zwakke wind en ook bij zeer grote windsnelheden liggen de waarden van de windsnelheid bij een schaaldeel Beaufort enigszins anders dan Verploegh oorspronkelijk had voorgesteld. De datum waarop deze nieuwe snelheden <sup>2)</sup>, behorende bij de Beaufortschaal, zullen worden ingevoerd, staat nog niet vast; het is te verwachten dat dit binnen enkele jaren zal gebeuren.

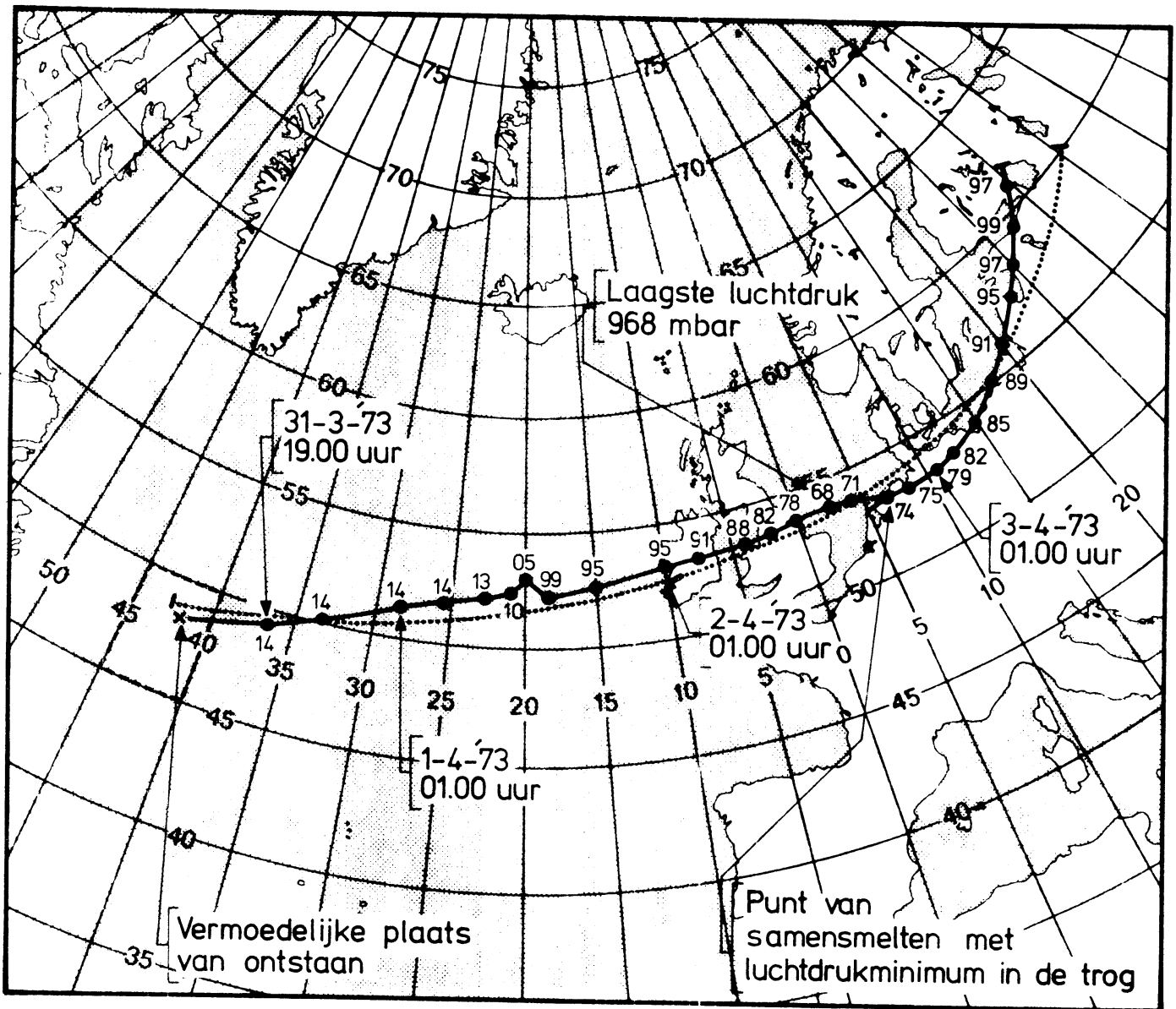
1) G. Verploegh, The equivalent velocities for the Beaufort estimates of the wind force at sea, Mededelingen en Verhandelingen van het K.N.M.I. No. 66, 1956.

2) The Beaufort scale of wind force, World Meteorological Organization, Reports on Marine Science Affairs No. 3, 1970.



figuur 1.

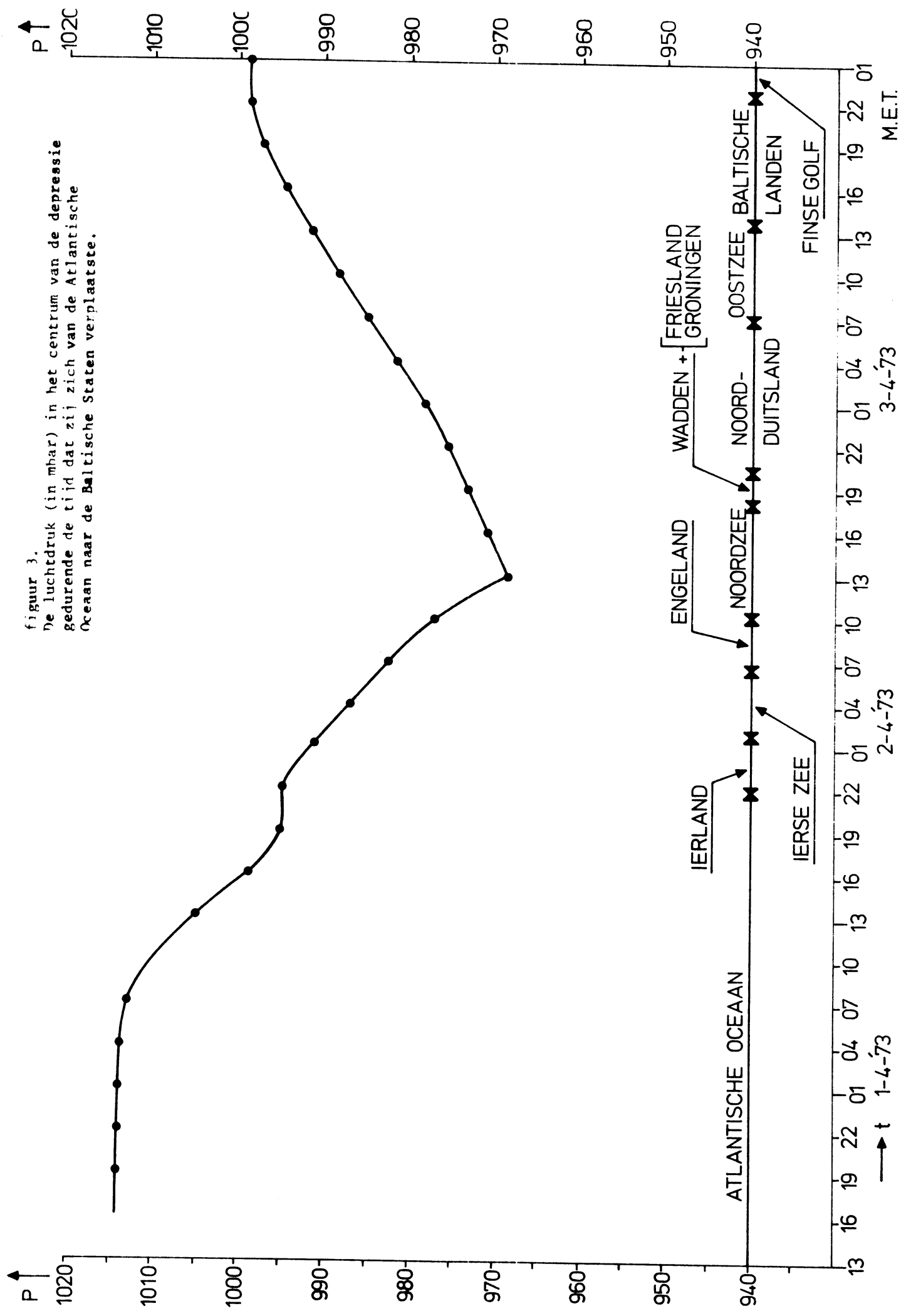
De verdeling van het grootste 10 minuten-gemiddelde van de windsnelheid langs de baan van de depressie. In een gebied boven de Zuidelijke Noordzee was de gemiddelde windsnelheid meer dan 30 m/s. De pijlen geven de hoofdwindrichting aan. De isolijnen hebben hier niet betrekking op een bepaald ogenblik; zij verbinden plaatsen waar de grootste gemiddelde windsnelheid gedurende de storm dezelfde was.

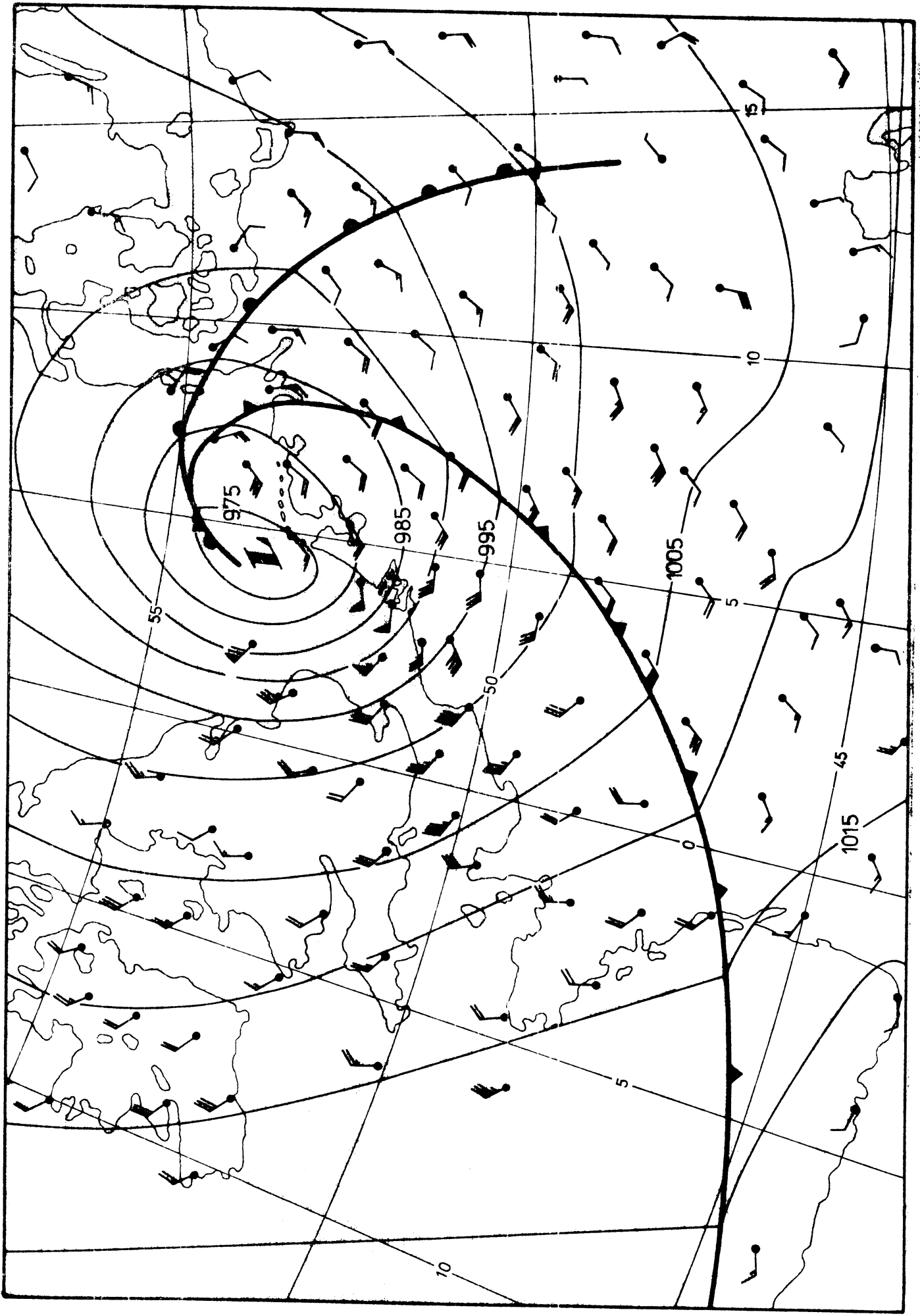


figuur 2.

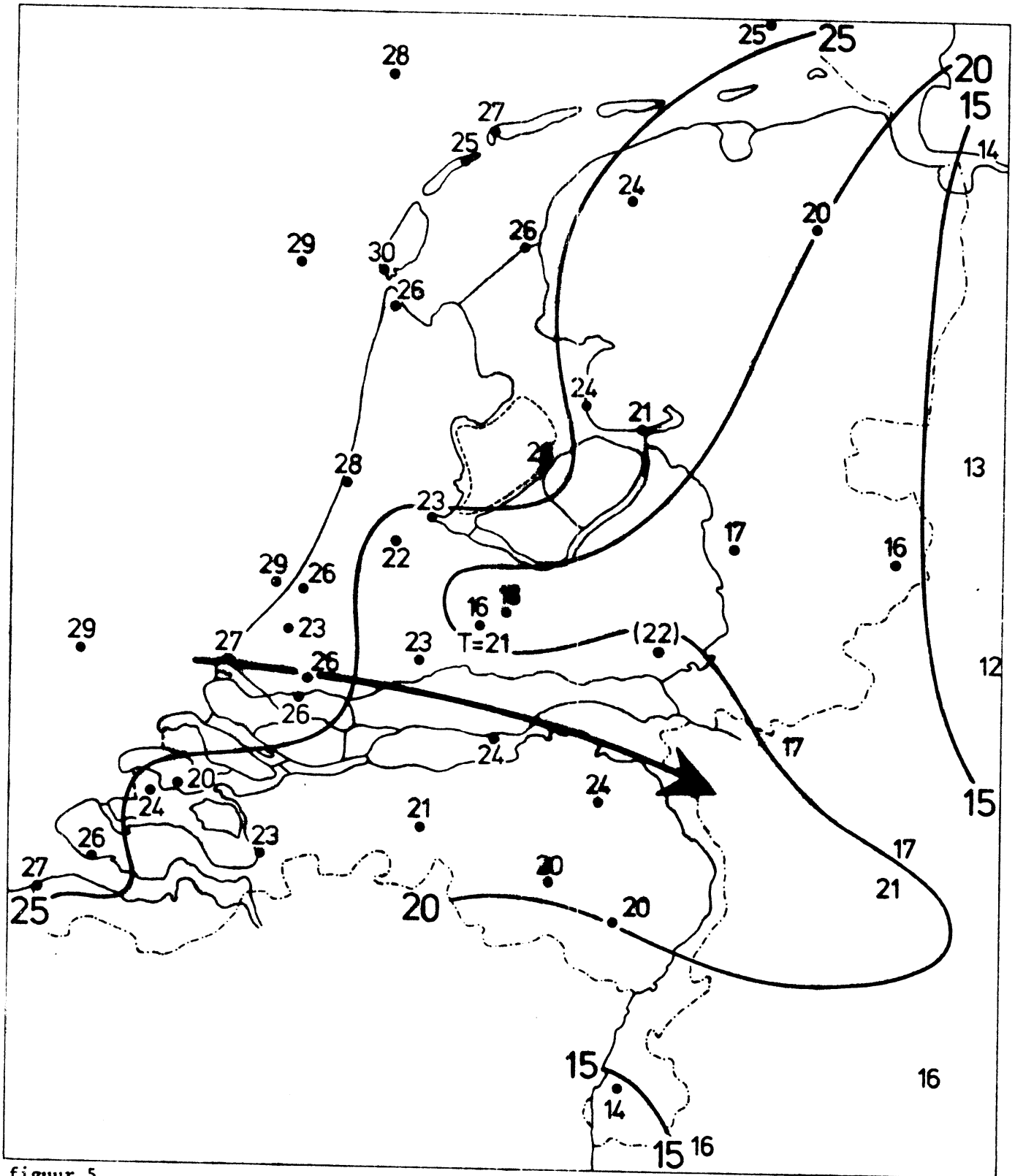
De baan van de depressie. Om de drie uur is de plaats van het centrum aangegeven met de waarde van de luchtdruk in dit centrum (steeds zijn de honderdtallen weggelaten; 14 betekent derhalve 1014 mbar, 74 betekent: 974 mbar). De depressie bereikte boven de Noordzee tussen Engeland en Nederland haar grootste diepte (968 mbar). De baan van de stormdepressie van 11-14 november 1972 is gestippeld aangegeven.

figuur 3.  
 De luchtdruk (in mbar) in het centrum van de depressie  
 gedurende de tijd dat zij zich van de Atlantische  
 Oceaan naar de Baltische Staten verplaatste.



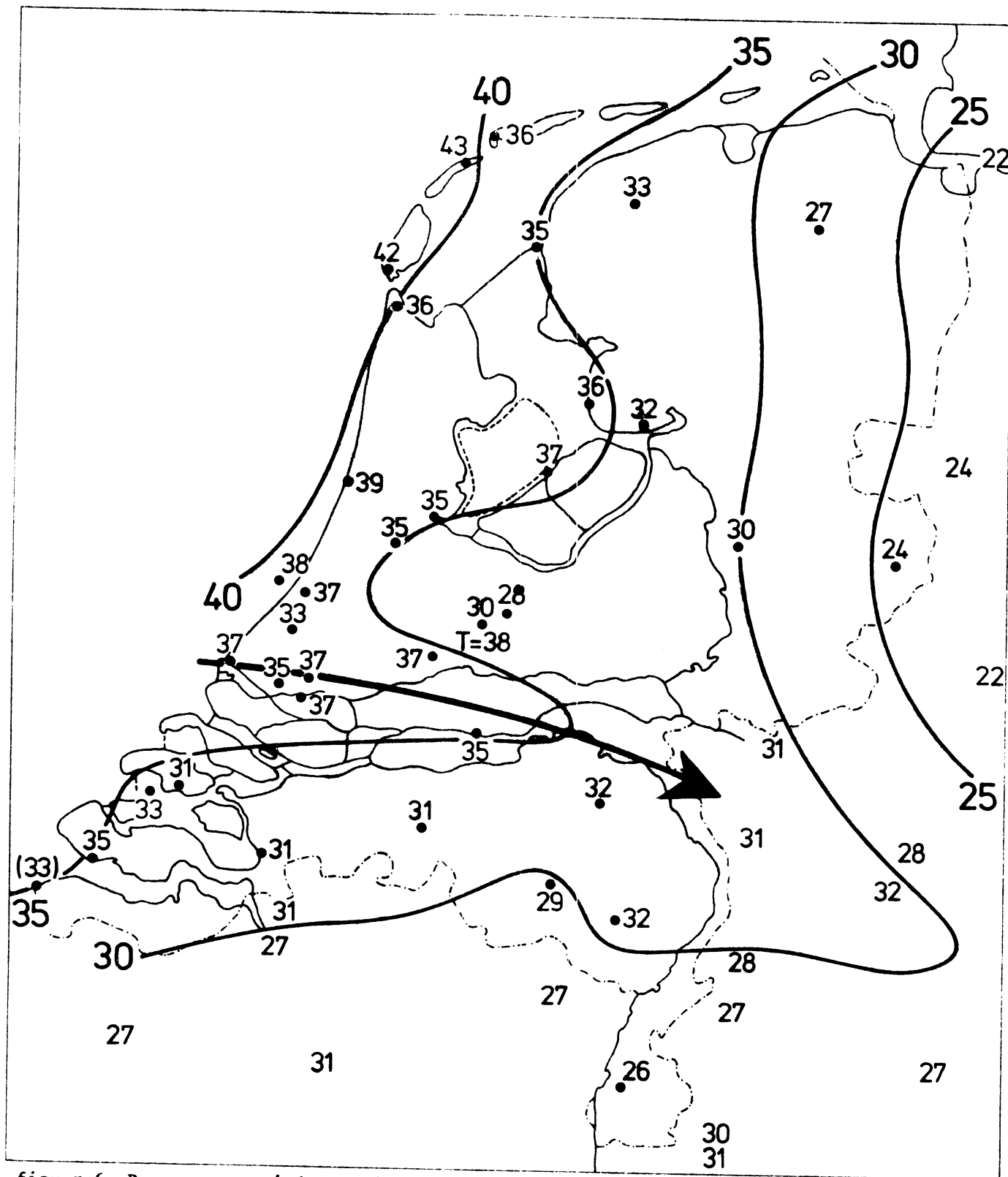


figuur 4. Weerkaart van 2 april 1973 te 16 uur. De isobaren zijn getrokken om de 5 mbar. De luchtdruk was in de laatste drie uur sterk gestegen in Oost Engeland en in het Engelse Kanaal, waardoor de gradient van de luchtdruk boven de zuidelijke Noordzee zeer sterk toenam.

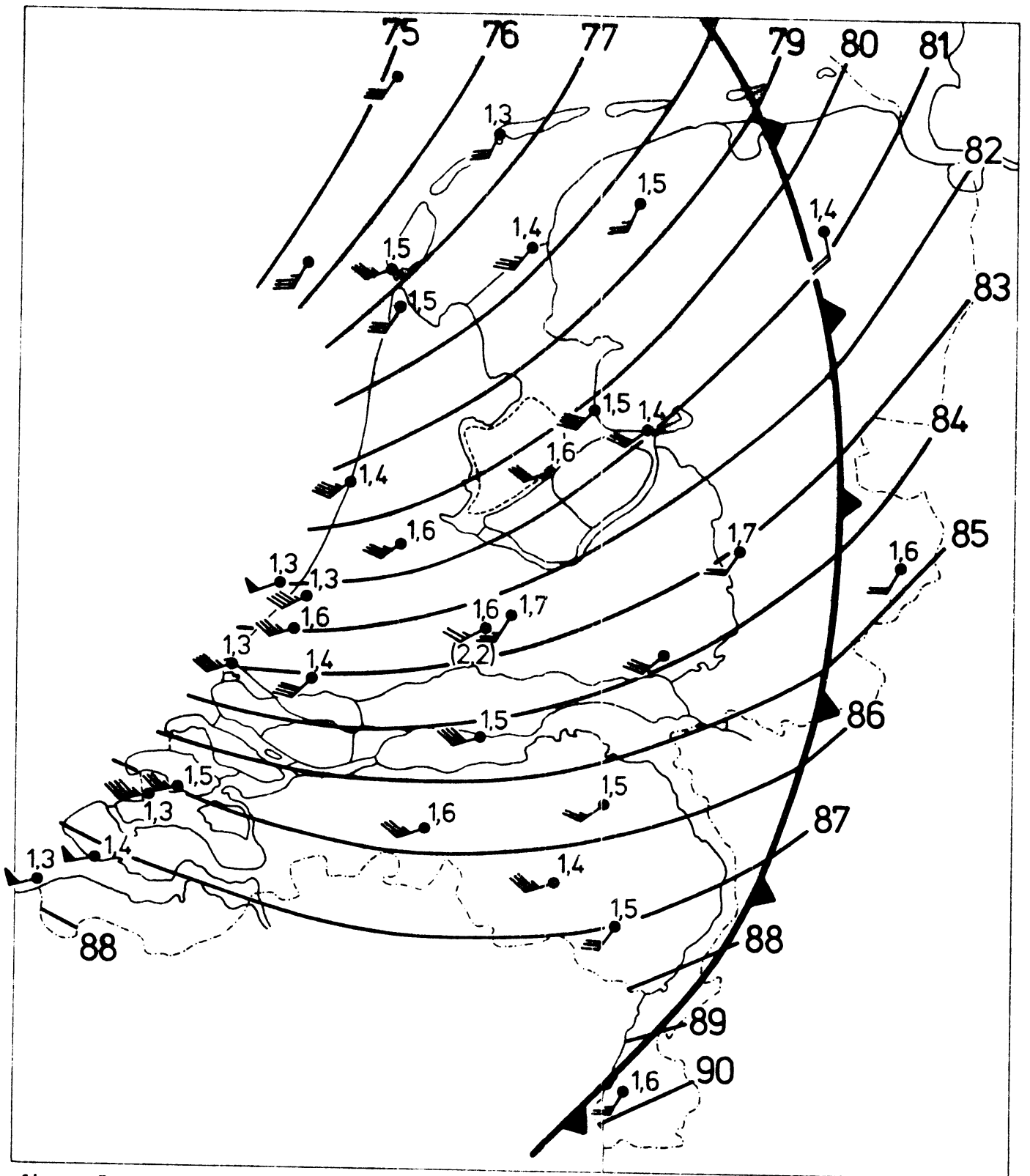


figuur 5.

Het grootste uurgemiddelde van de windsnelheid. Bij de plaatsen waar de wind wordt geregistreerd, is het grootste uurgemiddelde (in m/s) aangegeven. Indien de windmeter tijdens de storm defect is geraakt, is de waarde van het grootste geregistreeerde uurgemiddelde tussen haakjes geplaatst. Het grootste uurgemiddelde, geregistreeerd op de 35 m hoge toren (T) van het KNMI te De Bilt, bedroeg 21 m/s, op 10 m hoogte echter 16 m/s. De pijl geeft ongeveer de baan aan waarlangs het maximum van de windsnelheid aan de zuidzijde van de trog zich heeft verplaatst.

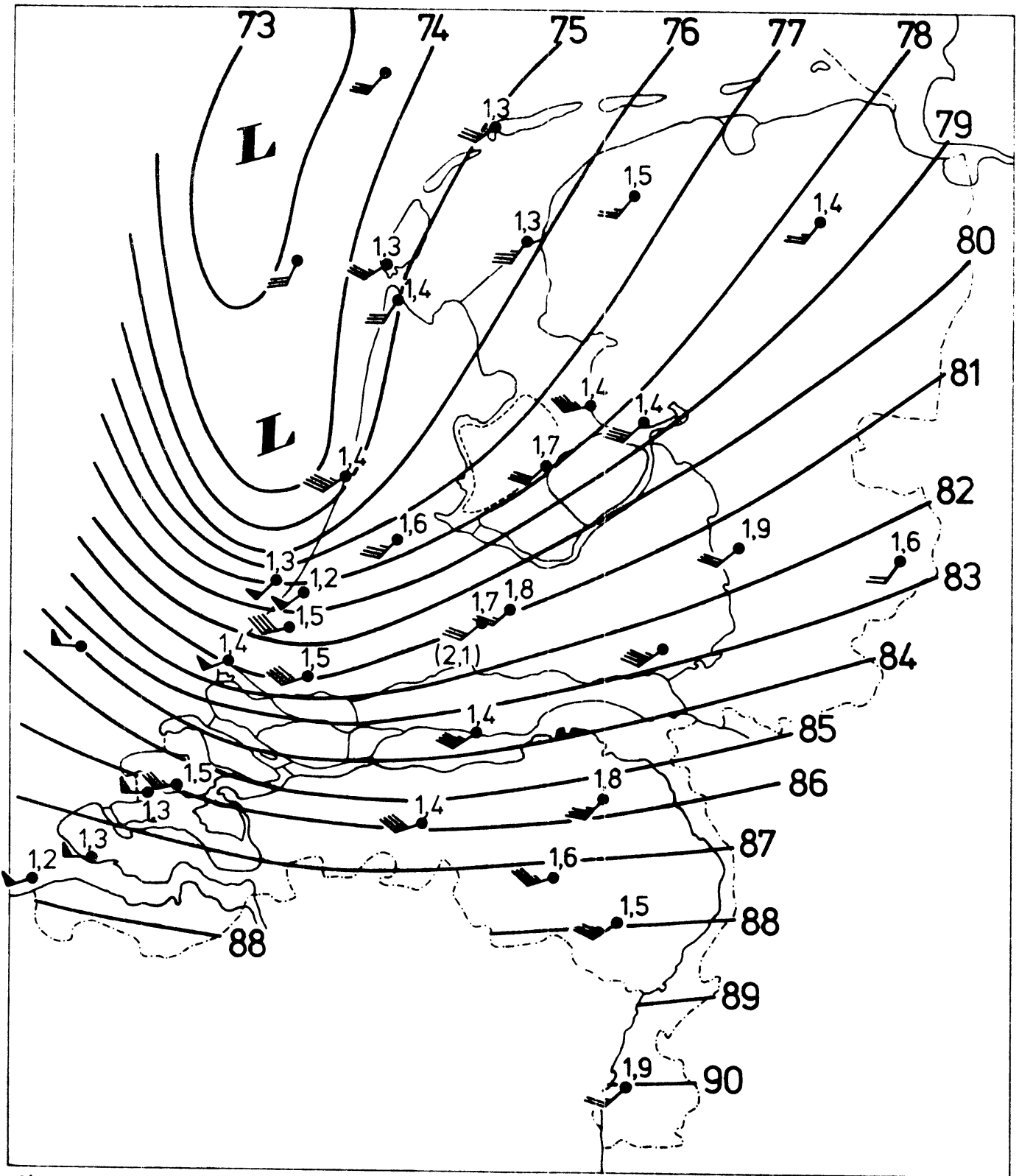


figuur 6. De grootste windsnelheid tijdens stoten. De zwaarste windstoten zijn op de zuidpunt van Texel en op Vlieland geregistreerd. Ook in het gebied van de grote rivieren was de maximale windsnelheid zeer groot. Indien de windmeter tijdens de storm defect is geraakt, is de waarde van de grootste snelheid tussen haakjes geplaatst. De grootste snelheid geregistreerd op de toren (T) van het KNMI te De Bilt, bedroeg 38 m/s, op 10 m hoogte daarentegen 30 m/s.

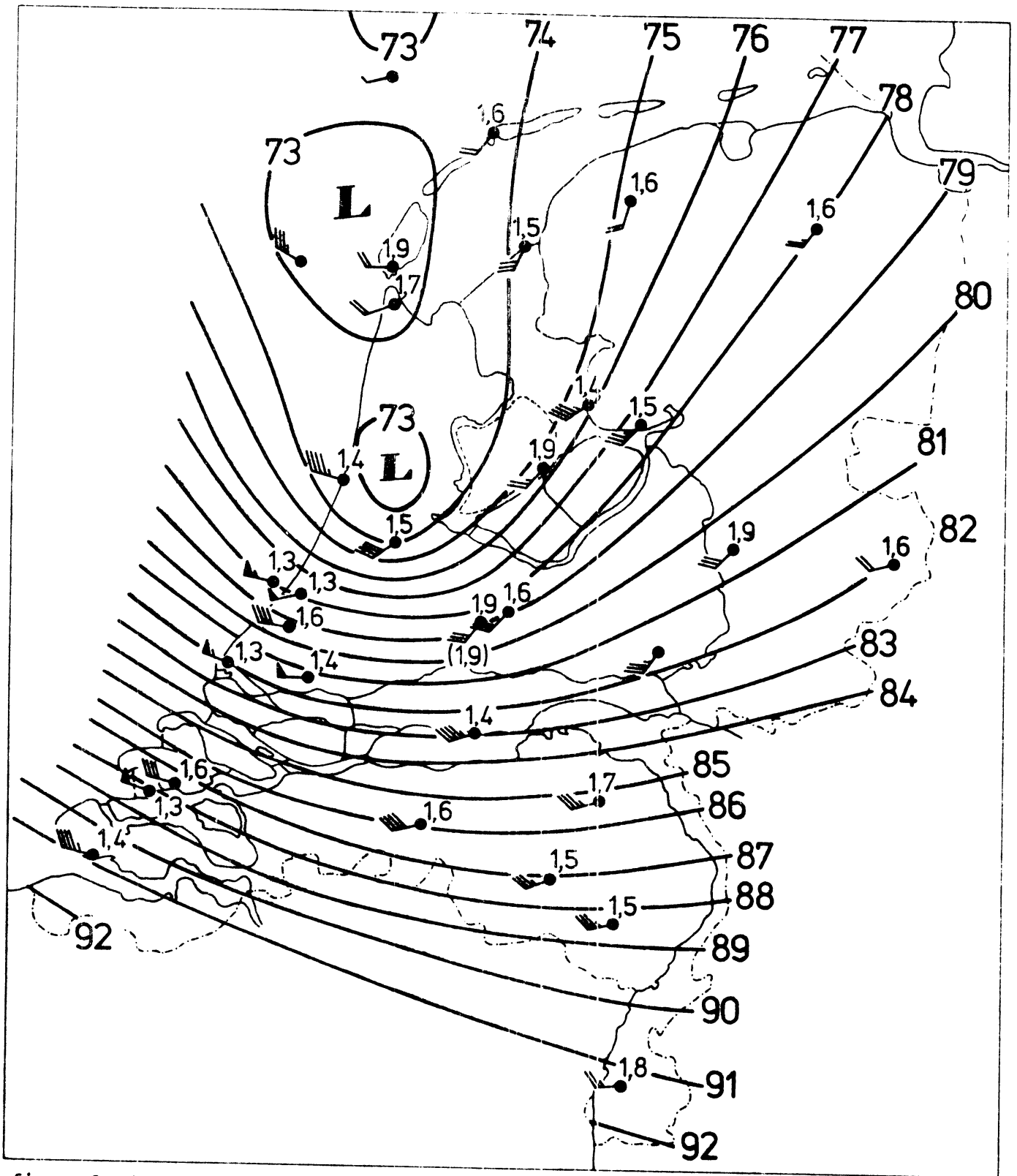


figuur 7. Weerkaart op 2 april 1973 te 15 uur. Het koufront dat zich in oostelijke richting beweegt, heeft ons land bijna verlaten. De getallen bij de stations zijn de waarden van de vlagfactor; de waarde van de vlagfactor, afgeleid uit metingen op de 35 meter hoge toren te De Bilt, is tussen haakjes geplaatst. De isobaren zijn om de millibar getrokken om de grootte van de gradient van de luchtdruk zo goed mogelijk tot uitdrukking te doen komen. (Het cijfer 9 bij de isobaren is weggelaten, dus 85 betekent: 985 mbar).

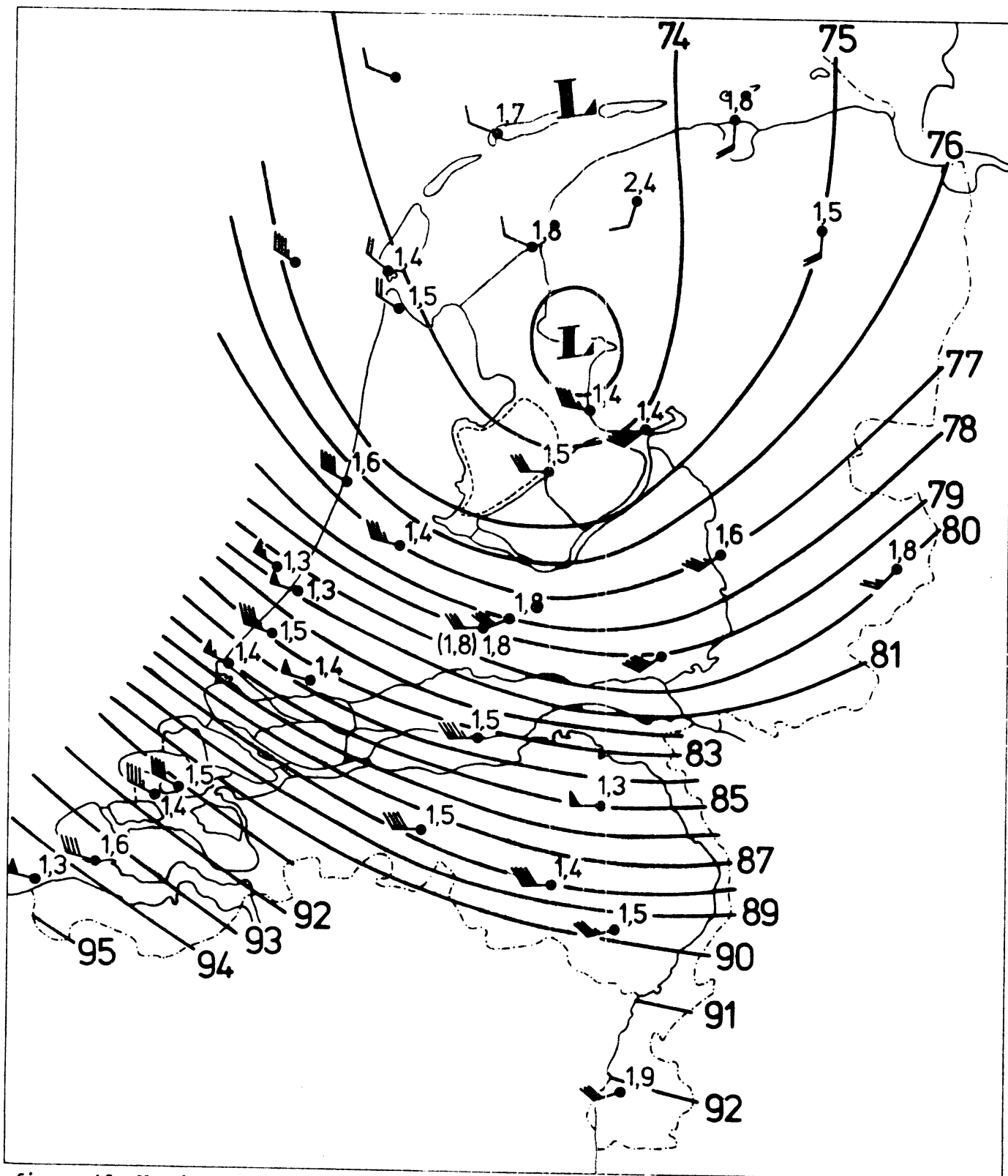




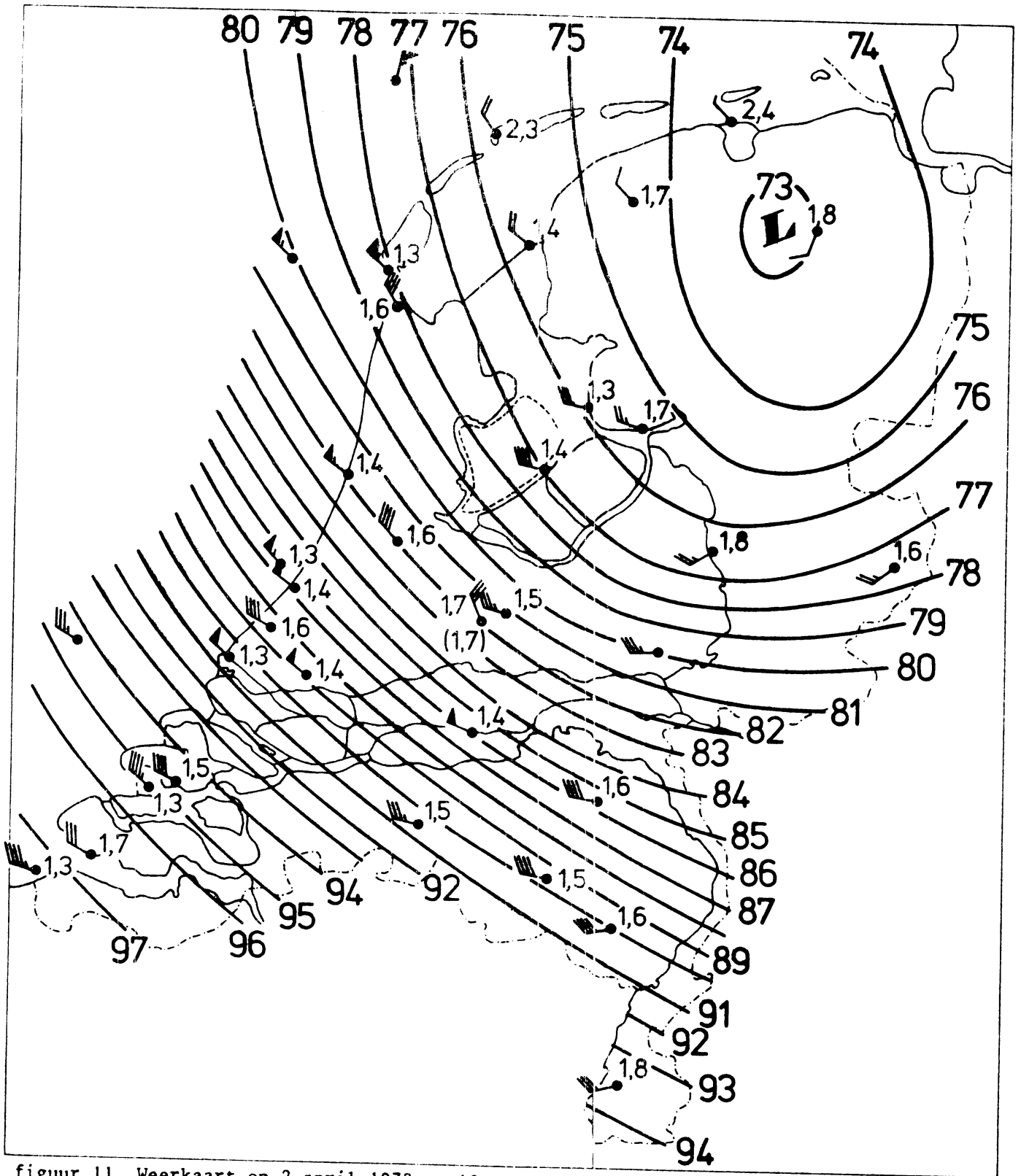
figuur 8. Weerkaart op 2 april 1973 te 16 uur. De depressie ligt boven de Noordzee op ongeveer 50 km afstand van Den Helder, het centrum in de trog van deze depressie nadert de kust bij IJmuiden.



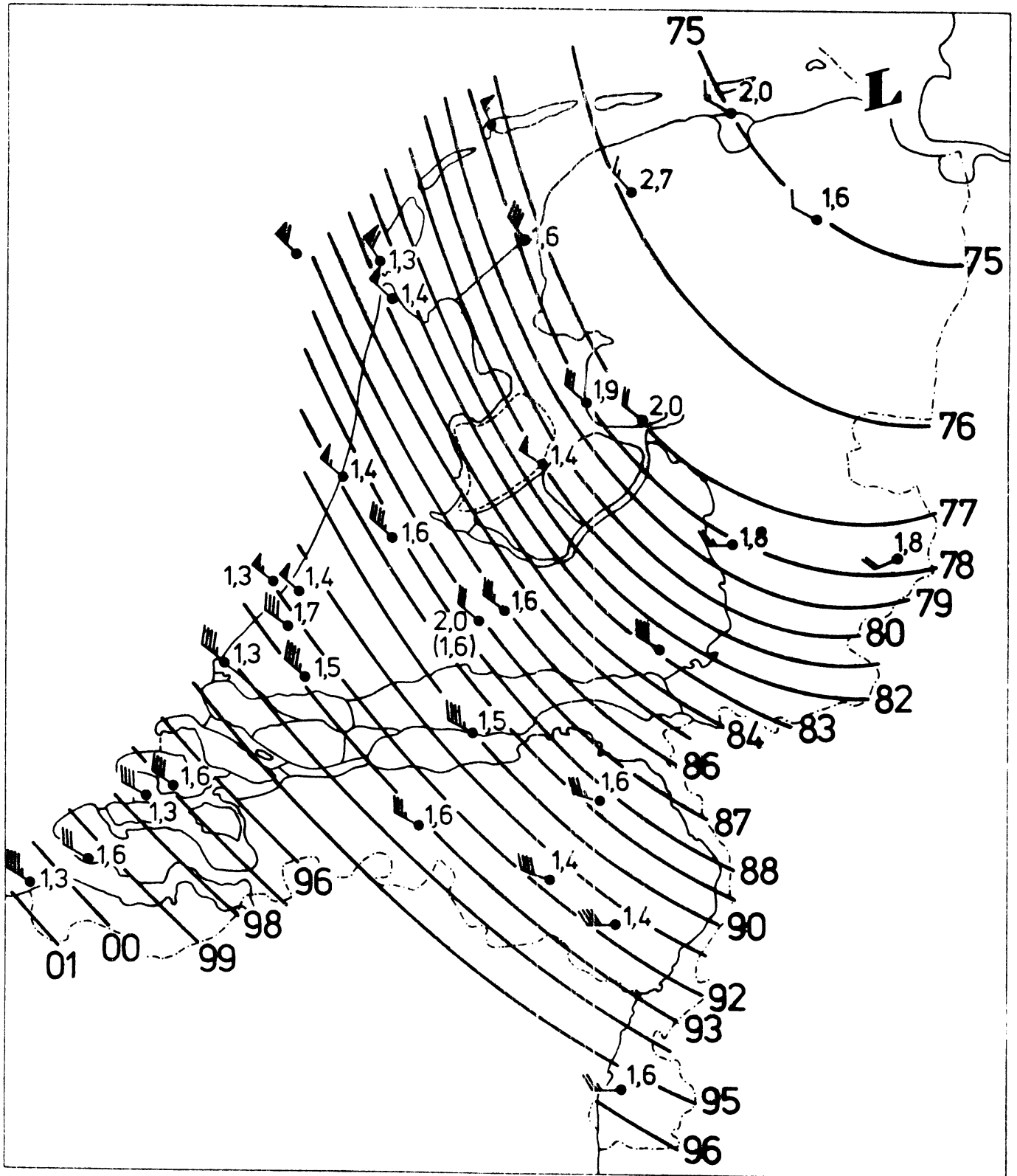
figuur 9. Weerkaart op 2 april 1973 te 17 uur. De depressie nadert de zuidelijke Waddeneilanden terwijl het afzonderlijke centrum in de trog boven Noordholland is aangekomen. De storm is in het Zuidwesten van het land het zwaarst.



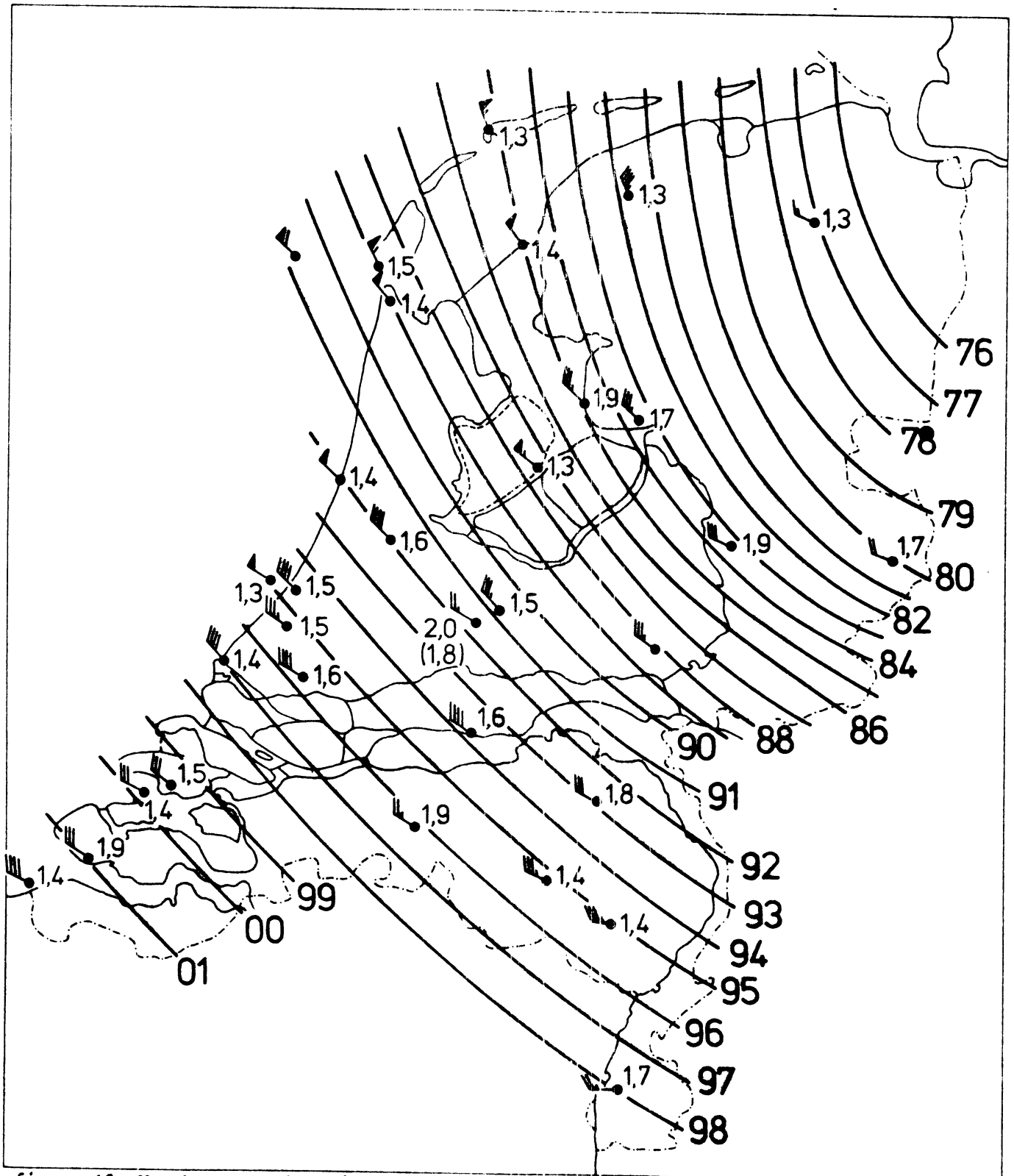
figuur 10. Weerkaart op 2 april 1973 te 18 uur. Het centrum van de depressie tussen Terschelling en Ameland begint zich te versmelten met het afzonderlijke centrum in de trog (bij de zuidgrens van Friesland). Enige tijd was het centrum in de trog dieper dan de depressie zelf. Het stormveld heeft zich over het Zuiden van het land naar het oosten uitgebreid terwijl op de Wadden-eilanden de wind zwak is geworden.



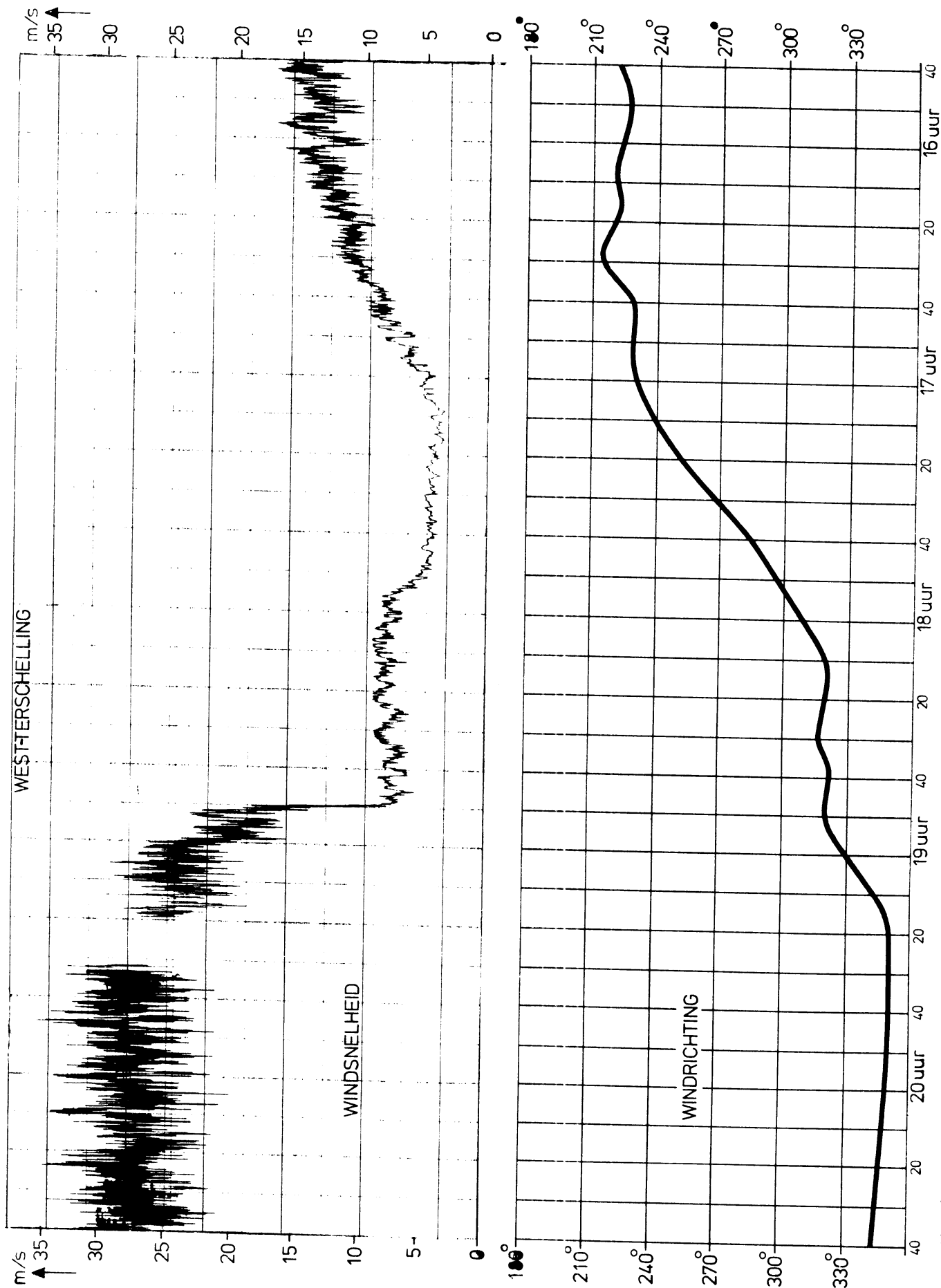
figuur 11. Weerkaart op 2 april 1973 te 19 uur. Het centrum van de depressie verplaatst zich over de noordelijke provincies naar het oosten. De zeer zware storm is in Den Helder al opgestoken en zal nu spoedig tot de Waddeneilanden doordringen.



figuur 12. Weerkaart op 2 april 1973 te 20 uur. Het centrum van de depressie verplaatst zich naar Noord Duitsland, de wind is nu overal naar richtingen tussen west en noord gedraaid. De zeer zware storm is nu tot boven Terschelling doorgedrongen.



figuur 13. Weerkaart op 2 april 1973 te 21 uur. De storm heeft nu ook de provincie Groningen bereikt, in de zuidelijke provincies is de wind al wat afgenomen. Na 21 uur komen de isobaren steeds verder van elkaar te liggen en neemt de wind bijgevolg verder af.



figuur 14. Winddiagrammen van de anemometer op West-Terschelling, waar de wind kort vóór 19 uur sterk toenam en daarbij ruimte van noordwest naar noordnoordwest. Het diagram van de windsnelheid is tussen 19.10 en 19.32 uur onderbroken. De windsnelheid is aangegeven in m/s, de windrichting in graden (180° is zuid, 270° is west, 360° is noord). Deze diagrammen moeten van rechts naar links worden gelezen.