

VERSLAG OVER DE STORMVLOED VAN 1953

VERSLAG OVER DE STORMVLOED VAN 1953

Samengesteld door
de Rijkswaterstaat
en het
Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Van der Burghweg
Postbus 5044, 2600 GA Delft
Tel. 015 - 699111

12 NOV. 1991

246 WET van 8 mei 1958, houdende de afsluiting van de zeearmen tussen de Westerschelde en de Rotterdamse Waterweg en de versterking van de hoogwaterkering ter beveiliging van het land tegen stormvloed (Deltawet).

WIJ JULIANA, BIJ DE GRATIE GODS, KONINGIN DER NEDERLANDEN, PRINSES VAN ORANJE-NASSAU, ENZ., ENZ., ENZ.

Allen, die deze zullen zien of horen lezen, saluut! doen te weten:

Alzo Wij in overweging genomen hebben, dat de afsluiting van de zeearmen tussen de Westerschelde en de Rotterdamse Waterweg en de versterking van de hoogwaterkering noodzakelijk is ter beveiliging van het land tegen hoge stormvloed;

Zo is het, dat Wij, de Raad van State gehoord, en met gemeen overleg der Staten-Generaal, hebben goedgevonden en verstaan, gelijk Wij goedvinden en verstaan bij deze:

Artikel 1. Ter beveiliging van het land tegen hoge stormvloed worden werken uitgevoerd:

I. a. tot afsluiting van de zeearmen tussen de Westerschelde en de Rotterdamse Waterweg door waterkeringen, lopende van Walcheren naar Noord-Beveland, van Noord-Beveland naar Schouwen, van Schouwen naar Goeree-Overflakkee, van Goeree-Overflakkee naar Voorne;

b. tot afsluiting van met bedoelde zeearmen in open verbinding staande wateren, voorzover noodzakelijk of wenselijk in verband met de werken, bedoeld onder a;

II. tot versterking van de hoogwaterkering langs:

a. de zee tussen de Belgische grens bij het Zwin en de Westerschelde;

b. de Westerschelde van de zee tot de Belgische grens;

c. de kust tussen de Westerschelde en de Rotterdamse Waterweg, zeewaarts van de werken, bedoeld onder I a;

d. de Rotterdamse Waterweg en daarmede in open verbinding staande wateren;

e. het overige deel van de kust met inbegrip van die van de Wadden-eilanden.

Artikel 2. 1. De werken, bedoeld in artikel 1 onder I, worden uitgevoerd door het Rijk.

2. De werken, bedoeld in artikel 1 onder II, worden uitgevoerd door de beheerders dan wel door degenen die daartoe uit anderen hoofde verplicht zijn.

3. De plannen ter uitvoering van de werken bedoeld in artikel 1 onder I en onder II worden door Ons op voordracht van Onze Minister van Verkeer en Waterstaat, na overleg met Gedeputeerde Staten, vastgesteld.

4. De ontwerpen met toelichtingen voor de werken bedoeld in artikel 1 onder II a, b, d en e worden vastgesteld door Onze voornoemde Minister, na overleg met degenen, die tot de uitvoering zijn gehouden.

Artikel 3. 1. Voorzieningen betreffende waterstaatswerken, welke naar het oordeel van Onze voornoemde Minister in het algemeen belang noodzakelijk of wenselijk zijn als gevolg van de uitvoering van de in artikel 1 bedoelde werken, worden door het Rijk getroffen, tenzij het volgende lid van dit artikel daarop van toepassing is.

2. Indien als gevolg van de uitvoering van de in artikel 1 bedoelde werken voorzieningen moeten worden getroffen ter

aanpassing van bestaande waterstaatswerken of nieuwe vervangende werken tot stand moeten worden gebracht, geschiedt dit door de beheerders dan wel door degenen, die daartoe uit anderen hoofde verplicht zijn.

Artikel 4. 1. Indien het naar Ons oordeel gewenst is de uitvoering van een werk, als bedoeld in artikel 1 onder II, te doen samengaan met die van een werk, als bedoeld in dat artikel onder I, kan de betrokken hoogwaterkering, in beheer of onderhoud bij anderen dan het Rijk, door Ons, Provinciale Staten gehoord, bij het Rijk in beheer of onderhoud worden genomen.

2. Het bepaalde in het eerste lid is eveneens van toepassing, indien het naar Ons oordeel gewenst is de uitvoering te doen samengaan van werken, als bedoeld in artikel 1 onder II.

3. Na de uitvoering wordt de hoogwaterkering door Ons weder in beheer of onderhoud terugggeven, met dien verstande dat de overdracht, indien de staten der provincie in tusschen onder Onze goedkeuring wijziging in het beheer of onderhoud hebben gebracht, aan de instelling geschiedt die daarmede alsdan is belast.

4. Wij behouden Ons voor in afwijking van het bepaalde in het derde lid, Provinciale Staten gehoord, de hoogwaterkering in beheer of onderhoud bij het Rijk te houden, indien zulks in het algemeen belang noodzakelijk of wenselijk is.

Artikel 5. 1. De kosten van de werken, bedoeld in de artikelen 1 onder I en 3, eerste lid, worden door het Rijk gedragen behoudens aan anderen krachtens afzonderlijke wet op te leggen bijdragen.

2. De kosten van de werken, bedoeld in artikel 1 onder II, welke door het Rijk zijn uitgevoerd, worden vergoed door degenen, bij wie de betreffende hoogwaterkering na de uitvoering in beheer of onderhoud wordt overgebracht. Het bepaalde in het eerste lid is van overeenkomstige toepassing, indien de hoogwaterkering krachtens artikel 4, vierde lid, bij het Rijk in beheer of onderhoud wordt gehouden.

3. In de kosten van de werken, bedoeld in de artikelen 1 onder II en 3, tweede lid, kan van rijkswege volgens bij of krachtens afzonderlijke wet te stellen regelen een bijdrage worden verleend.

Artikel 6. Indien ingevolge de artikelen 1 of 3 werken worden uitgevoerd of voorzieningen worden getroffen door anderen dan het Rijk, kunnen aan dezen daartoe voorschotten uit 's Rijks kas ter beschikking worden gesteld.

Artikel 7. 1. Indien tengevolge of mede tengevolge van de uitvoering van de in artikel 1 aangeduide werken buitendijkse of andere droogvallende gronden een waardevermeerdering ondergaan, kan zonder voorafgaande verklaring bij de wet dat het algemeen nut onteigening vordert onteigening plaatsvinden, tenzij met de rechthebbenden overeenstemming bestaat omtrent een door dezen aan het Rijk, deswege te betalen vergoeding en de uitvoering van een doelmatige verkaveling.

2. De onteigening geschiedt ten name van het Rijk of van een door Ons aan te wijzen rechtspersoonlijkheid bezittend lichaam.

3. Artikel 649, tweede lid, van het Burgerlijk Wetboek is op zodanige gronden niet van toepassing.

4. Op deze onteigening zijn van toepassing de artikelen 125, eerste lid, 126, eerste lid aanhef en onder 2e, 126, tweede lid, 127, 128, 130, 131, 132, eerste lid, 133 t/m 139 van de

Stb. 246

544

1958

Onteigeningswet¹⁾. Bij de berekening van de schadevergoeding komt slechts de waarde in aanmerking, die het onteigende zou hebben gehad, indien de in het eerste lid bedoelde werken niet waren uitgevoerd. De vergoeding van de waarde van het onteigende geschiedt door overdracht in eigendom van grond, indien de onteigende eigenaar zulks verzoekt.

Artikel 8. Bij of krachtens afzonderlijke wet worden regelen gesteld omtrent tegemoetkoming hetzij door het treffen van voorzieningen, hetzij in geld, in schade, welke door de in artikel 1 onder I bedoelde werken voor de visserij en aanverwante bedrijven en voor andere daarvoor in aanmerking komende ontstaat.

Artikel 9. 1. De artikelen 33 t/m 36 van de Waterstaatswet 1900²⁾ zijn niet van toepassing op de werken bedoeld in artikel 1 onder I en onder II.

2. Op de werken, bedoeld in artikel 1 onder I is de wet van 14 juli 1904, *Sib.* 147, houdende bepalingen omtrent het ondernemen van droogmakertijen en indijkingen niet van toepassing.

Artikel 10. Deze wet kan worden aangehaald als „Deltawet“.

Lasten en bevelen, dat deze in het *Staatsblad* zal worden geplaatst, en dat alle Ministeriële Departementen, Autoriteiten, Colleges en Ambtenaren, wie zulks aangaat, aan de nauwkeurige uitvoering de hand zullen houden.

Gegeven ten Paleis Soestdijk, 8 mei 1958.

JULIANA.

De Minister van Verkeer en Waterstaat,

J. ALGERA.

De Minister van Financiën,

HOFSTRA.

De Minister van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening,

A. VONDELING.

Uitgegeven de derde juni 1958.

De Minister van Justitie,
SAMKALDEN.

Zie voor de behandeling in de Staten-Generaal:

Bijl. Hand. II 53/56, 4167;

Bijl. Hand. II 56/57, 4167;

Bijl. Hand. II 57/58, 4167; Hand. II 57/58, bladz. 3019—3161;

Bijl. Hand. I 57/58, 4167; Hand. I 57/58, bladz. 3289—3321;

3335—3346.

¹⁾ *Sib.* 1851, 125, laatstelijk gewijzigd bij de wet van 2 mei 1958 (*Sib.* 219).

²⁾ *Sib.* 1900, 176, laatstelijk gewijzigd bij de wet van 1 juni 1951 (*Sib.* 198).

VOORWOORD

Elk die dit stormvloedverslag in handen krijgt en die betrokken is geweest bij de ramp, bij de hulpverlening of bij het dijkherstel, zal zich de uren van verschrikking, de vreugde om het alom aanwezige hulpbetoon en de verbeterheid van de strijd zijn leven lang herinneren.

Een woord van medeleven met de nabestaanden en een herdenking van de velen, die het slachtoffer werden, hoort in dit stormvloedverslag thuis.

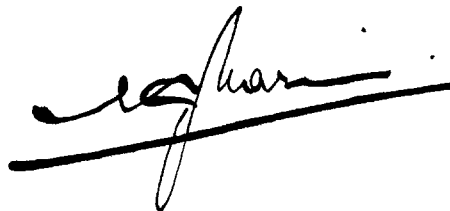
Maar ook is het hier de plaats om hulde en dank te brengen aan die honderden en duizenden, die spontaan met toewijding, onverzettelijkheid en kunde hun persoon hebben ingezet om te redden, leed te lenigen, te herstellen wat verwoest was.

Ook van buiten onze grenzen heeft men op korte termijn en op efficiënte wijze daadwerkelijke hulp geboden.

Het was een periode waarin het vertrouwen in de mensen hoog genoteerd stond.

Ook dat zullen wij ons leven lang niet vergeten.

Uit de gedachte: „Dit nooit meer” werd de Deltawet geboren.



Directeur-Generaal van
de Rijkswaterstaat

INHOUD

Voorwoord	5
Inhoud	7
Algemene inleiding	13

Afdeling 1 Beschrijving van de storm

1.0.1 De storm	17
1.0.2 Het windveld op de Noordzee	19
1.0.3 Enige karaktergetallen van verschillende stormen	20
1.0.4 Het windverloop langs de kust	20
1.0.5 De maximale windsnelheden in vergelijking met vroegere stormen uit het noordwestkwadrant	22
1.0.6 Duur van de grote windsnelheden	22
1.0.7 Toelichting van de gebruikte termen en afkortingen	23

Afdeling 2 Beschrijving van de stormvloed

2.1 <i>De omstandigheden</i>	53
2.1.1 De datum van de stormvloed	53
2.1.2 De plaats in het seizoen	53
2.1.3 De datum in verband met de hoogte	53
2.1.4 De fase van de maan	55
2.1.5 De maansafstand	56
2.1.6 De astronomische getijhoogte	56
2.1.7 Het opperwater	60
2.1.8 De numerieke waarde van de invloed van opperwater	61
2.1.9 Vergelijking met opperwaterafvoer bij andere stormvloeden	62
2.1.10 Samentreffen van storm en getij	63
2.2 <i>De waterstanden</i>	66
2.2.1 De geregistreerde stormvloedkrommen	66
2.2.2 De hoogste stormvloedstanden	70
2.2.3 Regionale samenhang der hoogste standen	71
2.2.4 Storende invloed van doorbraken op de gemeten waterstanden?	74
2.2.5 De opzetten	75
2.2.6 Overschrijding van het grenspeil	76
2.2.7 Beweging van de stormvloed op de Noordzee	87
2.2.8 De hoogte van de zeespiegel op het moment van hoogwater te Brouwershaven op 1 februari 3 uur.	89
2.2.9 De opzet van de drie stormvloedhoogwaters langs de kust der Noordzee.	90
2.2.10 Overeenkomstige 1953-standen langs de kust	94
2.3 <i>Stormeffect</i>	96
2.3.1 Wat te verstaan onder stormeffect	96
2.3.2 De bepaling van het stormeffect	97
2.3.3 De getijbeweging tijdens de stormvloed	99
2.3.4 Gestyleerd verloop stormeffect stormvloed 1953	101
2.3.5 Nadere bespreking der stormeffecten	102
2.3.6 De tijdstippen van het maximum stormeffect t.o.v. het windverloop en het astronomisch getij.	103
2.3.7 De grootte van het maximum stormeffect.	104
2.3.8 Het geografisch maximum van het maximum stormeffect	105
2.3.9 De frequentie van 1953.	108

Afdeling 3 Waterkeringen en inundaties

3.0.1 Inleiding	157
3.0.2 Verantwoording	157
3.1 <i>De waterkeringen</i>	158
3.1.1 Dijkdoorbraken en dijkbeschadigingen	158
3.1.2 De hoogteligging van de kruin der hoofdwaterkeringen	159
3.1.3 Het dwarsprofiel van de hoofdwaterkeringen	160
3.1.4 Morfologie der dijkbeschadigingen	161
3.1.5 Wat gebeurde er in de rampnacht?	166
3.1.6 Beschouwingen over de mogelijke oorzaak van de dijkvernielingen	169

3.2	<i>De inundaties</i>	172
3.2.1	Algemeen overzicht	172
3.2.2	Het vasteland van Zuid-Holland	175
3.2.3	Krimpenerwaard en Stormpolder.	176
3.2.4	Alblasserwaard	177
3.2.5	IJsselmonde	180
3.2.6	Rozenburg	184
3.2.7	Voorne-Putten	187
3.2.8	De Hoekse Waard	192
3.2.9	De Tiengemetten	200
3.2.10	De Berenplaat	201
3.2.11	Het Eiland van Dordrecht	202
3.2.12	Goeree-Overflakkee	205
3.2.13	Schouwen-Duiveland	225
3.2.14	Sint-Philipsland	234
3.2.15	Tholen	235
3.2.16	Walcheren	239
3.2.17	Noord-Beveland	241
3.2.18	Zuid-Beveland.	245
3.2.19	Zeeuws-Vlaanderen	251
3.2.20	De Biesbos en het land van Heusden en Altena	255
3.2.21	Het vasteland van Noord-Brabant (noordelijk deel)	260
3.2.22	Het vasteland van Noord-Brabant (westelijk deel)	269
3.3	<i>Overzicht van de voorgekomen doorbraken en beschadigingen</i>	273

Afdeling 4 Het herstel van de waterkeringen

4.1	<i>Waarschuwing en alarmering van de bevolking van het rampgebied c.a.</i>	341
4.2	<i>Functionering van het verkeer in het rampgebied.</i>	343
4.2.1	Het Eiland van Dordrecht en noordwestelijk Noord-Brabant	343
4.2.2	Verbindingen met en op Zuid-Beveland en Walcheren	344
4.2.3	Het verkeer op Schouwen-Duiveland	347
4.2.4	Het verkeer in Zeeuws-Vlaanderen	348
4.3	<i>Berichtgeving gedurende en onmiddellijk na de ramp</i>	349
4.4	<i>Hulpverlening door Marine, Land- en Luchtmacht</i>	351
4.4.1	Hulpverlening door de Luchtmacht	351
4.4.2	Hulpverlening door de Landmacht	352
4.4.3	Hulpverlening door de Marine	353
4.5	<i>Militaire hulp uit het buitenland</i>	354
4.6	<i>Burgerlijke maritieme hulpverlening</i>	355
4.7	<i>Buitenlandse technische hulpverlening</i>	356
4.7.1	Ongeorganiseerde spontane hulpverlening	356
4.7.2	Georganiseerde hulpverlening	358
4.8	<i>Regeling van de inzet van burgerlijke arbeidskrachten</i>	359
4.9	<i>De leiding van het herstelwerk</i>	362
4.10	<i>Zandzakkenvoorziening</i>	364
4.11	<i>De financiering van het dijkherstel c.a.</i>	365
4.11.1	Algemeen	365
4.11.2	De Noodwet Dijkherstel 1953	365
4.11.3	De Wet Financiering Stormvloedschade Publiekrechtelijke Lichamen	369
4.11.4	De benodigde fondsen	369
4.12	<i>Financiële verhouding rijk - aannemer - werknemer</i>	370
4.12.1	De regie-overeenkomst	371
4.12.2	Overgang van regie naar aangenomen werk	374
4.13	<i>Algemene beginselen en methoden toegepast bij de herstelling der waterkeringen na de stormvloed van 1 februari 1953</i>	375
4.13.1	Herstel van eenvoudige dijkbeschadiging	375
4.13.2	Dichting van stroomgaten	377

4.14	<i>Het blokkeren van stroomgaten door caissons, beton-elementen en zinkschepen c.a.</i>	384
4.14.1	De eenheidscaissons c.a.	384
4.14.2	Tot sluitcaisson verbouwde tankschepen	395
4.14.3	Verplaatsbare perskaden	395
4.14.4	De Phoenixcaissons	396
4.15	<i>Het herstel aan de Noordzee- en Waddenkust van de noordelijke provincies</i>	401
4.15.1	Groningen.	401
4.15.2	Friesland .	401
4.16	<i>Het herstel aan de Noordzee- en Waddenkust van de provincie Noord-Holland</i>	403
4.16.1	Texel.	403
4.16.2	De Afsluitdijk .	407
4.16.3	Het vasteland .	407
4.17	<i>Het herstel van de waterkeringen van het vasteland van Zuid-Holland</i>	413
4.17.1	Noordzeekust .	413
4.17.2	IJssel- en Maasdijken van Rijnland, Schieland en Delfland .	415
4.17.3	Krimpenerwaard en de Stormpolder .	419
4.17.4	Alblasserwaard .	423
4.18	<i>Het herstel van de waterkeringen op de Zuidhollandse eilanden met uitzondering van Goeree-Overflakkee</i>	427
4.18.1	Rozenburg c.a.	427
4.18.2	IJsselmonde .	433
4.18.3	Voorne-Putten.	437
4.18.4	Hoekse Waard.	449
4.18.5	Het Eiland van Dordrecht .	456
4.19	<i>Het herstel van de waterkeringen op Goeree-Overflakkee</i>	462
4.19.1	Buitenduinregel aan de Noordzeekust	462
4.19.2	Het overige gebied van Goeree-Overflakkee	468
4.19.3	De binnendijken .	484
4.19.4	De droogmaking .	486
4.19.5	De organisatie .	486
4.20	<i>Het herstel van de waterkeringen op Schouwen-Duiveland</i>	487
4.20.1	Inleiding .	487
4.20.2	De organisatie van het herstel .	489
4.20.3	Noordkust bewesten Brouwershaven .	490
4.20.4	Burghsluis .	491
4.20.5	Schouwense Dijk .	491
4.20.6	Westelijke havendam Zierikzee .	493
4.20.7	Schelphoek .	499
4.20.8	Zuidkust van de Polder Schouwen, met uitzondering van de grote stroomgaten .	517
4.20.9	Noordkust van Brouwershaven tot de Polder Vierbannen van Duiveland .	521
4.20.10	Stevensluis. Polder Vierbannen van Duiveland.	521
4.20.11	Sirjansland. Waterschap Ooster- en Sirjansland	527
4.20.12	Calamiteus Waterschap Bruinisse .	530
4.20.13	Zuidelijke hoofdwaterkering van het Waterschap Ooster- en Sirjansland .	530
4.20.14	Rampaartse Dijk .	532
4.20.15	De Polder Zuidhoek van het Waterschap Schouwen .	534
4.20.16	De Zuidernieuwlandpolder van het Waterschap Schouwen.	536
4.20.17	De Gouweveerpolder .	536
4.20.18	Ouwerkerk. Polder Vierbannen van Duiveland.	538
4.20.19	De droogmaking .	554
4.20.20	Diverse verbeteringswerken aan de waterkeringen van het Waterschap Schouwen .	554
4.20.21	De indijking van het Dijkwater .	555
4.20.22	Algemene gegevens.	563
4.21	<i>Het herstel van de waterkeringen op Noord-Beveland</i>	564
4.21.1	Zuid- en oostkust .	564
4.21.2	Noordkust .	568
4.22	<i>Het herstel van de waterkeringen op Zuid-Beveland</i>	569
4.22.1	Westelijk Zuid-Beveland .	569
4.22.2	Oostelijk Zuid-Beveland.	578
4.23	<i>Het herstel van de waterkeringen op Tholen en Sint-Philipsland</i>	616
4.23.1	Tholen .	616
4.23.2	Sint-Philipsland .	627

4.24	<i>Het herstel van de waterkeringen op Walcheren</i>	630
4.24.1	Polder Walcheren	630
4.24.2	Suzannapolder, Wilhelminapolder, Oranjepolder, enz	638
4.25	<i>Het herstel van de waterkeringen van Zeeuws-Vlaanderen</i>	641
4.25.1	Waterschap Het Vrije van Sluis	641
4.25.2	Calamiteus Waterschap Tienhonderd en Zwartepolder	646
4.25.3	Calamiteus Waterschap Oud- en Jong-Breskens	646
4.25.4	Calamiteus Waterschap Hoofdplaatpolder en Thomaespolder	646
4.25.5	Calamiteuze Nieuw-Neuzenpolder	648
4.25.6	Rijkszeewering tussen Nieuw-Neuzenpolder en Ser Lippenspolder	651
4.25.7	Calamiteus Waterschap Ser Lippens c.a.	651
4.25.8	Hellegatpolder	653
4.25.9	Waterschap Stoppeldijk c.a.	653
4.25.10	Waterschap De Verenigde Polders van Ossensisse	654
4.25.11	Calamiteus Waterschap Walsoorden	655
4.25.12	Kruispolder en de Melopolder	655
4.25.13	Kleine Molenpolder	656
4.25.14	Overige polders	656
4.25.15	De droogmaking van de geïnundeerde polders	656
4.25.16	Algemeen	656
4.26	<i>Het herstel van de waterkeringen van Noord-Brabant</i>	658
4.26.1	Land van Heusden en Altena benoorden de Bergse Maas	658
4.26.2	Gebied ten zuiden van de Amer en de Bergse Maas beoosten Drimmelen	659
4.26.3	Noordkust ten westen van Geertruidenberg	660
4.26.4	Westkust ten zuiden van de Slaakdam	680
4.27	<i>De medewerking van het Waterloophkundig Laboratorium en de Centrale Studiedienst van de Rijks-waterstaat</i>	698

ALGEMENE INLEIDING

Algemene inleiding

De door de Rijkswaterstaat uitgegeven reeks stormvloedverslagen wordt hierbij voortgezet. Tot nog toe verschenen verslagen van de stormvloeden van 1877, 1881, 1883, 1889, 1894, 1906, 1911 en 1916. Het criterium voor het doen verschijnen van deze verslagen is het voorgekomen zijn van een niet al te geringe schade. Een hoge waterstand alleen is op zich zelf geen aanleiding; hiervoor dienen de reeksen Jaarboeken der Waterhoogten en Tienjarige Overzichten, eveneens uitgegeven door de Rijkswaterstaat.

Uit de tot nu toe verschenen stormvloedverslagen is het volgende staatje af te leiden, aangevende het oppervlak van de overstroomde gebieden in hectaren. Het staatje geldt voor binnen en buiten de hoofdwaterkeringen gelegen polders. De dras gestaan hebbende terreinen en onbekade gebieden zijn niet meegerekend.

Stormvloeden 1877 t/m 1953. Polders buiten en binnen de hoofdwaterkeringen

Stormvloeden	Gemiddelde oppervlakte in ha								
	1877	1881	1883	1889	1894	1906	1911	1916	1953
Groningen	2768	—	400	—	—	—	—	—	—
Friesland	1321	—	—	—	—	1200	—	3015	—
Overijssel	28745	12110	15560	9955	7910	11885	—	7557	—
Gelderland	17400	13000	15000	14000	1150	5200	—	14600	—
Utrecht	7800	8060	7000	7535	7800	3390	547	9750	—
Noord-Holland	230	—	—	—	20	—	—	17765	250 ¹⁾
Zuid-Holland	2715	2394	3074	3622	7670	830	2292	3445	53488
Zeeland	300	—	35	70	330	4750	410	—	37094
Noord-Brabant	7600	7500	8000	7720	5700	10085	8035	12610	45680
Totaal	68879	43064	49069	42902	30580	37340	11284	68742	136512

¹⁾ op Texel

Tot de zwaarst door de acht oudere vloeden getroffen provincies behoorden Overijssel, Gelderland, Utrecht en Noord-Holland, waar in de ongeveer 60 jaren vóór de afsluiting der Zuiderzee een totaal van 243969 ha werd overstroomd, tegen een totaal van 351860 ha voor alle provincies.

Ter vergelijking diene dat de vloed van 1953 een oppervlakte van 136512 ha deed overstroomen en 16815 ha dras deed staan.

De provincies Groningen en Friesland blijken betrekkelijk weinig te hebben geleden. Zuid-Hollands schade was matig, die van Noord-Brabant betrekkelijk groot. Merkwaardig is de geringe schade van Zeeland vóór 1953.

De verhouding van de overstromingen in de verschillende provincies komt nog tot uiting in de volgende staat.

Provincie	Gemiddelde overstroming in ha per vloed	
	8 Vloeden	8 Vloeden + 1953
Groningen	396	352
Friesland	692	615
Overijssel	11715	—
Gelderland	10044	—
Utrecht	6485	—
Noord-Holland	2252	—
Zuid-Holland	3255	8837 (10048) ²⁾
Zeeland	737	4777 (5067) ²⁾
Noord-Brabant	8406	11548 (12914) ²⁾

²⁾ Drasstaande terreinen inbegrepen

De Zuiderzee was, zolang zij nog niet was afgesloten, dus zeer gevaarlijk. Van het genoemde totaal van 351860 ha der 8 vloeden komt 243969 ha of ruim 69% voor rekening van de 300 km lange kustlijn der Zuiderzee. Sinds de afsluiting is het gevaar hier praktisch geweken.

In de drie zuidwestelijke provincies is de overstromingsoppervlakte van de 9 vloedten 1877 t/m 1953 totaal 235449 ha. Hierbij zijn de drasse gebieden weder niet inbegrepen.

Slechts de oppervlakten der overstroemde gebieden werden vergeleken, de andere schaden niet. Enige cijfers over de ramp van 1953 mogen hier volgen.

Ten gevolge van de ramp hebben 1835 mensen het leven gelaten; het is vooral dit onherstelbare verlies aan mensenlevens, dat deze ramp tot zulk een tragische gebeurtenis stempelt. De totale, in geld waardeerbare schade, welke de stormramp heeft veroorzaakt, wordt geraamd op rond anderhalf miljard gulden, waarvan een bedrag van ruim vierhonderdmiljoen gulden aan landbouwherstel. Bij de stormramp verdronken onder meer rond 20000 koeien, 12000 varkens en 1750 paarden. Er werden 47300 gebouwen vernield of ernstig beschadigd, waaronder 10000 stuks zeer ernstig of onherstelbaar. De schade aan gebouwen wordt geraamd op rond 160 miljoen gulden. Ruim 160 kilometer dijk lengte van de hoofdwaterkeringen in het zuidwestelijke rampgebied werd zwaar beschadigd, waarvan rond 42 kilometer zeer zwaar; voorts ontstonden in dit gebied 89 stroomgaten. Ongeveer 153000 hectare werd in het zuidwestelijke rampgebied geïnundeerd; daaronder is begrepen rond 17000 hectare, welk gebied slechts dras kwam te staan.

Op de overzichtskaart, welke bij het tekstdeel van dit verslag is gevoegd, is een overzicht gegeven van de geïnundeerde gebieden en van de voornaamste stroomgaten.

In het onderhavige verslag wordt de stormramp van 1953 vrijwel uitsluitend beschouwd vanuit de meteorologische en waterstaatkundige gezichtshoek. Aan de moeilijkheden bij de hulpverlening en aan de desorganisatie, welke ontstond doordat het weg- en spoorwegverkeer zowel als het telefoon- en telegraafverkeer in hoge mate werd belemmerd, wordt hier geen aandacht geschonken. Evenmin wordt uitvoerig ingegaan op het herstel van dit verkeer, terwijl over het omvangrijke landbouwherstel niets wordt meegedeeld.

Het verslag bestaat uit vier afdelingen.

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut stelde afdeling 1 samen, de Rijkswaterstaat zorgde voor de samenstelling van de afdelingen 2, 3 en 4.

Behalve naar een zo volledig mogelijke documentatie van feitelijke gegevens is tevens gestreefd naar een systematische bewerking en een verantwoorde interpretatie van hetgeen zich heeft voorgedaan, terwijl bij de herstelwerkzaamheden de redenen werden vermeld, welke tot de gevolgde werkwijzen hebben geleid alsmede de ervaringen, welke daarmee zijn opgedaan. Deze in dit verslag opgenomen interpretaties en opvattingen zijn het resultaat van een intensieve bestudering van het door de bewerkers verzamelde uitgebreide feitenmateriaal. Naast deze studies zijn er, veelal op initiatief van de kort na de ramp door de Minister van Verkeer en Waterstaat ingestelde Deltacommissie, uitgebreide onderzoeken ter hand genomen door, onder meer, het Waterloopkundig Laboratorium en het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft, het Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen, het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening te 's-Gravenhage en het Mathematisch Centrum te Amsterdam. De resultaten van deze onderzoeken worden voor een groot deel gepubliceerd in de bijdragen van het Eindverslag van de Deltacommissie.

AFDELING I

BESCHRIJVING VAN DE STORM

Afdeling 1. Beschrijving van de storm

1.0.1 De storm ¹⁾

Op 26 januari bevond zich bij de oostkust van Noord-Amerika in het vlak van 500 mb een diepe trog, die zich van de Labradorstraat tot ten zuiden van 30° N.B. uitstrekte.

Deze trog verplaatste zich tamelijk regelmatig naar het oosten. Er mee samenhangend werd op zeeniveau een vore van lage druk aangetroffen, die zich in ongeveer hetzelfde tempo naar het oosten bewoog. In deze vore bevond zich het polaire front, waarin zich aan de warme oostflank van de vore periodiek golfvormige storingen ontwikkelden. Deze bewogen zich met de krachtige westelijke stroming in de hogere niveaus tussen Schotland en IJsland door naar Scandinavië, om vervolgens in zuidoostelijke richting Rusland binnen te trekken. Op zeeniveau lag een langgerekt hogedrukgebied langs de 45ste breedtegraad, dat in het westen door de oostwaarts bewegende vore geleidelijk werd afgebroken. Op 29 januari had zich in de trog op 500 mb op de oceaan een afzonderlijke gesloten kern gevormd op 44° N.B., 38° W.L. (fig. 1.2). Op zeeniveau hing met deze 500 mb-kern een lagedrukgebied met een kern van 996 mb samen op 45° N.B., 33° W.L. (fig. 1.1). Voorts werd bij de zuidwestelijke punt van IJsland een oud lagedrukgebied aangetroffen, dat het restant was van een zich daar enkele dagen tevoren bevonden hebbende diepe depressie. Op 29 januari waren er op de kaart van 12.00 G.M.T. de eerste aanwijzingen, dat er zich aan het warmtefront, dat zich van het lagedrukgebied op 45° N.B., 33° W.L. naar Schotland uitstrekte, een storing begon af te splitsen ongeveer op 55° N.B., 25° W.L. (fig. 1.1). Hier was de depressie bezig te ontstaan, die in ons land de noodlottige stormvloed van 1 februari zou veroorzaken. Om 18.00 G.M.T. had zich een aparte kern gevormd op 57.5° N.B., 17.5° W.L., waarvan de diepte ongeveer 999 mb bedroeg. Tamelijk langzaam en ongeveer 4 mb in 6 uur dieper wordend, bewoog de kern zich vervolgens naar het noordoosten. Hij nam daarbij tevens het oude lagedrukgebied, dat op 29 januari bij de zuidwestpunt van IJsland lag, in zich op en slaagde er hierdoor in, geleidelijk koudere lucht uit het gebied van IJsland aan zijn westflank naar het zuiden te transporteren.

Van grote invloed op de verdere ontwikkeling en vooral op de naar het zuidoosten afbuigende koers van de nieuwe depressie moeten geacht worden, de gelijktijdige ontwikkelingen in het zeegebied bij de zuidpunt van Groenland. Een over Labrador naar het noorden bewegende depressie veroorzaakte in het genoemde zeegebied een zuidelijke luchtstroming, waarmede warme lucht naar Groenland werd getransporteerd. In samenhang hiermede nam een rug van hoge druk, die zich van zuidelijke breedten ongeveer langs de 45ste lengtegraad (fig. 1.1 en 1.3) naar een krachtig hogedrukgebied boven Noord-Groenland uitstrekte, tussen 50° en 60° N.B. geleidelijk in betekenis toe, terwijl hij naar het oosten bewoog.

Op 30 januari om 12.00 G.M.T. had zich in deze rug een afzonderlijke kern van 1023 mb gevormd op 54° N.B., 34° W.L. (fig. 1.4). De baan van deze kern staat op de banenkaart (fig. 1.18) aangegeven.

Op hetzelfde tijdstip begon de koers van de depressie, die toen een diepte van 987 mb vertoonde, naar het zuidoosten af te buigen. Sinds dit tijdstip bevond zich ook een stormveld aan de westzijde van de depressie, dat snel in omvang en intensiteit begon toe te nemen (fig. 1.4 en 1.6) enerzijds ten gevolge van het snel dieper worden van de depressie, anderzijds door het opdringen van de opbouwende hoge druk ten westen er van, hetgeen met krachtige luchtdrukstijgingen in de sector ten westen van de depressie gepaard ging.

Het naar het zuidoosten afzwenken van de depressie moet in verband worden gebracht met een tegelijk met de rug van hoge druk op zeeniveau zich ook in de hogere niveaus boven de Atlantische Oceaan opbouwende rug, waardoor de op 500 mb tussen deze rug en de voorafgaande trog aanwezige noordwestelijke stroming in omvang en intensiteit toenam en noordelijker van richting werd (fig. 1.5 en 1.7). De trog in het 500 mb-vlak ging o.a. (wellicht niet uitsluitend) ten gevolge hiervan in zuidoostelijke richting uitzakken (zie banenkaart fig. 1.18). Op de Noordzee ontstond in de trog een gesloten kern in de middag van 31 januari (fig. 1.10). Hierdoor kon relatief warme lucht van de oostzijde van de trog zich om de kern heen naar de westzijde bewegen, waardoor de kern verder werd afgesnoerd. Vaker is

¹⁾ Zie voor de verklaring van de in deze afdeling gebruikte termen en afkortingen 1.0.7

waargenomen, dat juist dit proces gepaard gaat met hevige en langdurige stormen op zeeniveau. Opge-merkt wordt nog, dat de ontwikkeling op 300 en 200 mb geheel analoog aan die op 500 mb verliep, met dit verschil, dat op 200 mb een gesloten kern pas boven Duitsland ontstond.

Op zeeniveau bereikte de depressie op 31 januari om 06.00 G.M.T. (fig. 1.8) de Noordzee op $59,5^{\circ}$ N.B., 03° W.L. Er had zich toen ten westen van de depressiekern een duidelijke trog ontwikkeld met bijzonder grote luchtdrukgradiënten, die op dat tijdstip bij de noordkust van Schotland lag. Langs onze kust kwamen te zelfder tijd harde zuidzuidwestelijke winden voor op de nadering van het koufront van de depressie, dat toen juist de oostkust van Engeland verliet.

Langs de Noorse en Deense kust werden aan de voorzijde van de storing slechts matige tot krachtige zuidenwinden waargenomen. Aan de voorzijde van het koufront kwam een intensief en gecompliceerd daalgebied van de luchtdruk voor. Als complicerende factor trad een storing op, die zich op 30 januari van het zeegebied ten oosten van de Azoren naar Ierland bewoog, alwaar het daalgebied van de storing zich voegde bij dat, wat aan het koufront gekoppeld was. De aanwezigheid van de storing blijkt in fig. 1.4 en 1.6 uit de zakvormige uitbocht in de isobaren vlak vóór het koufront. In het 500 mb-vlak kwamen boven deze storing iets lagere temperaturen voor dan in de omgeving. De luchtdrukdalingen, die de storing veroorzaakten, droegen het hunne bij tot de snelle afneming van de luchtdruk vóór het koufront in onze omgeving. De depressie zelf trok in de loop van 31 januari over de Noordzee naar het zuidoosten en bereikte in de avond de kust van Denemarken en de Duitse Bocht (fig. 1.9 en 1.11).

De reeds eerder genoemde trog op zeeniveau bevond zich op 31 januari 12.00 G.M.T. (fig. 1.9) nog bij de oostkust van Schotland, waar verschillende weerstations 70 kts wind meldden uit richtingen tussen noordwest en noord. Om 15.00 G.M.T. manifesteerde de naderende trog zich op het lichtschip S 2 (54° N.B., $01,5^{\circ}$ W.L.), in een daling van de luchtdruk van 3,2 mb in 3 uur tijds. In Noord- en Oost-Schotland kwamen te zelfder tijd luchtdrukstijgingen van 5 tot 10,8 mb in 3 uur voor. Om 18.00 G.M.T. meldde het lichtschip S 2 dat de luchtdruk sinds 15.00 G.M.T. nog met 4,6 mb was gedaald, maar dat de luchtdrukdaling intussen had opgehouden. De wind woei uit het westen met 45 kts. Tussen 15.00 en 18.00 G.M.T. was de luchtdruk in het noorden van ons land gedaald met bedragen van 5,1 tot 8,3 mb. In Hoek van Holland had de daling in dezelfde periode maar 1,4 mb bedragen en in Vlissingen niet meer dan 0,2 mb. De luchtdrukgradiënt over ons land was hierdoor tot hoge waarden gestegen. In de sectoren West (driehoek De Bilt-Vlissingen-Den Helder) en Noord (driehoek De Bilt-Den Helder-Eelde) bedroeg de geostrofische wind om 18.00 G.M.T. 110 kts. Het luchtdrukverschil tussen Den Helder en Vlissingen was 13,4 mb. De lichtschepen Terschellingerbank en Texel meldden op dat tijdstip een westerstorm met een kracht van 11 Beaufort (56 kts).

Op het lichtschip Goeree was de windkracht toen 10 Beaufort (48 kts). Om 19.00 G.M.T. meldde een schip op de Noordzee op $55,5^{\circ}$ N.B., 01° W.L. een noordnoordwestenwind van 70 kts. Om 21.00 G.M.T. rapporteerde het lichtschip Goeree windkracht 12 (63 kts), richting 290° en het station Hoek van Holland een wind van 320° met 60 kts (fig. 1.19). Het lichtschip Texel meldde toen windkracht 11, richting 290° . De daling van de barometer was daar toen opgehouden. De geostrofische wind in de sector West was toen tot 130 kts gestegen. Van 31 januari 21.00 G.M.T. tot 1 februari 09.00 G.M.T. meldden de lichtschepen Terschellingerbank en Goeree voortdurend windkracht 11 of 12 (fig. 1.19, 1.20 en 1.21).

De wind ruimde langzaam naar noordwest tot noordnoordwest. Op 1 februari om 00.00 G.M.T. stonden over de gehele Noordzee ten westen van de meridiaan 5° O.L. winden uit richtingen tussen noordwest en noord met snelheden tussen 40 en 70 kts (fig. 1.12).

Op 1 februari tussen 03.00 en 05.00 G.M.T. passeerde nog een zwak secundair trogje ons land, waardoor de barometerstijgingen tijdelijk minder werden.

Het luchtdrukverschil tussen Vlissingen en vliegveld Eelde liep om 03.00 G.M.T. op tot 23 mb (fig. 1.20). Boven land werden de hoogste windsnelheden geregistreerd tussen 31 januari 20.00 uur en 1 februari 06.00 uur. Zondagochtend om 06.00 uur geraakte de provincie Groningen buiten het stormveld. De kern van de depressie, die om 00.00 G.M.T. de Duitse Bocht had bereikt, lag toen in Noordwest-Duitsland (fig. 1.14). De kern werd omgeven door een tamelijk ruim gebied zonder storm, in welk gebied het noordoosten van het land zich bevond.

Terwijl de kern van de depressie in de loop van 1 februari door Duitsland naar het zuidoosten trok en minder diep werd (fig. 1.15 en 1.16), werden de windsnelheden in ons land slechts langzaam kleiner vanwege de grote uitgestrektheid en de langzame verplaatsing van het stormveld. Om 18.00 G.M.T. meldde het lichtschip Texel nog 44 kts en het lichtschip Goeree 41 kts, beiden uit noord. Pas op 2 februari

om 06.00 G.M.T. daalde de windkracht op het lichtschip Goeree beneden de stormgrens (fig. 1.16 en 1.17).

Het is reeds geruime tijd bekend, dat stormen op zee ook tot uitdrukking komen in de registraties der seismografen, doordat ze zogenaamde microseismen veroorzaken. De microseismische beweging, welke in De Bilt werd geregistreerd tijdens de aan 31 januari voorafgaande dagen, bleek te zijn samengesteld uit trillingen met een periode van 6 tot 7 sec en uit snellere oscillaties met een periode van 2,5 sec. Daar de seismograaf in Witteveen voornamelijk de kort-periodische beweging sterk vergroot, is op het seismogram van Witteveen slechts deze component waar te nemen; het verloop der amplitude van deze beweging is op beide stations dezelfde (fig. 1.22). Voor zover de microseismen op zee worden gegenereerd, duidt een lange periode op een zeer uitgestrekt zeegebied (oceaan); uit de seismogrammen kan dus worden afgeleid, dat tijdens deze dagen zowel de Atlantische Oceaan als de Noordzee onrustig zijn geweest. In de loop van 31 januari steeg de amplitude van de kort-periodische trillingen snel, totdat ongeveer om middernacht een gemiddeld zeer hoge waarde werd bereikt, die ongeveer 12 uur bleef bestaan. Het begin van de microseismische storm valt ongeveer samen met het moment, waarop de stormdepressie het Noordzeegebied bereikte; het maximum kwam ongeveer toen de storm op de Noordzee zijn grootste uitgebreidheid had verkregen en valt vrijwel nauwkeurig samen met het maximum van de stormeffect-krommen, weergegeven in de fig. 2.12 t/m 2.21.

1.0.2 Het windveld op de Noordzee

De belangrijkste weerkaart is die van fig. 1.12. De weersomstandigheden van dit moment zijn ongeveer bepalend geweest voor het ongunstigste ogenblik van deze stormvloed. Deze kwam voor nagenoeg op het moment van het optreden van hoogwater in Zuidwest-Nederland.

De depressiekern bevond zich boven de Duitse Bocht dicht voor Hamburg, het hogedrukgebied 25° ten westen daarvan, terwijl de luchtdrukverschillen boven het gehele Noordzeegebied ten westen van 4° O.L. zeer groot waren.

Bij deze ligging van het stormveld was de windrichting op de gehele Noordzee uiterst ongunstig, met name ook in de zuidelijke Noordzee en voor de Nederlandse kust.

Hoe lang de toenemende opstuwing in de Noordzee heeft geduurd, is uit de weerkaartjes min of meer af te leiden. Zo geeft fig. 1.6 voor 31 januari 00.00 G.M.T. over de gehele Noordzee Z.- of ZW-wind, dus afwaaiing. Fig. 1.8 voor 06.00 G.M.T. geeft in de oostelijke helft van de Noordzee nog duidelijk Z- en ZW-winden, doch in de westelijke helft, vlak tegen de Engelse oostkust aan, NW-wind. Hier begint dus de zuidwaartse opstuwing.

Fig. 1.9 voor 12.00 G.M.T. geeft een krachtige ontwikkeling van de NW- tot WNW-winden langs de Engelse en Schotse oostkust en in de richting van Nederland te zien. Hetgeen zich dan voor de Schotse oostkust afspeelt, waar gedurende enige tijd een orkaanwind uit het NW staat, is ook voor Nederland van belang, omdat de ginds veroorzaakte opstuwing met een vertraging van een uur of 9 op de Nederlandse kust doorwerkt.

De toestand van 31 januari 18.00 G.M.T. (fig. 1.11) is uitgesproken ongunstig. Over de volle lengte van de Noordzee, een baan van bijna 1000 km, wordt het water in de richting van de kusten der zuidelijke Noordzee opgestuwd, alwaar het peil voortgaat te stijgen doordat het windveld als geheel (d.w.z. de gesommeerde werking van alle delen van de windbaan, die naar de Nederlandse kust loopt) nog in kracht toeneemt. Volgens de weerkaarten heeft deze toenemende ontwikkeling ongeveer 18 uren (d.w.z. tot omstreeks middernacht) geduurd. Dit vindt bevestiging in de stormeffect-krommen van de figuren 2.12 t/m 2.21 besproken in 2.3.1.

Fig. 1.23 geeft aan hoe de Noordzee door deze storm de opstuwing heeft ondergaan. Tijdens de stijgende fase van de stormvloed gaf de zuidwaartse driftstroom door de werking van de aardrotatie (de Corioliskracht) een extra verhoging tegen zijn rechteroever, d.i. de Engelse oostkust. Door de richting van de storm viel de meest fatale uitwerking echter in Zuidwest-Nederland.

Bij de situatie van omstreeks 18.00 G.M.T. en daarna, komt de gehele Noordzee onder directe invloed van de opwaaiende wind.

Er kunnen dus 2 vakken worden onderscheiden:

1. De driehoek ten zuidwesten van de lijn Schotland-Delfzijl, waarin de wind vanaf 06.00 G.M.T. een opstuwing in de richting van de Nederlandse kust opwekte.
2. De gehele Noordzee, die vanaf omstreeks 15.00 G.M.T. werd opgestuwd in de richting van onze kust.

Vergelijking met andere stormen

Fig. 1.24 geeft ter vergelijking de banen van de depressie bij enige andere stormvloeden. Meestal treden die op bij een NW-ZO-trekrichting en bij een ligging van de kern boven Denemarken. De baan van de depressie 1953 is op zichzelf niet uitzonderlijk. De in fig. 1.24 weergegeven voorbeelden tonen dit aan.

1.0.3 Enige karaktergetallen van verschillende stormen

In tabel 1.1 is een aantal gegevens van verschillende belangrijke en minder belangrijke stormvloeden bijeengebracht (groepen I en II), terwijl in de derde groep (III) een aantal fictieve stormen is opgenomen, welke zijn verkregen door verplaatsing van andere, op de oceaan of in het Noordzeegebied voorgekomen stormen, onder draaiing in de meest ongunstige positie om het windveld op het zuidelijk deel van de Noordzee.

Vergelijking van de verschillende stormen leert het volgende:

De diepte van de depressie, de hoogte van het navolgende hogedrukgebied en het totale drukverschil geven geen aanwijzing omtrent de zwaarte van de storm. Er komen trouwens vele diepe depressies voor, welke in het geheel geen storm uit het noordwestkwadrant veroorzaken, maar b.v. alleen een zuidwesterstorm. Het totale drukverschil is wel een maat voor de uitgestrektheid van het gebied waarin storm kan voorkomen; hoe groter het verschil, hoe uitgestrekter in het algemeen het gebied, waarin veel wind heerst.

Voor vergelijking van de luchtdrukgradiënten is een vak op het zuidwestelijk deel van de Noordzee gekozen, aan de ene kant begrensd door de Engelse oostkust, aan de andere kant door de Nederlandse kust en vervolgens door een lijn van Den Helder in noordnoordwestelijke richting tot het midden van de Noordzee (hoekpunten 55,3 N - 0,8 W, 55,9 N - 3,1 O, 50,7 N - 1,6 O, 51,4 N - 5,2 O).

Het blijkt, dat de storm van 1 februari vergezeld ging van verreweg de grootste gemiddelde luchtdrukgradiënt; tussen de overige depressies zijn de verschillen niet groot, hetgeen voor een deel moet worden toegeschreven aan het feit, dat vooral voor de vroegere jaren geen weerkaarten ter beschikking stonden voor alle tijdstippen van de dag, zodat voor het moment, dat maatgevend geacht moest worden voor het optreden van de grootste opstuwung langs onze kust, vaak geen weerkaart ter beschikking stond en een kaart van enige uren vroeger of later moest worden gebruikt.

Uit het derde deel van de tabel blijkt, dat, wanneer elders op de oceaan of in het Noordzeegebied opgetreden depressies op zodanige wijze verplaatst worden, dat zij in de ongunstigste positie komen te liggen voor het windveld op het zuidelijk deel van de Noordzee, nog grotere luchtdrukgradiënten niet tot de onmogelijkheden behoren. In het bijzonder levert de depressie, die in ons land de ramp veroorzaakte, in de omgeving van Schotland (waar ook grotere windsnelheden zijn gemeten dan bij ons) een nog steiler gemiddeld luchtdrukverval op. Er zijn a priori geen redenen aan te wijzen waarom deze nog grotere luchtdrukgradiënt niet op het zuidelijk deel van de Noordzee zou kunnen voorkomen. Er moet echter wel rekening mede worden gehouden dat een vergelijking van de gradiënten, zonder rekening te houden met andere factoren, als b.v. de kromming van de luchtbanen, tot onjuiste conclusies moet leiden. Een gradiënt van 9,4 mb/111 km levert een geostrofische wind van ± 60 m/sec (in Schotland zijn windstoten tot ongeveer dit bedrag gemeten op 31 januari 1953). Reductie voor de wrijving levert boven zee een windsnelheid van $\frac{3}{4} \times 60 = \pm 45$ m/sec op. Het is vooral de kromming van de luchtbanen, die de snelheid verder reduceert. Een nadere berekening omtrent de windsnelheden, welke in de meest extreme gevallen zouden zijn opgetreden, leert, dat een gemiddelde windsnelheid van 35 m/sec gedurende minstens één uur in het Noordzeegebied voor mogelijk gehouden moet worden, al zal deze niet gemakkelijk over de volle lengte en breedte van de Noordzee voorkomen. Dit sluit uiteraard de mogelijkheid niet uit, dat nog grotere windsnelheden zouden kunnen optreden.

1.0.4 Het windverloop langs de kust

Voor een overzicht van het windverloop langs de kust staan ter beschikking windgegevens van de stations: Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden, Den Helder, Vlieland, Noordpolderzijl, Harlingen en Elburg. In fig. 1.25 en 1.26 zijn weergegeven de geregistreerde uurgemiddelden van de windsnelheid met de maximumstoot voor elk uur, behalve van Harlingen en Elburg. Aangezien deze stations

niet allemaal pal aan de kust liggen, is het nodig op de metingen van sommige stations een herleiding toe te passen. De fig. 1.27 en 1.28 geven het verloop van de tot normaalwaarde herleide uurgemiddelden van de windsnelheid van deze stations op 31 januari en 1 februari. Deze snelheden kunnen geacht worden te heersen op 10 m hoogte. Verder geven deze figuren nog de buiigheid per uur (b), d.w.z. de gemiddelde schommelingsamplitude, gedeeld door de gemiddelde snelheid (niet herleid), en ten slotte de windrichting.

Van Vlissingen tot aan Den Helder is het windverloop vrijwel gelijk en kan in het kort als volgt geschetst worden:

Zaterdag 31 januari tot 8 à 9 uur geleidelijk toeneming tot snelheden tussen 15 en 20 m/sec. Tot 16 à 18 uur schommeling op dit niveau. Daarna tot 22 uur sterke toeneming tot een maximum van ~ 26 m/sec.

Van 31 januari 22 uur tot 1 februari 16 uur geleidelijke daling tot 18 à 20 m/sec. Daarna snelle daling tot 10 à 12 m/sec in de avond van 1 februari.

Tabel 1.1

Groep	Datum	<i>h</i> G.M.T.	<i>L</i> mb	<i>H</i> mb	<i>Verschl</i> H-L	<i>Gem. gradiënt</i> ZW Noordzee. mb/III km	<i>Richting isobaren</i> bij gradiënt (6) graden	<i>Aantal</i> hoofdstations boven grenspeil	<i>Maximum boven</i> grenspeil op hoofdstation. cm.	<i>Rangorde van</i> de stormvloed
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	1 febr. 1953	00	980	1030	50	7.9	336	7	155	1
	12 maart 1906	19	960	1025	65	3.9	320	7	117	3
	13/14 jan. 1916	13/13	980	1035	55	5.2	322	6	98	4
	26 nov. 1928	01	965	1035	70	5.3	327	7	54	5
	1 dec. 1936	13	970	1035	65	5.7	315	7	46	6
	11 nov. 1912	13	975	1030	55	5.1	339	4	75	11
II	23 nov. 1930	01	975	1025	50	5.7	329	6	43	12
	10 okt. 1926	07	970	1020	50	4.8	309	4	55	
	29 jan. 1938	18	950	1040	90	4.8	298	4	38	
	6/7 nov. 1921	6/18	980	1020	40	5.9	339	2	21	
	28 nov. 1932	27/18	995	1040	45	3.6	315	2	9	
	2/3 jan. 1922	3/07	965	1030	65	4.2	317	2	6	
III	12/13 dec. 1929	12/18	980	1030	50	5.7	313	1	34	
	1 nov. 1921	13	955	1025	70	2.9	317	1	20	
	31 jan. 1953	12				9.4	331			
	31 jan. 1953	06				9.3	328			
	19 okt. 1935	07				9.2	320			
	9 febr. 1933	13				8.8	329			
	31 jan. 1953	18				8.5	326			
	1 maart 1949	06				7.4	335			
23 dec. 1949	03				7.4	302				
20 maart 1920	13				7.4	342				

Groep I: Belangrijke stormvloeden.

Groep II: Minder belangrijke stormvloeden.

Groep III: Naar de Noordzee verplaatste depressies, elders op Atlantische Oceaan of op Noordzee voorgekomen en gedraaid in de richting, waarin het windveld ongeveer de grootste uitwerking moet hebben.

Kolom 1: Datum.

Kolom 2: Tijd in uur G.M.T. van de weerkaart, waaruit de meteorologische gegevens zijn bepaald.

Kolom 3/4: Diepte, resp. hoogte van de depressie en navolgend maximum, genomen van de laatste gesloten isobaar.

Kolom 5: Totale werkende luchtdrukverschil.

Kolom 6/7: Luchtdrukgradiënt in mb/per 60 mijl (111 km) en richting van bijbehorende geostrofische wind, opgemeten uit een vak met hoekpunten 55,3 N - 0,8 W; 55,9 N - 3,1 O; 50,7 N - 1,6 O; 51,4 N - 5,2 O. (dit is de westelijke helft van het zuid-vak, gebruikt door Schalkwijk).

Kolom 8: Hoofdstations zijn: Vlissingen, Brouwershaven, Hoek van Holland, IJmuiden, Den Helder, Harlingen, Delfzijl.

Kolom 10: Rangorde, berekend uit de gemiddelde overschrijding van het grenspeil langs de gehele kust.

Bij Den Helder begint het maximum lager te worden. In Vlieland is de kracht van de storm duidelijk geringer, terwijl in Noordpolderzijl van het karakteristieke maximum weinig over is.

In fig. 2.10 zijn mede aangegeven de tijdstippen van maximumstormeffect (zie 2.3.5) en het hoogste hoogwater. Het moment van maximumstormeffect is afhankelijk van het verloop van windsnelheid, windrichting en voortplanting van de opstuwing over de Noordzee. Voor de Hollands-Zeeuwse kust viel het maximumstormeffect omstreeks 5 uur na de maximumwindsnelheid ter plaatse. Dit komt omdat de meer nabije wind een relatief belangrijker aandeel in de opstuwing voor de kust levert dan de wind verder weg. Het is ook uit de onderzoeken van Schalkwijk gebleken, dat een windveld op de zuidelijke helft van de Noordzee reeds een paar uren na het bereiken van zijn maximumsterkte ook zijn maximumuitwerking op de waterstanden voor de Hollands-Zeeuwse kust heeft.

1.0.5 De maximale windsnelheden in vergelijking met vroegere stormen uit het noordwestkwadrant

Ten einde een indruk te krijgen hoe de maximale windsnelheden van deze storm in vergelijking met vroegere stormen uit het noordwestkwadrant zijn, geven we de volgende tabel:

Tabel 1.2 Vergelijking van de maximum windsnelheden bij de stormvloed van 1 februari 1953 met die van vroegere stormen

<i>Den Helder</i>		<i>Vlissingen</i>	
<i>1903-1953</i>		<i>1910-1941; 1945-1953</i>	
<i>datum</i>	<i>a^m</i>	<i>datum</i>	<i>a^m</i>
28-12-1914	5.5	28-12-1914	5.3
9-10-1903	4.8	25-12-1913	4.7
7- 4-1943	4.7	10- 1-1920	4.6
6-11-1921	4.6	23-12-1916	4.5
24-10-1917	4.5	2-10-1938	4.5
28- 2-1949	4.4	7- 3-1923	4.4
1- 2-1953	3.8	1- 2-1953	4.4

In deze tabel is *a* het maximale uurgemiddelde gedeeld door het gemiddelde *m* voor een lange periode van alle windsnelheden van het betrokken station. Voor Den Helder kan met $g = 6,5$ m/sec worden gerekend en voor Vlissingen $g = 5,0$ m/sec.

De storm van 1914 was als stormvloed niet zo belangrijk, omdat de windrichting hierbij overwegend ZW was en slechts tijdelijk W-WNW is geweest.

Uit deze tabel blijkt duidelijk dat de maximale windsnelheden op 1 februari 1953 geen uitersten waren.

1.0.6 Duur van de grote windsnelheden

De volgende cijfers geven aan in hoeverre de duur van de storm extreem is geweest. Wij gebruiken hiervoor uren boven het niveau 3 g, hetgeen aan de kust gelijk kan worden geacht aan 20 m/sec.

Tabel 1.3 Duur der tijdvakken, waarin de windsnelheid zonder onderbreking boven het niveau 3 g m/sec is geweest

<i>Den Helder</i>		<i>Vlissingen</i>	
<i>datum</i>	<i>duur (in uren)</i>	<i>datum</i>	<i>duur (in uren)</i>
9-10-1930	24	1- 2-1953	33
24-10-1917	23	1-12-1929	22
1- 2-1953	22	7-12-1951	18
1-12-1917	19		
17- 9-1914	19		

Hieruit is te zien, dat de storm in Den Helder wel tot de zeer langdurige behoort, maar toch niet de meest extreme in duur is. In Vlissingen daarentegen heeft deze storm anderhalf maal zo lang geduurd als tot voor die datum maximaal was waargenomen. Men moet hierbij bedenken, dat het materiaal van Vlissingen 40 jaren beslaat, dat van Den Helder daarentegen 49 (hier ontbreekt 1944/45). Uit een statistische bewerking blijkt, dat de duur van deze storm voor Den Helder een verschijnsel is, dat ongeveer eens per 20 jaren voorkomt, in Vlissingen echter eens per 200 jaren. Men bedenke goed, dat deze cijfers slechts een orde van grootte aangeven. Verder heeft het bovenstaande alleen betrekking op stormen uit het kwadrant van W tot N.

Meteorologisch gesproken kan deze storm als een langdurige worden aangemerkt. Doch de lange duur is niet bepalend voor de bereikte grootste hoogte van de stormvloed. Bepalend voor de verhoging van de waterstanden bij een stormvloed is niet in de eerste plaats de duur van de storm, maar de effectieve lengte van de baan van water, waarop de wind werkt (mits de duur van de storm niet te kort is).

1.0.7 Toelichting van de gebruikte termen en afkortingen

Kaarten van zeeniveau

De getrokken lijnen stellen isobaren voor, d.w.z. lijnen van gelijke luchtdruk; het getal bij iedere lijn geeft het aantal millibaren aan.

De dikke lijnen met halve cirkeltjes en driehoekjes zijn de fronten, dus de scheidingslijnen tussen verschillende luchtsoorten. De cirkeltjes en driehoekjes geven temperatuurstijging of -daling aan.

De afzonderlijke cirkeltjes zijn weerstations; de windrichting wordt aangegeven door een vaan, welke naar het station wijst; de windsnelheid door een vlaggetje aan de vaan. Iedere hele vlag betekent 10 knopen, iedere halve vlag 5. De overige gegevens zijn aanduidingen van bewolking, weer, luchtdruk, luchtdrukverandering, temperatuur, enz.

De hoofdletters H en L geven de kernen van hoge- en lagedrukgebieden aan.

Topografieën 500 mb-vlak

De getrokken lijnen stellen lijnen voor van gelijke hoogte van het 500 mb-vlak. De lijnen zijn getrokken op afstand van 4 decameter (te vergelijken met een luchtdrukverschil van 5 mb aan het aardoppervlak).

De windrichting en -kracht worden aangegeven op dezelfde wijze als hierboven beschreven, alleen wordt een windsnelheid van 50 knopen aangeduid door een driehoekje.

De temperaturen staan links boven, de getallen rechts van de stations zijn de waarden voor de hoogte van het 500 mb-vlak (in decameters).

Toelichting meteorologische termen

„500 mb” = 500 millibar; 1 mb = 0,001 bar = 10^3 barye. Een barye is een druk van 1 dyne per cm^2 . Bij een versnelling van de zwaartekracht van $980,6 \text{ cm/sec}^2$ (45° breedte) geldt: 1 cm kwik = $13,6 \times 980,6 = 13336 \text{ dynes/cm}^2 = 13,336 \text{ mb}$. Hieruit volgt als goede benadering: een druk van 1 mm kwik = $\frac{4}{3} \text{ mb}$. 1 atmosfeer = 760 mm kwik = 1013,3 mb.

„500 mb-vlak” = het vlak dat alle punten bevat, waarin de luchtdruk 500 mb bedraagt. Het bevindt zich doorgaans op 5 à 6 km boven zeeniveau.

„trog van lage luchtdruk”. Een uitloper van een lage-drukgebied, waarbij in de as de isobaren het dichtst bijeen liggen (het luchtdrukverval dus het grootst is).

„rug van hoge luchtdruk”. Een uitloper van een hoge-drukgebied, waarbij in de as de isobaren-afstand het kleinst is (het luchtdrukverval het grootst).

„luchtdrukgradiënt” = luchtdrukverval per eenheid van afstand in een richting, loodrecht op de isobaren. In de praktijk meestal opgegeven in mb per 111 km (= 60 zeemijlen = 1 breedtegraad).

„kts” = knots = knopen. Een knoop is een eenheid van snelheid en wel 1 nautische mijl (zeemijl) per uur. 1 zeemijl = 1852 m. Bij goede benadering geldt dus: 1 knoop = 0,5 m/sec.

„geostrofische wind” = de theoretische wind, die zou optreden, wanneer geen versnellingen en geen wrijving aanwezig waren. Voor de snelheid van de geostrofische wind geldt

$$g^v = \frac{1}{2 w \sin \varphi \rho} G$$

waarbij w = de hoeksnelheid van de aarde, φ de geografische breedte, ρ de luchtdichtheid en G de luchtdrukgradiënt.

Op 50° breedte behoort bij een luchtdrukgradiënt van 1 mb per 111 km en een dichtheid van $0,00125 \text{ gram/cm}^3$ een geostrofische windsnelheid van 6,6 m/sec. De *richting* van de geostrofische wind valt samen met die van de isobaren, waarbij, staande met de wind in de rug, op het noordelijk halfrond de lage druk links ligt, op het zuidelijk halfrond rechts.

„richting 290° ”. Onder windrichting verstaat men de richting, waaruit de wind waait. In graden uitgedrukt wordt zij gerekend van het noorden uit, met de wijzers van de klok mee. Dus 0° = noordenwind, 90° = oostenwind, enz.

„seismograaf” = een toestel, dat de trillingen in de aardkorst registreert.

„microseismen”. Behalve aardbevingen worden door een seismograaf ook kleinere trillingen, z.g. microseismen, geregistreerd, die o.a. door de bewegingen van het zeewater worden veroorzaakt.

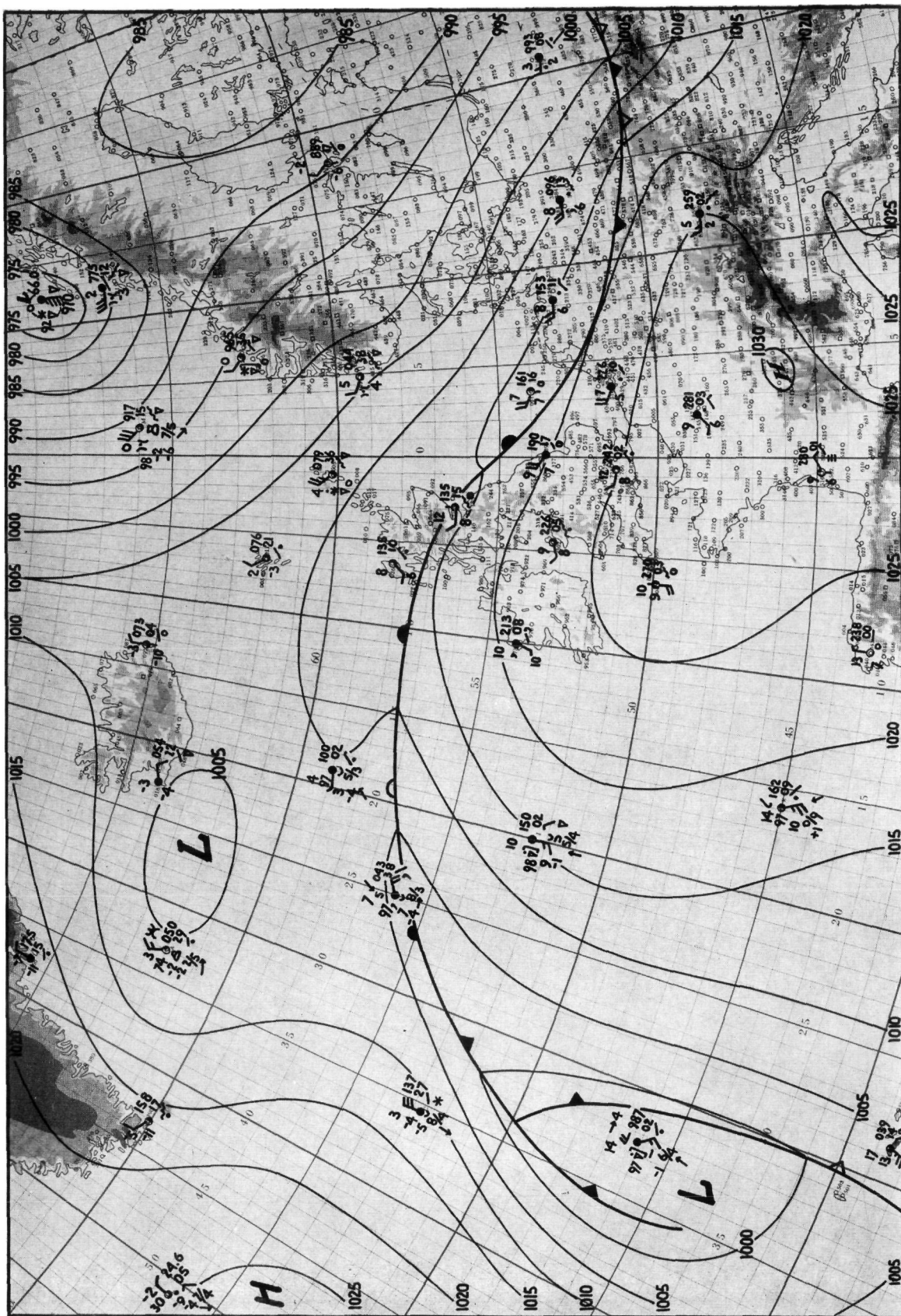


Fig. 1.1. Weerkaart 29 januari 12.00 GMT

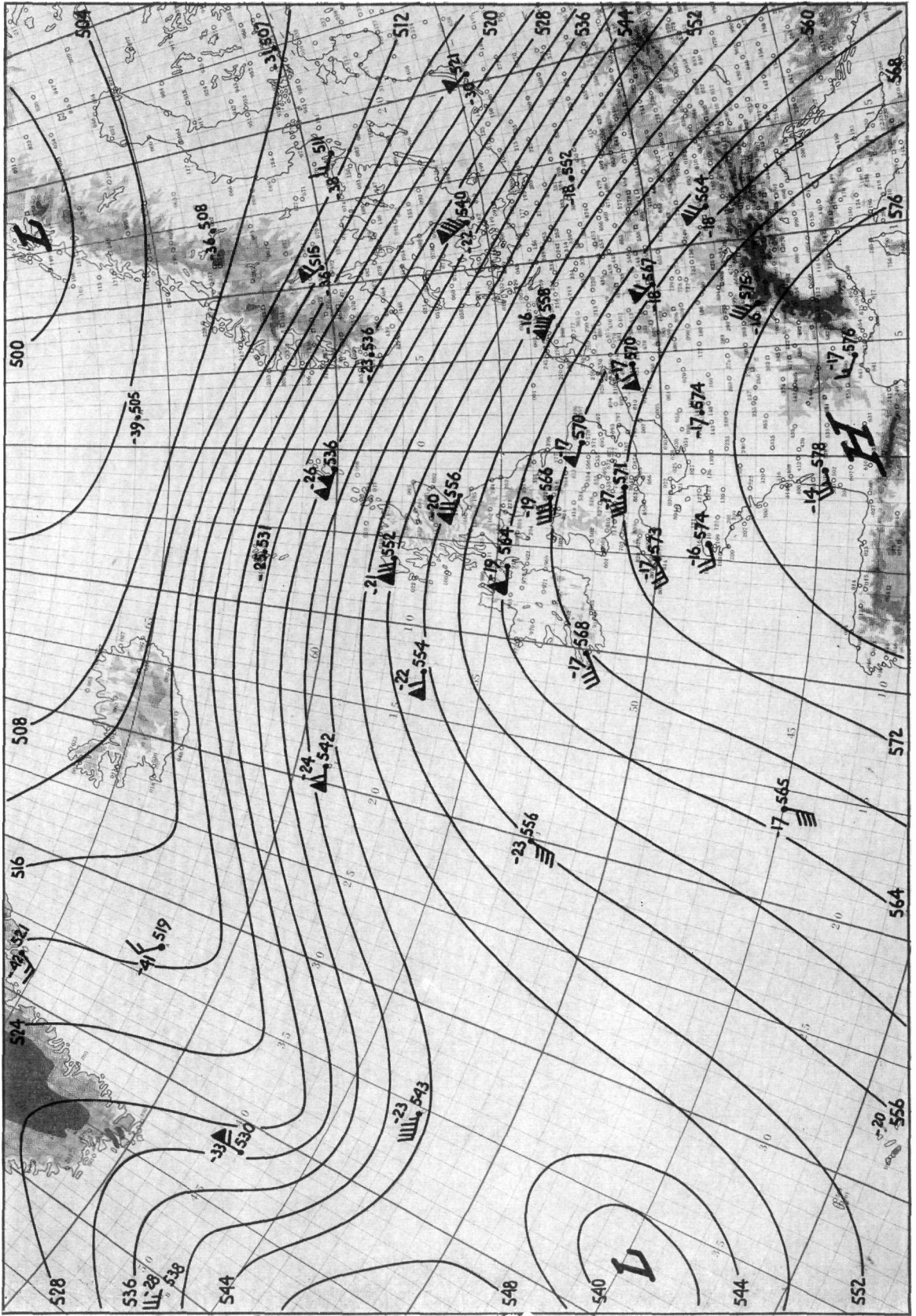


Fig. 1.2. Topografie 500 mb 29 januari 15.00 GMT

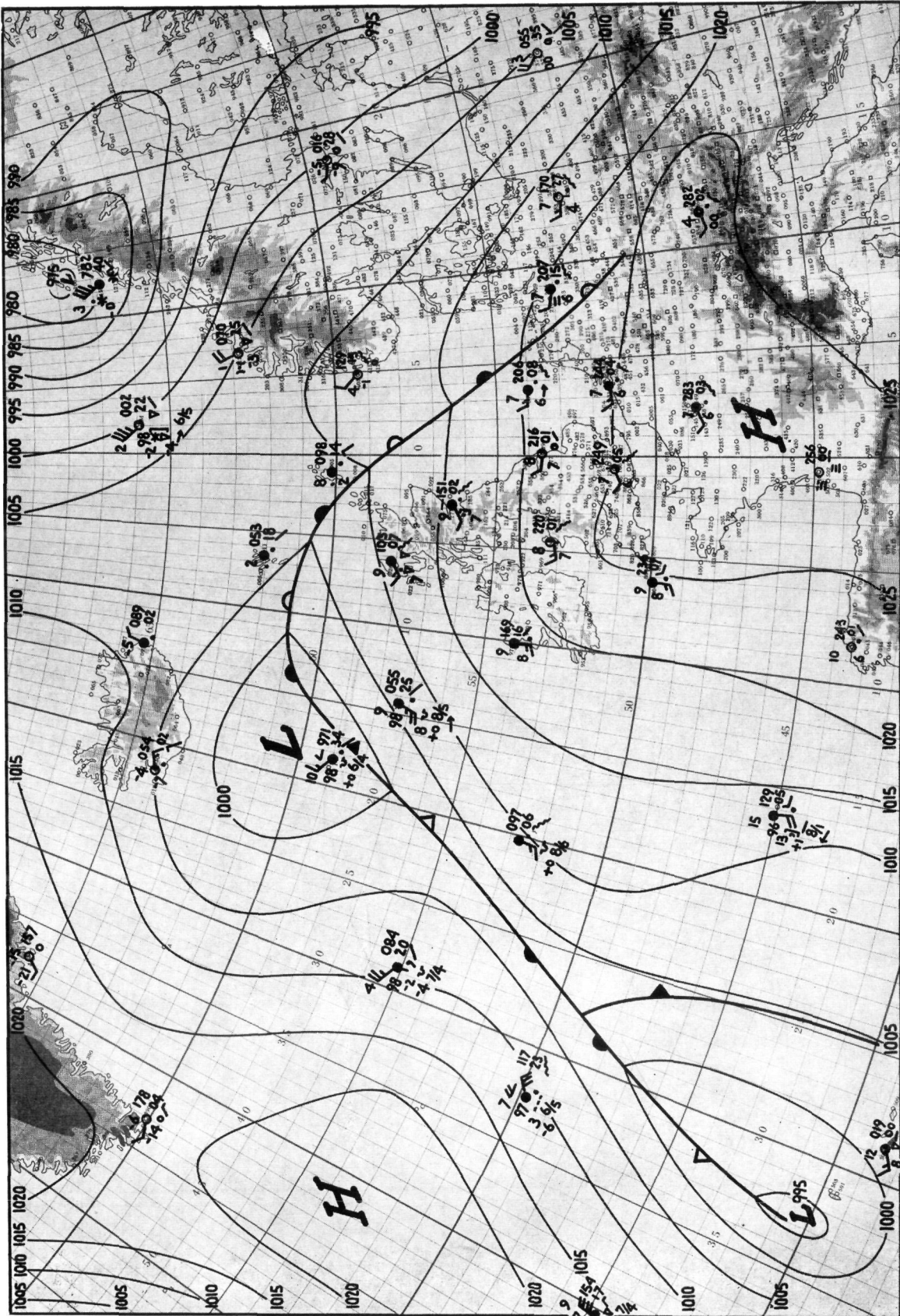


Fig. 1.3. Weerkaart 30 januari 00.00 GMT

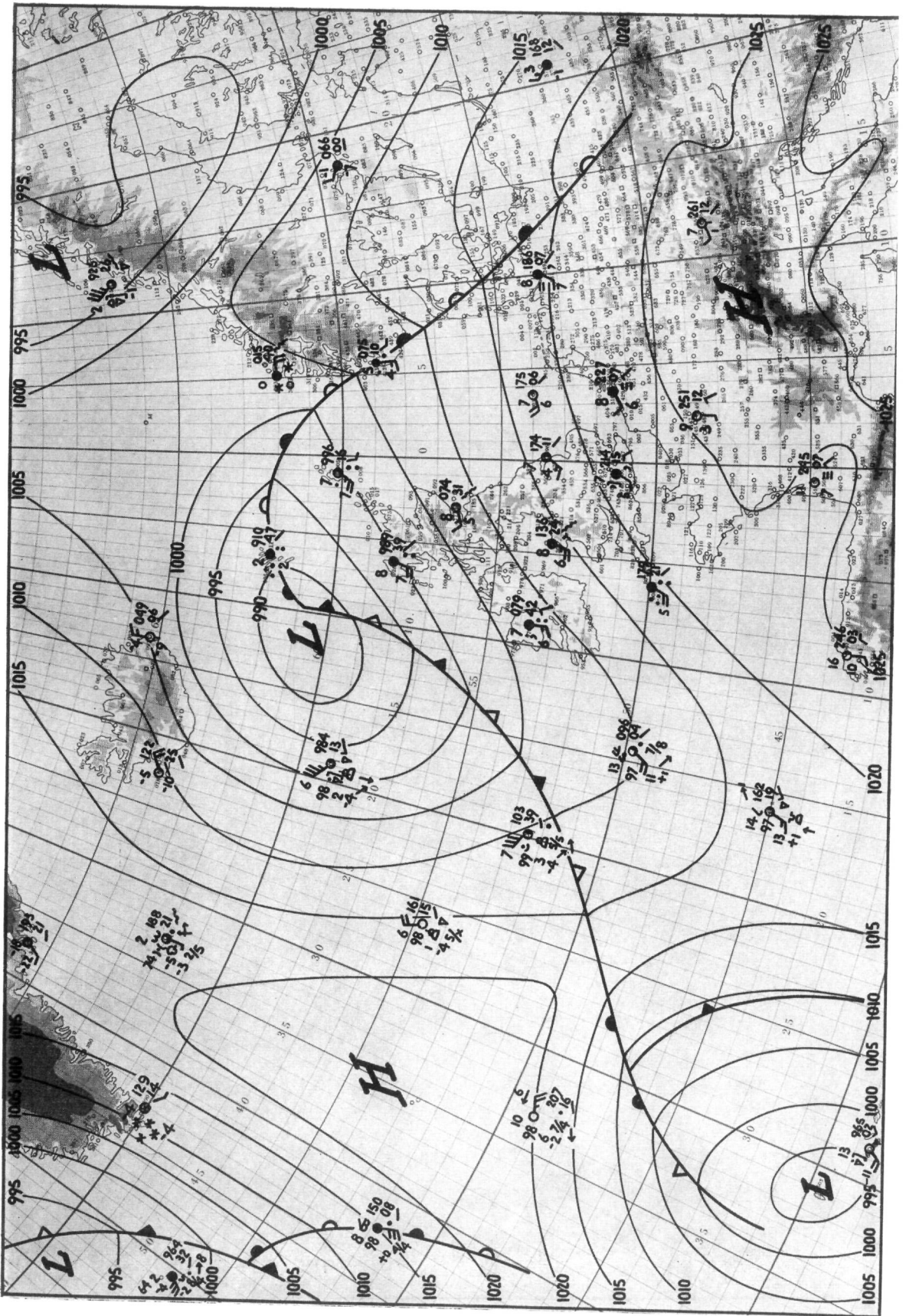


Fig. 1-4. Weerkaart 30 januari 12.00 GMT

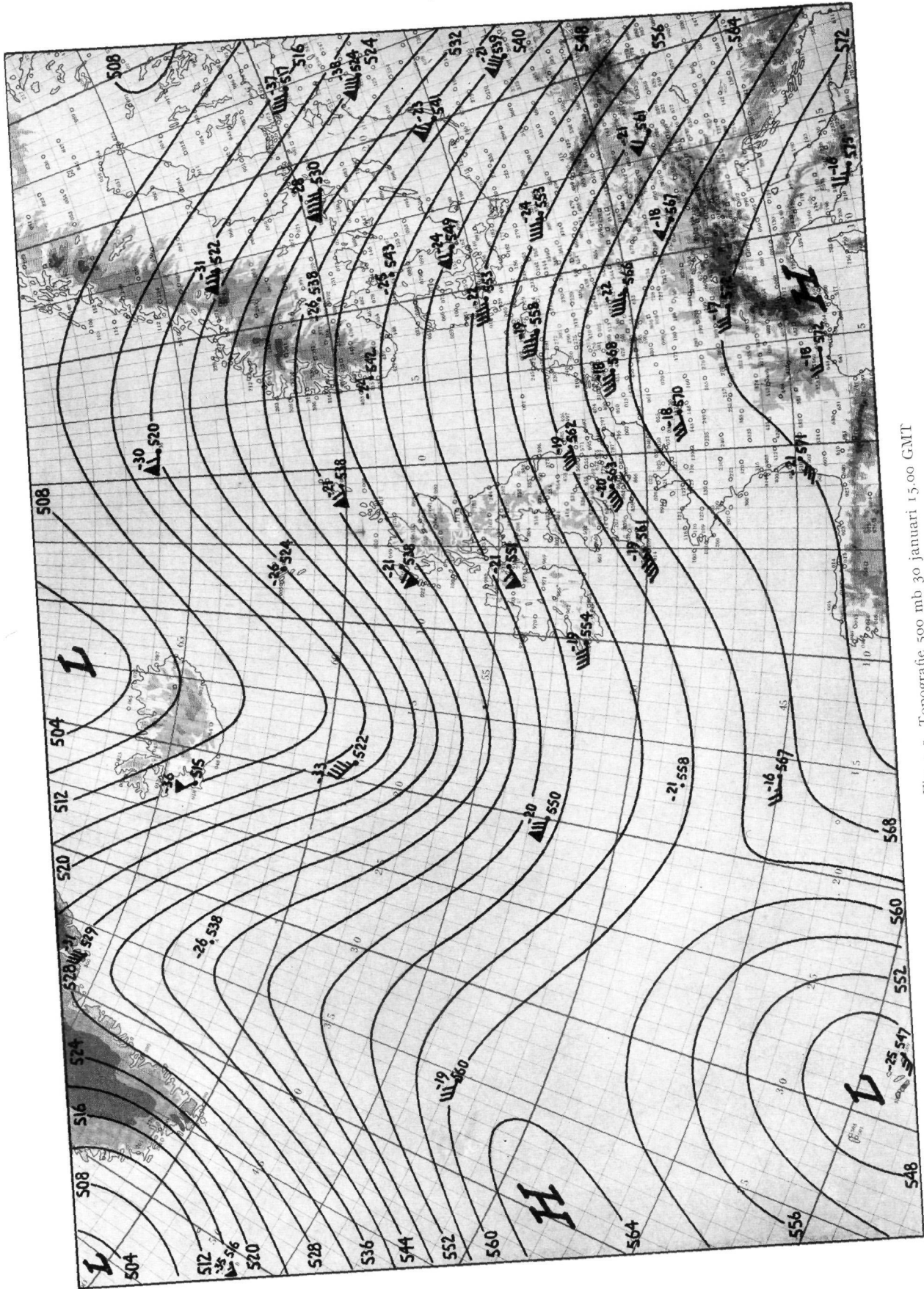


Fig. 1.5. Topografie 500 mb 30 januari 15.00 GMT

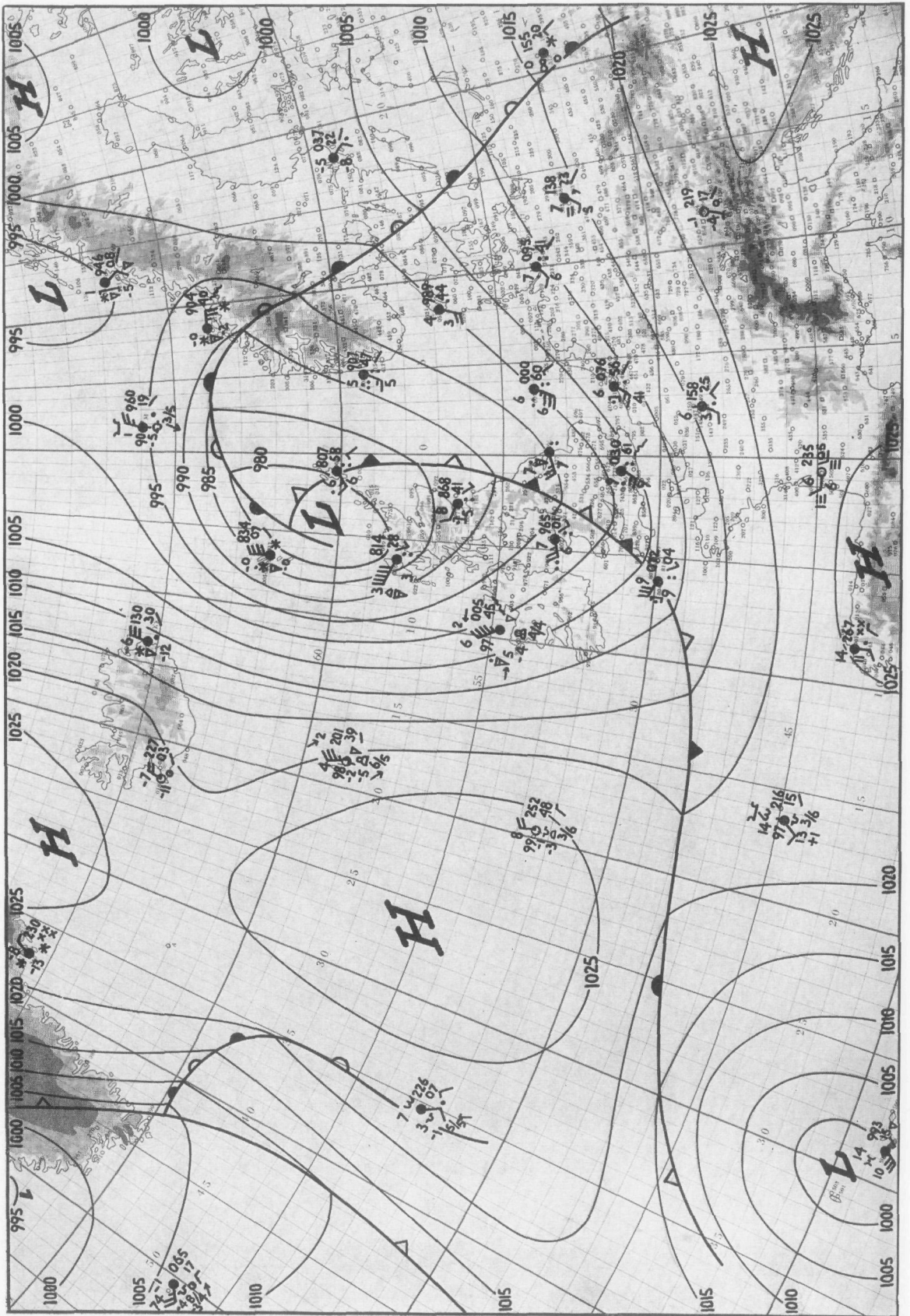


Fig. 1.6. Weerkaart 31 januari 00.00 GMT

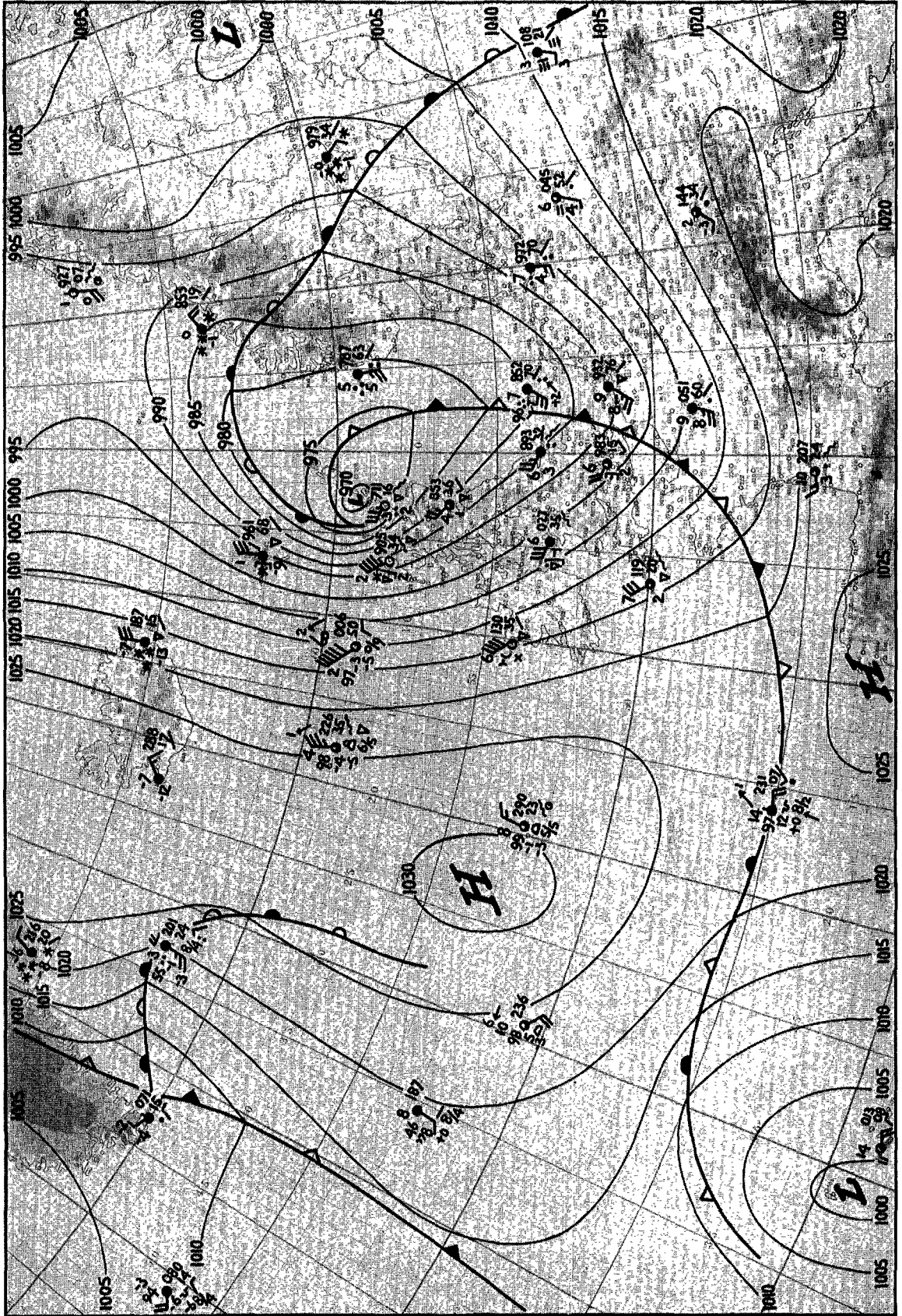


Fig. 1.8. Weerkaart 31 januari 06.00 GMT

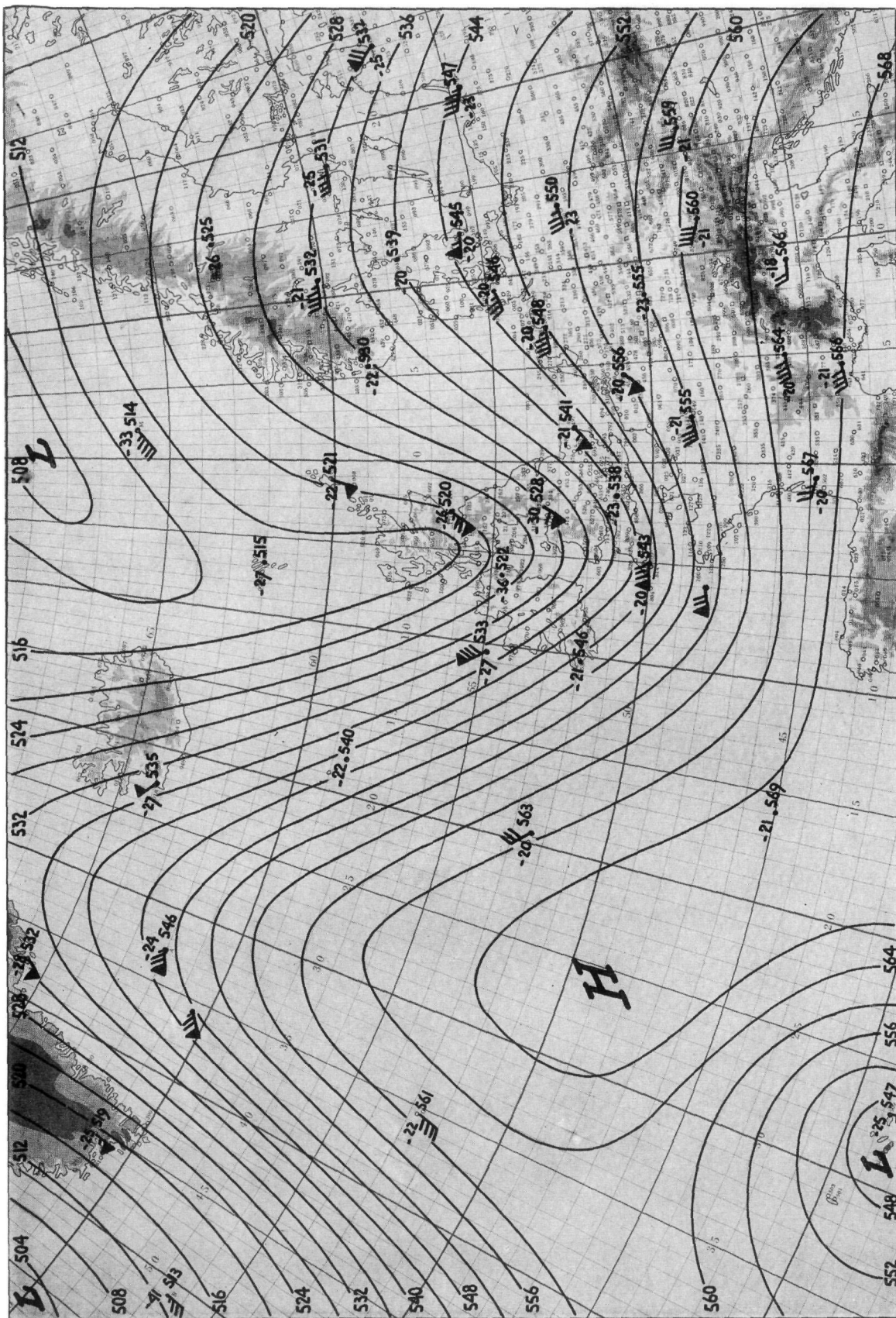


Fig. 1.7. Topografie 500 mb 31 januari 03.00 GMT

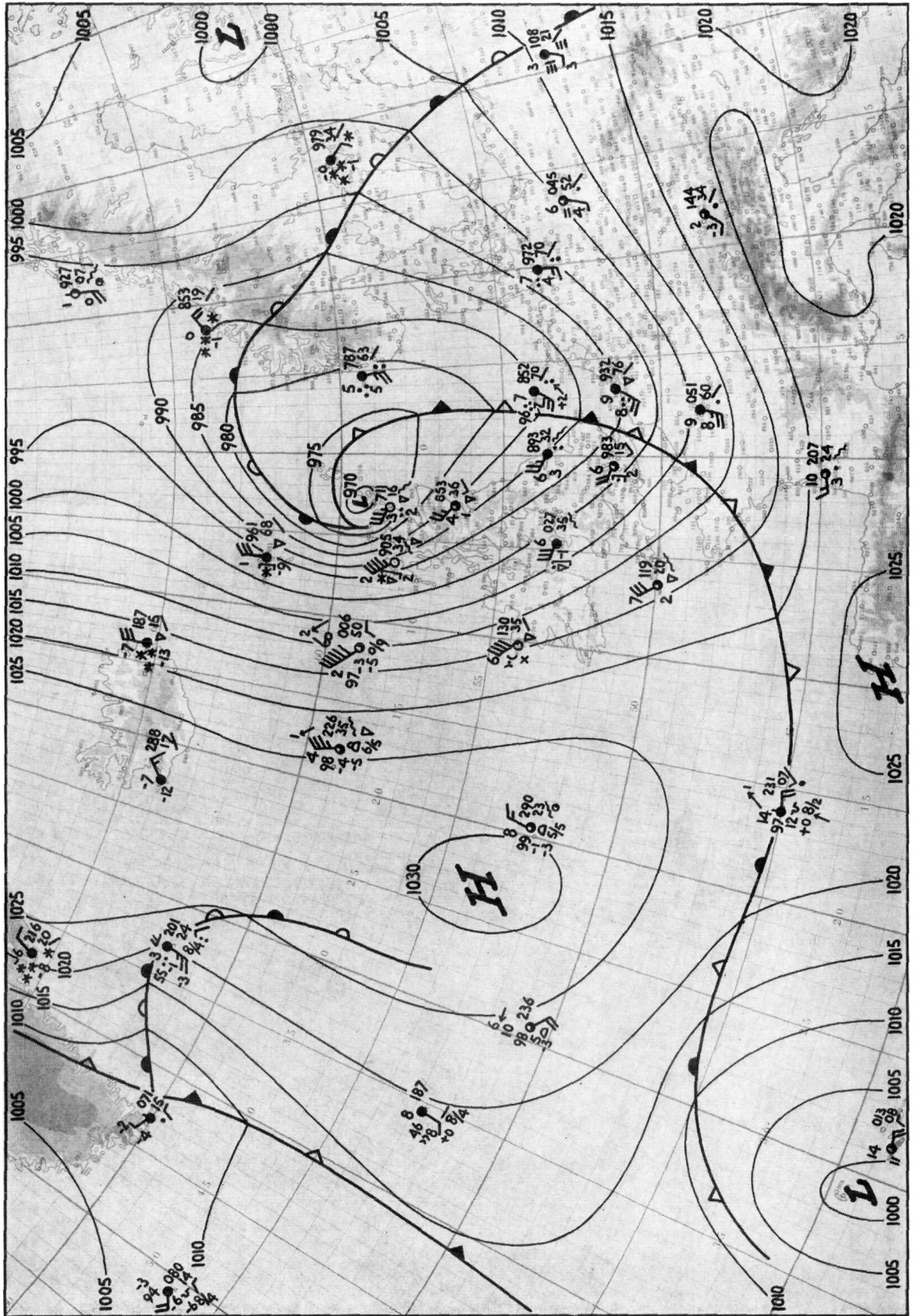


Fig. 1.8. Weerkaart 31 januari 06.00 GMT

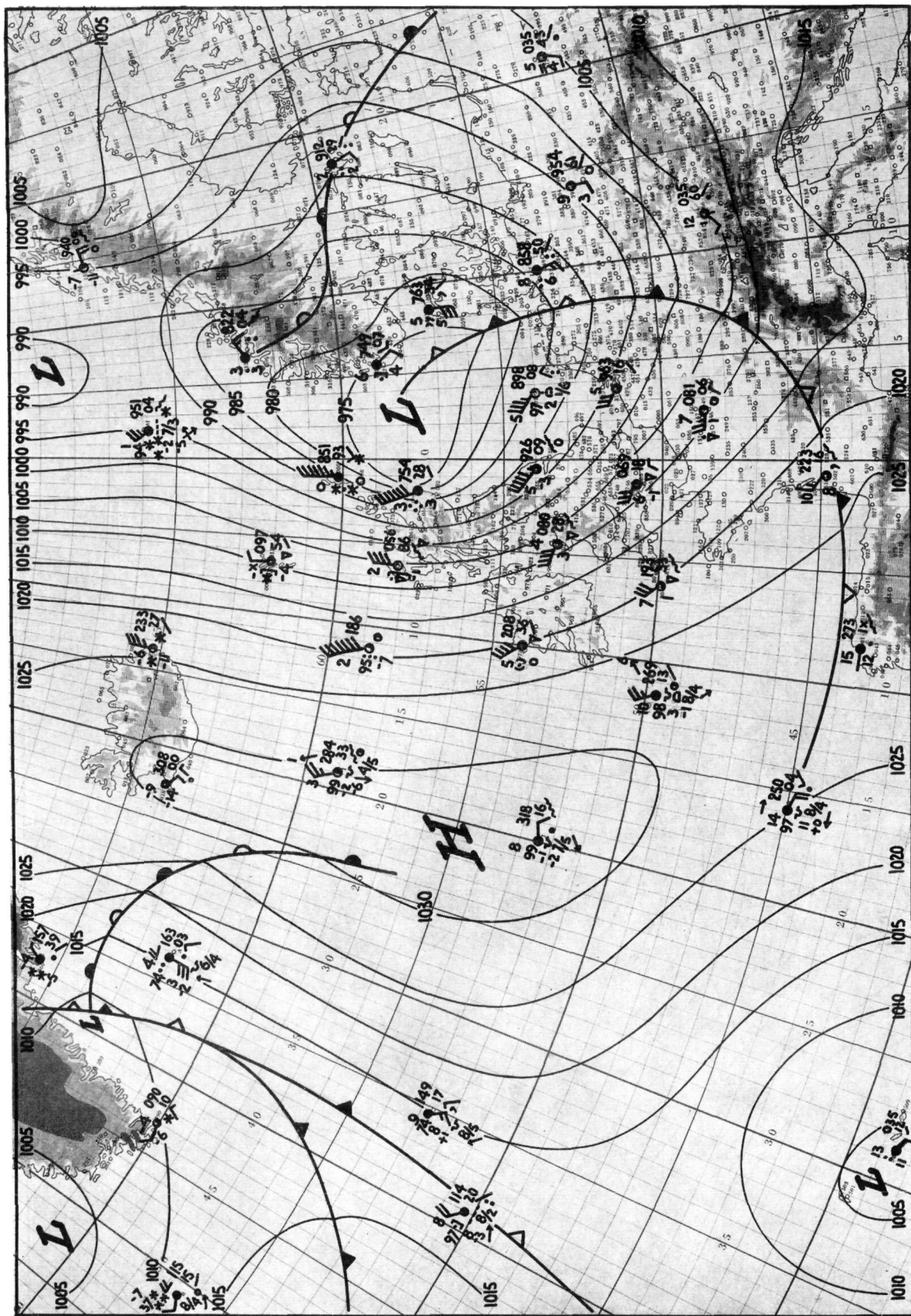


Fig. 1.9. Weerkaart 31 januari 12.00 GMT

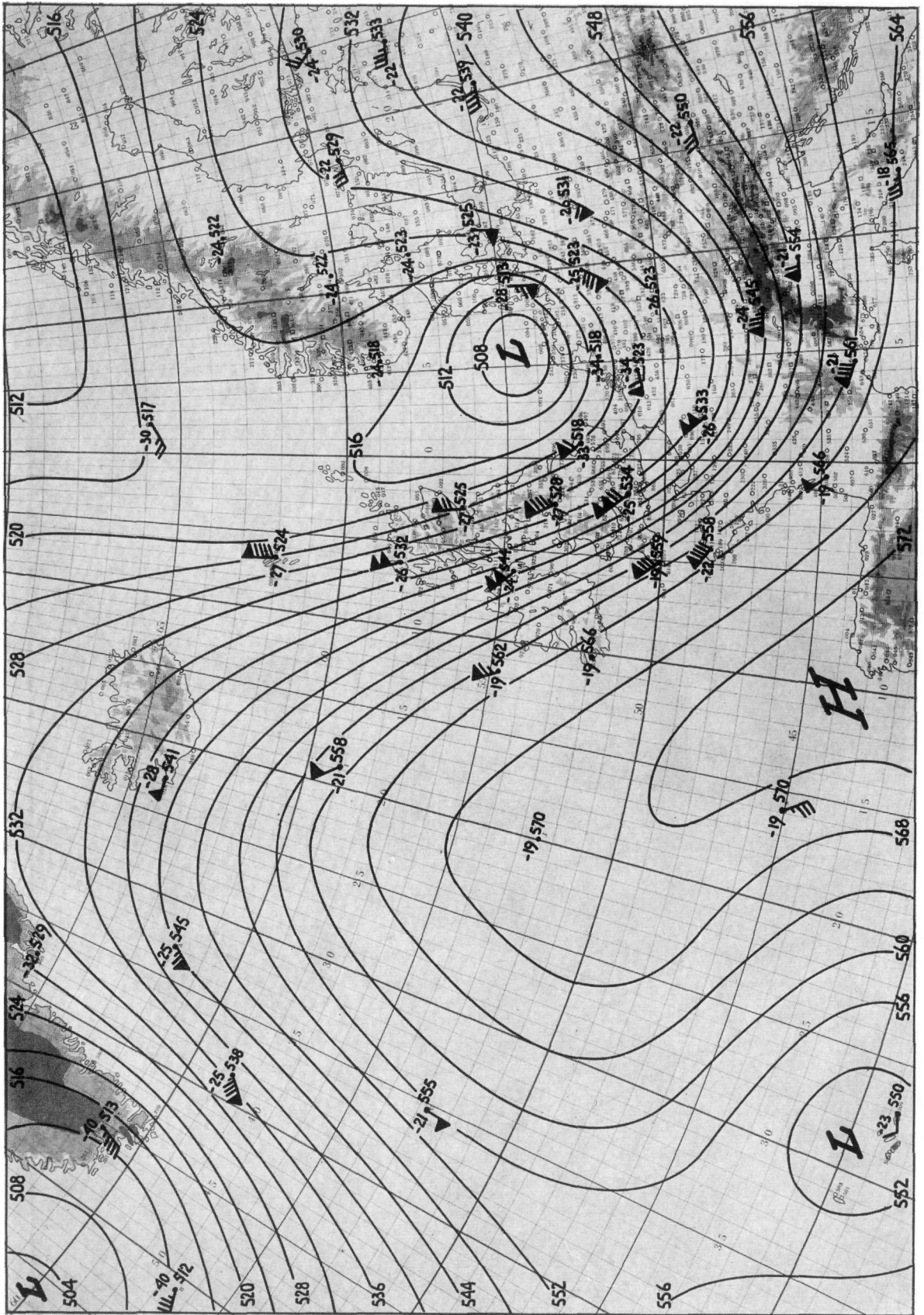


Fig. 1.10. Topografie 500 mb 31 januari 15.00 GMT

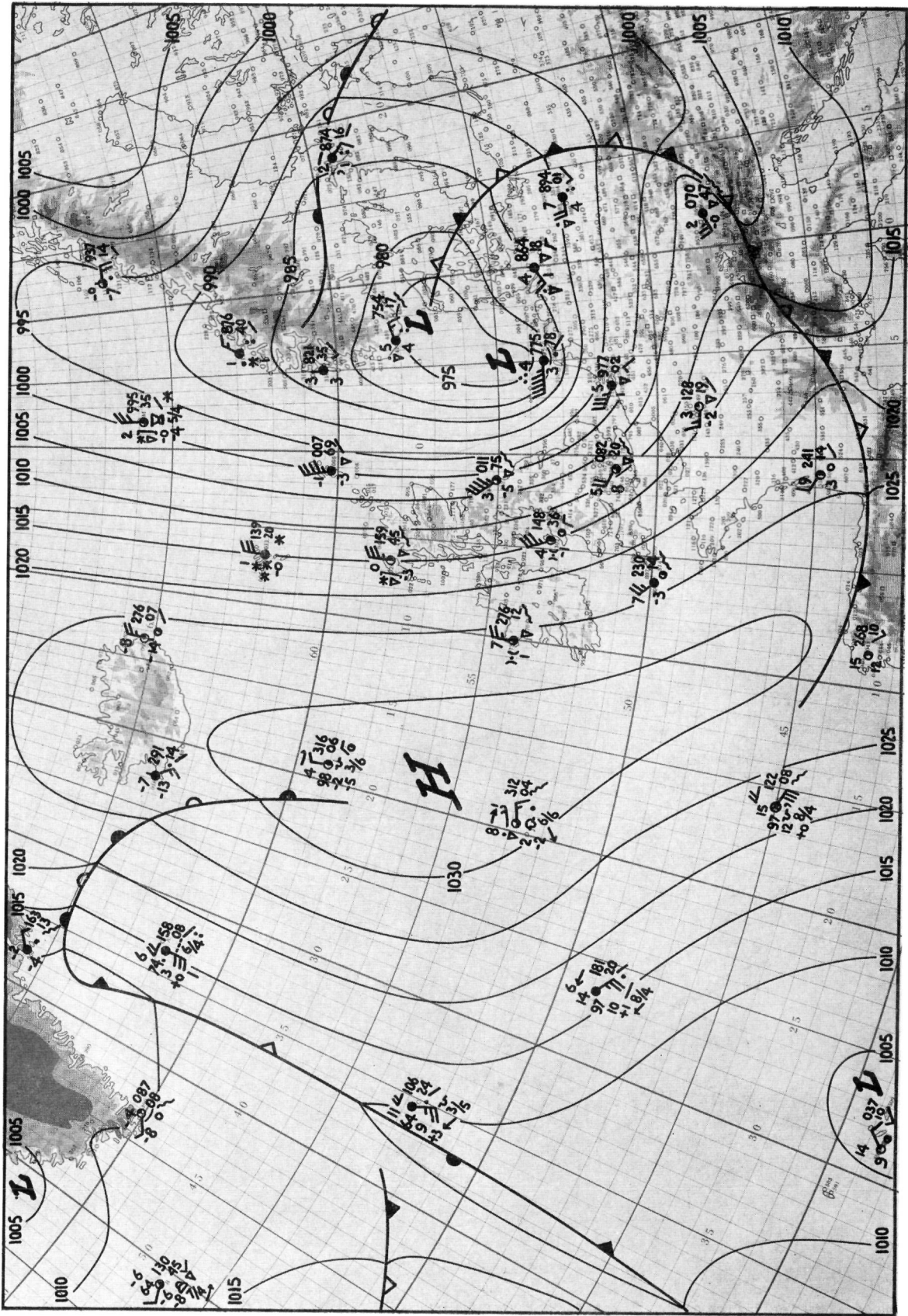


Fig. 1.11. Weerkaart 31 januari 18.00 GMT

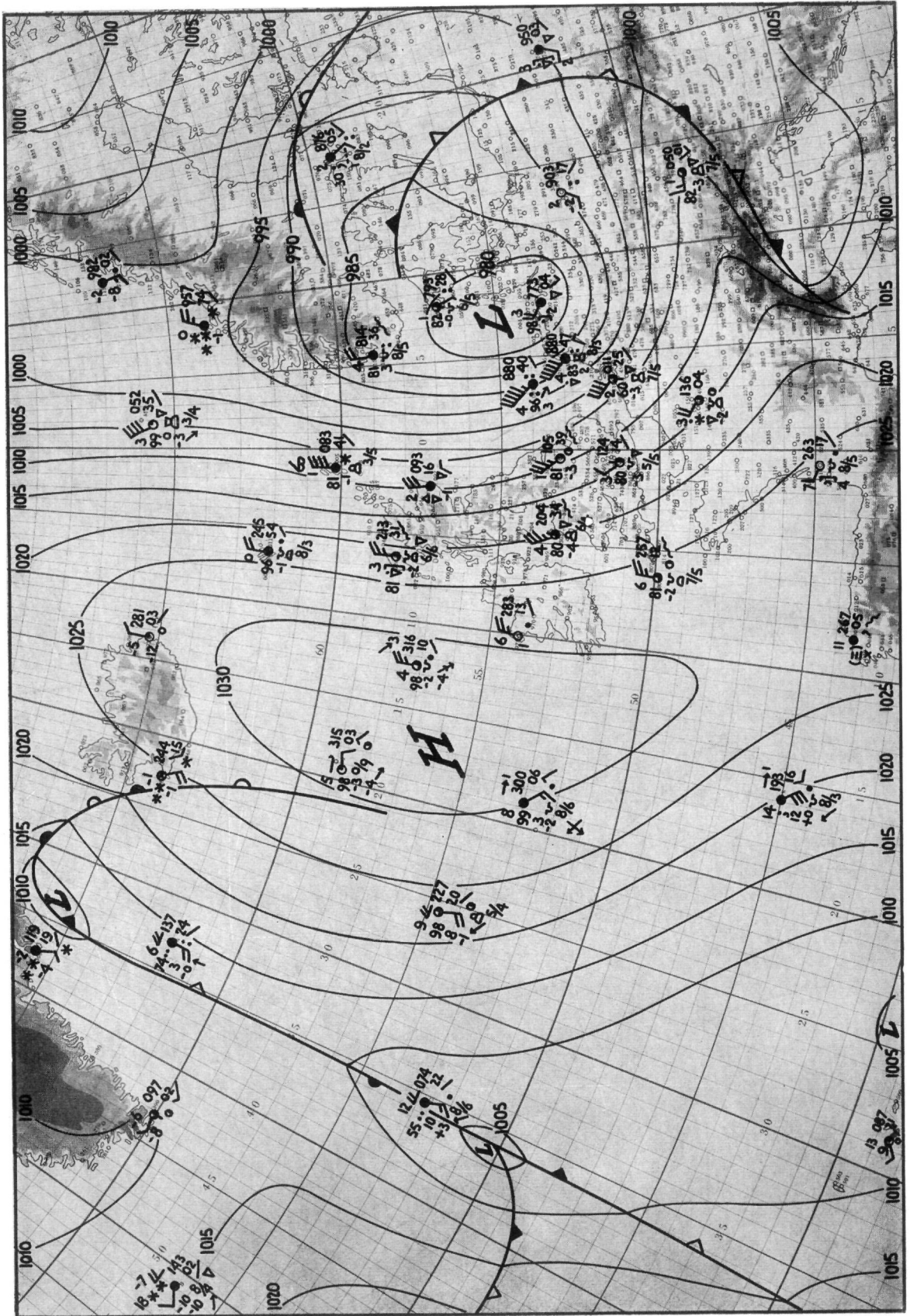


Fig. 1.12. Weerkaart 1 februari 00.00 GMT

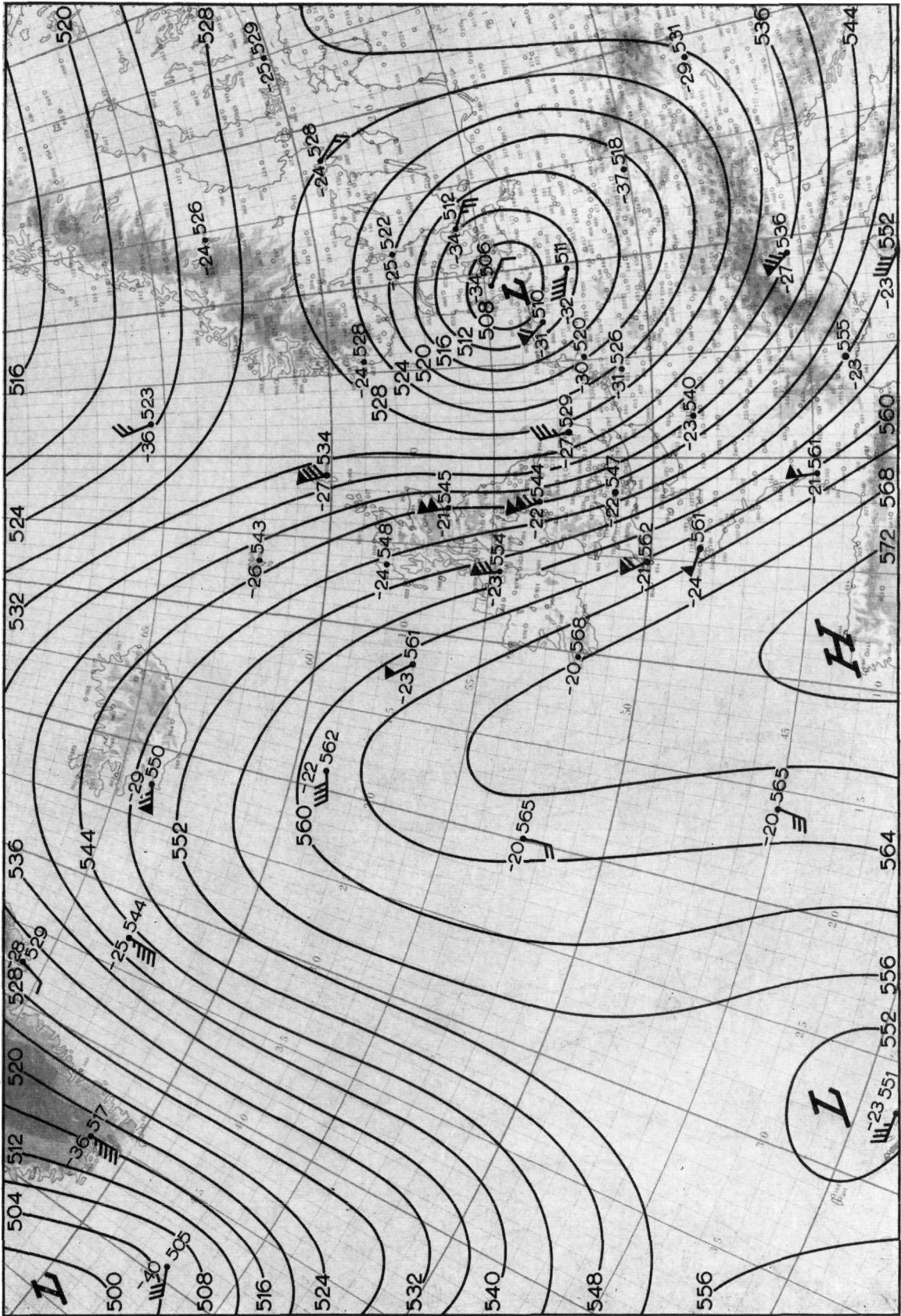


Fig. 1.13. Topografie 500 mb 1 februar 03.00 GMT

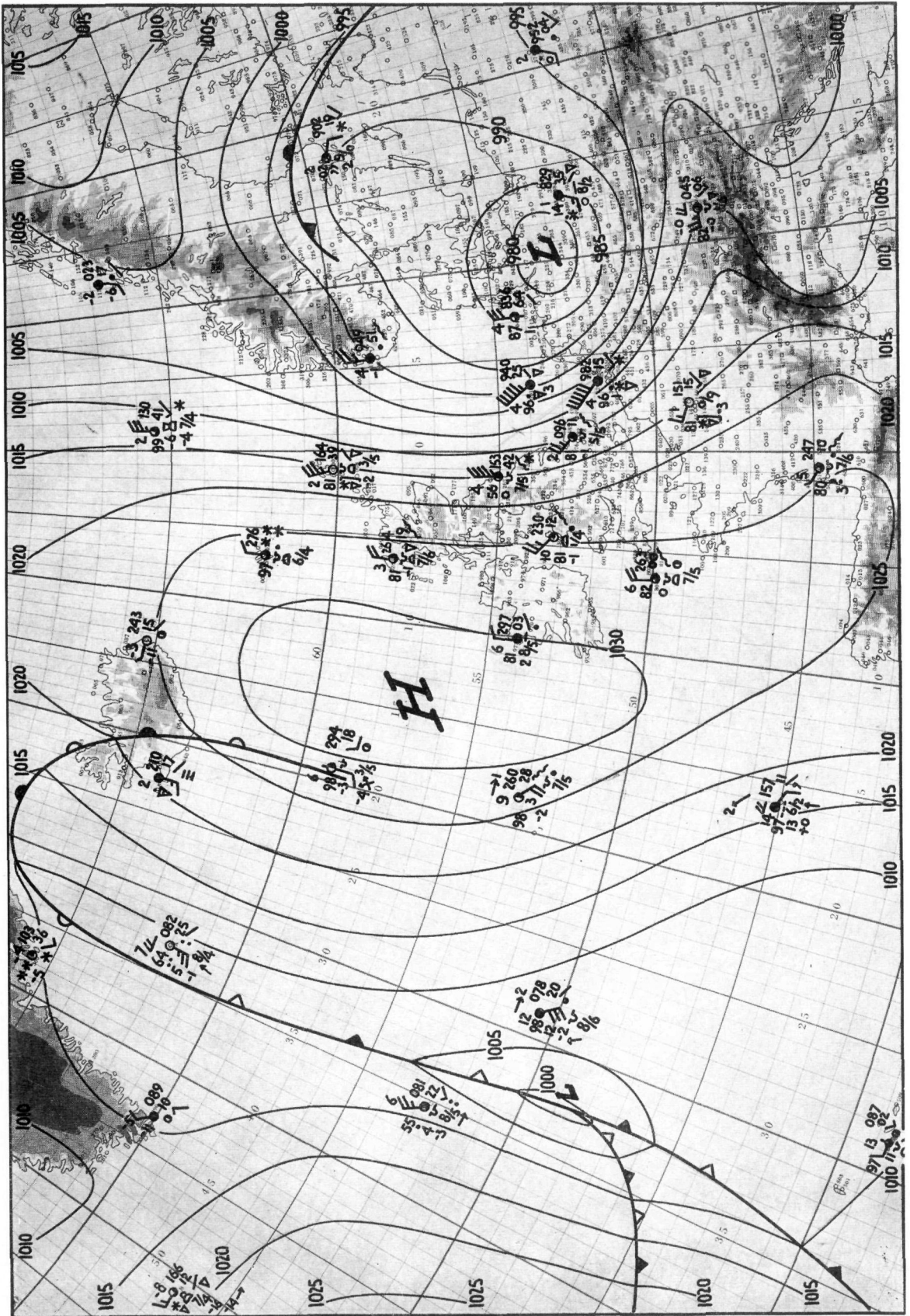


Fig. 1.14. Weerkaart 1 februari 06.00 GMT