

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCHE INSTITUUT

D e B i l t

Verslagen

V - 251

J. Roodenburg

Het signaleren en het bepalen van het tijdstip van
aankomst in Nederland van onweer, dat samenhangt
met een warmtestoring uit Zuidwest - Europa.

De Bilt, 1973

Publicatienummer: K.N.M.I. V-251 (O.D.)

U.D.C.: 551. 509. 326
551. 509. 318

Premonition and timing of thundery lows, arriving in
the Netherlands from the southwest.

by
J. Roodenburg

ABSTRACT

Thunderstorms, associated with thermally induced lows, which originated over Spain or France, are a common feature of the weather in the Netherlands in summer.

The predictability of these thundery lows has been poor, due to their often erratic behaviour.

In this report a number of characteristics of synoptic situations liable to produce such lows, are set forth.

A regression-formula is presented, which predicts the time of arrival of the first thunderstorm in connection with a thundery low within a time-limit of six hours in 67% of the cases.

Some statistics regarding the frequency of occurrence of specific "Grosswetterlagen" at the time of development of the low and the horizontal extent of the subsequent thunderstorm activity are added.

Inleiding

In het zomerseizoen komt op gemiddeld zestien dagen per maand ergens in Nederland onweer voor. In ongeveer 20% van de gevallen gaat het om onweer, dat samenhangt met een warmtestoring, die zich boven Zuidwest-Europa heeft ontwikkeld.

Onder "warmtestoring" of "thermische storing" wordt in dit verslag verstaan een (relatief) lagedrukgebied, dat in beginsel is ontstaan door sterke verhitting van het aardoppervlak en dat in de loop van zijn ontwikkeling uitgroeit tot een min of meer samenhangende complexe onweershaard.

Enkele van de meer spectaculaire onweersgevallen hebben zich juist bij dit type storingen voorgedaan [1,2]. Ook zonder verschijnselen als zware hagel, heftige rukwingen, blikseminslag en overvloedige regenval vormen ze een faktor van belang, vooral voor het grote publiek: ze leiden dikwijls het einde in van een periode met mooi, warm zomerweer.

Voor de meteoroloog is het moeilijk de kans op onweer in Nederland als gevolg van deze storingen te beoordelen. HANSEN [3] heeft een methode ontwikkeld, die objectief de kans op het optreden van onweer voorspelt. Deze methode is echter alleen toepasbaar op korte termijn, d.w.z. twaalf tot vijftien uur vooruit. Voor w e e r s verwachtingen op langere termijn maakt de meteoroloog gebruik van computerprodukten, gebaseerd op een door het KNMI ontwikkeld baroklien 3-lagen model. De kans op onweer in samenhang met een thermische storing kan uit deze produkten echter alleen subjektief worden afgeleid. Grotendeels is de meteoroloog dan ook aangewezen op eigen inzicht, ervaring en intuïtie.

De trefzekerheid bij het voorspellen van het al of niet tot Nederland doordringen - binnen een zekere verwachtingstermijn - van een warmtestoring is niet groot. Dat is wel verklaarbaar: de uitgroeïing tot onweershaard vindt doorgaans vrij plotseling plaats. In veel gevallen treedt ook eerst dan verplaatsing van

betekenis op. De verplaatsingssnelheid verschilt per situatie sterk en is bovendien gedurende de levenscyclus van een storing zelden constant. Daar komt nog bij, dat dikwijls niet met enige zekerheid is vast te stellen of een embryonale storing zich zal gaan ontwikkelen of niet.

In het onderzoek waarvan dit het verslag is, werd getracht regels te vinden, die het de meteoroloog mogelijk maken een op handen zijnde warmtestoring eerder te signaleren en het tijdstip van aankomst in Nederland af te schatten. Daarbij werd ernaar gestreefd deze regels tegelijk redelijk betrouwbaar en gemakkelijk toepasbaar te doen zijn.

1. Het onderzoek

Het onderzoek was gericht op

- het ontwerpen van regels waarmee thermische storingen vanuit het zuiden tijdig kunnen worden aangekondigd, het "signaleren", en
- het ontwerpen van een methode waarmee het tijdstip van aankomst in Nederland van een thermische storing, respektievelijk het ermee samenhangende onweer, kan worden bepaald.

Na een overzicht van het materiaal, dat ter beschikking stond, wordt een aantal paragrafen gewijd aan de levenscyclus van een thermische storing en zijn verplaatsing. Hierin worden de meteorologische omstandigheden behandeld, die een alledaags thermisch lagedrukgebied in staat stellen zich te ontwikkelen tot een complexe onweershaard, die kans ziet Nederland te bereiken.

Vervolgens worden synoptische kenmerken gepresenteerd waarmee kan worden bepaald of een gegeven situatie in een later stadium aanleiding kan geven tot onweer boven Nederland. Het verband tussen het gelijktijdig optreden van de kenmerken en het tijdstip van het eerste onweer in Nederland in samenhang met een warmtestoring uit het zuiden, wordt vastgesteld. De resultaten worden op hun merites beoordeeld.

Tenslotte worden enkele, bij warmtestoringen voorkomende, Grosswetterlagen genoemd. Statistisch wordt enig verband aangetoond tussen de verschillende Grosswetterlagen en de intensiteit en horizontale uitgestrektheid van de onweershaarden.

Aan het onderzoek kon drie maanden worden besteed. Deze tijd was te beperkt om een diepergaande behandeling van het onderwerp toe te laten. Met name moest worden afgezien van bestudering van een mogelijk verband tussen de zeevatertemperaturen en de frekwentie van voorkomen van warmtestoringen. Ook het gedrag van, en de uitwisseling van energie aan het "zeewindfront" moesten buiten beschouwing blijven.

2. Het materiaal

Onderzocht werden de maanden juli en augustus van de jaren 1956 t/m 1972. In deze maanden is de frekwentie van voorkomen van warmtestoringen uit het zuiden het grootst. De jaren vóór 1956 werden niet in het onderzoek betrokken; het over die periode beschikbare materiaal was te summier.

Over de periode 1956 t/m 1972 was het materiaal als volgt verdeeld:

TABEL I

	t/m 1964	1965 en later
synoptische grondkaarten	publikatie-kaartjes KNMI 00 en 12 GMT	geplot en geanalyseerd 00, 03, 06...21 GMT
detailkaarten	geen	1965 t/m 1968: geen 1969 t/m 1972: uurlijks, veel lacunes
hoogtestromingskaarten	publikatie-kaartjes KNMI 00*, 12 GMT	geplot en geanalyseerd 850, 700 mbar: 00 en 12 GMT 500 mbar : 00, 06, 12, 18 GMT; 06, 18 GMT alleen winden
radiosonde-waarnemingen	De Bilt, 00 en 12 GMT	1965 t/m 1971: De Bilt, 00 en 12 GMT 1972: geheel Zuidwest-Europa

* beperkt gebied

Verder werd gebruikgemaakt van de KNMI-publikatie "Onweders, optische verschijnselen, enz. in Nederland". Het laatste jaar, dat in deze publikatie behandeld wordt, is 1965. Over de jaren 1969 t/m 1972 waren detailkaarten beschikbaar; hieruit kunnen echter geen gegevens geput worden als neerslagintensiteit, hagelduur en -grootte, maximale windstoten, blikseminslag en andere met onweer samenhangende verschijnselen.

Het materiaal was derhalve heterogeen van samenstelling en minder volledig dan gewenst was. Vooral het ontbreken van de genoemde publikatie na 1965 werd als een gemis gevoeld. Ook de kaartschaal en het kaartgebied werden in de loop van de jaren nogal eens gewijzigd; dit heeft mede geleid tot het niet bewerken van de jaren vóór 1956.

3. De levenscyclus van een thermische storing

Voordat een warmtestoring in volwassen vorm, d.i. als onweers-complex, vanuit Zuidwest-Europa tot Nederland kan doordringen, heeft een aantal processen plaatsgevonden waarvan elk achtereenvolgens een nieuwe fase in zijn bestaan vormt. Deze fase-gewijze ontwikkeling kan als volgt schematisch worden weergegeven:

- fase 1 - er vindt sterke verhitting van het aardoppervlak plaats;
- fase 2 - er ontstaan thermische luchtdrukdalingen, die het invallen van de zeewind bewerkstelligen;
- fase 3 - met de wind van zee stroomt vochtige lucht verder het binnenland in, de luchtdrukdalingen worden groter, de dauwpuntstemperaturen stijgen;
- fase 4 - er vormen zich (onweers)buien;
- fase 5 - de koppeling met de hogere lagen in de atmosfeer is dan tot stand gebracht, het transport naar elders kan op gang komen.

Aan dit schema moet nog het volgende worden toegevoegd:

Fase 1 is eerder regel dan uitzondering in Zuidwest-Europa, gezien de hoge gemiddelde maximumtemperaturen, die tussen 27 en 32° C

liggen [4]. Ook fase 2 behoort, net name in een enkele tientallen kilometers brede kuststrook, tot het normale weerbeeld [5]. Eerst tijdens fase 3 wordt de grondslag voor de wezenlijke storing gelegd. Hierbij is de toevoer van waterdamp in twee opzichten belangrijk. In de eerste plaats wordt wolkenvorming mogelijk gemaakt. In de tweede plaats zal een geleidelijke vervanging optreden van de oorspronkelijk aanwezige zeer droge lucht door vochtiger lucht van zee. Bij overigens gelijkblijvende omstandigheden houdt deze vervanging door lichtere lucht mede een luchtdrukdaling in (appendix), die opgeteld moet worden bij de al aanwezige thermische drukdalingen. Fase 3 lijkt dan ook essentieel voor het tot stand komen van een thermische storing uit een aanvankelijk onbetekenend thermisch (relatief) lagedrukgebied.

Fase 3 wordt doorgaans bereikt bij het samengaan van de volgende omstandigheden:

- Het zeewindregime is krachtig ontwikkeld.
Gunstig hiervoor is de aanwezigheid van een relatief hogedrukgebied boven het westelijk deel van de Middellandse Zee, boven de Golf van Biscaye en/of het zeegebied ten westen van Portugal.
- Afwezigheid van actieve storingen op synoptische schaal (depressies, fronten), die het zeewindregime vernietigen.
- Voldoende netto instraling gedurende een langere periode (één tot drie dagen).

Onder deze omstandigheden vindt overdag een landinwaarts gericht transport van waterdamp plaats. De nachtelijke landwind compenseert dit proces slechts ten dele, doordat het landwindregime veel minder uitgesproken is. Aangezien de atmosfeer in het binnenland gedurende de fasen 1 en 2 droogadiabatisch van opbouw geworden is - d.w.z. onstabiel voor vochtige lucht - leidt het netto landinwaarts vochttransport tot wolken(buien)vorming. Hiermee is fase 4 ingetreden.

Het intreden van fase 5 is afhankelijk van wat zich op grotere schaal, tot ver buiten het brongebied van de storing, in de atmosfeer afspeelt. De verplaatsing kan pas op gang komen, als er een min of meer duidelijke stroming boven het brongebied tot stand komt.

4. De verplaatsing

4.1 Voortplanting

In de eerste fasen van de ontwikkeling is een verplaatsing van de storing in het algemeen niet te verwachten. De omstandigheden, die nodig zijn om een storing tot ontwikkeling te kunnen laten komen (instraling, zeewind), passen alleen in anticyclonale situaties boven of nabij Zuidwest-Europa. In zo'n situatie is de stroming in de hogere lagen van de atmosfeer doorgaans van niet veel betekenis. Hij kan dus geen grote bijdrage leveren tot een eventuele verplaatsing.

Een ander effect speelt wel een rol: in fase 3 kan al gemakkelijk bewolking ontstaan. Daarmee neemt de instraling af, waardoor het zeewindregime zwakker wordt. Zowel de thermische luchtdrukdalingen als de drukdalingen ten gevolge van vervanging van droge door vochtige lucht worden kleiner. Daar echter, waar fase 3 nog niet is ingetreden, gaat het vormingsproces onverminderd verder. Er ontstaat een nieuwe thermische storing of een uitbreiding van de oorspronkelijke ("propagation").

In Zuidwest-Europa is het meestal zo, dat eerst in Spanje en vervolgens in Zuid-Frankrijk een thermisch lagedrukgebied ontstaat. Soms wordt daarbij de indruk gewekt, dat de storing zich vanuit Spanje o v e r de Pyreneeën verplaatst heeft. In de onderzochte maanden kon een dergelijke "sprong" echter niet worden vastgesteld.

Heeft zich in Zuid-Frankrijk eenmaal een thermisch lagedrukgebied ontwikkeld, dan herhaalt zich het zojuist beschreven proces: er wordt bewolking gevormd, de instraling neemt af, het zeewindregime verzwakt en de luchtdrukdalingen worden kleiner. In een gunstiger gebied begint het vormingsproces opnieuw, of het zet er zich voort.

In veruit de meeste gevallen houdt deze manier van voortplanting een uitbreiding van het storingsgebied in noordelijke richting in, aangenomen dat aan de noodzakelijke voorwaarden voor wat betreft instraling en vochttoevoer is voldaan. De oorzaak van deze voorkeur voor voortplanting in noordelijke richting moet vermoedelijk worden gezocht in de geografische gesteldheid van het betreffende

gebied: ten westen van Frankrijk bevindt zich koel zeewater, terwijl Zuidoost- en Oost-Frankrijk bergachtig zijn. Ook de stroming in de hogere niveaus zal op thermische gronden een bijdrage tot de verplaatsing in noordelijke richting leveren.

Het tempo waarin verplaatsing in de vorm van voortplanting zich voltrekt, is niet **hoog**. Onder gunstige condities bereikt een thermische storing vanuit Zuid-Frankrijk in ongeveer twee dagen het Frans-Belgische grensgebied.

4.2 Advectie

Algemeen wordt als vaststaand aangenomen, dat weerssystemen in de meso- en macroschaal geadvecteerd worden met een fractie van de stroming in het 500 mbar-vlak. De gemiddelde 500 mbar-kaart van het noordelijk halfrond voor de maand juli vertoont vier voren. Eén ervan ligt juist ten oosten van de Amerikaanse oostkust. Boven de Atlantische Oceaan verlopen de gemiddelde hoogtelijnen vrijwel recht van west naar oost. Ter hoogte van 10° WL ligt een tweede vore. Blijkbaar zijn het uiterste westen en oosten van de Atlantische Oceaan midden in de zomer voorkeursgebieden voor vertraging en/of verscherping van al bestaande, of voor vorming van nieuwe voren.

De configuratie: vore op de oceaan - rug boven het Europese continent schept de ideale omstandigheden, die het ontstaan en tot ontwikkeling komen van een thermische storing boven Zuidwest-Europa mogelijk maken. Het belang van een rug boven het continent voor de totstandkoming van een thermisch lagedrukgebied werd al aangeduid. Het overwegend oostwaarts trekken van individuele voren - af te leiden uit de west-oost verlopende gemiddelde hoogtelijnen boven het midden van de Atlantische Oceaan in het 500 mbar-vlak - levert een toenemende advectie van positieve vortichiteit ζ_{67} naar West-Europa. Daarmee worden de ontwikkelingsmogelijkheden van de inmiddels gevormde storing groter. De vertraging in de oostwaartse verplaatsing ter hoogte van 10° WL, gereflecteerd in de gemiddelde 500 mbar-kaart, zorgt voor een langere periode met zuiden- tot zuidwestenwinden boven West-Europa. Daarmee is het mechanisme beschikbaar gekomen waarmee de inmiddels al half-volwassen storing getransporteerd kan worden.

5. De synoptische kenmerken

Uitgaande van de in de vorige paragrafen geschetste - ten dele hypothetische - gang van zaken, is het mogelijk gebleken objectieve kenmerken vast te stellen waarmee een synoptische situatie, die aanleiding kan geven tot een warmtestoring boven Nederland, kan worden gesignaleerd.

Het eerste kenmerk heeft betrekking op de mate van ontwikkeling van een thermisch lagedrukgebied boven Zuidwest-Europa. Empirisch kon worden vastgesteld dat een luchtdrukdaling over 24 uur van vier millibar of meer hiervoor een goede indicator is. Indien een dergelijke daling geconstateerd wordt (fase 3 is dan blijkbaar ingetreden) groeit de warmtestoring in de meeste gevallen uit tot een complexe onweershaard.

Het tweede kenmerk heeft betrekking op de mogelijkheden, die de zich ontwikkelende storing heeft zich in de richting van Nederland te verplaatsen. Gebleken is, dat op het tijdstip waarop de 24-uurs luchtdrukdaling de vereiste grootte heeft bereikt, géén noordcomponent in de winden op het 500 mbar-vlak mag voorkomen in een gebied tussen 0 en 10° WL en 45 en 60° NB. Wordt in dit gebied wél een noordcomponent gerapporteerd, dan is de kans dat de storing Nederland bereikt gering.

Het derde kenmerk wordt gevormd door een vore op het 500 mbar-vlak boven de Atlantische Oceaan. Deze moet de verdere ontwikkeling en vooral de advectie naar Nederland van de storing gaan verzorgen.

Alle maanden juli en augustus uit de periode 1956 t/m 1972 werden op het simultaan voorkomen van de kenmerken onderzocht. Deze "signalering-achteraf" leidde tot 87 gevallen waaruit op grond van de kenmerken tot een op handen zijnde warmtestoring uit het zuiden moest worden besloten. In 76 gevallen (87%) was het resultaat positief. In de overige gevallen ontstond wél een storing, maar deze stierf vroegtijdig uit of trok langs Nederland, meestal naar Duitsland. Verder deden zich 17 warmtestoringen boven Nederland voor, die niet gesignaleerd werden. Het ging hier in de meeste gevallen om storingen, die zich uiterst langzaam

verplaatsten (voortplantten) en slechts geringe 24-uurs luchtdrukdalingen of zelfs -stijgingen met zich meebrachten.

In de onderstaande contingentietabel worden de resultaten samengevat.

TABEL II. Contingentietabel "signalering-achteraf"

verwacht opgetreden	onweer	geen onweer	totaal
onweer	76	17	93
geen onweer	11	950	961
totaal	87	967	1054

De uit deze tabel af te leiden prestatie-index $\frac{7}{7}$ bedraagt 13,5 tegen 16,2 voor de "ideale" methode.

6. Het bepalen van het tijdstip van aankomst in Nederland van onweer, dat samenhangt met een thermische storing uit Zuidwest-Europa

In het voorgaande is gebleken, dat ontwikkeling en verplaatsing naar Nederland van een thermische storing zich afspelen aan de oostflank van een vore boven de Atlantische Oceaan.

Empirisch kon worden vastgesteld, dat er een bij benadering lineair verband kan worden gelegd tussen de geografische lengte van de vore-as, gemeten tussen 50° en 45° NB op het tijdstip dat de weerkaarten ook de beide andere kenmerken vertonen, en het tijdstip van aankomst in Nederland van de warmtestoring resp. het bijbehorende onweer. Hiertoe werd de geografische lengte L uitgezet tegen U, de tijdsduur in uren verlopen tussen het constateren van de drie kenmerken en het eerste onweer in Nederland, samenhangend met een warmtestoring.

Het resultaat wordt weergegeven in figuur 1.

7. Bespreking van de resultaten

7.1 Signalering

Uit de contingentietabel (paragraaf 5) blijkt, dat de kenmerken die tot signalering moeten leiden, niet alle situaties aankunnen. Vooral het feit, dat bijna 20% van de voorgekomen warmtestoringen niet werd gesignaleerd, wijst erop dat de methode nog verbetering behoeft. In paragraaf 5 werd al opgemerkt, dat het in deze gevallen meestal ging om een zich langzaam verplaatsende storing. Het verrassingselement speelde dus geen rol en signalering was eigenlijk overbodig.

Soms doen zich moeilijkheden voor bij de toepassing van de signaleringsmethode.

Nog onzeker is, hoe stringent vastgehouden moet worden aan de eis "geen noordcomponent in de winden op het 500 mbar-vlak tussen 0 en 10° WL en 45 en 60° NB". Waarschijnlijk is een kleine noordcomponent op een enkel station geen bezwaar. Vast staat wel, dat een duidelijke stroming tussen WNW en ONO in het betreffende gebied het doordringen van een thermische storing tot Nederland onmogelijk maakt. Dat ligt ook wel voor de hand: alleen door voortplanting zou de storing nog in noordelijke richting kunnen trekken, maar de gunstige omstandigheden voor voortplanting ontbreken meestal bij een dergelijke circulatie.

Bij de toegepaste "signalering-achteraf" werd géén noordcomponent toegestaan.

Een tweede moeilijkheid kan liggen in de bepaling van de grootte van de 24-uurs luchtdruktendens. De luchtdrukwaarden, die in Zuidwest-Europa gerapporteerd worden, zijn niet altijd even nauwkeurig. Aflees- en schrijffouten, verminkingen tijdens de verzending van de berichten kunnen tot onjuiste signalering leiden. Tijdens het onderzoek werd de stelregel gehanteerd, dat de vereiste luchtdrukdaling op minstens drie stations tegelijk moest voorkomen.

Een derde moeilijkheid in dit verband is de (stilzwijgend als vanzelfsprekend aangenomen) eis, dat de luchtdrukdaling het gevolg moet zijn van - in beginsel - thermische effecten. Dalingen, die

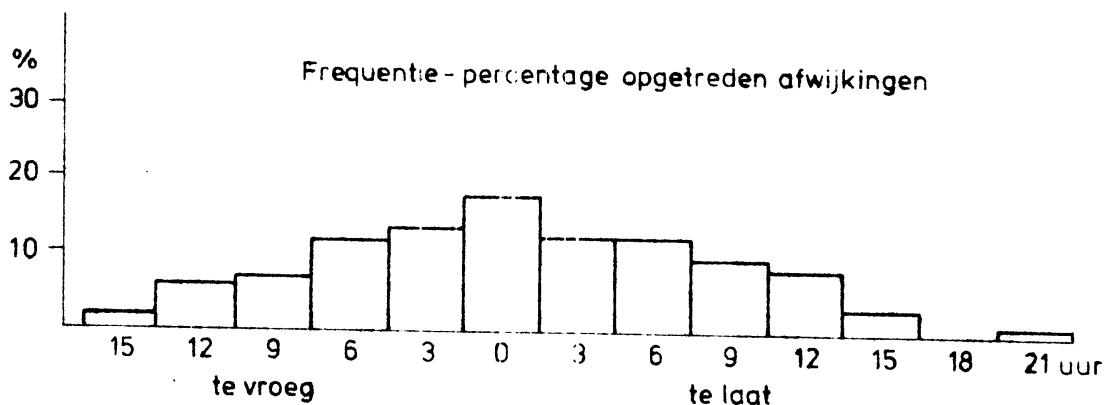
worden veroorzaakt door bijvoorbeeld een snel naderende depressie, vallen buiten het signaleringsschema. In sommige gevallen echter treedt een combinatie van zowel thermische als "synoptische" dalingen op. Meestal kan door extrapolatie van de al eerder geconstateerde thermische dalingen geschat worden welk deel zij uitmaken van het totaal. De signaleringsmethode kan dan toch worden toegepast.

7.2 Bepaling van het tijdstip van aankomst in Nederland

Er blijkt een vrij grote spreiding te zijn in de verkregen puntenwolk (fig. 1). Daar zijn verschillende oorzaken voor aan te wijzen. De belangrijkste is wellicht de bepaling van de positie van de vore-as op de oceaan. Dikwijls is de analyse van het 500 mbar-vlak niet eenduidig uit te voeren. Dit leidt soms tot discontinuïteiten in de achtereenvolgende analyses. Aangezien in de jaren 1956 t/m 1964 alleen 500 mbar-kaarten van 1200 GMT van voldoende uitgebreidheid beschikbaar waren (zie par. 2), moest veelvuldig worden geïnterpoleerd. Hierbij zijn zeker fouten binnengeslopen.

Er is in het onderzoek geen rekening gehouden met de oriëntatie van de vore-as. Verschillende oriëntatie leidt tot verschillend gedrag (bijv. $\sqrt{3}$). Deze verwaarlozing, die noodzakelijk was om het materiaal niet te veel te versnipperen, heeft vermoedelijk eveneens afwijkingen geïntroduceerd.

Tenslotte was het niet altijd mogelijk het tijdstip van het eerste onweer in Nederland nauwkeurig te achterhalen.



FIGUUR 2

In fig. 2 wordt het frequentie-percentages afgebeeld van de opgetreden afwijkingen. Hierbij is enige gladstrijking toegepast, die gerechtvaardigd leek door de vermelde onnauwkeurigheden.

De regressieformule voor de timing geeft een standaardafwijking van zes uur. In 95% van de correct gesignaleerde gevallen treedt derhalve onweer in Nederland op binnen 12 uur rond het berekende tijdstip. Aangezien 87% van de gevallen correct gesignaleerd blijken te worden, volgt hier uit dat in 83% van de gevallen signalering gevolgd wordt door onweer binnen 12 uur van het berekende tijdstip.

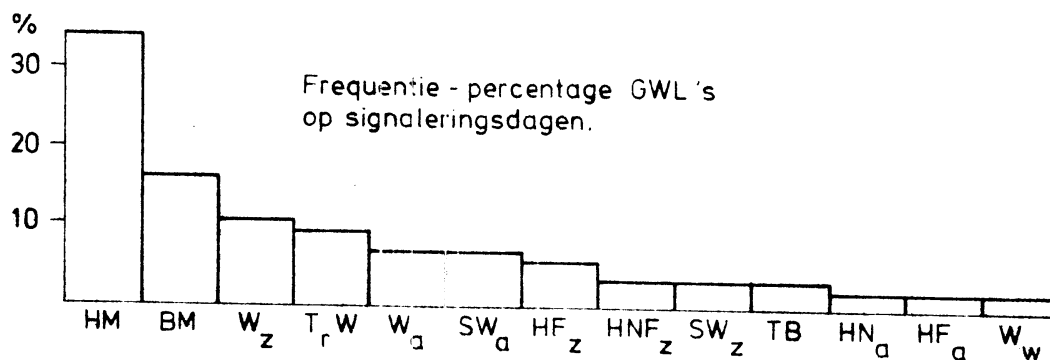
8. Grosswetterlagen en thermische storingen uit het zuiden.

Uit de beschrijving van de levenscyclus van de thermische storing blijkt de samenhang tussen het ontstaan ervan en het circulatiepatroon op grote schaal.

Bij elke gesignaleerde storing werd nagegaan, hoe dit circulatiepatroon ("Grosswetterlage") geclassificeerd was op de dag van signalering. De gegevens, gebaseerd op [9], werden ontleend aan "Die Grosswetterlagen Europas" [10].

De Duitse tactiek, een eenmaal gekozen GWL zo lang mogelijk te handhaven, werd nu en dan als nadelig ondervonden. Niettemin werd de Duitse keuze gevolgd.

Het frequentie-percentages van voorkomen van bepaalde GWL's op dagen, waarop een thermische storing gesignaleerd werd, toont in fig. 3.



FIGUUR 3

Duidelijk blijkt de grote voorkeur voor de anticyclonale circulatietypen HM (hogedrukgebied boven midden-Europa) en BM (hogedrukzone van de Britse eilanden naar Oost-Europa), die samen ongeveer 50% van het totaal uitmaken.

Niet verwonderlijk is verder, dat slechts 13 van de in totaal 28 circulatietypen vertegenwoordigd zijn.

De verschillende GWL's leiden tot de aanwezigheid van uiteenlopende luchtsoorten in het ontstaansgebied van de warmtefronten.

Ook de onweerskans is in sterke mate gekoppeld aan luchtsoort.

Nagegaan werd of er onderscheid gemaakt kon worden in de uitgebreidheid van het onweer in Nederland in afhankelijkheid van de GWL op de dag van signalering.

In de figuren 4 t/m 8 wordt de verdeling over Nederland gegeven van het percentage dagen dat onweer voorkwam na signalering bij verschillende GWL'S. Hierbij werden de minder frequent voorkomende samengevoegd.

Tenslotte werd geprobeerd eenzelfde verband te leggen voor de kans op hagel. Het beschikbare materiaal was onvoldoende om conclusies te rechtvaardigen (1956 t/m 1965); niettemin is tabel III opgenomen. Genoteerd is de frequentie van voorkomen van hagel naar grootteklasse per GWL op de dag van signalering. De indeling naar grootteklasse vond plaats volgens de in /2/ gehanteerde schaalverdeling: 1 erwten, 2 bonen, 3 knikkers, 4 walnoten, 5 kippeëieren of groter. Tussen haakjes staat het aantal keren, dat bij de betreffende GWL gesignaleerd werd.

Tabel III Hagelfrequentie

Grootteklasse	1	2	3	4	5
GWL					
HM (15)		4	2	5	
Wz (3)		1	1		
BM (2)		1			
TrW (3)			1		
TB (5)	2		1		
SWa (4)	1				

9. Conclusies.

Het is mogelijk gebleken synoptische situaties, die de inleiding vormen tot een warmtestoring die Nederland - met onweer - kan bereiken, tijdig te signaleren. De signalering vindt plaats aan de hand van drie kenmerken. Deze hebben betrekking op de mate van ontwikkeling van een in aanleg zijnde thermische storing, boven Spanje of Zuid-Frankrijk, de windrichting boven West-Europa op het 500mbar-vlak en het circulatiepatroon op grotere schaal op dit niveau.

Toepassing van de kenmerken op de maanden juli en augustus van de jaren 1956 t/m 1972 leverde 87% correct gesignaleerde warmtestoringen op.

Een regressievergelijking maakt het mogelijk, de tijdsduur te berekenen die verloopt tussen het constateren van de kenmerken en het tijdstip van het eerste in Nederland optredende onweer. De berekende aankomsttijden hebben een standaardafwijking van zes uur. Enig verband kon worden aangetoond tussen de Grosswetterlage op de dag van signalering en de horizontale uitgestrektheid van het onweer in Nederland.

A P P E N D I XDrukvermindering door vervanging van droge lucht
door vochtige lucht.

Er zij aanwezig droge lucht met een massa M_d en volume V .

Bij vochtige lucht met een mengverhouding w (kilogram waterdamp per kilogram droge lucht) is de massa van de waterdamp:

$$wM_d \quad (1)$$

Zij α_w het specifiek volume van waterdamp, dan is het totaal volume waterdamp:

$$wM_d \alpha_w \quad (2)$$

Dit volume, gevuld met droge lucht, zou een massa hebben

$$\frac{wM_d \alpha_w}{\alpha_d} \quad (3)$$

waarin α_d het specifiek volume van droge lucht is.

Beschouw nu het volume

$$V + wM_d \alpha_w$$

Geheel gevuld met droge lucht is de massa van dit volume:

$$M_d \left(1 + w \frac{\alpha_w}{\alpha_d}\right) \quad (4)$$

Gevuld met vochtige lucht met mengverhouding w is de massa:

$$M_d (1 - w) \quad (5)$$

Uit (4) en (5) volgt:

$$M_{\text{droog}} - M_{\text{vochtig}} = M_d w \left(\frac{\alpha_w}{\alpha_d} - 1\right) \quad (6)$$

Een getallen-voorbeeld:

II

Aannemende dat vervanging plaats vindt van volkomen droge lucht door lucht met een geriddelde mengverhouding van 2×10^{-2} , bij een constante temperatuur, in een kolom met doorsnede van 1 cm^2 met een massa van 300 g (d.i. van het aardoppervlak tot ongeveer 3 km hoogte), dan is $(\frac{\alpha_w}{\alpha_d} \approx 1,6)$:

$$M_d w \left(\frac{\alpha_w}{\alpha_d} - 1 \right) = 3,6 \text{ g}$$

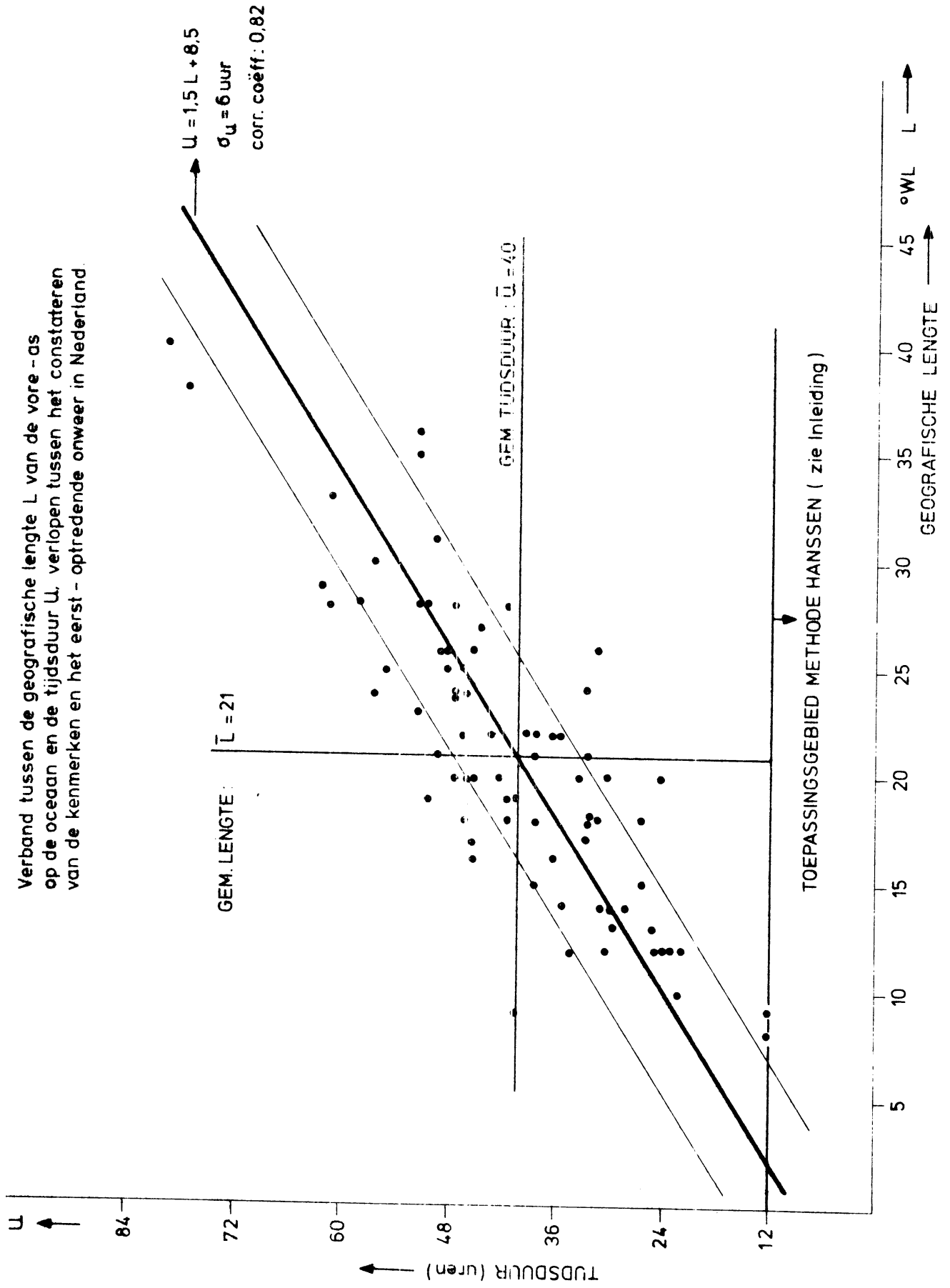
In dit geval treedt door vervanging een gewichtsvermindering op van 3,6 g, die overeenkomt met ongeveer 3,5 mbar.

REFERENTIES.

1. Wessels, H.R.A. 1965 "Het noodweer van 18 juli 1964", Hemel en Dampkring, 63.
2. KNMI "Onweders, optische verschijnselen, enz., in Nederland.
3. Hanssen, A.W. 1962 "Een objectieve methode voor onweersvoorspellingen", KNMI Wetenschappelijk Rapport 62.1.
4. Meteorological Office, London 1963 "Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world", publication MO 617.
5. Jansa Guardiola, J.M. 1964 "Meteorología del Mediterráneo occidental", Instituto Nacional de Met., Madrid.
6. Petterssen, S. 1956 "Weather analysis and forecasting". Mc.Graw-Hill, New York.
7. Hanssen, A.W. en Kuipers, W.J.A. 1965 "On the relationship between the frequency of rain and various meteorological parameters", KNMI, Mededelingen en Verhandelingen No. 81.
8. Panofsky, H. 1957 "Introduction to dynamic meteorology", Pennsylvania State University.
9. Hess, P. en Brezowsky, H. 1969 "Katalog der Grosswetterlagen Europas", Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 113.
10. Deutscher Wetterdienst. "Die Grosswetterlagen Europas", Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach.

FIGUUR 1

Verband tussen de geografische lengte L van de vore-as op de oceaan en de tijdsduur U, verlopen tussen het constateren van de kenmerken en het eerst - optredende onwaer in Nederland.



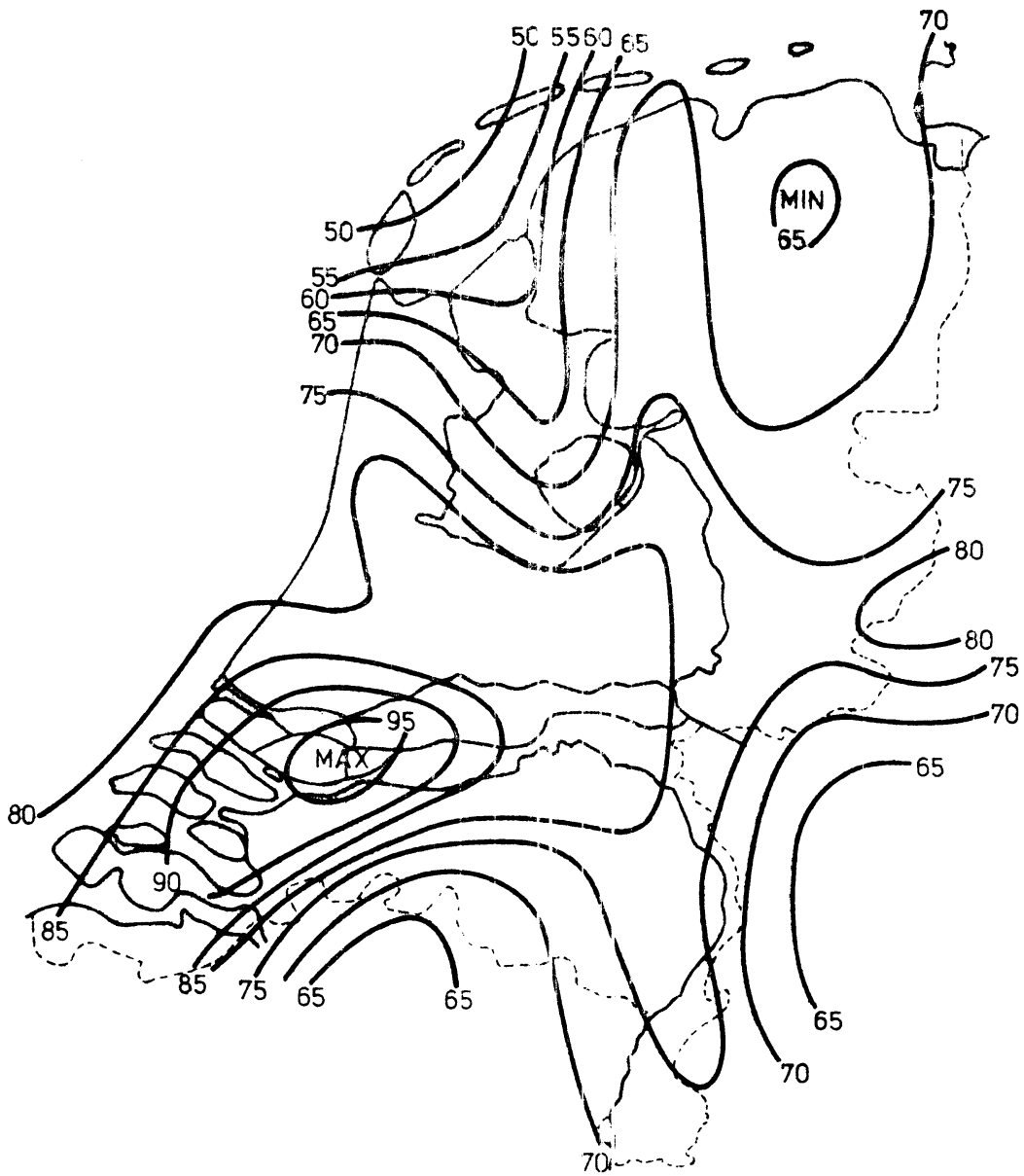


Fig. 4

Frequentiepercentage van onweer in Nederland na signalering tijdens HM - circulatie.

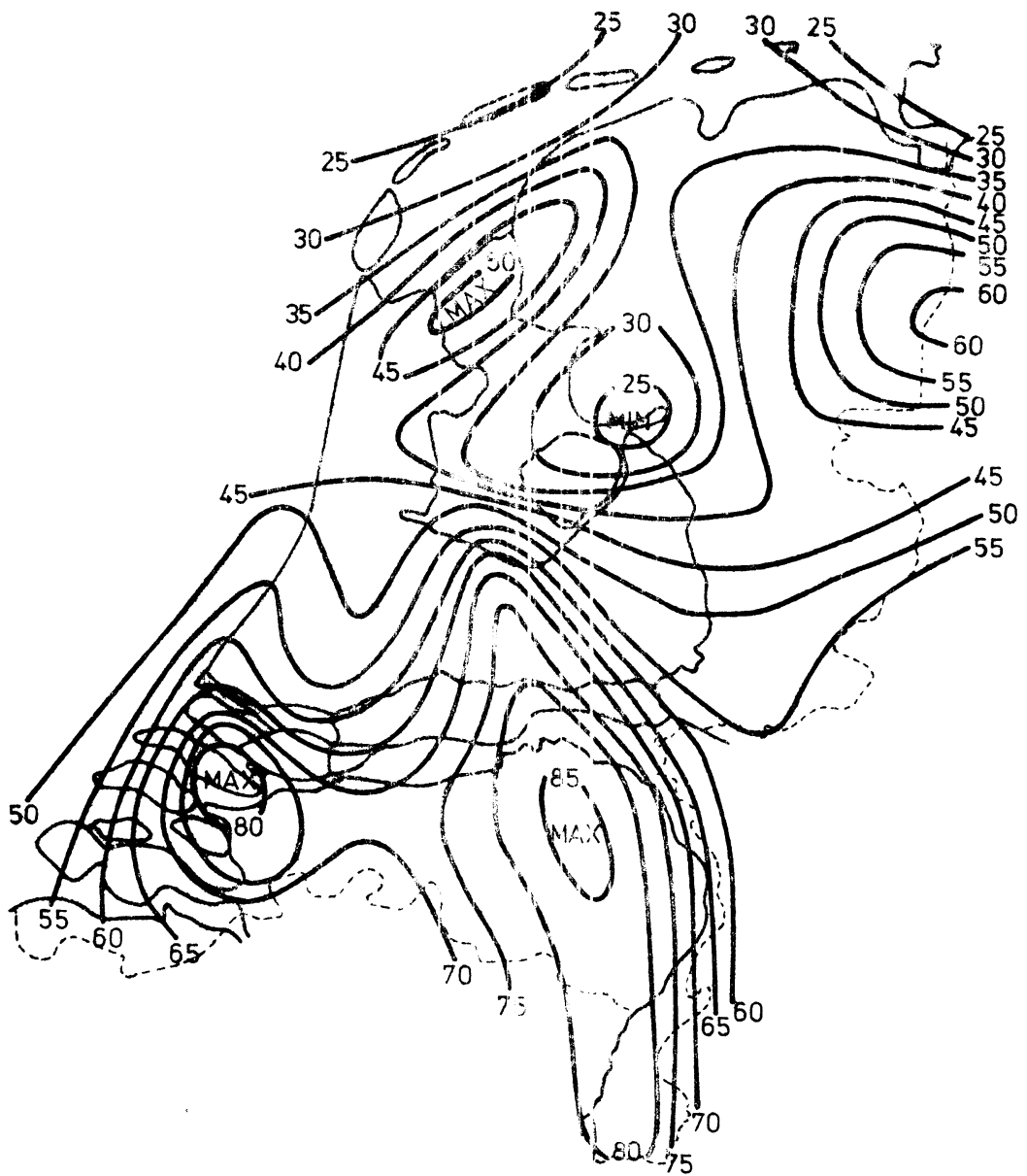


Fig. 5

Frequentiepercentages van onweer in Nederland
na signalering tijdens BM-circulatie.

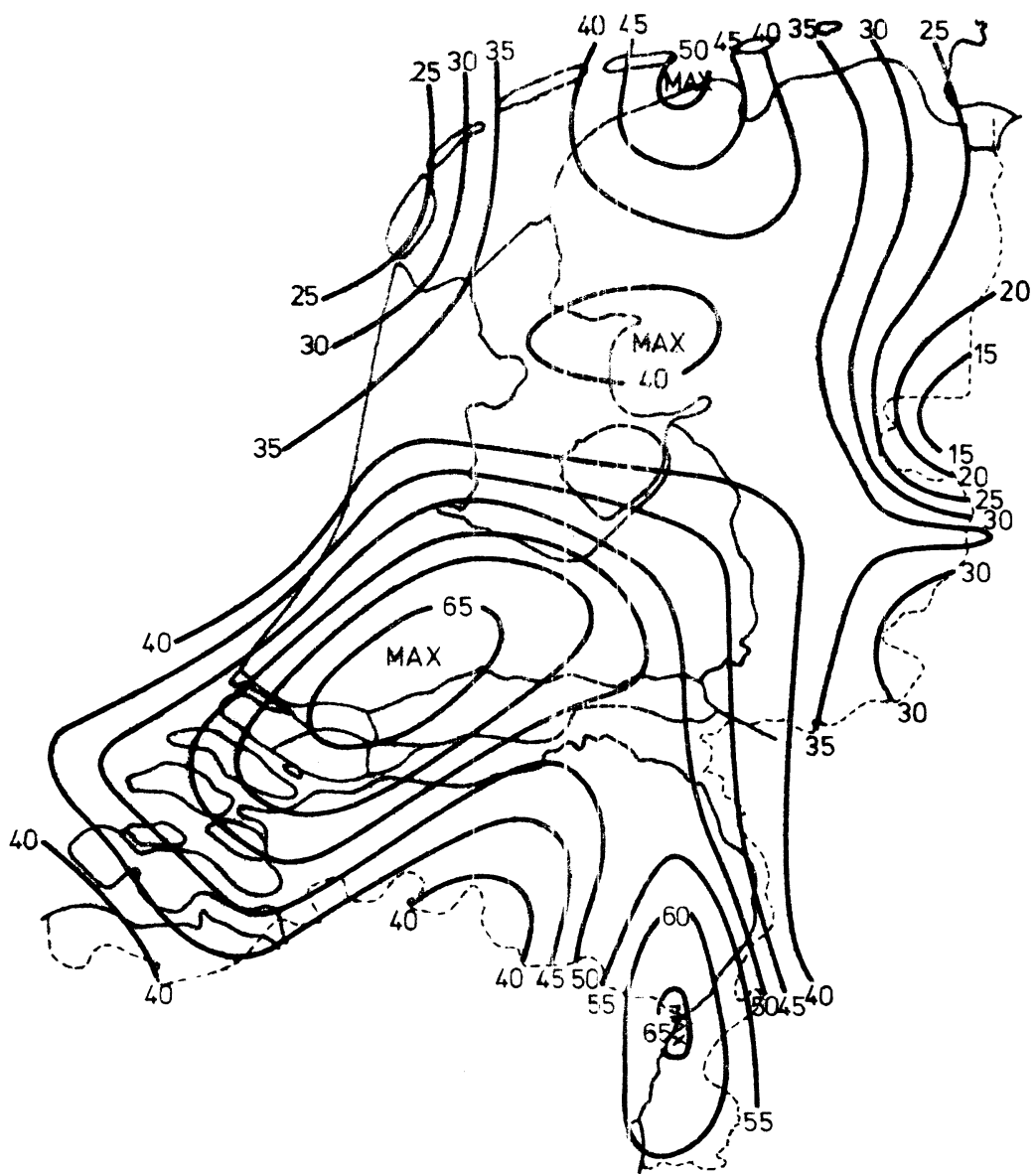


Fig. 6

Frequentiepercentage van onweer in Nederland na signalering tijdens Wz - circulatie.

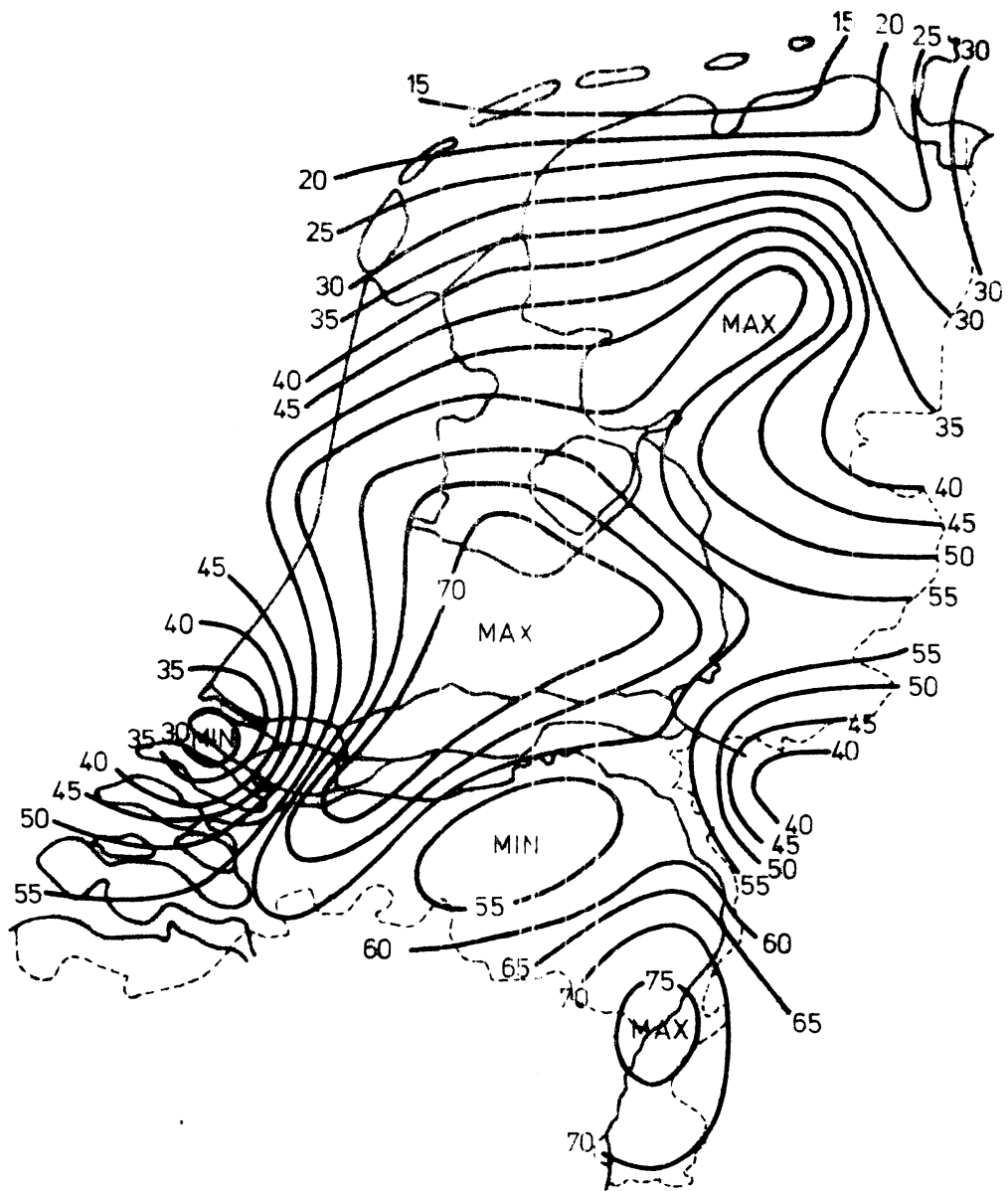


Fig 7

Frequentiepercentage van sneeuw in Nederland na signalering tijdens TrW-circulatie.

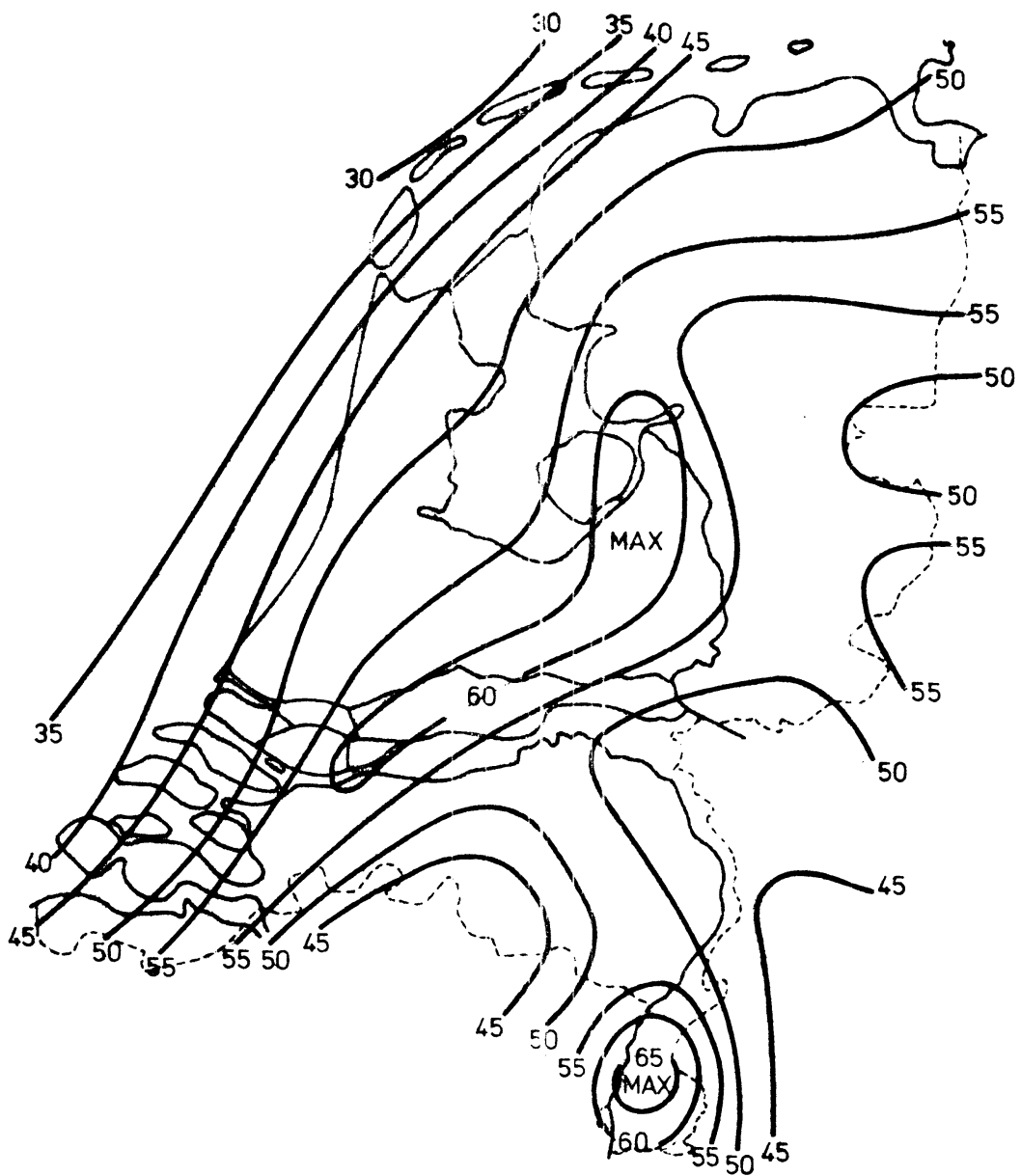


Fig. 8

Frequentiepercentage van onweer in Nederland
na signalering tijdens overige circulatie - typen.