

KONINKLIJK NEDERLANDSCH METEOROLOGISCH INSTITUUT

N^o. 102.

MEDEDEELINGEN

EN

VERHANDELINGEN.

32.

Dr. C. Braak. Het klimaat
van Nederland.

C. Luchtdrukking.

D. Wind.

Dr. C. Braak. The climate
of the Netherlands.

C. Air pressure.

D. Wind.

TE VERKRIJGEN BIJ | TO BE PURCHASED FROM
SEYFFARDT's BOEKHANDEL,
Gravenstraat 6, Amsterdam.

HET KLIMAAT VAN NEDERLAND.

LUCHTDRUKKING.

INLEIDING.

Deze bewerking is een vervolg op de beide verhandelingen nos. 15 en 24 van Dr. C h. M. A. H a r t m a n: A. Neerslag en B. Luchttemperatuur.

De gegevens omtrent luchtdrukking zijn, behalve in enkele bijzondere gevallen, uitsluitend ontleend aan de waarnemingen op de 5 hoofdstations: Den Helder, Groningen, De Bilt, Vlissingen en Maastricht. In de oudere jaarboeken vindt men ook de waarnemingen van andere stations vermeld; zij zijn later gestaakt, omdat een 5-tal barometerstations voor Nederland voldoende kan worden geacht.

Voor de berekening van den gemiddelden barometerstand zijn alleen de waarnemingen der hoofdstations gebruikt, te beginnen met 1901, toen door afdoende contrôlewaarnemingen de correcties nauwkeurig waren bepaald. Voor de maxima en minima is ook van de eerste jaren van De Bilt en van de Utrechtsche waarnemingen gebruik gemaakt.

Bijzonderheden omtrent de waarnemingen en instrumenten vindt men vermeld in de Inleiding der jaarboeken.

Te Utrecht zijn de waarnemingen van 1 December 1848—1895 te 8 a.m., 2 en 10 p.m. verricht, in 1896 en 1897 te 8, 2 en 7; te De Bilt van af 1897 te 8, 2 en 7. De hoogte van den barometer boven zee was te Utrecht tot 1 December 1855 6.0 m, daarna 13.4 m, van af 1892 13.0 m. In verband met de in de jaarboeken niet in rekening gebrachte fout in den stand der kruisdraden van de aan den barometer bevestigde microscopen en den invloed eener kleine hoeveelheid lucht in het lange been (zie de verhandeling van J. D. v a n d e r P l a a t s in jaarboek 1888, p. XXIX) is voor Utrecht als hoogte-correctie aangebracht tot 1 Dec. 1855 + 0.1 mm, daarna + 0.8 mm. Voor De Bilt is tot het einde van 1902 de hoogte-correctie die, welke overeenkomt met een hoogte boven zee van 13.7 m, en 3.0 m van af 1 Jan. 1903. Sinds 1901 zijn de correcties der barometers op de hoofdstations nauwkeurig vastgelegd.

Aan de barometeraflezingen te Maastricht is, om rekening te houden met een onnauwkeurigheid in de aflezing, van Januari 1923 t/m December 1926 op de cijfers in de jaarboeken een correctie van -0.28 mm toegepast.

OUDE WAARNEMINGEN.

Een overzicht van de oudere waarnemingsreeksen, echter zonder vermelding van den aard der waarnemingen, wordt door Buys Ballot gegeven in het „Beredeneerd Register op de Werken van het Kon. Ned. Meteor. Instituut”, 1882. In de „Uitkomsten der Meteorologische Waarnemingen, gedaan in 1849 en 1850”, een uitgave, die als de eerste jaargang van het „Nederlandsch Meteorologisch Jaarboek” kan worden beschouwd, worden barometerwaarnemingen vermeld van Utrecht, Den Helder, Leeuwarden, Groningen, Nijmegen en Breda, latere jaarboeken bevatten ook nog waarnemingen van Assen, Hellevoetsluis, Amsterdam, Tilburg, Delfzijl en Winterswijk, die vroeger of later weer gestaakt werden.

De langste der oudere waarnemingsreeksen is die van Zwanenburg, welke ongeveer van af 1735 meer dan 100 jaren is voortgezet. Een nog oudere, met veel zorg verrichte waarnemingsreeks is die van Mussenbroek, in 1729 te Utrecht begonnen en van 1740 tot 1758 te Leiden vervolgd.

LENGTE EN BREEDTE DER STATIONS.

Den Helder	$\lambda = 4^{\circ} 45'$	$\phi = 52^{\circ} 58'$
Groningen	$6^{\circ} 33'$	$53^{\circ} 13'$
De Bilt	$5^{\circ} 11'$	$52^{\circ} 6'$
Vlissingen	$3^{\circ} 34'$	$51^{\circ} 26'$
Maastricht	$5^{\circ} 41'$	$50^{\circ} 51'$
Utrecht	$5^{\circ} 7'$	$52^{\circ} 5'$

De luchtdrukking kenmerkt zich in Nederland door groote veranderlijkheid. Over de Noordzee strekt zich ten Westen van ons land

een gebied uit, dat veelvuldig wordt bezocht door centra van lage luchtdrukking, dikwijls van groote intensiteit. In den regel trekken zij buiten de kust in NO.lijke richting verder, niet zelden passeeren zij de kustlijn in het Noorden van Noord-Holland en nemen hunnen weg over Friesland en Groningen; minder vaak volgen zij een meer oostelijke route en trekken dwars over ons land. Ook komen depressie-centra uit andere richtingen voor, maar zij zijn zeldzamer en hebben in den regel geringere intensiteit dan de storingen, welke van de zee afkomstig zijn en die eerst op den duur boven het land aan diepte verliezen.

De depressies, welke ons van de Noordzee naderen, zijn in de eerste plaats verantwoordelijk voor den betrekkelijk grooten rijkdom aan stormen en stormachtige winden aan onze kusten en doen hunnen invloed, zij het ook in mindere mate, over ons geheele land gevoelen.

Een aantal dezer depressies, welke zware stormen hebben veroorzaakt, worden beschreven in het hoofdstuk over den wind.

MAAND- EN JAARGEMIDDELDEN.

De bijgaande tabel bevat de gemiddelden voor de 5 hoofdstations. De jaargemiddelden nemen regelmatig af in de volgorde Den Helder, Groningen, De Bilt, Vlissingen, Maastricht; het overblijvende drukverschil is van ZZO naar NNW gericht, hetgeen de overmaat van westelijke winden in ons land verklaart. Beschouwt men de maanden afzonderlijk, dan blijkt slechts in de maanden October tot Maart het drukverschil de bovengenoemde richting te hebben; het is het grootst in December, wanneer het tusschen Maastricht en Helder 1.9 mm bedraagt. Van April tot September heeft de gemiddelde drukgradiënt een richting van ZZW naar NNO, het grootste verschil tusschen Vlissingen en Groningen wordt bereikt in Augustus en bedraagt 0.9 mm.

Het gevonden verschil tusschen de koude en warme jaarhelft hangt gedeeltelijk met de depressiebanen, maar voornamelijk met de temperatuursverschillen tusschen land en zee samen; in het koude jaargetijde is het land kouder en de luchtdrukking daar hooger, in het warme jaargetijde is hetzelfde het geval voor de zee. De verschillen in de luchtdrukverdeeling vindt men terug in de verdeeling der winden in de windrozen.

Het jaargemiddelde te De Bilt over de jaren 1901—1927 verschilt weinig van het gemiddelde der geheele waarnemingsreeks te Utrecht en De Bilt. De gemiddelden der waarnemingen te 8 a.m. van Utrecht—De Bilt over de jaren 1849—1927 staan in den laatsten regel der tabel.

Luchtdrukking. Maand- en jaargemiddelden.

Gereduceerd tot 0° C., zeeniveau en 45° breedte.

G_c = Den Helder 0.54, Groningen 0.56, De Bilt 0.48, Vlissingen 0.44, Maastricht 0.40 mm.

Station.	Waar- nemings- periode.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Den Helder . .	1901—1927	61.9	60.6	59.3	59.8	61.7	62.0	61.3	60.7	62.3	60.9	60.2	59.1	60.8
Groningen . .	"	62.1	60.9	59.5	59.8	61.8	61.9	61.2	60.7	62.4	61.2	60.5	59.4	61.0
De Bilt	"	62.8	61.2	59.7	59.9	61.7	62.2	61.6	61.1	62.6	61.3	60.9	59.9	61.2
Vlissingen . . .	"	63.1	61.4	59.9	60.2	61.9	62.6	62.0	61.6	62.9	61.4	61.1	60.1	61.5
Maastricht . .	1905—1927	63.5	62.1	60.2	60.1	61.8	62.3	61.8	61.6	62.9	61.9	61.2	61.0	61.7
De Bilt (8 a.m.)	1849—1927	62.3	62.1	60.2	60.4	61.6	62.1	61.5	61.2	62.3	60.7	61.0	61.0	61.4

Met den jaarlijkschen gang dezer lange reeks zijn de maandgemiddelden der 5 hoofdstations gereduceerd door toepassing van het verschil tusschen den jaarlijkschen gang van De Bilt over 1849—1927 en dien over 1901—1927.¹⁾ De uitkomsten zijn niet in de tabel, maar op de isobaren-kaartjes achter in deze verhandeling opgenomen en hebben gediend voor het teekenen der isobaren. Op die kaartjes is ook het windsysteem voorgesteld, door windrozen, construeerd naar de Beaufort-schattingen der driemaal-daagsche waarnemingen. De breedte der uitsteeksels is evenredig met de frequentie, de lengte geeft de gemiddelde snelheid aan, zoodanig, dat een lengte, reikende tot den buitensten cirkel, 5 m.p.s. voorstelt.

MAANDGEMIDDELDEN VAN UTRECHT EN DE BILT.

De bijgaande tabel bevat de maandgemiddelden van Utrecht en De Bilt voor de geheele waarnemingsreeks t/m 1927.

Luchtdrukking. Maandgemiddelden te Utrecht (1849—1896)
en De Bilt (1897—1927), te 8 a. m.

Gereduceerd tot zeeniveau en 45° breedte.

700 mm. +

	Jan.	Febr.	Mrt.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
1849	60.7	69.0	63.8	55.0	61.1	62.7	61.5	62.4	61.7	60.6	60.7	61.0	61.7
1850	63.4	61.3	66.6	57.5	59.6	63.9	61.7	60.6	65.3	57.5	59.9	65.0	61.9
1851	60.5	64.0	57.1	59.3	62.8	63.9	58.7	63.0	66.3	60.6	58.4	70.5	62.1
1852	58.3	61.5	67.3	66.1	60.8	56.3	63.2	58.7	60.5	58.6	55.2	57.6	60.4
1853	56.7	53.3	62.1	58.3	60.7	59.5	61.0	61.8	61.5	57.5	66.8	62.1	60.1
1854	58.9	66.0	70.9	65.9	59.2	59.9	62.2	63.2	67.3	59.8	58.1	57.5	62.4
1855	66.9	57.3	55.6	64.0	58.3	63.1	60.2	63.5	66.4	54.8	63.9	61.3	61.3
1856	53.7	64.9	67.4	57.7	57.5	63.4	62.2	60.2	58.2	67.7	61.9	57.6	61.0
1857	57.1	66.9	60.3	57.6	61.8	64.0	62.3	62.8	62.5	60.5	67.1	71.7	62.9
1858	71.7	64.2	60.0	62.2	61.0	64.6	60.4	61.7	64.2	62.8	62.0	62.0	63.1
1859	68.7	62.3	60.9	57.0	61.0	60.3	65.3	62.5	59.7	56.2	62.6	58.6	61.3
1860	55.9	60.8	57.3	60.2	60.5	58.2	61.9	56.1	60.6	63.1	60.5	54.7	59.2
1861	67.5	60.6	56.2	66.0	63.8	61.0	57.7	63.1	59.5	64.9	55.9	66.8	61.9
1862	60.5	64.8	55.0	63.1	60.6	59.0	60.8	61.3	63.7	60.9	60.8	62.7	61.1
1863	57.9	69.8	59.1	61.9	62.8	60.3	65.3	61.2	59.4	59.8	64.7	64.2	62.2
1864	69.6	61.4	54.5	65.1	61.9	61.0	62.5	64.0	61.7	60.0	59.0	65.7	62.2

¹⁾ Reductie van de waarnemingen van Maastricht, door middel van die van Vlissingen, De Bilt en Groningen, tot het tijdvak 1901—1927, geeft slechts een correctie van + 0.03 mm.

	Jan.	Febr.	Mrt.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
1865	51.9	58.8	58.9	66.5	62.1	67.2	61.7	59.5	69.1	54.6	61.0	70.0	61.8
1866	60.2	55.5	55.5	61.3	62.2	61.6	60.1	57.3	57.2	66.0	59.6	61.5	59.8
1867	53.8	64.3	57.7	57.0	60.8	64.3	59.8	63.0	64.4	60.4	68.3	61.5	61.3
1868	60.9	64.7	61.5	61.0	64.0	66.2	63.4	60.8	60.6	61.4	62.6	53.7	61.7
1869	66.2	61.1	56.6	62.8	58.6	63.8	65.1	65.2	58.8	62.2	58.9	57.9	61.4
1870	63.2	61.3	62.4	66.6	64.3	64.6	62.1	59.6	65.1	56.6	58.0	60.6	62.0
1871	59.3	64.7	64.6	58.0	64.0	59.7	59.6	63.8	60.1	62.7	62.1	65.2	62.0
1872	55.6	60.6	58.7	60.2	60.4	61.0	61.2	61.6	58.2	56.7	55.6	53.3	58.6
1873	57.9	64.1	58.8	60.7	61.0	61.8	62.2	61.4	61.4	59.5	59.9	69.4	61.5
1874	64.2	64.9	66.5	60.1	60.9	65.2	62.9	61.4	61.6	60.8	61.0	55.8	62.1
1875	61.2	64.2	66.0	63.9	63.2	61.2	61.0	63.3	64.1	58.7	56.4	64.8	62.3
1876	70.2	57.8	51.1	60.0	65.0	62.2	64.2	61.2	56.9	61.7	59.9	52.4	60.2
1877	59.9	58.6	55.4	57.7	59.4	63.7	60.4	59.3	63.1	62.8	56.2	62.6	59.9
1878	64.9	69.7	61.8	59.2	58.1	61.6	62.0	57.2	61.7	58.2	54.5	54.8	60.3
1879	63.3	52.4	62.6	54.6	62.5	59.0	57.3	59.6	62.2	65.0	65.9	70.7	61.3
1880	71.8	59.4	66.6	59.6	64.0	59.6	60.4	61.5	62.4	58.8	61.6	59.8	62.1
1881	60.4	58.2	60.1	61.6	65.0	61.9	62.5	58.2	61.4	62.5	63.5	63.2	61.5
1882	71.9	68.6	62.9	58.2	64.2	59.7	60.0	59.5	58.9	59.5	54.0	55.3	61.1
1883	62.2	66.1	59.7	63.4	61.2	62.1	58.5	62.6	58.9	61.3	58.6	63.7	61.5
1884	64.5	62.6	61.9	58.3	62.6	62.7	61.9	63.0	63.1	62.4	66.2	58.8	62.3
1885	62.0	57.1	63.5	57.5	57.5	63.2	66.6	61.2	59.8	54.2	61.3	66.9	60.9
1886	54.2	65.0	62.9	61.1	62.0	60.6	60.8	62.2	64.0	59.1	60.7	53.5	60.5
1887	64.4	71.7	63.8	62.0	61.6	66.5	63.7	61.8	60.4	62.3	56.0	57.8	62.7
1888	68.6	60.0	51.7	59.4	64.1	61.0	56.4	62.6	66.1	63.6	59.7	63.6	61.4
1889	67.5	57.3	61.8	56.0	59.0	62.5	60.2	59.2	62.4	56.3	67.8	68.3	61.5
1890	60.9	68.9	58.0	57.7	58.4	62.4	59.2	59.4	67.0	63.3	58.6	65.1	61.6
1891	65.7	73.8	56.1	61.0	57.2	62.4	60.4	58.1	63.4	59.1	60.1	62.8	61.7
1892	58.1	56.8	62.9	62.0	62.2	61.9	62.4	60.6	61.9	55.1	64.5	62.0	60.9
1893	63.6	56.2	65.6	66.8	63.7	62.6	59.8	63.4	58.7	59.6	61.2	63.8	62.1
1894	61.0	62.9	61.7	60.1	60.0	62.1	60.0	60.0	64.2	60.5	63.2	62.3	61.5
1895	53.7	63.5	56.2	60.5	63.8	63.8	59.5	60.7	66.8	57.9	62.3	57.2	60.5
1896	70.5	71.3	57.4	64.9	66.6	60.9	62.5	61.8	57.1	56.0	65.4	58.1	62.7
1897	59.2	63.5	54.6	58.9	60.5	62.6	62.0	59.0	61.6	67.4	67.8	62.7	61.6
1898	70.5	59.0	57.9	60.7	57.8	61.3	63.3	62.6	65.3	59.3	59.5	63.9	61.8
1899	58.4	61.4	63.2	56.9	62.0	63.3	63.2	64.5	57.0	64.6	67.0	61.0	61.9
1900	59.9	52.5	60.8	61.0	61.1	60.0	61.7	60.8	65.2	60.9	57.1	60.9	60.2
1901	65.3	62.2	57.0	59.6	64.7	63.9	62.8	63.2	60.5	60.5	64.6	53.5	61.5
1902	64.1	60.8	58.5	61.4	59.8	60.6	62.3	60.5	64.4	62.3	62.8	63.8	61.8
1903	63.7	65.6	60.5	57.5	60.2	62.5	60.4	59.2	63.5	55.4	62.7	58.7	60.8
1904	63.6	52.9	62.0	60.6	61.9	63.3	63.9	63.1	65.0	65.1	62.6	60.9	62.1
1905	69.2	65.8	57.3	58.8	64.7	61.2	63.3	60.1	61.7	60.8	56.4	69.3	62.4
1906	61.7	56.6	61.1	64.6	59.0	64.7	63.3	62.7	67.2	60.5	60.0	60.0	61.8
1907	68.8	62.0	66.4	57.1	60.1	59.9	63.1	62.2	66.2	56.3	62.7	58.1	61.9

	Jan.	Febr.	Mrt.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
1908	66.9	63.2	59.0	59.8	62.9	63.9	62.6	61.7	62.6	67.9	64.0	62.5	63.1
1909	66.1	65.4	51.5	62.5	66.0	61.2	59.7	62.2	62.8	59.2	62.0	54.7	61.1
1910	58.0	55.9	66.6	58.7	59.2	59.4	58.5	60.7	66.3	64.1	52.6	56.7	59.7
1911	70.1	65.8	59.4	62.6	62.2	62.5	66.3	63.0	63.9	60.6	57.0	58.5	62.7
1912	61.8	56.1	56.3	64.9	62.2	58.8	61.3	56.3	65.8	60.9	60.8	61.7	60.6
1913	59.7	67.8	60.6	59.4	60.6	64.3	62.1	63.2	62.5	61.0	60.1	62.8	62.0
1914	66.1	58.7	53.4	65.2	64.0	62.7	59.0	63.7	63.5	62.7	60.1	54.3	61.1
1915	51.6	55.1	60.4	63.3	62.4	63.3	59.6	61.6	62.3	64.1	59.2	54.4	59.8
1916	66.0	56.5	53.4	59.1	60.8	59.2	62.6	60.2	62.0	60.4	58.6	53.4	59.4
1917	58.6	66.2	57.8	59.1	62.5	63.5	63.3	56.7	63.9	56.1	63.3	66.2	61.4
1918	61.2	67.6	63.8	58.7	63.1	63.4	61.3	62.0	55.7	62.6	65.0	58.3	61.9
1919	58.3	57.8	57.4	60.4	64.9	64.3	61.2	62.3	62.9	64.5	56.2	57.7	60.6
1920	59.8	67.8	61.6	55.7	64.5	63.0	60.9	63.1	62.8	64.1	66.5	62.8	62.7
1921	61.2	68.8	64.3	64.0	61.4	64.6	63.7	59.9	65.3	66.2	64.8	62.6	63.9
1922	57.8	61.1	58.8	55.5	65.4	61.4	60.2	60.6	60.5	63.6	65.7	58.2	60.7
1923	65.2	54.9	63.6	57.2	59.8	63.6	62.1	60.4	61.8	55.7	56.4	60.3	60.1
1924	62.5	61.9	59.7	59.0	60.1	62.5	59.3	58.3	58.9	60.9	65.1	63.7	61.0
1925	68.9	55.4	63.8	58.3	58.3	63.7	60.4	61.3	60.2	60.9	60.1	55.5	60.6
1926	60.8	59.0	62.7	58.9	58.8	60.1	61.6	63.8	63.9	59.2	55.5	67.2	61.0
1927	57.7	64.4	57.0	58.8	63.1	59.2	59.6	59.7	56.9	63.4	61.3	61.3	60.2
Gem.	62.3	62.1	60.2	60.4	61.6	62.1	61.5	61.2	62.3	60.7	61.0	61.0	61.4

MAXIMA EN MINIMA.

Voor de geheele reeks van Utrecht en De Bilt is voor iedere maand de laagste en hoogste barometerstand uitgezocht; de gemiddelden dezer maxima en minima over de geheele waarnemingsreeks zijn in de volgende tabel opgenomen. Zij zijn ontleend aan de 3-maal-daagsche waarnemingen. De werkelijk voorgekomen afwijkingen zullen grooter zijn; om hiervan een denkbeeld te geven zijn tevens opgenomen de gemiddelde maxima en minima voor De Bilt, ontleend aan de uurlijksche aflezingen van den barograaf voor het tijdvak 1902—1927, en voor hetzelfde tijdvak de extremen, verkregen uit de 3 termijn-waarnemingen; de verschillen der beide reeksen van gemiddelden staan op den 7den en 8sten regel. De uitersten van den barograaf zullen over het algemeen nog iets verder uiteen liggen dan die der uur-aflezingen, maar groot zal dit verschil niet zijn, omdat het tijdsverloop van uur tot uur te kort is voor belangrijk afwijkende tusschenliggende maxima en minima.

De tabel bevat verder het aantal malen, dat gedurende de periode van 79 jaar de hoogste en laagste barometerstand van het jaar in een bepaalde maand vielen. Het blijkt, dat in geen enkel geval de uitersten in een der maanden Mei—September voorkwamen en dat Januari de meeste maxima, December de meeste minima omvat, November—Maart blijken de maanden te zijn, waarin de meeste groote barometer-afwijkingen voorkomen.

De absolute maxima en minima van de geheele reeks sinds December 1848 zijn de volgende (0° C. en zeeniveau).

	Jan.	Febr.	Mrt.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Absoluut maximum.												
700 mm + . .	86.0	83.6	84.7	79.0	77.2	75.3	74.6	74.0	78.0	80.5	82.7	84.1
Datum . . .	17. '82	11. '49	6. '52	17. '87	7. '81	10. '19	4. '11	27. '71	27. '06	29. '49	11. '59	10. '50
Absoluut minimum.												
700 mm + . .	24.8	26.8	22.7	32.9	37.8	43.0	40.2	29.3	31.9	31.9	26.7	23.6
Datum . . .	20. '76	6. '50	12. '76	15. '59	13. '67	17. '66	11. '94	27. '12	11. '03	16. '86	11. '75	9. '86

Deze extremen zijn niet aan de termijnwaarnemingen, maar aan de barogrammen ontleend.

Tijdens het hoogste barometer-maximum, op 17 Januari 1882, was de barometerstand over het algemeen zeer hoog over Europa en waren de O.winden in ons land van weinig beteekenis. De laagste barometerstand, op 12 Maart 1876, werd veroorzaakt door een depressie, die in den namiddag snel over ons land trok, ongeveer langs de lijn Vlis-singen—Groningen, en dicht langs Utrecht voorbijging. Wel kwamen harde winden voor, maar abnormaal groote windsterkten had deze storing niet tengevolge.

Het laagste maximum van een maand bedroeg 760.7 mm (Maart 1876), het hoogste minimum was 764.3 mm en kwam voor in Februari van den kouden winter van 1891. De hoogste barometerstand in Maart 1876 bleef derhalve 3.6 mm beneden den laagsten van Februari 1891.

In de tabel zijn verder opgenomen de gemiddelden van de maandelijksche schommeling, welke zijn verkregen door het verschil te nemen van het gemiddelde maximum en minimum. Zij vormen een maatstaf om de veranderlijkheid van de luchtdrukking te beoordeelen. De schommeling blijkt in December bijna dubbel zoo groot te zijn als in Juli.

DAGELIJKSCHE GANG.

De gegevens der volgende tabellen zijn voor Den Helder, De Bilt en Vlissingen ontleend aan de opteekening van kwikbarografen, te Groningen en Maastricht aan die van Richard-barografen.¹⁾ Voor Den Helder, Groningen en Maastricht is de geheele waarnemingsreeks t/m 1927 gebruikt, voor De Bilt zijn slechts de jaren gebruikt na de vervanging van den Richard-barograaf door den kwikbarograaf. Voor Vlissingen zijn de waarnemingsjaren t/m 1915 buiten beschouwing gelaten, omdat de oudere reeks een geringe afwijking vertoont van de nieuwere van 1916—1927, hetgeen wellicht is toe te schrijven aan de wijziging, welke in December 1915 is aangebracht, toen de barograaf van een hollen drijver werd voorzien, waarmee de invloed van de temperatuur wordt gecompenseerd.

Onder aan de tabel zijn de constanten vermeld van de formule

$$a_1 \cos (nt - C_1) + a_2 \cos (2nt - C_2) + a_3 \cos (3nt - C_3).$$

De amplitudes a zijn uitgedrukt in mm. De hoeken zijn gecorrigeerd tot lokalen middelbaren tijd, het beginpunt van telling is 0 a.m.

In de wintermaanden is de dagelijksche gang vrijwel dezelfde voor alle stations, in den zomer bestaan er groote verschillen, vooral tusschen Den Helder en Maastricht, waarvan de eerste het kusttype, de tweede het continentale type vertegenwoordigt.

Deze verschillen worden voornamelijk veroorzaakt door verschillen in de enkeldaagsche schommeling, welke aan overeenkomstige verschillen in de enkeldaagsche schommeling van de luchttemperatuur zijn toe te schrijven. De laatste is in den winter klein, in het warme jaargetijde groot. Zij is op het land veel grooter dan op zee; in het sterk verwarmde binnenland doet zij een barometer-minimum ontstaan in den namiddag, een maximum in den nacht. Nabij de kust doet de daarmee samenhangende luchtverplaatsing overdag een barometer-maximum en 's nachts een minimum ontstaan. De Bilt, Groningen en Vlissingen vertoonen, hoewel in mindere mate dan Den Helder, het zeetype.

¹⁾ De in de jaarboeken voorkomende uurwaarnemingen van De Bilt zijn t/m Augustus 1915 ontleend aan een barograaf van Richard, daarna aan een kwikbarograaf met drijver, die van Groningen en Maastricht aan een Richard-barograaf, die van Den Helder en Vlissingen aan een kwikbarograaf, behoudens een korte onderbreking te Den Helder (Richard barograaf 30 Dec. 1908 t/m 15 Dec. 1909). Sedert 1909 zijn aan de afwijkingen der uurgemiddelden, waaraan de bovenstaande gegevens zijn ontleend, geleidelijk verlopende correcties aangebracht, ten einde een behoorlijke aansluiting van de waarden voor 24 p en 1 a te verkrijgen.

Dagelijksche gang van de luchtdrukking, in 0.01 millimeters.
Den Helder, 1900—1927.

Uren.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
a.m.													
1	— 10	6	1	— 8	— 11	— 13	— 9	— 10	— 5	0	0	0	— 5
2	— 13	— 1	— 11	— 22	— 24	— 28	— 23	— 23	— 16	— 12	— 7	— 3	— 15
3	— 15	— 14	— 26	— 33	— 35	— 42	— 36	— 36	— 28	— 26	— 19	— 10	— 27
4	— 24	— 24	— 36	— 43	— 42	— 45	— 42	— 45	— 40	— 34	— 30	— 22	— 36
5	— 32	— 26	— 37	— 43	— 37	— 42	— 40	— 43	— 44	— 36	— 34	— 29	— 37
6	— 35	— 27	— 33	— 31	— 26	— 34	— 34	— 34	— 35	— 34	— 35	— 32	— 32
7	— 26	— 20	— 20	— 14	— 9	— 16	— 19	— 20	— 21	— 20	— 24	— 25	— 20
8	— 5	— 1	— 4	— 1	6	— 1	— 5	— 6	— 6	4	0	— 7	— 2
9	17	12	7	13	15	8	3	4	9	15	14	14	11
10	33	23	18	26	22	16	12	14	19	24	28	30	22
11	39	32	24	28	27	24	19	21	22	28	32	29	27
12	24	27	22	27	27	27	24	24	22	21	15	11	23
p.m.													
1	4	10	12	23	24	24	23	23	17	8	0	— 7	13
2	— 15	— 14	— 7	14	18	22	24	23	9	— 7	— 18	— 24	2
3	— 9	— 15	— 10	7	13	21	24	22	6	— 9	— 15	— 17	1
4	— 2	— 15	— 14	0	3	14	16	17	0	— 12	— 12	— 8	— 1
5	3	— 11	— 11	— 3	— 4	5	7	9	— 4	— 7	— 4	— 2	— 2
6	5	0	1	— 5	— 11	— 3	— 3	— 1	— 3	6	6	3	0
7	11	8	16	4	— 7	1	— 1	2	10	15	15	11	7
8	18	14	26	18	5	7	7	15	22	20	20	19	16
9	17	13	26	19	16	19	18	18	24	23	23	21	20
10	12	11	24	14	15	18	18	16	21	20	19	19	17
11	7	6	19	9	12	12	13	10	16	11	14	18	12
12	0	5	13	1	3	2	3	0	6	4	9	11	5
a_1	0.136	0.069	0.143	0.202	0.192	0.250	0.240	0.255	0.191	0.134	0.114	0.094	0.163
a_2	0.197	0.198	0.241	0.217	0.208	0.188	0.169	0.167	0.216	0.228	0.228	0.206	0.204
a_3	0.112	0.096	0.045	0.002	0.051	0.056	0.058	0.040	0.008	0.065	0.098	0.107	0.030
C_1	237.0	239.1	265.2	229.2	218.7	231.9	237.0	237.3	248.1	249.2	263.6	281.7	241.3
C_2	306.8	315.7	310.0	315.7	319.9	322.0	330.8	326.1	316.8	305.2	124.4	305.6	314.0
C_3	113.7	121.0	133.6	41.4	313.1	316.8	316.4	322.3	112.8	109.6	104.8	103.7	98.0

Dagelijksche gang van de luchtdrukking, in 0.01 millimeters.
De Bilt, 1916—1927.

Uren.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
a. m.													
1	— 1	9	15	6	5	1	5	— 2	2	6	10	15	6
2	— 3	4	2	— 5	— 4	— 13	— 8	— 12	— 11	— 6	6	14	— 3
3	— 9	— 10	— 14	— 14	— 12	— 25	— 18	— 22	— 23	— 19	— 6	9	— 14
4	— 20	— 19	— 23	— 23	— 16	— 29	— 21	— 29	— 34	— 24	— 14	— 5	— 21
5	— 32	— 20	— 24	— 23	— 9	— 24	— 18	— 26	— 37	— 26	— 20	— 16	— 23
6	— 31	— 22	— 18	— 12	2	— 16	— 9	— 18	— 26	— 22	— 20	— 19	— 18
7	— 22	— 15	— 4	2	14	— 4	1	— 7	— 12	— 7	— 8	— 14	— 6
8	— 6	2	10	7	19	2	5	0	— 3	12	12	— 1	5
9	11	10	18	12	19	5	8	9	11	20	19	11	13
10	23	17	21	16	18	7	9	13	16	24	25	22	18
11	24	22	18	11	14	8	9	13	13	22	18	14	16
12	8	14	11	4	7	8	9	10	11	9	— 2	— 8	7
p. m.													
1	— 12	— 3	— 5	2	2	7	7	11	9	— 7	— 19	— 27	— 3
2	— 16	— 16	— 17	— 8	— 6	3	4	6	0	— 15	— 29	— 34	— 11
3	— 12	— 22	— 28	— 19	— 18	— 1	— 2	— 1	— 7	— 23	— 29	— 31	— 16
4	— 6	— 24	— 35	— 26	— 28	— 8	— 10	— 7	— 13	— 25	— 25	— 22	— 19
5	— 1	— 17	— 30	— 24	— 34	— 14	— 17	— 11	— 14	— 17	— 15	— 14	— 17
6	7	— 1	— 12	— 16	— 28	— 9	— 16	— 10	— 4	0	— 2	— 6	— 8
7	17	10	7	0	— 16	— 1	— 11	— 3	10	13	7	6	3
8	19	13	18	19	2	9	2	15	23	16	11	12	13
9	19	18	23	24	18	26	17	21	29	23	20	19	21
10	17	19	25	24	20	28	21	22	28	22	20	24	24
11	16	15	24	23	21	23	20	19	24	16	20	27	21
12	11	15	20	18	15	15	14	10	13	11	19	24	15
a_1	0.110	0.054	0.069	0.050	0.095	0.084	0.019	0.087	0.123	0.041	0.086	0.153	0.048
a_2	0.176	0.199	0.261	0.221	0.208	0.184	0.163	0.181	0.228	0.238	0.212	0.180	0.205
a_3	0.098	0.072	0.037	0.018	0.058	0.063	0.064	0.033	0.005	0.057	0.090	0.098	0.018
C_1	282.3	325.6	7.4	350.2	79.8	275.5	266.0	255.1	274.4	301.5	9.1	7.3	321.8
C_2	304.0	310.2	306.0	305.3	307.4	311.7	319.6	314.0	309.4	297.6	297.3	304.4	306.8
C_3	100.3	119.6	114.8	268.4	287.6	297.9	302.0	291.8	262.9	100.0	86.2	93.7	83.5

Dagelijksche gang van de luchtdrukking, in 0.01 millimeters.
Vlissingen, 1916—1927.

Uren.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
a. m.													
1	— 5	14	12	3	2	— 5	4	— 2	2	8	12	15	5
2	— 8	7	2	— 8	— 9	— 19	— 10	— 15	— 13	— 2	8	10	— 5
3	— 9	— 7	— 16	— 20	— 18	— 33	— 21	— 25	— 28	— 18	— 6	2	— 17
4	— 21	— 20	— 26	— 32	— 25	— 38	— 26	— 34	— 38	— 24	— 19	— 14	— 26
5	— 32	— 24	— 27	— 33	— 20	— 34	— 23	— 32	— 43	— 25	— 22	— 26	— 28
6	— 34	— 26	— 21	— 20	— 8	— 24	— 17	— 23	— 33	— 22	— 24	— 28	— 23
7	— 24	— 18	— 9	— 4	5	— 12	— 9	— 13	— 21	— 8	— 18	— 27	— 13
8	— 7	0	6	5	14	2	3	— 1	— 4	13	6	— 14	2
9	16	13	19	16	24	10	11	14	15	28	20	7	16
10	35	24	28	25	24	14	13	19	26	34	30	26	25
11	41	32	27	22	24	18	16	22	28	33	28	22	26
12	23	26	22	16	18	19	17	20	25	19	5	2	18
p. m.													
1	— 1	7	8	13	11	16	11	16	15	1	— 12	— 22	5
2	— 16	— 12	— 10	1	1	13	9	13	6	— 14	— 29	— 33	— 6
3	— 16	— 22	— 22	— 12	— 10	8	3	5	— 4	— 23	— 32	— 30	— 13
4	— 14	— 27	— 34	— 21	— 19	— 1	— 6	— 2	— 15	— 30	— 31	— 21	— 18
5	— 7	— 26	— 34	— 22	— 26	— 8	— 14	— 9	— 17	— 26	— 21	— 13	— 19
6	1	— 10	— 18	— 19	— 28	— 10	— 19	— 16	— 16	— 9	— 7	— 4	— 13
7	9	2	— 1	— 7	— 18	— 2	— 13	— 9	3	1	2	8	— 2
8	13	8	13	15	— 3	5	— 2	8	20	9	13	20	10
9	16	12	19	22	14	21	15	16	27	17	22	25	19
10	15	17	23	23	18	24	20	19	28	17	24	28	21
11	15	16	24	21	18	20	21	18	22	15	25	33	21
12	9	17	20	16	12	9	14	11	13	11	24	30	16
a_1	0.082	0.014	0.020	0.042	0.070	0.144	0.058	0.118	0.128	0.026	0.084	0.154	0.038
a_2	0.226	0.242	0.285	0.256	0.228	0.205	0.191	0.209	0.283	0.265	0.258	0.230	0.238
a_3	0.115	0.083	0.036	0.014	0.046	0.059	0.057	0.039	0.014	0.066	0.094	0.109	0.024
C_1	244.8	344.6	27.7	237.6	136.9	237.3	227.4	228.9	248.2	138.0	5.8	340.7	256.5
C_2	309.8	321.0	313.5	312.4	313.9	316.3	325.6	322.0	316.0	305.0	305.0	309.8	313.7
C_3	111.3	120.2	132.2	281.3	300.6	303.8	305.9	308.8	172.7	101.1	95.5	99.3	98.7

Dagelijksche gang van de luchtdrukking, in 0.01 millimeters,
Groningen, 1899—1927.

Uren.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
a. m.													
1	— 6	5	7	1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	4	— 2	0
2	— 8	— 1	— 4	— 12	— 10	— 13	— 12	— 12	— 12	— 10	— 2	— 2	— 8
3	— 12	— 14	— 19	— 21	— 18	— 22	— 22	— 22	— 23	— 22	— 12	— 7	— 18
4	— 21	— 22	— 25	— 29	— 22	— 24	— 24	— 29	— 32	— 27	— 20	— 18	— 24
5	— 28	— 23	— 25	— 28	— 16	— 19	— 21	— 26	— 33	— 28	— 23	— 24	— 24
6	— 29	— 22	— 19	— 15	— 5	— 12	— 15	— 19	— 23	— 24	— 23	— 23	— 19
7	— 19	— 11	— 7	— 2	5	— 4	— 7	— 8	— 10	— 8	— 10	— 14	— 8
8	— 2	4	5	5	12	4	2	1	1	8	7	0	4
9	16	17	13	13	15	6	5	8	14	18	17	17	13
10	27	22	17	16	16	8	7	11	17	23	24	29	18
11	28	27	15	13	12	10	7	10	14	21	21	22	17
12	12	17	10	8	7	8	6	9	10	10	4	4	9
p. m.													
1	— 7	0	— 4	3	1	4	3	7	4	— 4	— 11	— 13	— 1
2	— 14	— 14	— 15	— 6	— 5	1	2	4	— 4	— 13	— 21	— 22	— 9
3	— 9	— 19	— 22	— 14	— 12	— 3	0	1	— 10	— 18	— 21	— 18	— 12
4	— 3	— 18	— 26	— 17	— 18	— 8	— 5	— 3	— 13	— 19	— 16	— 11	— 13
5	3	— 12	— 18	— 15	— 21	— 11	— 8	— 6	— 10	— 9	— 6	— 4	— 10
6	7	1	— 3	— 8	— 17	— 8	— 7	— 6	— 2	6	4	1	— 3
7	13	10	14	9	— 6	1	1	4	12	16	12	10	8
8	15	11	21	22	10	9	10	16	22	18	15	13	15
9	15	13	24	25	21	21	22	20	25	22	18	16	20
10	13	12	23	22	22	23	24	19	23	19	16	16	19
11	9	10	20	19	20	20	21	15	18	14	13	17	16
12	2	8	16	12	14	12	13	6	10	8	9	12	10
a_1	0.100	0.035	0.068	0.065	0.011	0.064	0.083	0.103	0.105	0.073	0.050	0.053	0.061
a_2	0.166	0.192	0.228	0.214	0.196	0.162	0.155	0.157	0.212	0.220	0.191	0.184	0.188
a_3	0.096	0.079	0.037	0.006	0.045	0.046	0.049	0.025	0.013	0.058	0.086	0.090	0.025
C_1	253.4	253.4	317.0	281.4	46.7	272.1	276.8	258.4	270.1	268.8	304.0	301.2	274.8
C_2	303.0	309.4	303.0	302.5	305.2	310.2	312.2	311.6	305.1	297.2	297.6	301.9	304.7
C_3	104.8	112.3	121.4	273.0	298.3	300.0	308.5	315.9	97.2	103.6	97.6	97.0	97.1

Dagelijksche gang van de luchtdrukking, in 0.01 millimeters.
Maastricht, 1905—1927.

Uren.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
a. m.													
1	— 3	12	13	12	13	15	13	9	10	10	2	6	9
2	— 2	6	1	3	6	5	4	2	1	0	— 2	7	3
3	— 7	— 4	— 11	— 4	1	— 2	— 3	— 5	— 7	— 11	— 12	1	— 5
4	— 17	— 9	— 16	— 9	1	— 1	— 2	— 8	— 14	— 14	— 17	— 9	— 10
5	— 25	— 8	— 13	— 4	9	3	4	— 3	— 14	— 13	— 17	— 15	— 8
6	— 23	— 7	— 7	10	21	12	10	8	— 2	— 7	— 14	— 14	— 1
7	— 12	4	7	23	31	20	19	18	11	11	1	— 5	11
8	4	21	18	30	35	24	23	23	20	27	18	9	21
9	19	26	24	32	32	21	21	26	28	31	26	21	26
10	30	29	23	29	27	17	19	24	27	30	30	29	26
11	26	28	18	17	17	12	12	15	17	22	22	18	19
12	7	13	6	2	2	2	4	5	5	6	1	— 3	4
p. m.													
1	— 14	— 11	— 14	— 13	— 12	— 12	— 9	— 4	— 10	— 15	— 17	— 22	— 13
2	— 25	— 30	— 31	— 30	— 28	— 23	— 18	— 19	— 24	— 29	— 32	— 32	— 27
3	— 20	— 36	— 38	— 43	— 41	— 32	— 27	— 26	— 34	— 35	— 29	— 28	— 32
4	— 15	— 35	— 42	— 47	— 49	— 40	— 35	— 33	— 39	— 37	— 25	— 21	— 35
5	— 6	— 26	— 32	— 44	— 53	— 44	— 40	— 37	— 36	— 27	— 13	— 12	— 31
6	2	— 11	— 15	— 33	— 47	— 38	— 38	— 36	— 25	— 10	— 3	— 5	— 22
7	12	0	5	— 11	— 31	— 28	— 28	— 24	— 5	2	5	5	— 8
8	15	3	16	7	— 8	— 7	— 9	— 1	11	9	10	9	5
9	17	8	22	16	10	15	11	12	19	15	16	15	15
10	15	10	23	18	19	26	21	18	23	16	17	17	19
11	14	10	22	20	23	27	25	19	21	12	17	18	19
12	7	10	20	17	20	24	22	16	17	8	14	12	16
a_1	0.039	0.118	0.119	0.208	0.293	0.223	0.203	0.172	0.128	0.105	0.052	0.084	0.137
a_1	0.196	0.212	0.265	0.262	0.239	0.217	0.199	0.210	0.255	0.246	0.228	0.186	0.226
a_1	0.102	0.086	0.041	0.003	0.048	0.058	0.059	0.038	0.014	0.064	0.081	0.095	0.024
C_1	295.6	76.8	42.7	70.5	76.2	65.2	71.0	78.5	61.2	72.8	43.1	28.2	65.5
C_2	296.1	299.3	295.8	294.8	301.8	308.4	311.5	306.6	299.1	290.6	290.2	294.1	298.7
C_3	102.4	107.7	113.5	105.4	291.3	295.5	301.2	302.2	106.3	93.6	81.8	91.6	83.6

De enkeldaagsche barometerschommeling veroorzaakt in Juni en Juli te 4 uur v.m. en 4 uur n.m. tusschen Den Helder en Maastricht een verschil in luchtdrukking van 0.45 mm, overeenkomende met een gradiënt van ongeveer 0.2 (mm per 111 km), dat tot uiting komt in een zwakken land- en zeewind.

De dubbeldaagsche en driemaaldaagsche barometerschommelingen zijn beide van universeel karakter en hangen weinig van plaatselijke omstandigheden af.¹⁾ Zij zijn beide een gevolg van resonantie van de aardatmosfeer, die vrije trillingen kan uitvoeren met een periode, zeer weinig verschillend van 12 en 8 uren.

De dubbeldaagsche schommeling neemt af met de 3de macht van den sinus van den poolsafstand en is het grootst tijdens de dag- en nachtevening. De driemaaldaagsche heeft een maximale amplitude op 30° breedte, is het grootst in den winter van ieder halfroond, heeft in den zomer de tegengestelde phase en is klein in de overgangsmaanden.

De uitkomsten der 5 hoofdstations bevestigen deze regels.

De oorzaak der driemaaldaagsche schommeling is te zoeken in de driemaaldaagsche temperatuurschommeling, welke eveneens tusschen winter en zomer in phase omkeert (zie de tabellen op blz. 93—95 in Med. en Verh. n°. 24)²⁾, de tweemaaldaagsche is deels tot de overeenkomstige temperatuurschommeling, deels tot getijbeweging in den dampkring terug te voeren.

DEPRESSIE-BANEN.

In het „Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid” worden geregeld kaartjes met de depressie-banen der afgeloopen maand opgenomen. De jaargangen 1904—1926 dezer overzichten hebben gediend voor het samenstellen der 4 bijgaande seizoenkaartjes. Het kaartje, zooals het sinds Juni 1921 is, werd in vakken verdeeld en in elk vak werd het aantal keeren ingeschreven, dat depressies het passeerden. Passeerde de depressie het vak niet over de geheele lengte of breedte dan werd het geval voor 0, $\frac{1}{2}$ of 1 geteld naar gelang slechts een klein deel werd gepasseerd, ongeveer de helft of het grootste deel der lengte of breedte. De op de kaartjes staande getallen zijn de totaal-sommen van het aantal gevallen in het seizoen, van 1904—1926.

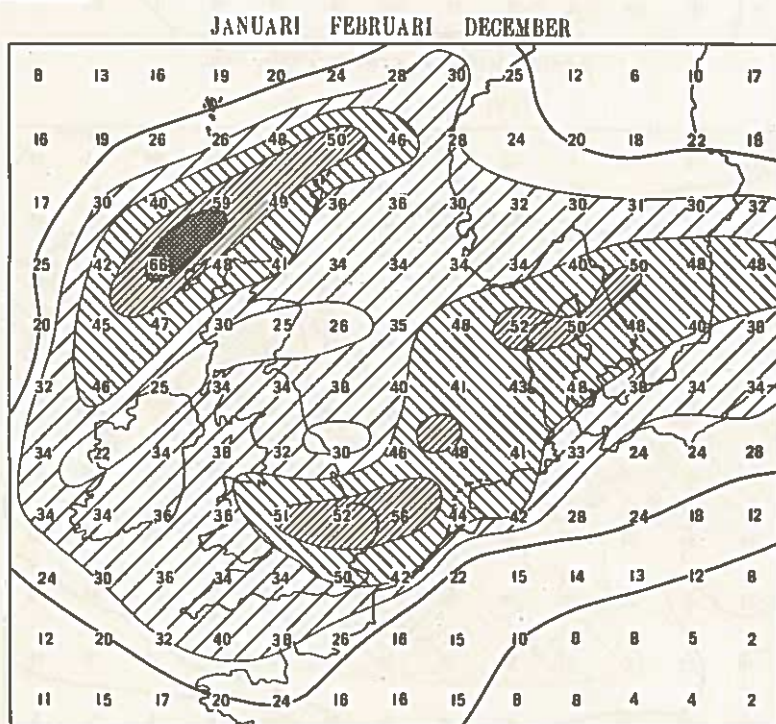
¹⁾ Zie o. a. J. Bartels. Gezeitenerscheinungen in der Atmosphäre. Zeitschr. f. Geophysik IV. Jahrgang 1928. Heft 1.

²⁾ In Verhandeling n°. 24 is middag = 0 uur aangenomen, in deze Verhandeling middernacht = 0 uur.

Aangezien de vroegere kaartjes (vóór Juni 1921) andere, in den regel kleinere, uitgebreidheid bezaten, is het aantal aan de randen, vooral in het Noorden, geringer dan in werkelijkheid. De frequentie der depressies is in de nabijheid van Nederland ook wel eenigszins overdreven in vergelijking met andere gedeelten der kaartjes, doordat niet zoo licht een geval over het hoofd is gezien als in verder van ons verwijderde streken. In de latere jaren komen meer depressies op de maandkaartjes voor dan in den beginne, omdat meer aandacht aan de secundaire depressies is geschonken.

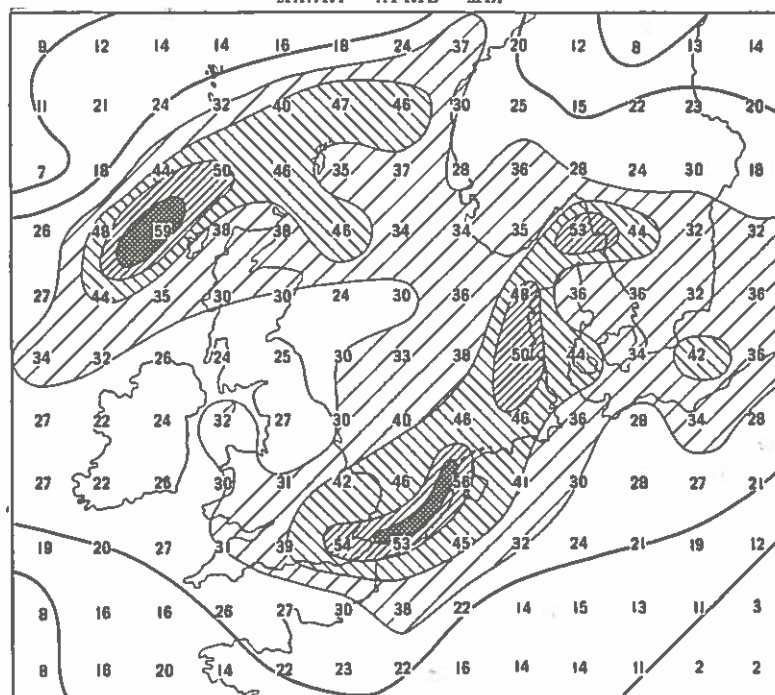
Om deze redenen kunnen uit de hierbij gaande kaartjes slechts gevolgtrekkingen worden gemaakt betreffende de relatieve frequentie in de verschillende seizoenen en de verhouding der frequenties in de verschillende vakjes, en dit laatste slechts voor het middenste gedeelte.

De kaartjes ontleenen, afgezien van de bovengenoemde beperking, hunne waarde aan het uitgebreide materiaal, waaruit zij zijn samengesteld en zijn vooral voor de klimaatsbeschrijving van ons land van beteekenis.



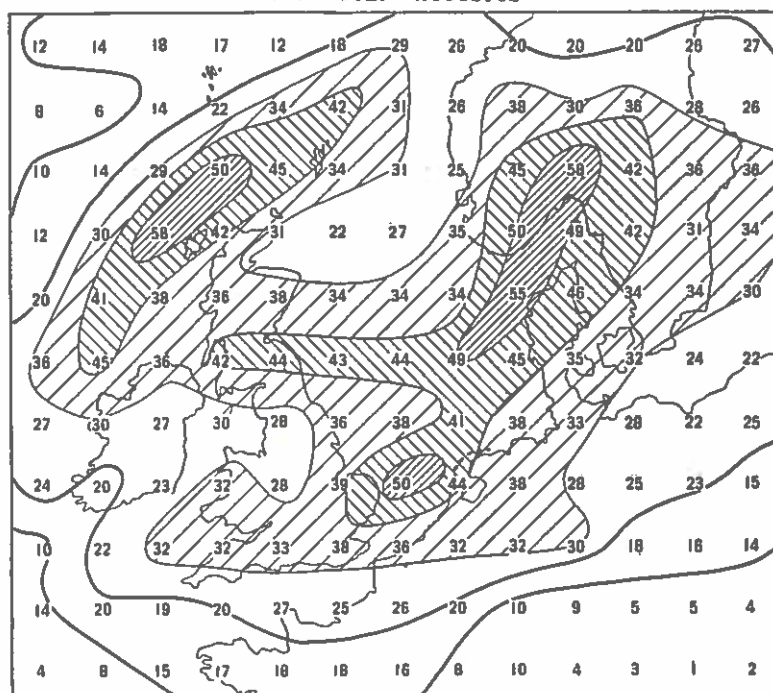
Aantal depressie-centra, 1904—1926.

MAART APRIL MEI

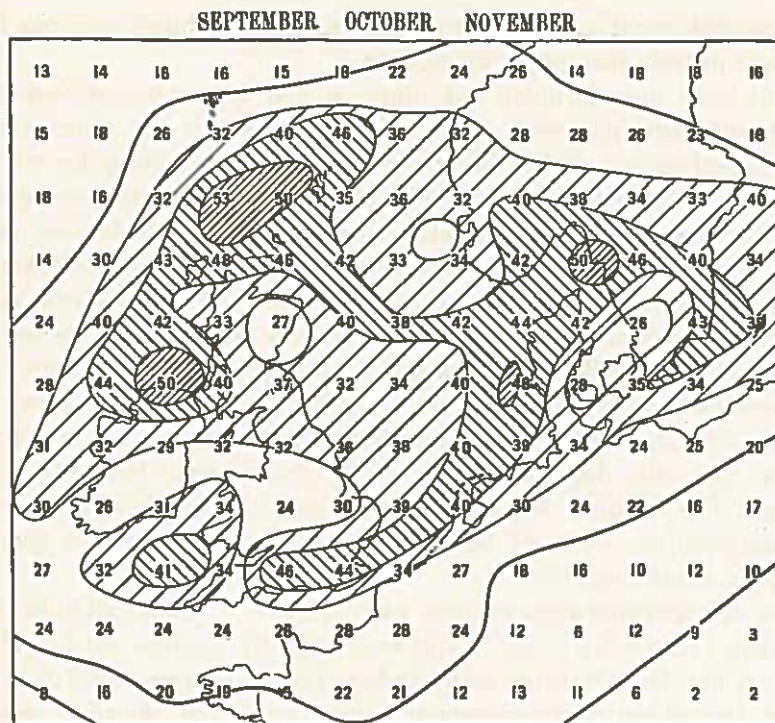


Aantal depressie-centra, 1904—1926.

JUNI JULI AUGUSTUS



Aantal depressie-centra, 1904—1926.



Aantal depressie-centra, 1904—1926.

Opvallend is het geringe verschil, dat tusschen de 4 jaargetijden bestaat, zoowel wat de frequentie in het algemeen als wat de verdeling betreft. In alle seizoenen nemen de minima bij voorkeur hunnen weg over zee en ziet men een betrekkelijk groot aantal voorbijtrekken ten Westen van Schotland en van Nederland.

Opmerkelijk is het smalle, langgerekte gebied met groote frequentie, dat in de lentemaanden ten W. van de Hollandsche kust ligt. Een ander verschil tusschen de seizoenen bestaat daarin, dat in de wintermaanden een groot aantal depressies over Denemarken naar de Oostzee trekt, terwijl zij in den zomer meer boven de omgeving van het Skagerrak blijven.

Een belangrijk onderscheid bestaat er tusschen den zomer en den winter, wat betreft de banen der depressies in onze naaste omgeving. Terwijl het aantal, dat over ons land trekt, in den winter naar het ZO zeer snel afneemt en de depressies het land in sterke mate blijken te mijden, is dit laatste in veel geringere mate het geval in den zomer;

een tamelijk groot aantal trekt dan in oostelijke richting over ons land, gepaard gaande met regen en onweer.

Het sterk opeendringen der lijnen in den winter boven Nederland is een uitzonderingsgeval. Over het algemeen valt het tegengestelde verschijnsel op, n.l. de betrekkelijk gelijkmatige verdeling der minima; de twee voornaamste depressiegebieden zijn gescheiden door een gebied, waar het aantal minima nauwelijks beneden 50 % van dat der eerste daalt. Hieruit blijkt, dat een groot aantal minima zich langs willekeurige banen beweegt en dat de depressiebanen volgens v a n B e b b e r, zooals zij gewoonlijk worden geteekend, een veel te scherp beeld geven; een gevolgtrekking, welke trouwens ook te maken is naar aanleiding van de kaartjes in de verhandeling van v a n B e b b e r zelf.¹⁾ B ö r n s t e i n zegt in zijn „Leitfaden der Wetterkunde“, dat slechts het vierde gedeelte van alle depressies zich langs deze meest bezochte banen beweegt. Die vaagheid is geen gevolg van het samenvatten der maanden tot jaargetijden, want zij bestaat evenzeer op de hier niet gereproduceerde maandkaartjes.

Van de depressiebanen volgens v a n B e b b e r, zooals zij in het leerboek van H a n n - S ü r i n g²⁾ zijn weergegeven, kunnen wij I a, III en IV b op het lente-kaartje terugvinden, I a en sporen van I d in den zomer, terwijl het depressiegebied in het Oosten der Noordzee een combinatie lijkt van het zuidelijke deel van IV b met het noordelijke deel van IV a. De strook van betrekkelijk groote frequentie, die in den zomer tusschen 54° en 55° N.B. wordt aangetroffen, valt met geen der v a n B e b b e r s c h e banen samen. I a, II, III en IV b vinden wij terug in den herfst, I a en een combinatie van IV a en IV b, welke ook het gebied tusschen de beide banen opvult, in den winter; tevens zijn sporen van baan III te onderkennen. De in O.ZO.lijke richting loopende baan III, die volgens v a n B e b b e r een kenmerk is van het koude jaargetijde, vinden wij het duidelijkst terug in den herfst.

Over het algemeen ligt in het Zuiden der Noordzee het gebied met maximale frequentie iets zuidelijker dan IV b. Het depressiegebied ten Z. van de Iersche zee, dat op het herfst-kaartje voorkomt, zou opgevat kunnen worden als een snijpunt van IV a en IV b, het verbindingsstuk van IV a met het Skagerrak is echter noch op de herfst-kaart, noch in een der andere seizoenen terug te vinden.

¹⁾ Die Zugstrassen der barometrischen Minima. Met. Zeitschr. Okt. 1891, Tafel V.

²⁾ 4de druk, blz. 524.

Hetgeen o. a. op p. 523 van H a n n-S ü r i n g omtrent de veelvuldigheid der minima in de verschillende banen in verschillende maanden wordt medegedeeld, vindt in onze resultaten slechts gedeeltelijk een bevestiging.

De grootste frequentie van I a vinden wij in de lente en den winter, van III in den herfst. De baan IV, die volgens H a n n-S ü r i n g in den zomer en den herfst een betrekkelijk groote frequentie bezit, heeft volgens onze kaartjes een minstens even groot aantal minima in het voorjaar en den zomer.

LUCHTDruk-GRADIËNTEN EN HARDE WINDEN.

Bij ruwe benadering kan men zeggen, dat op de breedte van Nederland de windkracht volgens de Beaufort-schaal het dubbele is van den luchtdrukgradiënt (luchtdrukverschil in mm per 111 km)¹⁾. Een gradiënt van 4 mm zou derhalve voldoende zijn om storm te veroorzaken. Dit geldt voor het geval, dat de isobaren niet te sterk gekromd zijn en de toestand lang genoeg stationnair blijft om het drukverschil gelegenheid te geven zich te doen gelden.

Bij stormcentra met sterk gebogen isobaren en snelle voortbeweging is het drukverschil grooter, vergeleken met de windsterkte. Wij laten hier een overzicht volgen van eenige sterke gradiënten, die zijn waargenomen tijdens de stormen, die hierachter in het hoofdstuk over den wind zijn beschreven.

28 Mei 1860 (Pinksterstorm)	9	mm p. graad.
30 Sept.—1 Oct. 1911.	19	" " " (4 mm op 23 km).
27 Augustus 1912 . . .	19	" " " (4 " " 23 ").
	17.5	" " " (9 " " 57 ").
28—29 December 1914 . . .	12	" " " (20 " tusschen Maastricht en Helder).
13 Januari 1916	6.0	" " " (Δ Den Helder—De Bilt—Groningen).
9—10 Februari 1925	15	" " " (5 mm op 38 km).
9—10 October 1926	6.5	" " " (16.3 " " 275 ").
16 November 1928	7.8	" " " (Δ Den Helder—De Bilt—Groningen).
23 " 1928	6.0	" " " (" " " " " " ").
25 " 1928	5.7	" " " (" " " " " " ").

¹⁾ Zie E. van Everdingen. De berekening van windkracht bij gegeven gradiënt en windrichting. Bijlage 24 van het Verslag van de Staatscommissie, benoemd bij K. B. van 20 Maart 1916, n^o. 23.

De hoogste gradiënten, 19 en 17.5 mm, werden waargenomen bij kleine secundaire kernen, de gradiënten 6.0 (Jan. 1916) en 6.5 kwamen voor bij stormen, die zich over een groot gebied uitstrekten, de eerste bij een storm, die langen tijd aanhield, de tweede werd gemeten boven zee; beide factoren werkten mede om een groote windsterkte te doen ontstaan.

Het komt eveneens voor, dat de windsterkte grooter is dan het dubbele van den gradiënt, vooral bij een gradiëntrichting NNO tot NO en WZW- tot W. wind, zooals vaak het geval is bij het opkomen van een storm met ruimenden wind. Bij een gradiënt 2 wordt dan ongeveer windkracht 6 bereikt. De wind ontleent zijn snelheid dan ten deele aan andere oorzaken o. a. aan die der hoogere luchtlagen.

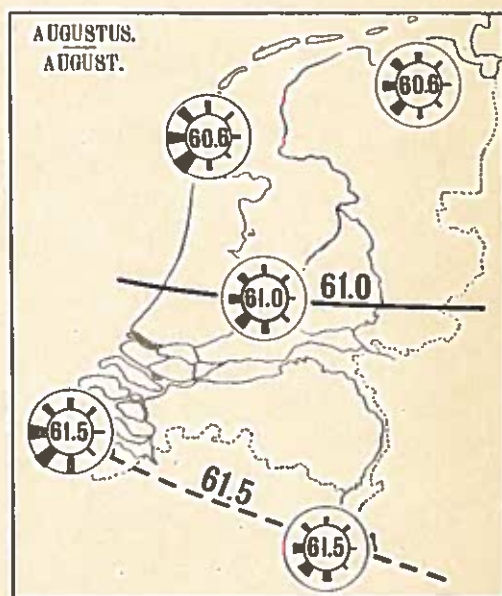
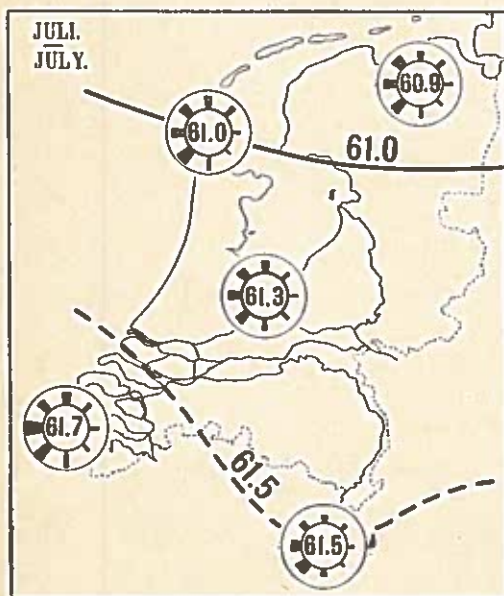
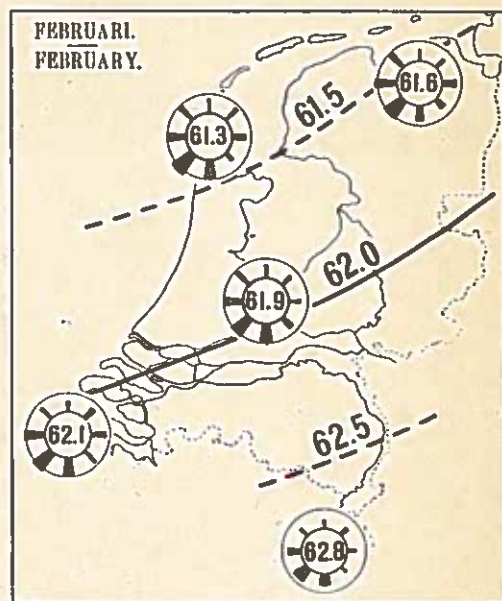
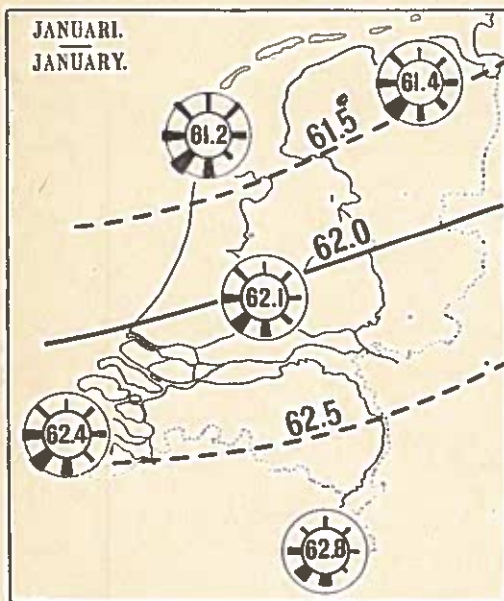
In bijzondere gevallen worden zeer groote afwijkingen waargenomen van de factor 2 tusschen de windkracht en den gradiënt. Gallé heeft voor een groot aantal gevallen dit verband nagegaan, voor een zee-station, Thorshavn, een kuststation, Swinemünde, en een landstation, Krakau.¹⁾

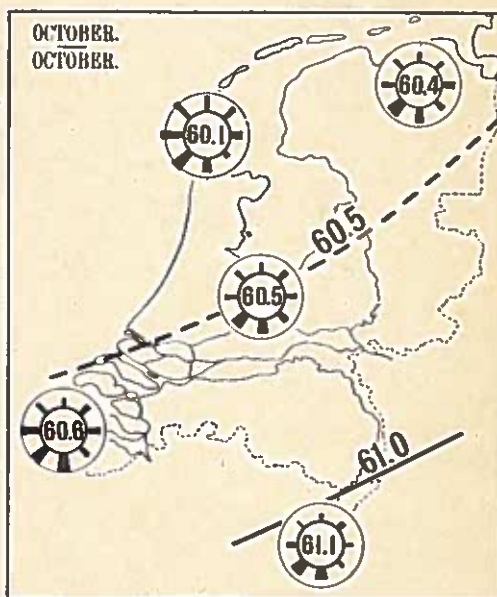
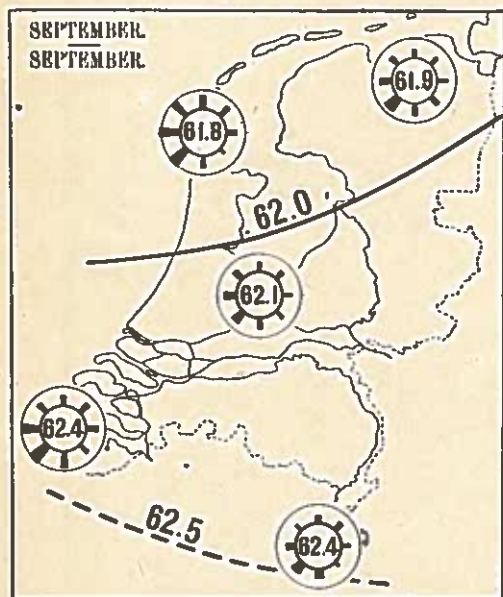
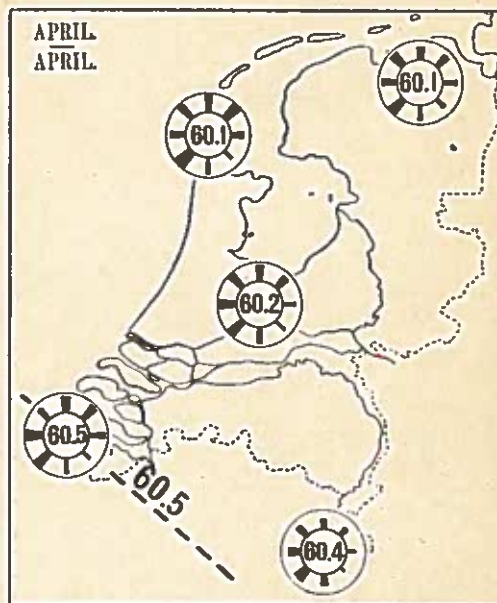
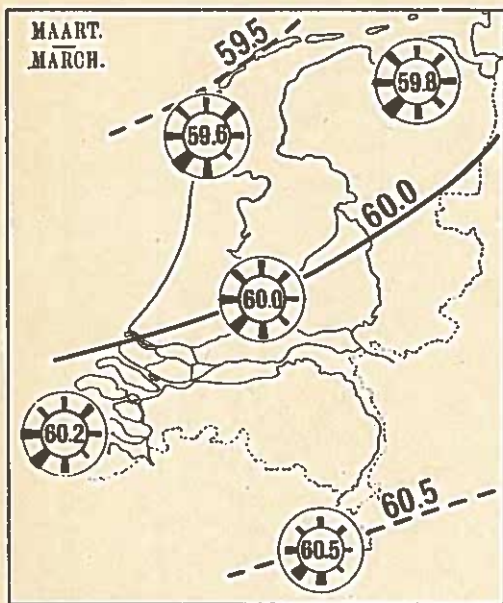
Van een geheel andere orde van grootte zijn de gradiënten nabij de banen van windhoozen. Deze ontstaan dan ook op geheel andere wijze als de gewone depressies en zijn op te vatten als luchtwervels, waarvan de doorsnede zeer klein is in vergelijking met de lengte. Bij de windhoozen van 10 Augustus 1925 vond van Everdingen over korten afstand gradiënten van 55 mm per graad²⁾, op grond van gegevens welke op enkele kilometers van de hoosbaan verwijderd werden verkregen. In de nabijheid der baan moeten veel grootere gradiënten zijn voorgekomen.

¹⁾ P. H. Gallé. Etude critique sur la méthode de prévision du temps de Guilbert. Meded. en Verh. n°. 12, blz. 17—20.

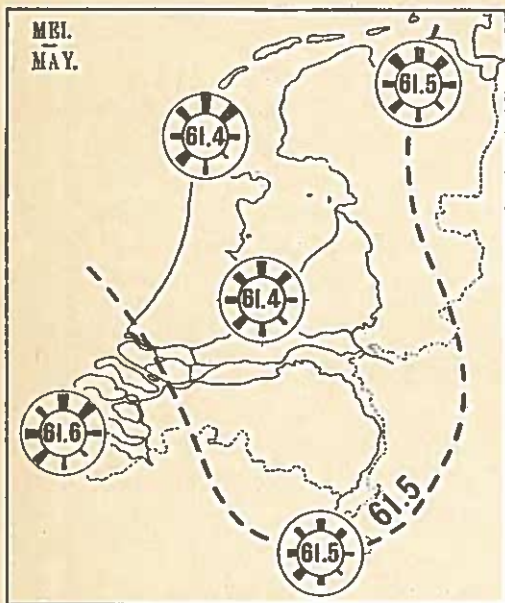
²⁾ De cycloonachtige windhoozen van 10 Augustus 1925. Versl. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam. Deel XXXIV, blz. 863.

ISOBAREN EN WINDROZEN.
ISOBARS AND WIND ROSES.

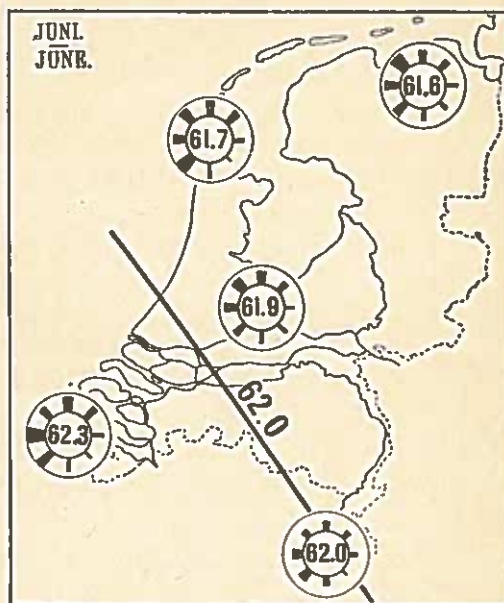




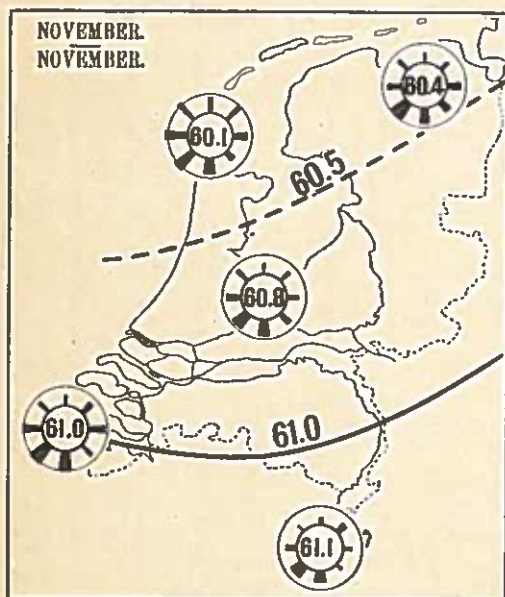
MRI.
MAY.



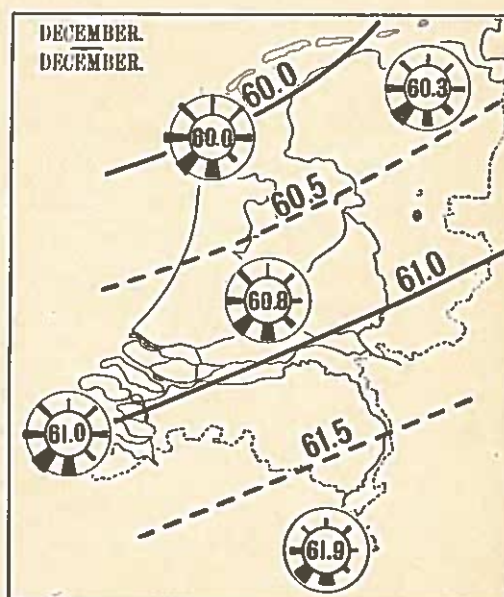
JUNL
JUNE.



NOVEMBER.
NOVEMBER.



DECEMBER.
DECEMBER.



WIND.

De wind is voor het klimaat van Nederland een factor van groote beteekenis. De overwegende westelijke zeewinden veroorzaken een betrekkelijk groote windsterkte en geven aan het klimaat in sterke mate het karakter van een zeeklimaat. Daarenboven kenmerkt de wind zich door zeer belangrijke locale verschillen. Tengevolge van de ligging aan zee treden, niettegenstaande ons land zich over slechts enkele lengtegraden van West naar Oost uitstrekt, in die richting veranderingen in de vegetatie op, die zelfs den oppervlakkigen beschouwer in het oog vallen, en die voor een groot deel aan den wind zijn toe te schrijven.

Men vergelijke slechts den boomgroei in het Oosten en Zuid-Oosten van het land met dien onzer kuststreken, met dien der duinstreek, waar alleen in beschutte duinpannen laag hout zich kan handhaven, of met dien der open vlakte van het Koe-gras in Noord-Holland, waar het geheele landschap aan wind doet denken en waar slechts hier en daar een enkele armoedig ontwikkelde scheef gewaaide boom, waarvan het loover reeds in den zomertijd verdord is, den strijd tegen den westenwind volhoudt.

Aan de binnenzijde der duinen loopt een smalle beschutte strook, maar daarbuiten, verder oostwaarts, treft men in het kale vlakke land van Zeeland, Holland en Friesland weer allerwege in den eenzijdigen groei der boomen de sporen aan van den zuidwestelijken zeewind, zij het dan ook in afnemende mate wanneer men zich verder van de kust verwijdt.

Er komt hier een soort wisselwerking tot uiting tusschen wind en boomgroei, in dier voege, dat de wind den boomgroei onderdrukt, maar omgekeerd het ontbreken van boomen de windsterkte bevordert. Zoo mag men aannemen, dat in de boschrijke streken in het oosten van het land, behalve door den afstand tot de zee, ook door de begroeiing de windsterkte wordt verminderd.

In het algemeen is de grootere wrijving boven het land te beschouwen als de voornaamste oorzaak van de afnemering der windsterkte landwaarts in, voor de zeer harde winden komt daar nog een factor bij, n.l. het feit, dat de stormcentra meestal door de Noordzee trekken en onze westkusten zich het dichtst in hunne nabijheid bevinden.

De afneming der windkracht is het snelst nabij de kust en wordt op grooteren afstand geleidelijk minder. Op een afstand van 50 km is zij zoo gering geworden, dat zij niet meer met zekerheid van locale invloeden is te onderscheiden. Van De Bilt tot aan Berlijn toe strekt zich een gebied uit met vrijwel gelijke gemiddelde windsterkte, de afwijkingen worden hier meer bepaald door de locale gesteldheid dan door den afstand tot de zee. Naar het zuidoosten neemt de windsterkte sneller af, ten gevolge van de oneffenheid van het terrein in Limburg; Maastricht heeft reeds de betrekkelijk geringe windkracht, die eigen is aan de dalen van het Duitsche Middelgebergte.

LENGTE EN BREEDTE DER STATIONS.

Hoek van Holland	$\lambda = 4^{\circ} 7'$	$\phi = 51^{\circ} 59'$
IJmuiden	$4^{\circ} 34'$	$52^{\circ} 28'$
Vlieland	$5^{\circ} 4'$	$53^{\circ} 18'$
Rottumeroog	$6^{\circ} 33'$	$53^{\circ} 33'$
Terschellingerbank	$4^{\circ} 52'$	$53^{\circ} 27'$
Haaks	$4^{\circ} 18'$	$52^{\circ} 58'$
Maas	$3^{\circ} 54'$	$52^{\circ} 1'$
Schouwenbank	$3^{\circ} 27'$	$51^{\circ} 47'$
Noord-Hinder	$2^{\circ} 37'$	$51^{\circ} 35'$



REDUCTIE DER WINDSNELHEDEN TOT GELIJKE HOOGTE.

Omdat in den regel de windsnelheid belangrijk met de hoogte toeneemt, is voor het verkrijgen van vergelijkbare gegevens reductie tot eenzelfde hoogte boven de aardoppervlakte noodzakelijk. Als hoogte van het reductie-vlak is gekozen 6 meters boven vlak terrein zonder hindernissen, welk reductievlak in 1926 internationaal is vastgesteld voor de schattingen der windsterkte volgens de Beaufort-schaal.¹⁾ Het ideale geval van terrein zonder hindernissen is meestal niet verwezenlijkt, zoodat men naar schatting een hypothetisch grondvlak moet aannemen, vanwaar men de hoogte begint te tellen.

Voor de afleiding der reductiefactoren stonden ons ten dienste de waarnemingen van Hellmann, Dines, Köppen, Lako en Gallé.²⁾ Die van Hellmann omvatten alle windsnelheden, die in de waarnemingsperiode zijn voorgekomen, de resultaten hebben betrekking op de gemiddelden, die van Köppen eveneens. De bepalingen van Dines zijn slechts gering in aantal; Dines merkt op, dat hij voor verschillende windsnelheden dezelfde reductie-coëfficiënten heeft gevonden. De proeven van Lako hadden voornamelijk bij krachtige winden plaats, de uitkomsten van Gallé gelden, in tegenstelling met de vorige, voor de windsnelheid boven zee.

Niettegenstaande de opmerking van Dines meenen wij op grond van de grootere turbulentie bij sterken wind te mogen aannemen, dat

¹⁾ Tegelijkertijd is vastgesteld, dat aan de cijfers der Beaufort-schaal de volgende beteekenis wordt toegekend:

Beaufort	0	1	2	3	4	5
Meters per seconde	0—0.5	0.6—1.7	1.8—3.3	3.4—5.2	5.3—7.4	7.5—9.8
6	7	8	9	10	11	12
9.9—12.4	12.5—15.2	15.3—18.2	18.3—21.5	21.6—25.1	25.2—29.0	boven 29.0

²⁾ G. Hellmann. Ueber die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre, Met. Z. 1915, Heft 1, S. 1.

W. H. Dines. Discussion. Quat. Journ. Roy. Met. Soc. Vol. XXII, 1896, p. 247.

W. Köppen. (Ann. Hydr. 1916, S. 537). Bewerking door A. Pepler. Windmessungen auf dem Eilveser Funkenturm. Beiträge z. Phys. d. f. Atmosphäre. Band IX, S. 114.

S. Lako. Onderzoek naar de snelheid van den wind op verschillende hoogte en naar den invloed van hindernissen op deze. Mededeelingen van de Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool. Deel IV, 1910.

P. H. Gallé. Waarnemingen in den N. Atlantischen Oceaan in Mei 1914, hoofdzakelijk ter vergelijking van gemeten en geschatte windkracht en windrichting. Mededeelingen en Verhandelingen v/h K. N. M. I. (1915) n°. 19, blz. 16.

de windsnelheid bij harden wind minder snel met de hoogte toeneemt dan bij zwakke luchtbeweging¹⁾; daarom is voor verschillende windsnelheden van verschillende reductiefactoren gebruik gemaakt. De waarnemingen van *Hellmann* zijn te Nauen bij Berlijn verricht en zullen, tengevolge van het meer continentale karakter van den wind, voor Holland te groote reductiefactoren geven. De uitkomsten van de waarnemingen van *Lako*, die in de Geldersche Vallei werden verricht, komen voor 5 tot 15 meters hoogte binnen de grenzen der waarnemingsfouten overeen met die, welke door *Peppeler* voor Eilvese (ten NW van Hannover) zijn afgeleid.

Als basis voor onze berekening hebben wij voor windsterkten tot 2 Beaufort de gegevens van *Hellmann* aangenomen, voor 5 en 6 Beaufort die van *Lako*. Voor de snelheden grooter dan 6 Beaufort zijn nog geringere reductiefactoren aangenomen, zoodat voor De Bilt, waar een reductie van 20 op 6 meter hoogte wordt toegepast, de onderstaande bedragen van de windsnelheden worden afgetrokken.

Beaufort	1 en 2	3 en 4	5 en 6	7 en 8	9 en 10	11 en 12
Aftrekken	17.5 %	16.5 %	15 %	12.5 %	10 %	10 %

In de praktijk worden meer geleidelijk verlopende correcties toegepast, die op de bovenstaande getallen gebaseerd zijn en waarvan in de bijgaande tabel een overzicht wordt gegeven.

Op grond van de plaatselijke gesteldheid wordt een schatting gemaakt van de hoogte van het basisvlak, d.w.z. het vlak, dat overeenkomt met de aardoppervlakte voor het geval, dat het terrein volkomen vlak is zonder hindernissen. Te De Bilt bijv., waar de toren omringd is door hooge boomen, is dit vlak op 17.5 meter hoogte aangenomen. Het reductievlak ligt 6 meters boven het basisvlak; te De Bilt waar de windmeter op 37.5 meters hoogte is opgesteld, heeft derhalve een reductie plaats van 20 op 6 meter.

¹⁾ Zie *A. Wagner*. Festschrift der Zentr. Anst. f. Meteor. u. Geodyn., Sitz. Ber. d. Akad. d. Wiss. 1926, S. 170. De verhouding tusschen de windsnelheden *Deutsch-Altenburg*: Weenen tijdens de sterkste stooten is veel grooter bij lage dan bij hooge snelheden, m. a. w. de verschillen tusschen de *Hohe Warte* te Weenen (35 m boven den grond, 235 m boven zee) en *Deutsch-Altenburg* (ijzerconstructie, 153 m boven den grond, 328 m boven zee) zijn percentsgewijze grooter bij zwakken dan bij sterken wind.

Reductie van n meter tot 6 meter hoogte.
Aantal procenten, waarmede de windsnelheid wordt verminderd.

Hoogte boven het basisvlak in m.	Windsnelheid in m. p.s.	0—2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22 en hooger.
30		24 0/0	24	23	23	22	21	20	18	17	16	15	14
25		21	21	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12
20		17	17	17	16	16	15	14	13	12	11	11	10
15		13	13	12	11	11	10	10	9	8	8	7	7
10		7	7	7	6	6	6	5	5	4	4	4	4

WINDSNELHEID.

Voor de bewerking der windsnelheid is gebruik gemaakt van de uitkomsten der anemometers op de 5 hoofdstations De Bilt, Den Helder, Groningen, Vlissingen en Maastricht en op de windstations van den Algemeenen Dienst van 's Rijks Waterstaat Hoek van Holland, IJmuiden, Vlieland en Rottumeroog.

Onnauwkeurigheden en hiaten in de opteekening der instrumenten en gebreken in de opstelling, die in den loop van tijd zijn verbeterd, maakten het in vele gevallen wenschelijk slechts een deel der waarnemingen te gebruiken.

De gemiddelde windsnelheid is te De Bilt, Groningen en Vlissingen ontleend aan de opteekeningen van een mindmeter van Robinson, te Den Helder en Maastricht aan een Dines-anemometer. Te Hoek van Holland is een zelfregistreerende drukplaat, te IJmuiden, Vlieland en Rottumeroog zijn anemobiagrafen opgesteld van het Halliwell-Dines model.

Met de opneming in de jaarboeken is voor de uurwaarnemingen van De Bilt begonnen in Januari 1899, Den Helder, Januari 1903, Groningen Maart 1906, Vlissingen Juli 1910, Maastricht Januari 1905. Die van 1901 van De Bilt zijn wegens onbetrouwbaarheid niet in het jaarboek opgenomen.

De in de jaarboeken afgedrukte cijfers van 1899, 1900 en 1902 zijn omgerekend met de nieuwe, het eerst in de inleiding van jaarboek 1903 vermelde formule. Voor Den Helder werden voor de berekening der gemiddelde windsnelheid slechts de waarnemingen van af Juni 1922

gebruikt, van af het tijdstip waarop de windmeter op den nieuwen vrijstaanden observatietoren was opgesteld. Van Groningen werd de geheele in de jaarboeken gepubliceerde reeks gebruikt, welke begint na den bouw van het torentje op het Natuurkundig Laboratorium. Te Vlissingen is met de opneming in de jaarboeken begonnen na de opstelling van een nieuw registreerinstrument met 2 verwisselbare molentjes; echter zijn alleen de waarnemingen van af 1915 voor de bewerking gebruikt, omdat vóór dien tijd bij harden wind te hooge aanwijzingen voorkwamen door het schudden van den windmeter. Van Maastricht vervielen voor de bewerking de waarnemingen gedurende het tijdvak Juli 1916—Augustus 1926, wegens te lage aanwijzingen van den windmeter.

De anemobiagrafen zijn opgesteld in den loop van het jaar 1919, op voorstel van de Staatscommissie in zake buitengewoon hooge waterstanden op den Rotterdamschen Waterweg. Zij worden bediend door den Rijkswaterstaat en staan onder contróle van het Instituut. De winddrukmeter te Hoek van Holland, die evenens tot den Dienst van den Waterstaat behoort, is reeds veel langer in functie. Van af November 1915 zijn de diagrammen van Hoek van Holland aan het Instituut uitgetrokken, van af Januari 1920 ook die van IJmuiden, Vlieland en Rottumeroog. De uitkomsten der 4 stations worden, te zamen met die van Den Helder en Vlissingen, gepubliceerd door den Dienst van den Rijkswaterstaat in het „Jaarboek der Waterhoogten”. Sedert het laatst van 1925 worden de anemobiagrafen geregeld jaarlijks geijkt door middel van een watermanometer.¹⁾

GEMIDDELDE WINDSNELHEID.

In het bovenste gedeelte der bijgaande tabel zijn de ongereduceerde waarnemingen der hoofdstations opgenomen, alleen zijn de gegevens van Den Helder gecorrigeerd door middel van den jaarlijkschen gang der windsnelheid gedurende 1903—1927, uitgaande van het jaargemiddelde der nieuwe reeks. De waarnemingsperiodes zijn: Den Helder

¹⁾ In het „Observer's Handbook”, uitgegeven door het Meteorological Office te Londen, worden de volgende getallen vermeld, welke het verband aangeven, dat behoort te bestaan tusschen den overdruk onder de klok van den Dines-anemograaf en de windsnelheid, welke door de schijfsen wordt opgeteekend, indien de ruimte boven de klok met de buitenlucht in verbinding wordt gebracht.

Overdruk in mm water	2.3	9.3	21	37	58	84	114	149
Snelheid in m.p.s.	5	10	15	20	25	30	35	40

Juni 1922—1927, Groningen Maart 1906—1927, De Bilt 1899—1900 en 1902—1927, Vlissingen 1915—1927, Maastricht 1905—Juni 1916 en September 1926—1927.

Gemiddelde windsnelheid in meters per seconde.

	Jan.	Febr.	Mrt.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Den Helder . . .	7.4	6.7	6.7	6.4	5.6	6.0	5.8	6.1	6.0	6.3	6.7	7.2	6.4
Groningen. . . .	5.8	5.3	5.4	5.0	4.6	4.5	4.3	4.2	4.4	4.6	5.1	5.6	4.9
De Bilt	5.7	5.5	5.4	5.2	4.5	4.4	4.2	4.2	4.2	4.6	5.0	5.5	4.9
Vlissingen. . . .	7.0	6.1	5.7	5.5	5.1	5.1	5.4	5.8	5.8	5.8	5.9	6.7	5.8
Maastricht. . . .	3.7	3.7	3.6	3.4	2.9	2.9	2.7	2.7	2.5	2.7	3.3	3.7	3.1

Gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein en 1899—1927.

Den Helder . . .	7.3	6.7	6.6	6.4	5.6	6.0	5.8	6.0	6.0	6.3	6.6	7.1	6.4
Groningen. . . .	5.4	5.0	5.0	4.7	4.3	4.1	3.9	4.0	4.0	4.4	4.8	5.0	4.6
De Bilt	4.8	4.6	4.5	4.3	3.8	3.6	3.5	3.5	3.5	3.8	4.2	4.6	4.1
Vlissingen. . . .	6.8	6.3	5.9	5.7	5.2	5.1	5.3	5.8	5.7	5.9	6.0	6.7	5.9
Maastricht. . . .	3.4	3.2	3.2	3.1	2.6	2.6	2.4	2.5	2.3	2.6	2.9	3.2	2.8
Rottumeroog. . .	7.6	7.2	7.2	7.0	6.9	7.0	6.6	6.7	6.8	7.4	7.3	8.0	7.1
Vlieland	7.6	6.9	7.4	7.2	6.7	6.9	6.7	6.6	6.7	7.1	7.3	8.0	7.1
IJmuiden	7.4	6.8	6.7	6.4	6.0	6.0	5.6	6.0	6.1	6.4	6.8	7.0	6.4
Hoek van Holland .	7.7	6.3	6.7	6.6	6.4	6.0	5.4	5.9	5.9	5.8	6.8	6.7	6.3
Borkum.	6.9	6.5	6.7	6.0	5.7	5.7	5.6	6.0	5.9	6.9	7.1	7.3	6.4

Berekend uit Beaufort-schattingen met factor 1.83.

Terschellingerbank	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0	4.4	4.6	5.2	5.7	6.8	6.9	6.9	5.8
Haaks	6.5	6.0	5.6	5.0	4.4	4.4	4.4	5.1	5.0	6.3	6.2	6.9	5.5
Maas.	6.4	6.0	5.5	5.2	5.0	4.9	5.1	5.8	5.4	6.4	6.4	6.7	5.7
Schouwenbank . .	6.1	6.0	5.7	5.1	5.0	4.8	4.9	5.5	5.5	6.5	6.4	6.4	5.6
Noord-Hinder . .	7.9	7.2	6.8	6.1	6.0	5.4	5.5	6.3	6.5	7.5	7.8	8.0	6.7

h_a : Den Helder = 15 m, Groningen = 31 m, De Bilt = 37 m tot 1916, 37.5 m vanaf 1917, Vlissingen = 13 m, Maastricht = 32 m.

H_a boven zee: Rottumeroog 20.1 m, Vlieland 11 m, IJmuiden 26 m, Hoek v. Holland 21 m.

Daaronder zijn de uitkomsten der hoofdstations nog eens opgenomen, maar nu gereduceerd tot 6 meters boven vlak terrein en tot dezelfde waarnemingsperiode, n.l. die van De Bilt, waarbij de maandgemiddelden van De Bilt als grondslag hebben gediend. Voor Den Helder en Vlissingen behoeft geen reductie voor de hoogte te worden toegepast, voor Groningen werd een reductie van 11 op 6, voor De Bilt van 20 op 6 en voor Maastricht van 12 op 6 meters aangebracht. ¹⁾

De daaronder volgende uitkomsten van Rottumeroog, Vlieland, IJmuiden en Hoek van Holland zijn ontleend aan de waarnemingen, verricht in de jaren 1926—1928, toen door de geregelde ijkingen een strengere contrôle mogelijk was. Zij zijn door middel van de waarnemingen te Groningen en De Bilt tot langjarige reeksen gereduceerd; voor de hoogte werd voor Rottumeroog van 17 op 6, voor Vlieland van 9 op 6, voor IJmuiden van 12.5 op 6 en voor Hoek van Holland van 11 op 6 meters gereduceerd. Ter vergelijking zijn de waarnemingen van Borkum er bij gevoegd. ²⁾

In het laatste gedeelte der tabel zijn de gemiddelde windsnelheden opgenomen, welke zijn waargenomen op de Nederlandsche lichtschepen. ³⁾ De afstand uit de kust bedraagt voor Terschellingerbank, Haaks, Maas, Schouwenbank en Noord-Hinder resp. 20.3, 27.2, 12.5, 13.7 en 45.6 km, de waarnemingsperiodes zijn resp. 1884—1908, 1890—1909, 1891—1910, 1882—1906 en 1884—1908. Voor de berekening der windsnelheden in meters per secunde zijn de sterktegraden volgens de Beaufort-schaal met 1.83 vermenigvuldigd. Het is opmerkelijk, dat, behalve voor Noord-Hinder, dat het verst in zee is gelegen, de snelheden kleiner zijn dan voor de kuststations Den Helder en Vlissingen. Aangezien op de lichtschepen slechts windschattingen en geen anemometerwaarnemingen zijn verricht, moet men hier voorzichtig zijn bij het maken van gevolgtrekkingen; men krijgt o. a. den indruk, dat te Noord-Hinder hooger wordt geschat dan op de andere lichtschepen.

Weliswaar is in de gemiddelde windsnelheid een jaarlijksche gang

¹⁾ Met de hindernissen in de omgeving werd rekening gehouden door de hoogte van het basisvlak niet van den grond af te rekenen, maar van af een niveau op eenigen afstand boven den grond. Deze afstand bedraagt voor De Bilt 17.5, Groningen 20, Maastricht 20 meters. Voor Rottumeroog, Vlieland, IJmuiden en Hoek van Holland ligt het basisvlak respectievelijk 3, 2, 13.5 en 10 meters boven zee.

²⁾ Klima-Atlas von Deutschland, S. 26. Hoogte windmeter 44 m boven zee, aangenomen basisvlak 20 m, reductie van 24 op 6 m.

³⁾ Dr. J. P. van der Stok. Das Klima des südöstlichen Teiles der Nordsee, unweit der Niederländischen Küste. Meded. en Verh. n°. 13 a, b en c.

te onderkennen, met grootere snelheden in de wintermaanden en kleinere in de zomermaanden, maar zij is betrekkelijk gering. De tegenstelling tusschen de stormachtige winter- en de veel kalmer zomermaanden komt er nauwelijks in uit. Dit is een gevolg van de betrekkelijke zeldzaamheid der harde winden. De veel sterkere jaarlijksche variatie in de groote windsnelheden wordt aangegeven door de tabellen van blz. 57 en 58.

PLAATSELIJKE VERSCHILLEN IN DE WINDSNELHEID.

In de gereduceerde snelheden is een belangrijk verschil op te merken tusschen de kuststations Den Helder en Vlissingen en de verder landwaarts in gelegen stations Groningen en De Bilt, terwijl Maastricht nog weer aanmerkelijk minder wind heeft. Het is wel duidelijk, dat hierbij de afstand tot zee de voornaamste rol speelt, het aantal landstations is echter te klein om het verband tusschen windsnelheid en afstand tot de kust bevredigend vast te stellen. Daarom is gebruik gemaakt van de Beaufort-schattingen op een 8-tal termijnstations en de waarnemingen der Filiaalinstellingen te Amsterdam en Rotterdam om het waarnemingsmateriaal aan te vullen. Het onderzoek werd uitgevoerd voor Westen- en Oostenwind afzonderlijk. Er werden door middel van de weerkaartjes een aantal dagen uitgekozen, waarop over ons geheele land een Westen- of Oostenwind woei en waarop de isobaren vrijwel rechtlijnig en onderling evenwijdig verliepen (37 dagen met W.wind, 23 dagen met O.wind). Niettegenstaande de onnauwkeurigheid der windschattingen, geeft de verdeling der gemiddelde windsnelheden een tamelijk regelmatig beeld; zoowel bij O.- als W.wind neemt de windsterkte met toenemenden afstand tot de Noordzeekust af, eerst betrekkelijk snel, daarna in een langzamer tempo. Bij W.wind is de afname sterker dan bij O.wind. De uitkomsten kunnen als volgt worden samengevat.

Afneming van de windsnelheid in %.

Afstand tot de kust in km	0	10	20	40	60
Bij W.wind	0 %	20 %	27 %	33 %	37 %
Bij O.wind	0	10	16	22	25

Bij O.wind doet de invloed van de Zuiderzee zich aan de oostkust van Noord-Holland duidelijk gelden, zoodat de windsnelheid er dan slechts weinig geringer is dan aan de westkust.

Het afnemen van den W.wind na het passeeren der kustlijn behoeft geen nadere verklaring. Merkwaardig is echter, dat de O.wind zoo in kracht toeneemt wanneer hij de kust nadert. Gedeeltelijk kan deze versterking worden toegeschreven aan het vlakke kale land onzer kuststreken, maar waarschijnlijk is hierbij tevens een invloed van de zee in het spel, in dier voege, dat door de grootere snelheid, die de O.wind op zee aanneemt, in de kuststrook de lucht wordt weggezogen. Behalve dat de luchtdrukgradiënt zal worden versterkt, zal lucht uit hogere lagen worden toegezogen, welke een grootere snelheid bezit.

Op grooteren afstand dan 60 km van de kust wordt de afneming der windsnelheid gering en beginnen andere factoren op den voorgrond te treden. De opvallend kleine snelheid te Maastricht is ongetwijfeld aan de ingesloten ligging in het Maasdal toe te schrijven. Verder is het te verwachten, dat in de boschrijke streken van Utrecht, Gelderland en Overijssel de verhoogde wrijving door het geboomte een belemmerenden invloed op den wind zal uitoefenen.

Vergelijkt men het gemiddelde van de (gereduceerde) snelheid van Den Helder en Vlissingen met De Bilt, dan vindt men een afneming van 33 %, hetgeen weinig verschilt van wat hierboven voor de W.winden is gevonden. Dit was te verwachten, omdat de invloed der W.winden door hunne betrekkelijk groote frequentie en kracht overwegend is.

Voor de andere richtingen zijn de locale verschillen niet speciaal onderzocht. Te De Bilt is de gemiddelde kracht der N.winden betrekkelijk weinig kleiner dan te Den Helder en Vlissingen, die der Z.winden vertoont een grooter verschil, hetgeen zich laat verklaren uit het feit, dat de eerste van de Zuiderzee komen, terwijl de laatste landwinden zijn.

De aandacht zij nog gevestigd op een eigenaardig feit, dat reeds bij beschouwing der windrozen op de isobarenkaartjes te zien is, namelijk, dat de afneming der windkracht 's zomers sterker is dan 's winters. De onderstaande getallen geven het verschil aan tusschen de gemiddelde windsnelheid van Den Helder en Vlissingen te zamen en die van De Bilt, uitgedrukt in percenten van Den Helder en Vlissingen:

	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Vershil 32 %	29	28	27	30	35	37	41	40	38	33	33	

De cijfers van Juni t/m October zijn alle hooger dan die van November t/m Mei. Hoewel ook andere factoren in het spel kunnen

zijn, zooals bijv. de gemiddelde windkracht zelve, mag men toch wel in het feit, dat de eerstgenoemde maanden vrijwel samenvallen met den tijd, dat de boomen vol in blad staan, een aanwijzing zien, dat de weerstand van het geboomte in de omgeving van De Bilt een veel grootere plaats inneemt dan bij de kuststations.

De vraag doet zich voor of de veranderingen in de luchtbeweging, die het gevolg moeten zijn van de gevonden verschillen in de windsnelheid, in den regenval zijn aan te toonen. Behalve de hierboven vermelde dagen met W.- en O.wind zijn voor het onderzoek gebruikt de hierachter bij de dagelijksche gang der windsnelheid (blz. 45) nader aangegeven 200 dagen met W.wind en 128 dagen met O.wind in Juni en Juli. De uitkomsten zijn de volgende, uitgedrukt in percenten van den regenval op de nabij de kust gelegen stations Petten, Zandvoort en Scheveningen.

	Kust.	0—5 km.	5—10 km.	10—20 km.	20—30 km.
37 dagen W.wind	100 %	103	125	117	124
200 „ „ „ in Juni en Juli	100	116	124	119	122
23 „ O. „	100	177	183	131	151
128 „ „ „ in Juni en Juli	100	117	121	107	106

De groote verschillen op de 23 dagen met O.wind zijn wel toe te schrijven aan toevallige afwijkingen in verband met het geringe aantal waarnemingsdagen, waarvan de meeste geheel droog waren.

De beide reeksen met W. wind en de laatste, lange reeks met O.wind geven een toeneming in de strook op 5—10 km van de kust, vergeleken met de kuststations, van 20 tot 25 %. Dit is een grooter bedrag dan de regenkaartjes van Meded. en Verh. n°. 15 aangeven, en het schijnt dus wel, dat de verschillen bij W.- en O.wind grooter zijn dan in den gemiddelden toestand, hetgeen er op wijst, dat men hier inderdaad met een windeffect te maken heeft. Een gedeelte der vermeerdering van 20 tot 25 % is echter slechts schijnbaar en is daaraan toe te schrijven, dat bij sterken wind minder in de onbeschermden regenmeters wordt opgevangen dan de werkelijke neerslag bedraagt, door luchtwervels die zich om den regenmeter vormen; het verlies bedraagt bij sterken regen ongeveer 1 % en kan bij zwakken regen tot

10 % stijgen. Het verschil tusschen de getallen voor 5—10 km en die voor 10—20 en 20—30 km, in den ondersten regel der tabel, zou daaraan kunnen worden toegeschreven, dat bij 5—10 km de vrij zwakke O.wind en de zee wind elkaar ontmoeten, hetgeen door de opstijgende beweging daar een vermeerdering van neerslag zal geven.

Ter vergelijking met de uitkomsten der Nederlandsche stations mogen de volgende jaargemiddelden van buitenlandsche windwaarnemingen dienen.

In de „Klima-Atlas“ van Deutschland wordt gegeven:

Berlijn	op 33 m hoogte	4.5 m.p.s.
Maagdeburg	„ 34 „ „	4.4 „
Aken	„ 27 „ „	4.5 „

Voor Nauen wordt door H e l l m a n n 4.1 m.p.s. afgeleid voor 6 m hoogte. De nieuwe waarnemingsreeks te Uccle bij Brussel, 1908—1919, geeft voor 18.1 m hoogte 5.1 m.p.s. Voor de reductie zullen wij voor Berlijn en Maagdeburg evenals voor De Bilt het basisvlak op 17 m hoogte aannemen; voor Uccle is wegens de zeer vrije opstelling op een plateau het basisvlak op 0 m aangenomen. Het observatorium van Aken ligt op een heuvel, zoodat de windmeter zich 80 m boven de omliggende vlakke verheft; het basisvlak is hier evenals voor Uccle met den beganen grond gelijkgesteld. Als meest waarschijnlijke waarden krijgen wij dan de volgende gereduceerde snelheden:

Berlijn	Nauen	Maagdeburg	Aken	Uccle
3.9	4.1	3.7	3.3	4.4 (3.8) ¹⁾

terwijl de Nederlandsche hoofdstations geven:

Den Helder	Vlissingen	Groningen	De Bilt	Maastricht
6.4	5.9	4.6	4.1	2.8

In de beschutte dalen van Zuid-Duitschland en Zwitserland bereikt de gemiddelde windsnelheid een bedrag van ongeveer 2 m.p.s., te Davos slechts 1.2 m.p.s.

¹⁾ De jaren 1917—1919 geven een lager gemiddelde dan de vorige, en een gereduceerde snelheid van 3.8 m.p.s.

DAGELIJKSCHE GANG VAN DE WINDSNELHEID.

De volgende tabellen geven den gemiddelden dagelijkschen gang der windsnelheid op de hoofdstations weer.¹⁾ De dagelijksche schommeling neemt toe in de volgorde Den Helder, Vlissingen, De Bilt, Groningen, Maastricht, dezelfde waarin in de richting der overheerschende ZW.winden de afstand tot de zee toeneemt. De invloed van de dagelijksche verwarming is onmiskenbaar, toch komt de sterkste schommeling niet overwegend voor in de maanden met hoogsten zonnestand, Juni en Juli, waarschijnlijk doordat dan de nacht en dag te ongelijk van duur zijn. Het verschil tusschen de laagste en hoogste uurgemiddelden bedraagt in de maanden waarin de schommeling in den regel het grootst is, n.l. April—Augustus, te Den Helder 18 %, te Vlissingen 24 %, te De Bilt 34 %, te Groningen 41 % en te Maastricht 61 % van de gemiddelde windsnelheid. In Juni—Juli zijn de percenten resp. 18, 25, 35, 43 en 62, in December—Januari resp. 5, 7, 7, 8 en 14.

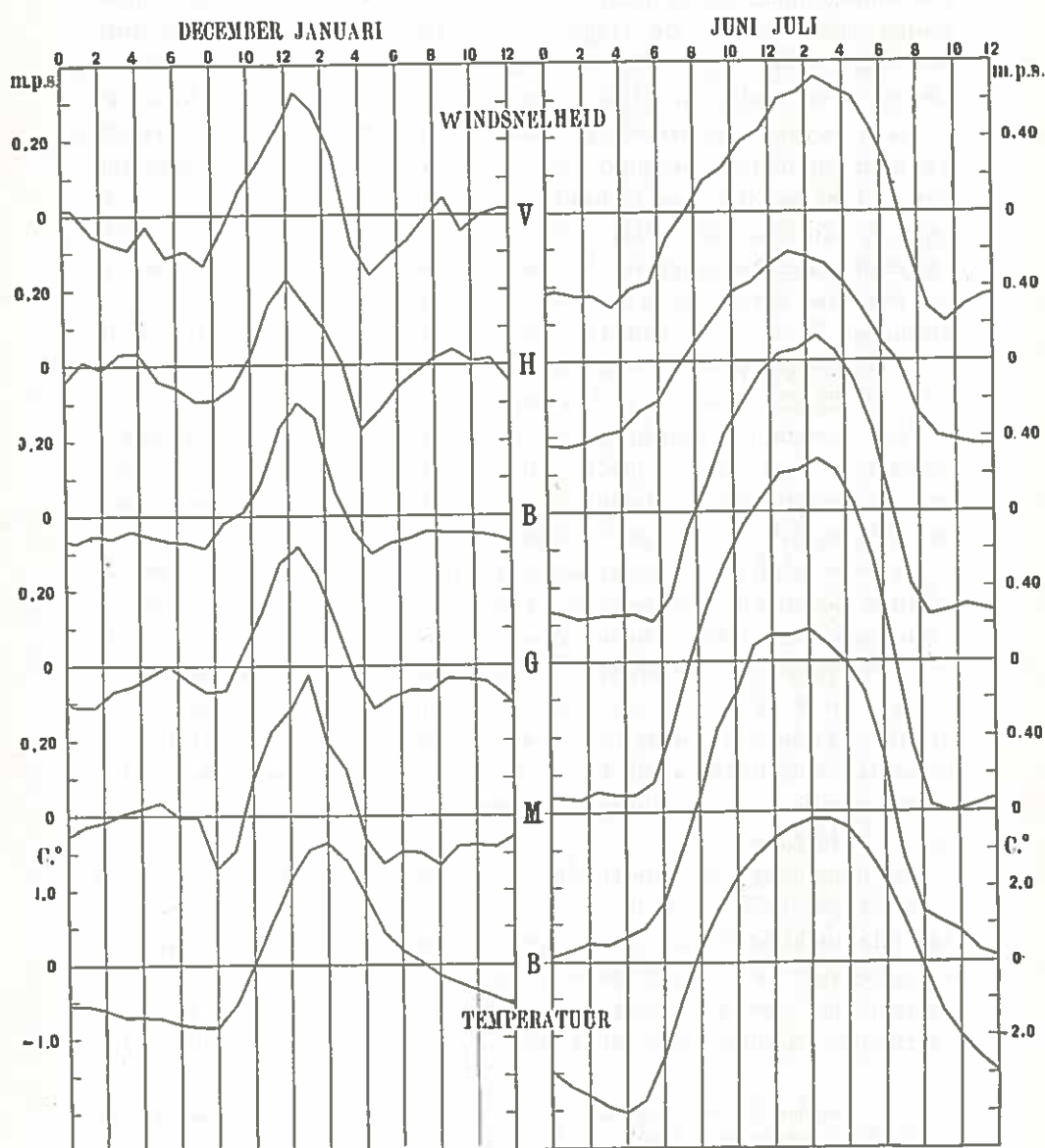
Voor de maanden met laagsten en hoogsten zonnestand, December—Januari en Juni—Juli, is de dagelijksche gang in teekening gebracht, voor de eerstgenoemde maanden op de dubbele schaal van de laatste. De stations zijn aangegeven met hoofdletters.

In Juni—Juli is de gemiddelde windsnelheid vrijwel constant gedurende den nacht, na zonsopgang neemt zij toe, bereikt te ongeveer 2 n.m. een maximum en neemt daarna weer af tot ongeveer 1 uur na zonsondergang. In December—Januari wordt het maximum eerder bereikt, n.l. te 12 à 1 uur, en houdt de daling eerder na zonsondergang op. Alle stations vertoonen in deze wintermaanden een eigenaardigheid, die in de zomermaanden slechts in de grafieken van Vlissingen, De Bilt en Maastricht en weinig duidelijk uitkomt, n.l. minima omstreeks zonsop- en ondergang.

De toeneming der windsnelheid overdag is een gevolg van het Espy-Köppen-effect, n.l. de vermenging der op de aardoppervlakte rustende luchtlagen met de hoogere, tengevolge van de opstijgende beweging der lucht onder de werking der zonnestralen. De grootere windsnelheid der hoogere lagen deelt zich dan aan die, waarin de windmeters zich bevinden, mede. Bij lager staande zon reikt de opstij-

¹⁾ Te Den Helder was van Sept. 1908 af $h_a = 15$ m, eerst was de windmeter opgesteld op een torentje boven op de observatiekamer, sinds Juni 1922 op den nieuwen vrijstaanden toren. Groningen $h_a = 31$ m. De Bilt $h_a = 37$ en 37.5 (nieuwe toren), de waarnemingen van Sept. 1915—Oct. 1916, toen de nieuwe toren werd gebouwd, zijn niet gebruikt. Vlissingen $h_a = 13$ m, Maastricht $h_a = 32$ m.

gende beweging minder hoog dan midden op den dag en doet de snelst bewegende lucht niet meer mede, zoodat de windsnelheid afneemt.



Dagelijksche gang van de windsnelheid te Vlissingen, Den Helder, de Bilt, Groningen en Maastricht, en van de temperatuur te De Bilt.

Den Helder. Dagelijksche gang der windsnelheid.

Afwijkingen van het daggemiddelde in 0.01 meters per seconde.

Sept. 1915— 1927.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
1a	2	—26	—28	—41	—42	—46	—44	—46	—40	—28	—22	0	—30
2	1	—38	—23	—46	—32	—44	—42	—40	—35	—23	—18	—3	—29
3	6	—29	—21	—26	—32	—44	—34	—38	—34	—24	—11	0	—24
4	—1	—31	—18	—23	—42	—42	—33	—46	—42	—22	—3	8	—25
5	3	—37	—20	—19	—38	—27	—25	—38	—28	—19	—7	—11	—22
6	—1	—24	—9	—19	—24	—18	—23	—34	—24	—12	—10	—10	—17
7	—2	—22	—17	—2	—6	—2	—8	—15	—22	—11	2	—16	—10
8	—3	—11	—3	19	6	11	10	6	0	—4	4	—15	2
9	—2	13	21	30	18	26	20	28	0	14	10	—10	14
10	8	26	36	43	30	38	36	52	52	26	20	—4	30
11	16	41	48	57	44	42	41	58	53	40	26	16	40
12	23	48	52	56	41	53	50	74	59	40	28	22	46
1p	19	51	54	57	47	58	59	73	57	40	28	14	46
2	6	51	50	52	46	58	53	77	52	36	21	14	43
3	—3	35	33	43	41	53	51	65	38	18	2	4	32
4	—19	17	22	33	44	48	36	47	30	1	7	—15	21
5	—20	—5	6	12	33	32	25	29	10	—6	4	—5	10
6	—12	—9	—17	—8	16	14	7	0	—8	—2	0	0	—2
7	—11	—11	—29	—25	—3	0	—3	—21	—16	—2	—5	6	—10
8	—4	—6	—29	—28	—24	—30	—26	—38	—26	—9	4	8	—17
9	0	—2	—28	—29	—31	—40	—40	—47	—22	—8	—5	8	—20
10	1	0	—27	—41	—34	—38	—45	—45	—25	—17	—15	1	—24
11	—3	—9	—27	—44	—33	—44	—45	—50	—28	—20	—16	6	—26
12	—3	—14	—32	—47	—41	—45	—44	—54	—34	—19	—18	—6	—30

Vlissingen. Dagelijksche gang der windsnelheid.

Afwijkingen van het daggemiddelde in 0.01 meters per seconde.

1908— 1927.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
1a	15	—25	—26	—42	—42	—49	—37	—30	—22	—20	—8	—12	—25
2	8	—33	—29	—43	—41	—52	—39	—36	—25	—33	—12	—18	—29
3	3	—33	—28	—44	—39	—52	—39	—30	—21	—31	—9	—18	—28
4	2	—32	—24	—46	—41	—55	—43	—30	—19	—34	—6	—20	—29
5	6	—23	—22	—40	—40	—48	—35	—20	—20	—18	—3	—12	—23
6	—6	—23	—21	—35	—28	—44	—32	—21	—21	—19	—2	—17	—22
7	—12	—13	—11	—18	—2	—15	—14	—9	—11	—15	3	—8	—10
8	—11	—4	—4	10	15	0	—1	6	18	—5	0	—16	1
9	—5	17	32	36	33	23	11	25	34	18	14	—4	20
10	2	28	54	52	42	23	19	38	48	29	31	11	32
11	8	46	68	70	54	42	32	54	56	42	36	20	44
12	17	45	66	72	55	51	35	57	57	48	26	28	46
1p	33	52	65	68	58	65	55	65	55	58	28	32	53
2	20	51	68	60	58	72	55	62	56	53	25	35	51
3	8	44	69	69	69	79	66	61	53	46	15	23	50
4	—8	15	46	52	56	75	58	49	35	21	—8	—8	32
5	—17	2	13	50	44	72	51	36	16	—12	—29	—15	18
6	—17	—19	—25	18	20	51	38	11	—23	—35	—25	—5	—1
7	—13	—17	—52	—13	—2	28	15	—22	—50	—29	—16	—1	—14
8	—5	—18	—56	—48	—39	—19	—22	—58	—55	—24	—4	4	—29
9	—2	—22	—45	—59	—58	—52	—50	—73	—42	—19	—3	11	—34
10	—9	—18	—52	—58	—60	—65	—53	—63	—38	—14	—9	0	—37
11	8	—17	—44	—42	—55	—58	—42	—39	—26	—2	—12	—8	—28
12	10	—22	—39	—45	—55	—52	—38	—33	—28	—3	—18	—7	—28

De Bilt. Dagelijksche gang der windsnelheid.

Afwijkingen van het daggemiddelde in 0.01 meters per seconde.

1899— 1927. *)	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
1a	— 6	— 17	— 40	— 50	— 53	— 62	— 45	— 42	— 36	— 22	— 13	— 9	— 33
2	0	— 24	— 39	— 56	— 54	— 64	— 50	— 44	— 35	— 20	— 12	— 11	— 34
3	0	— 30	— 43	— 54	— 52	— 64	— 48	— 46	— 33	— 22	— 18	— 12	— 35
4	3	— 30	— 40	— 58	— 53	— 64	— 47	— 46	— 33	— 19	— 14	— 11	— 34
5	2	— 32	— 42	— 60	— 53	— 61	— 49	— 47	— 34	— 25	— 12	— 13	— 36
6	— 3	— 26	— 43	— 59	— 54	— 64	— 54	— 44	— 33	— 22	— 10	— 10	— 35
7	— 7	— 32	— 42	— 55	— 46	— 49	— 44	— 47	— 36	— 16	— 11	— 7	— 33
8	— 8	— 27	— 38	— 33	— 14	— 8	— 12	— 24	— 32	— 17	— 11	— 9	— 19
9	— 0	— 17	— 16	9	16	16	11	14	— 6	— 7	— 10	— 4	0
10	1	— 2	21	41	40	43	39	44	33	14	4	1	23
11	8	29	55	64	61	60	56	70	60	39	16	9	44
12	24	56	82	84	76	74	73	86	78	60	32	22	62
1p	33	68	94	102	80	86	82	96	87	66	42	27	72
2	28	70	100	109	85	90	83	98	84	64	34	24	72
3	5	52	97	109	92	97	89	91	74	46	20	8	65
4	— 6	31	77	95	85	90	80	80	51	16	— 1	— 2	50
5	— 18	— 1	36	71	73	78	60	54	12	— 17	— 9	— 2	28
6	— 15	— 13	— 15	27	46	52	36	14	— 28	— 28	— 5	0	6
7	— 11	— 11	— 44	— 29	— 7	10	— 5	— 39	— 44	— 19	— 3	— 1	— 17
8	— 8	— 6	— 42	— 57	— 48	— 38	— 40	— 60	— 39	— 12	— 2	0	— 29
9	— 9	— 3	— 36	— 53	— 54	— 56	— 54	— 58	— 32	— 12	— 7	0	— 31
10	— 8	— 9	— 35	— 51	— 51	— 55	— 52	— 51	— 28	— 9	— 8	— 1	— 30
11	— 7	— 18	— 34	— 51	— 46	— 55	— 45	— 45	— 29	— 14	— 10	— 3	— 30
12	— 7	— 19	— 35	— 52	— 49	— 59	— 46	— 43	— 31	— 14	— 13	— 5	— 31

*) Behalve 1901 en Sept. 1915—Oct. 1916.

Groningen. Dagelijksche gang der windsnelheid.

Afwijkingen van het daggemiddelde in 0.01 meters per secunde.

1906— 1927.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
1a	— 10	— 20	— 40	— 71	— 65	— 79	— 66	— 70	— 51	— 30	— 15	— 12	— 44
2	— 7	— 26	— 43	— 68	— 66	— 83	— 63	— 65	— 48	— 27	— 19	— 15	— 44
3	— 2	— 25	— 42	— 70	— 66	— 77	— 62	— 63	— 50	— 30	— 20	— 12	— 43
4	— 3	— 32	— 41	— 69	— 65	— 77	— 65	— 68	— 49	— 31	— 18	— 8	— 44
5	— 2	— 38	— 45	— 65	— 65	— 76	— 67	— 65	— 51	— 32	— 16	— 3	— 44
6	— 4	— 29	— 46	— 63	— 62	— 67	— 61	— 61	— 46	— 34	— 18	5	— 40
7	— 6	— 28	— 46	— 54	— 36	— 34	— 40	— 50	— 39	— 23	— 16	— 2	— 31
8	— 8	— 25	— 33	— 16	— 4	3	— 1	— 10	— 30	— 18	— 11	— 6	— 13
9	— 10	— 16	— 5	27	27	30	30	35	10	— 4	— 9	— 3	9
10	0	6	28	59	50	56	51	68	51	27	3	7	34
11	15	25	61	88	68	79	68	99	80	55	23	13	56
12	31	53	79	109	83	95	80	111	102	70	43	24	73
1p	37	64	92	119	92	106	95	125	104	80	48	27	82
2	28	66	104	119	100	112	93	124	111	76	45	21	83
3	16	48	100	127	103	117	100	114	109	59	26	6	77
4	— 1	38	86	120	95	109	95	105	83	21	8	— 5	63
5	— 12	10	50	90	80	91	78	74	35	— 17	— 7	— 11	38
6	— 10	— 10	1	36	50	58	50	24	— 17	— 32	— 9	— 7	11
7	— 6	— 12	— 33	— 30	— 3	11	6	— 35	— 46	— 26	— 1	— 7	— 15
8	— 8	— 10	— 42	— 70	— 50	— 39	— 49	— 69	— 54	— 17	— 7	— 6	— 35
9	— 7	— 6	— 44	— 70	— 67	— 80	— 74	— 81	— 54	— 16	— 9	0	— 42
10	— 4	— 12	— 43	— 70	— 71	— 85	— 75	— 75	— 45	— 18	— 9	— 3	— 42
11	— 5	— 9	— 41	— 72	— 70	— 83	— 73	— 77	— 44	— 22	— 10	— 4	— 43
12	— 10	— 15	— 41	— 73	— 70	— 80	— 69	— 75	— 44	— 26	— 13	— 6	— 44

Maastricht. Dagelijksche gang der windsnelheid.

Afwijkingen van het daggemiddelde in 0.01 meters per seconde.

1905— 1927. *)	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
1a	0	— 26	— 48	— 66	— 79	— 77	— 71	— 72	— 56	— 32	— 15	— 5	— 46
2	0	— 22	— 45	— 72	— 82	— 73	— 67	— 67	— 56	— 33	— 15	— 3	— 45
3	1	— 28	— 42	— 73	— 84	— 72	— 70	— 64	— 52	— 31	— 5	1	— 43
4	6	— 31	— 49	— 77	— 87	— 73	— 61	— 64	— 52	— 21	— 4	— 2	— 43
5	7	— 33	— 42	— 66	— 75	— 62	— 62	— 56	— 48	— 17	— 9	0	— 39
6	3	— 28	— 38	— 63	— 63	— 49	— 49	— 51	— 44	— 20	— 6	— 5	— 34
7	2	— 21	— 27	— 42	— 37	— 18	— 22	— 28	— 44	— 16	— 5	— 3	— 23
8	— 9	— 24	— 25	— 3	3	15	— 3	— 1	— 23	— 13	— 20	— 19	— 10
9	— 8	— 2	19	47	43	48	40	51	16	— 6	— 8	— 11	19
10	8	26	54	80	63	60	64	82	58	30	18	11	46
11	23	45	78	94	87	90	86	98	87	63	39	22	68
12	28	66	92	109	108	93	96	111	95	79	45	29	79
1p	35	82	99	112	108	94	95	113	99	77	42	41	83
2	24	65	86	103	112	98	97	107	89	70	38	15	75
3	18	48	90	108	104	92	86	103	93	49	17	7	68
4	— 2	15	60	84	97	81	77	76	66	21	— 9	— 9	46
5	— 4	— 6	6	62	79	66	60	43	35	— 12	— 7	— 21	25
6	— 2	— 12	— 25	4	37	32	28	— 2	— 6	— 19	— 4	— 17	1
7	— 9	— 22	— 42	— 47	— 10	— 12	— 16	— 41	— 21	— 33	— 12	— 10	— 23
8	— 18	— 15	— 43	— 63	— 41	— 50	— 57	— 62	— 32	— 28	— 9	— 8	— 35
9	— 16	— 17	— 37	— 65	— 62	— 60	— 59	— 73	— 39	— 27	— 14	0	— 39
10	— 11	— 18	— 42	— 55	— 77	— 71	— 58	— 74	— 49	— 26	— 17	— 4	— 42
11	— 13	— 12	— 47	— 69	— 81	— 79	— 69	— 74	— 53	— 29	— 18	— 3	— 46
12	— 9	— 18	— 45	— 68	— 85	— 82	— 73	— 67	— 56	— 28	— 22	— 1	— 46

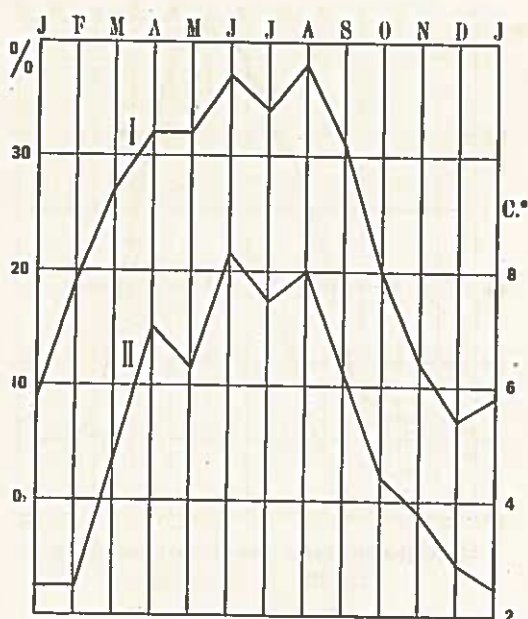
*) Behalve Juli 1916 t/m Aug. 1926, April en Mei 1908 en Oct. 1911.

De minima bij zonsop- en ondergang kunnen worden verklaard door aan te nemen, dat omstreeks dien tijd de verticale circulatie slechts tot weinig boven het niveau van den windmeter reikt, zoodat de invloed der minder snel bewegende lucht beneden den windmeter overwegend wordt; houden 's nachts de verticale bewegingen bijna geheel op, dan zal de windmeter weer hogere snelheden gaan aanwijzen. Dat de minima vooral in de wintermaanden optreden, is wel daaraan toe te schrijven, dat door de sterke uitstraling in den langen winternacht de sterk afgekoelde onderste luchtlagen meer neiging hebben tot horizontale gelaagdheid en minder turbulentie bezitten dan in den zomer het geval is.

Aangezien in de vrije atmosfeer de temperatuur in den loop van den dag betrekkelijk weinig verandert, vergeleken met de temperatuur aan de aardoppervlakte, zal de intensiteit der verticale circulatie en daardoor ook de dagelijksche gang van de windsnelheid overeenkomst moeten vertoonen met den dagelijkschen gang van de temperatuur nabij de aardoppervlakte. Daarom zijn in de teekening toegevoegd voorstellingen van den dagelijkschen temperatuurgang te De Bilt in de maanden Juni—Juli en December—Januari. Het nachtgedeelte is van geen belang, omdat dan de verticale circulatie ophoudt. Een verschil tusschen het daggedeelte met de variatie der windsnelheid, dat vooral in de wintermaanden duidelijk uitkomt, is het feit dat het maximum der windsnelheid vroeger intreedt dan dat van de temperatuur. Ter verklaring hiervan kan worden opgemerkt, dat de verticale circulatie meer van de grondtemperatuur aan de aardoppervlakte afhangt dan van de temperatuur in de meteorologische hut, en dat de grondtemperatuur vroeger een maximum bereikt dan de temperatuur in de hut. Daarbij komt nog, dat het maximum in de hogere luchtlagen, tot waar de verticale convectorie reikt, nog later optreedt dan in de meteorologische hut; het maximum van den temperatuur-gradiënt wordt ook daardoor nog iets vervroegd.

In de bijgaande figuur stelt de bovenste lijn de maandgemiddelden van de dagelijksche schommeling der windsnelheid te De Bilt voor (verschillen tusschen de hoogste en laagste uurgemiddelden, uitgedrukt in percenten der gemiddelde snelheid). Opmerkelijk is de snelle stijging van Januari tot April, de daarop volgende langzame stijging tot September en de snelle daling van September tot November. Voor deze veranderingen in den loop van het jaar zullen in de eerste plaats de verschillen in de verwarming der aardoppervlakte verantwoordelijk

kunnen worden gesteld. Men vindt dan ook een tamelijk nauw verband tusschen de jaarlijksche variatie in de dagelijksche schommeling der luchttemperatuur en die der windsnelheid, de eerste neemt echter van Mei tot Augustus af, terwijl de laatste toeneemt. De verklaring van de toename der variatie der windsnelheid van April tot Augustus is te zoeken in de verandering van den verticalen temperatuurgradiënt, welke door de tweede lijn van de figuur wordt voorgesteld (luchttemperatuur te De Bilt verminderd met de temperatuur op 1000 m hoogte, in C°). De 2 lijnen vertoonen groote overeenkomst. Ook de jaarlijksche verandering in de dagelijksche variatie der windsnelheid is dus terug te voeren tot veranderingen in de verticale lucht-circulatie.



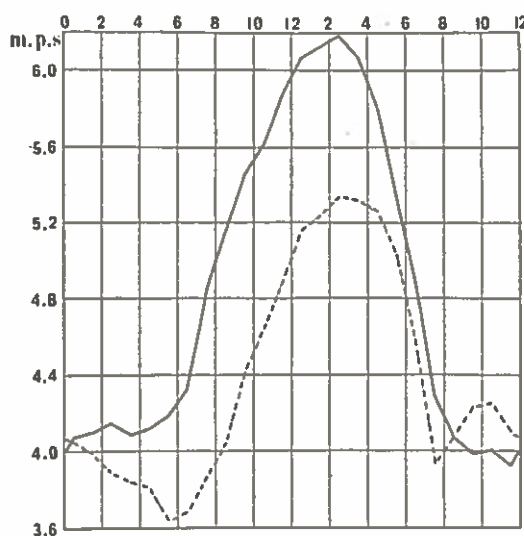
De Bilt.

I = Dagelijksche schommeling windsnelheid.
 II = Luchttemperatuur De Bilt minus 1000 m hoogte.

Er bestaat een eigenaardig verschil tusschen den dagelijkschen gang der windsnelheid bij westen- en oostenwind, dat door het op blz. 46 staande diagram wordt voorgesteld. Voor De Bilt is de gemiddelde dagelijksche gang berekend van alle dagen in Juni en Juli in het tijdvak 1899—1926, waarop de wind op alle 24 uren een O. component had, in totaal 128 dagen, en van 200 dagen met een W. component.

Niettegenstaande de dagen met O.wind in den regel veel zonniger zijn dan die met W.wind, is de schommeling in het eerste geval kleiner dan in het tweede, 37 tegen 47 % van het dag-gemiddelde. Als oorzaak hiervan kan worden genoemd het feit, dat de windsterkte bij W.wind sneller met de hoogte toeneemt

dan bij O.wind. Cannegieter ¹⁾ vindt uit waarnemingen met loodsballons voor de verhouding tusschen de snelheid op 1.0—1.5 km



Dagelijksche gang van de windsnelheid te De Bilt in Juni—Juli.

— = W.wind. ---- = O.wind.

en op den observatietoren te De Bilt bij O.wind 1.7, bij W.wind 2.2, uit de vliegerwaarnemingen voor de verhouding 1 km hoogte: grond resp. 1.4 en 1.9. Daarenboven is de neiging tot richtingsverandering met de hoogte bij O.wind grooter. De convectiestroomen zullen diensgevolge bij O.wind de windsnelheid overdag minder sterk kunnen opvoeren. Verder zal in het algemeen de verticale temperatuurverdeling bij W.winden gunstiger zijn voor verticale luchtbewegingen dan bij O.winden, omdat de eerste

naar verhouding meer voorkomen bij weerstoestanden, die onder den invloed van depressie's staan. Ten slotte kan de invloed van land- en zeewind worden genoemd, die meewerkt bij de W.winden en tegenwerkt bij O.winden.

Merkwaardig is het verschil in de 2 uren na zonsopgang; terwijl namelijk bij W.wind de windsnelheid reeds spoedig onder den invloed der convectie begint toe te nemen, gaat zij bij O.wind door met dalen, om tusschen 5 en 6 uur een minimum te bereiken. In de heldere nachten, die in den regel met de O.winden gepaard gaan, vormt zich in de onderste lagen der atmosfeer een temperatuursinversie en komen deze lagen zoo goed als geheel tot stilstand. De zonnewarmte doet deze lucht opstijgen en doet daardoor de windsnelheid op den 37 m hoogen toren aanvankelijk nog verder afnemen.

Het minimum bij zonsondergang is op dagen met O.wind goed

¹⁾ Dr. H. G. Cannegieter. Wind, temperatuur en vochtigheid in de hogere luchtlagen boven Soesterberg. Hemel en Dampkring, 16e jaarg., afl. 9 en 10, Jan. en Febr. 1919.

ontwikkeld; na een aanvankelijke stijging neemt de snelheid gedurende den nacht geleidelijk af, blijkbaar doordat de inversielaag in dikte toeneemt en meer en meer het niveau van den toren nadert.

De bewerking van de windwaarnemingen te Nauen (bij Berlijn) door Hellmann geeft voor Juni—September een dagelijksche schommeling van resp. 46 en 30 % van de gemiddelde windsnelheid, voor hoogten boven het vlakke veld van 16 en 30 meters. Hiermede komen Groningen en De Bilt het meest overeen, te Vlissingen en Den Helder geeft de nabijheid der zee een kleinere schommeling, terwijl te Maastricht de abnormaal groote schommeling wel grootendeels aan het heuvelachtige terrein en niet in de eerste plaats aan den grooteren afstand tot de zee moet worden toegeschreven.

DAGELIJKSCHE GANG OP DE KUSTSTATIONS.

De volgende tabel geeft een overzicht van de dagelijksche variatie der windsnelheid op de kuststations, afgeleid uit anemometerwaarnemingen gedurende 3 jaren. De uitkomsten zijn nog eenigszins onzeker, doordat de waarnemingsreeksen zoo kort zijn. De voornaamste gevolgtrekking, waartoe zij aanleiding geven, is wel, dat de grootte van de dagelijksche schommeling op alle stations vrijwel dezelfde is, behalve te Rottumeroog. Op het laatstgenoemde station, waar de invloed van het land het geringst is, wordt de verandering der windsnelheid in den loop van den dag verreweg het kleinst gevonden.

Ter vergelijking met de getallen van de tabellen op blz. 39—43 zij vermeld, dat in meters per seconde uitgedrukt de cijfers ongeveer dubbel zoo groot worden. Omgerekend tot 0.01 Beaufort wordt uit die tabellen voor het jaargemiddelde van Den Helder en Vlissingen gevonden:

Den Helder:						Vlissingen:					
0—4 a	4—8	8—12	0—4 p	4—8	8—12	0—4 a	4—8	8—12	0—4 p	4—8	8—12
—13	—7	13	18	0	—11	—14	—8	15	24	0	—16

Dagelijksche gang der windsnelheid
in 0.01 Beaufort-schaal.

1926—1928	0—4 <i>a</i>	4—8	8—12	0—4 <i>p</i>	4—8	8—12
Rottumeroog.						
Dec.—Febr. . . .	— 1	— 2	— 1	— 1	— 1	4
Maart—Mei . . .	— 5	— 2	3	9	— 2	— 3
Juni—Aug. . . .	— 12	— 3	12	18	4	— 18
Sept.—Nov. . . .	2	3	2	2	— 2	— 5
Jaar	— 4	— 1	4	7	0	— 6
Vlieland.						
Dec.—Febr. . . .	— 8	— 6	12	11	— 4	— 4
Maart—Mei . . .	— 15	— 1	17	16	— 5	— 13
Juni—Aug. . . .	— 24	— 7	27	33	0	— 29
Sept.—Nov. . . .	— 13	3	24	14	— 13	— 16
Jaar	— 15	— 3	20	18	— 6	— 16
Den Helder.						
Dec.—Febr. . . .	— 8	— 13	4	10	1	5
Maart—Mei . . .	— 19	— 3	26	21	— 5	— 19
Juni—Aug. . . .	— 26	— 4	24	32	— 5	— 21
Sept.—Nov. . . .	— 15	— 1	22	15	— 8	— 13
Jaar	— 17	— 5	19	20	— 4	— 12
IJmuiden.						
Dec.—Febr. . . .	— 1	— 2	6	1	— 2	— 3
Maart—Mei . . .	— 24	— 9	24	36	— 8	— 19
Juni—Aug. . . .	— 24	— 5	23	35	— 5	— 24
Sept.—Nov. . . .	— 11	0	16	18	— 12	— 10
Jaar	— 15	— 4	17	22	— 7	— 14
Hoek van Holland.						
Dec.—Febr. . . .	— 6	— 3	6	11	— 3	— 4
Maart—Mei . . .	— 15	— 2	16	20	— 1	— 19
Juni—Aug. . . .	— 32	— 10	20	32	11	— 20
Sept.—Nov. . . .	— 17	— 5	24	19	— 8	— 13
Jaar	— 18	— 5	16	20	0	— 14
Vlissingen.						
Dec.—Febr. . . .	— 7	— 6	4	9	0	0
Maart—Mei . . .	— 17	— 4	24	27	— 4	— 26
Juni—Aug. . . .	— 22	— 9	25	26	7	— 27
Sept.—Nov. . . .	— 12	— 6	21	16	0	0
Jaar	— 14	— 6	18	20	1	— 13

DAGELIJSCH GANG VAN WINDRICHTING EN -SNELHEID
(WINDVECTOREN).

Voor Den Helder, De Bilt en Maastricht is de resulteerende luchtverplaatsing berekend voor ieder uur van den dag in de maanden Juni en December. De dagelijksche gang der Noord- en Oost-component kan worden voorgesteld door een Fouriersche reeks van den vorm:

$$\begin{aligned}x \text{ (Noord)} &= a_0 + a_1 \cos (nt - A_1) + a_2 \cos (2nt - A_2) + a_3 \cos (3nt - A_3) \\y \text{ (Oost)} &= b_0 + b_1 \cos (nt - B_1) + b_2 \cos (2nt - B_2) + b_3 \cos (3nt - B_3)\end{aligned}$$

De constanten zijn in de volgende tabel bijeengevoegd. De hoeken zijn gecorrigeerd tot plaatselijken tijd. De uitkomsten zijn in vector-diagrammen in teekening gebracht, te zamen met de windellipsen der enkel- en dubbeldaagsche beweging, die der 3-maaldaagsche beweging afzonderlijk.

Theoretisch is de draaiingsrichting in de 3 windellipsen van de enkel-, dubbel- en driemaaldaagsche beweging met de zon mee. Volgens Bartels¹⁾ is in den winter van het noordelijk halfrond op 52° N.B. de amplitude van de dubbeldaagsche schommeling der N- en O.component ongeveer 40 cm per secunde, die van de driemaaldaagsche voor Noord ongeveer 6, voor Oost 10 cm.

In de tabel zijn ook de uitkomsten opgenomen, welke door van der Stok voor de zomer- en wintermaanden zijn afgeleid uit de 6-maaldaagsche waarnemingen op de Nederlandsche lichtschepen²⁾; deze zijn nog niet voor de miswijzing gecorrigeerd, welke voor Terschellingerbank, Haaks, Maas, Schouwenbank en Noord-Hinder respectievelijk 14°, 14°, 14°.7, 14°.4 en 15°.7 West bedraagt. Daarenboven zijn de uitkomsten opgenomen, welke van der Stok voor De Bilt heeft afgeleid uit de uurwaarnemingen gedurende de jaren 1903—1908.³⁾

Zij geven aanleiding tot de volgende opmerkingen.

De beweging is in alle windellipsen rechtsdraaiend, behalve die der enkeldaagsche beweging in den zomer te Noord-Hinder en in December en in den winter te Den Helder, Maastricht en Terschellingerbank, die der dubbeldaagsche in den winter op het lichtschip Maas en der driemaaldaagsche in Juni te Den Helder.

¹⁾ Zeitschrift für Geophysik, IV Jahrgang 1928, Heft 1, blz. 16.

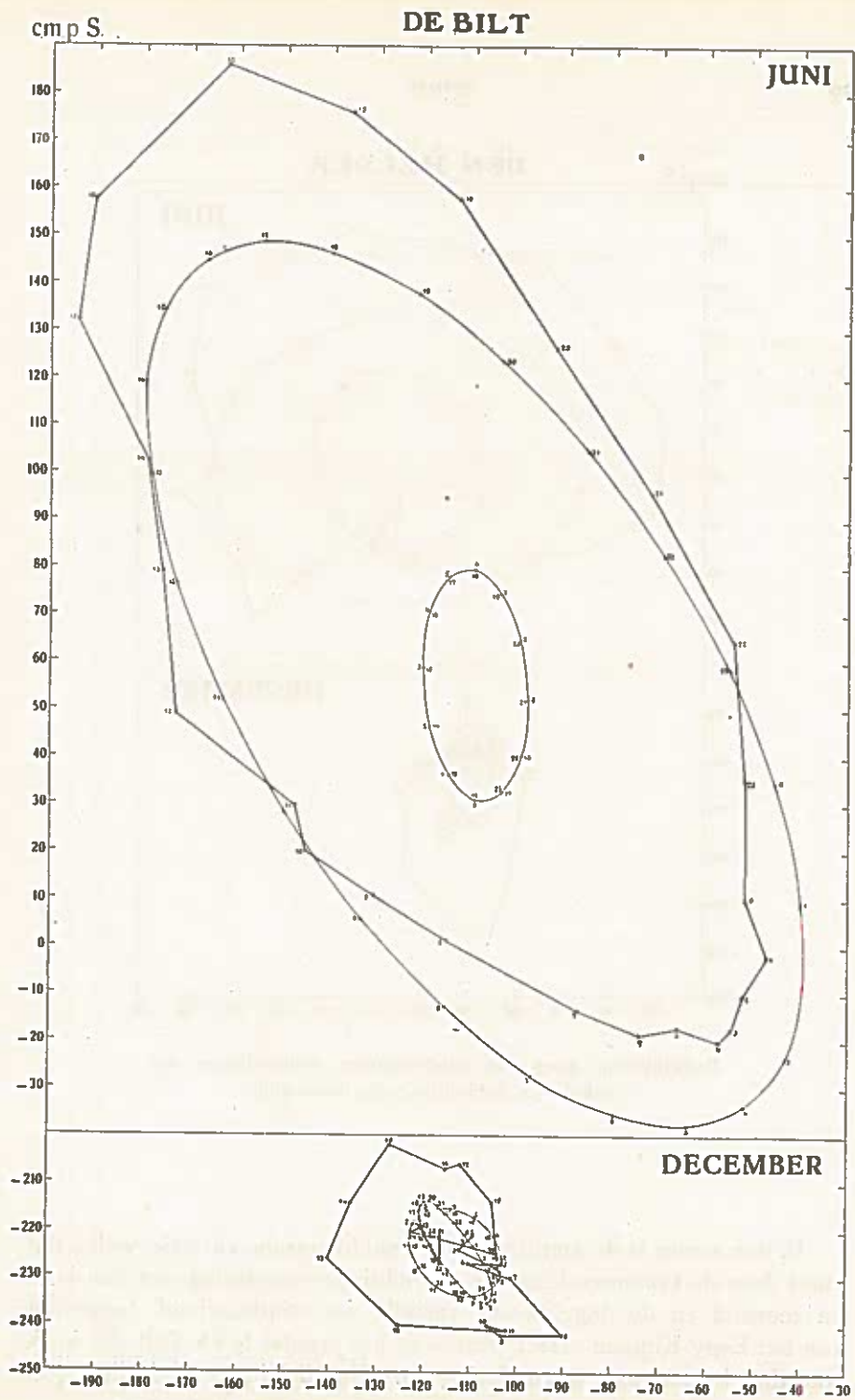
²⁾ Meded. en Verh. n°. 102, 13a, blz. 27 en 79, 13b, blz. 129 en 181, 13c, blz. 231.

³⁾ De dagelijksche variatie van wind en barometerstand in verband met die van den gradiënt der luchtdrukking. Versl. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, 28 April 1911.

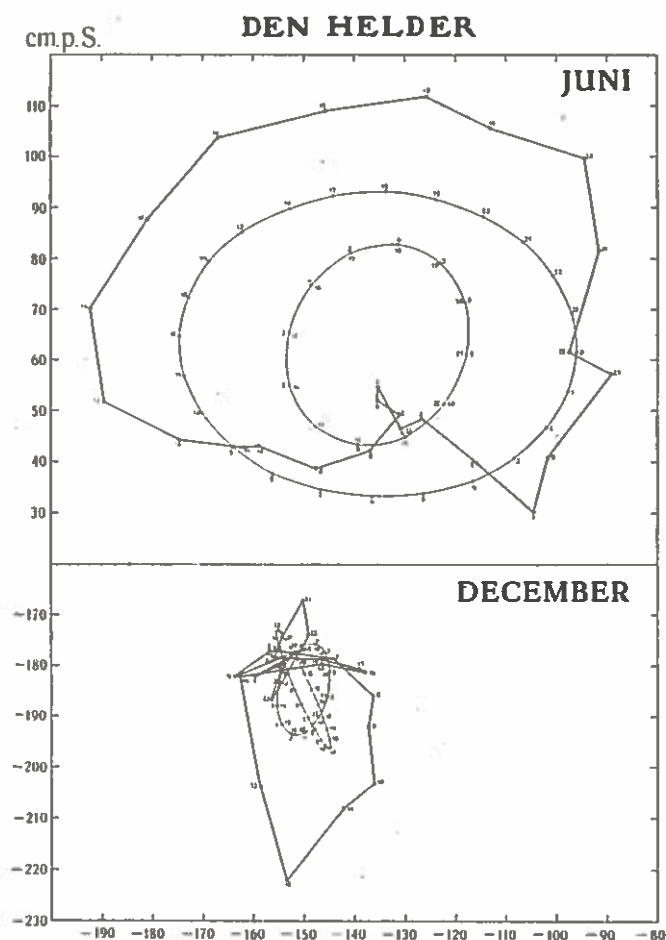
Dagelijksche variatie van den wind in cm p. sec.

	a_1	A_1	a_2	A_2	b_1	B_1	b_2	B_2	a_0	b_0
<i>Juni.</i>										
Den Helder . . .	30.0	267°	19.9	174°	39.3	358°	18.1	257°	63	— 135
De Bilt	93.2	257	24.5	172	70.5	25	11.2	271	56	— 109
Maastricht	48.6	275	6.9	198	47.5	14	8.1	226	— 18	— 100
<i>Zomer.</i>										
Terschellingerbank .	21.6	240	9.3	168	30.9	354	11.5	274	77	— 143
Haaks	14.8	234	8.0	163	28.0	346	11.1	256	60	— 132
Maas	39.2	245	16.3	123	32.9	2	11.6	234	49	— 159
Schouwenbank . .	38.5	235	17.8	132	24.3	342	8.2	244	80	— 145
Noord-Hinder . . .	6.9	101	9.1	131	24.1	302	10.2	285	1	— 165
De Bilt (v. d. Stok)	95.6	261	27.7	178	86.1	25	22.5	259		
<i>December.</i>										
Den Helder	11.7	345	9.1	171	5.3	183	5.2	244	— 185	— 150
De Bilt	10.7	291	9.4	111	7.8	77	9.9	216	— 224	— 113
Maastricht	5.8	265	10.1	135	5.8	248	10.2	190	— 161	— 109
<i>Winter.</i>										
Terschellingerbank .	3.9	344	11.8	139	3.1	293	11.1	236	— 91	— 178
Haaks	4.6	98	8.0	168	0.8	196	12.8	225	— 54	— 157
Maas	14.1	303	4.6	169	36.6	42	27.7	160	— 118	— 145
Schouwenbank . .	5.7	237	8.7	144	7.1	289	14.9	211	— 87	— 126
Noord-Hinder . . .	11.9	261	13.8	143	4.2	324	12.6	234	— 94	— 152
De Bilt (v. d. Stok)	15.1	260	10.4	99	11.5	17	12.1	213		
	a_3	A_3	b_3	B_3	a_3	A_3	b_3	B_3		
	<i>Juni.</i>				<i>December.</i>					
Den Helder	1.2	149°	3.1	81°	5.5	315°	7.0	35°		
De Bilt	6.4	70	6.2	206	5.0	328	7.4	76		
Maastricht	4.9	135	7.5	227	2.2	9	5.4	25		

$t = 0 = 0$ a.m.; $a, A =$ Noord, $b, B =$ Oost.

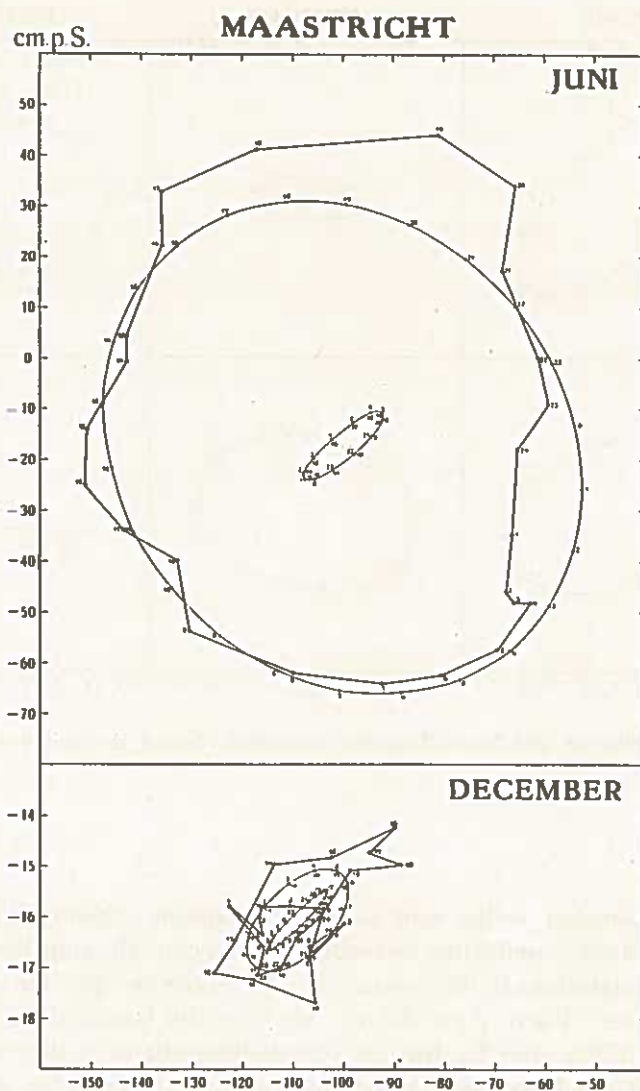


Dagelijksche gang der windvectoren. Noord en Oost positief.
Windellipsen der enkel- en dubbeldaagsche beweging.



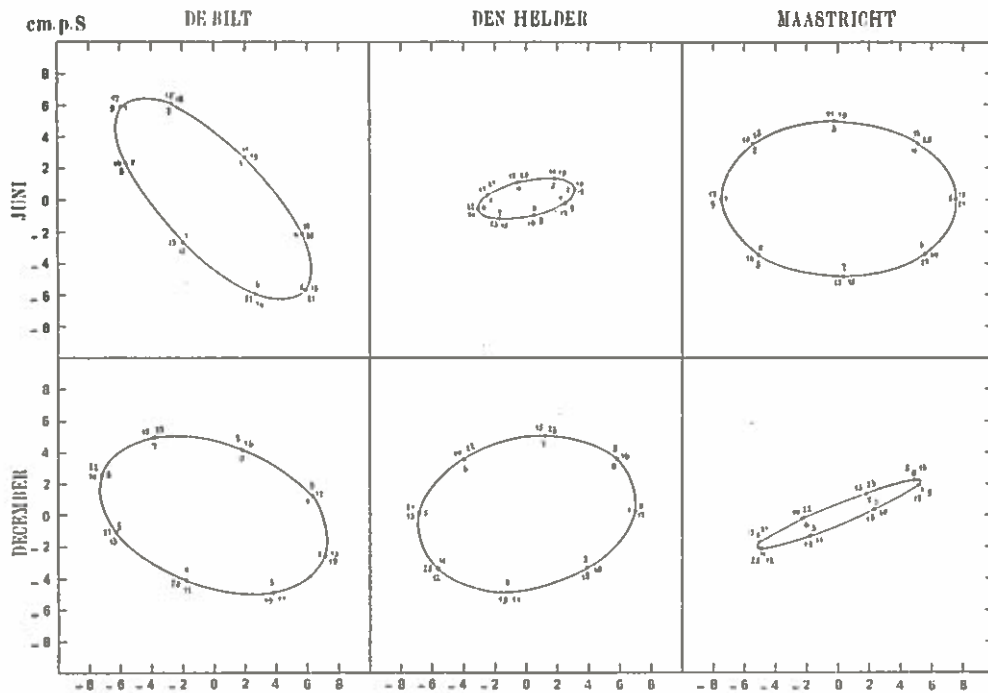
Dagelijksche gang der windvectoren, windellipsen der enkel- en dubbeldaagsche beweging.

In den zomer is de amplitude der enkeldaagsche variatie, welke ontstaat door de samenwerking van de richtingsverandering van den land- en zeewind en de dagelijksche variatie der windsnelheid tengevolge van het Espy-Köppen-effect, verreweg het grootst te De Bilt. De hoekwaarden komen met uitzondering van Noord-Hinder onderling goed



Dagelijksche gang der windvectoren, windellipsen der enkel- en dubbeldaagsche beweging.

overeen. In den winter zijn de amplitudes kleiner en de daarmede samenhangende onzekerheid in de uitkomsten zal wel grootendeels voor de grootere verschillen tusschen de hoekwaarden verantwoordelijk zijn.



Windellipsen der 3-maaldaagsche beweging. Noord en Oost positief.

De uitkomsten, welke voor de dubbeldaagsche schommeling worden gevonden, komen onderling bevredigend overeen. De amplitude schijnt voor de landstations in den zomer over het algemeen grooter te zijn dan in den winter. Van der Stok heeft in zijn laatstgenoemde publicatie (blz. 1391) voor De Bilt en Terschellingerbank in den winter een ongeveer 2 maal zoo groote wrijvingscoëfficiënt gevonden als in den zomer.

In verband met de kleine luchtverplaatsingen der driemaaldaagsche beweging zijn de uitkomsten daarvan tamelijk onzeker. Met uitzondering van B_3 van Den Helder in Juni is echter een overeenkomst in de hoekwaarden niet te miskennen en het omkeeren van de phase tusschen zomer en winter treedt in alle gevallen op, behalve in het bovengenoemde uitzonderingsgeval van B_3 .

GROOTE WINDSNELHEDEN.

Het is een kenmerkende eigenschap van den wind boven het land, dat hij bij vlagen waait. Daarom wordt de sterkte van den wind onvoldoende weergegeven door de gemiddelde windsnelheden gedurende korteren of langeren tijd, zooals zij door de diagrammen van den Robinson-anemometer of door de Beaufort-schattingen worden aangegeven. Deze dienen te worden aangevuld door de bepaling der kortstondige windstooten, waarvoor de anemometer van Dines een zeer bruikbaar instrument is.

Van Everdingen zegt over deze windstooten (*Hemel en Dampkring*, Nov. 1911):

„Het zijn vooral deze vlagen en windstooten, die het omverwerpen van boomen enz. veroorzaken, daar hun kracht met de tweede macht van de windsnelheid stijgt. Blijkens de windsnelheidmeters is de duur van een dergelijken stoot vrij kort — het toe- en afnemen van den wind duurt in vele gevallen niet meer dan 20 secunden, de hoogste kracht wordt slechts gedurende enkele secunden bereikt. Dit staat hiermede in verband, dat de vlagen hun ontstaan danken aan wervels, voornamelijk door de wrijving boven land ontstaan. Uit den duur der vlagen is een schatting af te leiden over de afmetingen der wervels, die dan slechts eenige honderden meters blijkt te bedragen, terwijl de grootste snelheden misschien slechts over enkele tientallen meters voorkomen. Dit kan verklaren hoe bijv. in het Haagsche bosch vlak naast omgewaaide boomen andere zijn blijven staan, die er volstrekt niet krachtiger uitzien of meer beschut staan.”

FREQUENTIE VAN STERKE WINDEN.

Voor de 5 hoofdstations is een overzicht samengesteld omtrent de veelvuldigheid van het voorkomen van harde winden. Hiervoor werden de uurlijksche windsnelheden gebruikt, die van de diagrammen van de Robinson- en Dines-anemometers worden afgelezen, daarenboven werd een statistiek van windstooten opgemaakt door uit de Dines-diagrammen voor elk tijdvak van 1 uur de sterkste stoot uit te zoeken.

De indeeling in groepen geschiedde volgens de Beaufort-schaal. De grenzen werden steeds zoo gekozen, dat tegelijkertijd een reductie tot 6 meters boven vlak terrein verkregen werd. Een wijziging in de grenzen had in enkele gevallen ook plaats om rekening te houden met te hooge of te lage aanwijzingen van de windmeters. Was door wijziging der grenzen geen bevredigende reductie te verkrijgen, zooals

voor Den Helder in de jaren vóór 1922, dan werd gereduceerd met De Bilt, aan de hand van de verhoudingen, die voor de betrouwbare reeksen tusschen de cijfers der beide stations konden worden afgeleid; op deze wijze werden ook hiaten aangevuld.

De eerste tabel bevat het aantal uurwaarnemingen per 10 000 waarnemingsuren. Te De Bilt, Groningen en Maastricht werd begonnen bij 5 Beaufort, te Den Helder en Vlissingen, waar de windsterkte grooter is, met 7 Beaufort. De cijfers van Den Helder en Maastricht zijn momentaanwaarden, afgelezen op de volle uren uit de diagrammen van den Dines-anemometer, op het midden van de door de pen bij hare rijzende en dalende beweging bedekte breedte, die der 3 andere stations zijn uurgemiddelden, afgeleid uit de diagrammen van den Robinson-anemometer. De uitkomsten, welke volgens deze 2 verschillende methodes worden verkregen, zullen niet streng vergelijkbaar zijn; de verschillen zijn echter praktisch van geen beteekenis, zooals moge blijken uit de volgende cijfers, waarbij nog in aanmerking is te nemen, dat bij het aflezen der uurwaarden zoowel als van de uurgemiddelden uit de Dines-diagrammen eenige willekeur niet is uit te sluiten.

Den Helder. December 1914. Aantal uurwaarnemingen.

Beaufort	7	8	9	10	10	12
Uurwaarden	70	68	9	2	1	4
Uurgemiddelden	71	67	9	2	1	3

Op een ander verschil tusschen de uitkomsten der Robinson- en Dines-anemometers, dat echter voor groote windsnelheden van minder belang is, komen wij later onder „Frequentie van windsnelheden” terug.

Men ziet uit de cijfers der frequentie-tabel hoe snel het aantal stormachtige winden (7 en 8 Beaufort) en winden met stormkracht (9 en 10 Beaufort) van de kust landwaarts afneemt. De eerste vormen te Den Helder 7.7 %, te Vlissingen 3.5 % van het aantal waarnemingen, te Groningen, De Bilt en Maastricht respectievelijk 0.7, 0.2 en 0.01 %.

De cijfers der tweede tabel zijn verkregen door voor ieder tijdvak van 1 uur de sterkste windstoot uit te zoeken; ook hiervoor werden de waarnemingen gereduceerd door de grenzen te veranderen. De graden 7 en 8 Beaufort zijn voor Den Helder weggelaten, omdat zij al te vaak voorkomen. Men vindt een zeer groot verschil tusschen Den Helder en De Bilt, en een minder sterke afneming tusschen De Bilt en Maastricht. Windstooten van windkracht 7 komen na de reductie te Maastricht zelfs vaker voor dan te De Bilt, ofschoon de gemiddelde windsnelheid te Maastricht veel geringer is. Dit komt doordat de windsterkte te Maastricht onregelmatiger verandert.¹⁾

Frequentie van windsterkten in graden Beaufort.

Sterkste windstooten gedurende tijdvakken van 1 uur.

Aantal per 10 000 waarnemingen.

Beaufort.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
<i>Den Helder. 1903—1927.</i>													
9	471	416	316	254	117	131	139	177	242	391	466	436	296
10	197	170	120	79	32	29	44	56	64	165	207	197	113
11	52	40	42	11	4	3	4	15	15	54	66	62	31
12	18	11	39	1	1	1	1	8	8	22	33	26	12
<i>De Bilt. 1905—1927.</i>													
7	342	331	334	225	90	82	65	57	93	162	240	325	195
8	150	153	132	69	22	17	14	20	19	62	95	137	74
9	39	42	37	8	2	3	1	5	4	19	38	64	22
10	6	10	12	1	—	1	—	1	1	1	10	10	4
11	1	1	—	—	—	—	—	1	1	—	2	1	0.5
<i>Maastricht. 1905—Juni 1916, September 1926—1927.</i>													
7	392	451	377	299	90	120	75	58	95	177	393	391	244
8	125	173	145	53	17	26	9	13	26	43	84	144	72
9	35	42	32	5	10	2	2	3	5	4	18	33	16
10	2	10	2	—	1	1	—	—	2	—	1	5	2

Uit beide tabellen blijkt, dat sterke winden in den winter veel vaker voorkomen dan in den zomer.

¹⁾ Gedeceltelijk hangt de grootere regelmatigheid te De Bilt met de hoogere opstelling van den windmeter samen. Bij de reductie tot een zelfde hoogte is hiermede bezwaarlijk rekening te houden.

Grootste windsnelheden.

	Den Helder.		Groningen.		De Bilt.		Vlissingen.		Maastricht.	
	Meters p. sec.	Datum.	Meters p. sec.	Datum.	Meters p. sec.	Datum.	Meters p. sec.	Datum.	Meters p. sec.	Datum.
Uurwaarnemingen.										
Januari . .	23.0	29 '27	22.2	13 '16	22.3	13 '16	27.9	11 '20	14.0	6 '05
Februari . .	23.0	16 '16	21.6	20 '07	21.1	5 '09	25.3	9 '25	14.6	5 '09
Maart . . .	22.5	17 '13	23.0	17 '13	19.6	8 '22	26.5	8 '22	16.8	16 '14
April . . .	19.5	14 '19	18.0	8 '12	16.8	1 '09	20.3	27 '20	11.6	26 '08 29 '11
Mei	20.5	1 '25	19.4	4 '07	16.0	2 '05	18.3	5 '22	12.5	2 '05
Juni	20.7	19 '27	16.2	23 '18	14.3	29 '06	21.0	13 '19	11.7	19 '27
Juli	20.5	6 '22	16.3	18 '15	15.8	28 '09	19.9	6 '22	11.7	28 '11
Augustus . .	23.5	30 '23	16.6	30 '23	19.4	27 '12	21.8	28 '17	11.8	27 '12
September . .	21.5	30 '11	18.4	18 '14	19.5	30 '11	18.6	22 '24	12.8	30 '11
October . . .	26.0	9 '03	18.1	23 '21	18.0	1 '11	23.0	31 '16	14.8	1 '12
November . .	25.0	6 '21	19.3	13 '09	26.0	6 '21	22.2	6 '21	14.5	25 '07
December . .	29.0	29 '14	25.4	29 '14	22.5	29 '14	27.2	23 '16	15.8	1 '09

Windstooten.

Januari . .	32.7	13 '16	—	—	30.2	6 '05	—	—	25.5	18 '06
Februari . .	33.3	15 '16	—	—	30.9	9 '25	—	—	24.6	5 '09
Maart . . .	30.5	17 '13	—	—	27.8	10 '26	—	—	24.5	19 '13
April	27.5	8 '12	—	—	27.2	8 '12	—	—	21.9	5 '14
Mei	27.2	1 '25	—	—	22.3	3 '07	—	—	23.6	4 '07
Juni	27.7	22 '18	—	—	26.4	19 '12	—	—	24.6	30 '10
Juli	30.3	6 '22	—	—	22.5	28 '09	—	—	22.1	12 '08
Augustus . .	35.7	28 '17	—	—	28.8	26 '12	—	—	21.2	25 '06
September . .	31.4	30 '11	—	—	29.6	30 '11	—	—	25.4	30 '12
October . . .	32.5	10 '26	—	—	25.5	25 '17	—	—	20.7	1 '12
November . .	34.3	25 '17	—	—	29.9	24 '17	—	—	22.8	10 '10
December . .	40.0	29 '14	—	—	28.4	18 '19	—	—	23.6	20 '11 28 '14

De derde tabel bevat de hoogste windsnelheden, die in de verschillende maanden zijn voorgekomen, zonder reductie. Wij vinden de hoogste maxima in het hoofdstuk over stormen terug, in de tabel van de hoogste windsnelheden, behoudens eenige afwijkingen. Voor De Bilt is namelijk in de laatstgenoemde tabel ook op 13 Januari 1916 een stoot van 31 m.p.s. vermeld, welke hier niet voorkomt. De Dines-anemometer was wegens de verbouwing van den toren veel lager opgesteld; dit tijdvak is voor de statistiek niet bewerkt en bij de bewerking van den storm is het cijfer 31 door reductie verkregen. Het hoogste uurgemiddelde voor Vlissingen van 32 m.p.s., dat later bij den storm van 28 December 1914 wordt vermeld, komt in de statistiek niet voor, omdat de waarnemingen vóór 1915 zijn weggelaten, aangezien de windmeter bij harden wind neiging vertoonde tot te hooge aanwijzingen. Het is dan ook zeer wel mogelijk, dat 32 m.p.s. te hoog is. Voor Maastricht is tijdens den storm van 6 November 1921 een grootste uursnelheid van 12 m.p.s. en een sterkste stoot van 24.5 m.p.s. vermeld. De aflezingen vallen in het tijdvak gedurende hetwelk de windmeter te laag heeft aangewezen, om welke reden de waarnemingen niet in de statistiek zijn opgenomen. Hieruit volgt, dat de hoogste uursnelheden grooter zijn geweest en waarschijnlijk heeft de snelheid gedurende den sterksten stoot het hoogste cijfer der statistiek, n.l. 25.5, nog overtroffen.

Aangezien de grootste windsnelheden voornamelijk bij westelijke winden voorkomen, zal de verdeeling der snelheden in de eerste tabel eenigszins in overeenstemming moeten zijn met de afneming op blz. 33 voor den W.wind afgeleid. De windsnelheid te De Bilt zal dan ongeveer 36 % kleiner moeten zijn dan te Vlissingen en Den Helder. Derhalve zouden 5, 6, 7 en 8 Beaufort te De Bilt overeenkomen met 6.2—7.5, 7.5—8.9, 8.9—10.2 en 10.2—11.4 B. aan de Noordzee-kust. De gemiddelde aantallen te Vlissingen en Den Helder tusschen die grenzen gevonden snelheden zijn ongeveer 20 % hooger dan de overeenkomstige (voor 4.5—5.5 B., 5.5—6.5 B. enz.) te De Bilt. Dit surplus zou kunnen worden toegeschreven aan het feit, dat tijdens harde winden de luchtdrukgradiënten aan de kust door de grootere nabijheid der depressiecentra grooter zijn dan te De Bilt.

Volledigheidshalve nemen wij hieronder voor het jaar de overeenkomstige frequentie-cijfers van sterke winden over uit Mededeelingen

en Verhandelingen n°. 13a, b en c, welke betrekking hebben op de Nederlandsche lichtschepen.¹⁾

Frequentie van windsterkten Beaufort. Aantal uren per 1000 waarnemingen (jaargemiddelden).

Beaufort.	Terschellinger-bank.	Haaks.	Maas.	Schouwen-bank.	Noord-hinder.
7	321	261	284	264	580
8	151	135	106	135	274
9	54	59	27	49	83
10	38	26	5	24	27
11	—	—	—	—	3
12	—	—	—	—	1

Noord-Hinder heeft voor alle graden Beaufort grootere frequenties dan Den Helder; bij de andere lichtschepen blijft het aantal stormachtige winden beneden dat van Den Helder, maar is behalve voor het lichtschip Maas het aantal winden met stormkracht grooter dan te Den Helder. Vlissingen staat met Beaufort 7 ongeveer gelijk met de lichtschepen (met uitzondering van Noord-Hinder) en blijft met de grootere windsterkten achter in frequentie.

AANTAL DAGEN MET STERKE WINDEN.

In de volgende tabellen is het aantal dagen opgenomen, waarop de gemiddelde windsnelheid en de windstooten bepaalde grenzen hebben overschreden. Ook hierbij is reductie tot 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen toegepast. De cijfers zijn totalen over het geheele aantal waarnemingsjaren. Voor Den Helder zijn slechts de laatste 6 jaren gebruikt en zijn de vroegere jaren, toen de windmeter iets te lage snelheden aanwees, geheel buiten rekening gelaten. Hiaten in de overige waarnemingen werden door interpolatie aangevuld, zoodat een geheel aantal jaren werd verkregen.

¹⁾ De schattingen volgens de Beaufort-schaal der lichtschepen zijn niet streng vergelijkbaar met de resultaten der anemometerwaarnemingen, bij de eerste zijn grootere extremen te verwachten.

Aantal dagen waarop de grootste windsnelheid volgens de
uurwaarnemingen, gereduceerd tot 6 m hoogte, 7, 8, enz. m p. s.
en daarboven is geweest.

Snelheid in m p. s.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Den Helder. 1922—1927 (6 jaren). *)													
7	141	134	135	130	130	133	136	128	131	134	132	148	1612
8	125	116	117	105	106	106	111	111	121	122	111	136	1387
9	109	100	99	88	89	84	92	86	107	106	103	120	1183
10	92	86	78	70	63	64	69	68	88	94	84	95	951
11	77	65	69	56	49	49	49	48	68	74	70	79	753
12	64	49	53	42	34	41	36	33	55	60	57	66	590
13	49	35	40	31	18	25	22	17	36	50	46	53	422
14	40	25	31	20	14	12	14	8	29	39	35	47	314
15	24	14	23	13	9	5	8	7	18	31	24	33	209
16	18	9	14	9	5	3	7	5	10	22	17	23	142
17	12	5	7	6	3	2	4	2	6	12	13	15	87
18	9	2	4	2	3	1	1	2	5	11	11	10	61
19	6	—	3	1	2	1	1	2	1	8	5	5	35
20	4	—	3	—	2	1	1	1	1	5	4	3	25
21	3	—	2	—	—	—	—	1	—	3	3	2	15
22	2	—	1	—	—	—	—	1	—	3	2	2	11
23	1	—	—	—	—	—	—	1	—	2	1	—	5
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
Groningen. 1906—1927 (22 jaren) **)													
7	349	265	331	300	230	198	187	200	205	222	291	341	3119
8	271	211	251	208	127	118	112	119	140	158	214	262	2191
9	208	152	175	144	64	76	58	60	87	116	154	193	1487
10	148	109	122	86	23	39	27	33	47	76	105	133	948
11	109	84	89	49	11	14	16	17	24	57	75	91	636
12	75	56	53	24	5	6	9	4	8	34	50	69	393
13	63	35	35	15	3	1	4	4	4	20	31	46	261
14	35	22	18	9	1	1	2	2	3	8	19	33	153
15	20	10	8	2	1	1	1	1	2	5	11	21	83
16	13	5	6	1	1	—	—	—	1	2	6	15	50
17	7	3	3	1	1	—	—	—	1	1	5	12	34
18	5	3	2	—	1	—	—	—	—	—	1	7	19
19	2	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	3	8
20	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	5
21	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4
22	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1

*) Aantal dagen: Jan. = 186, Febr. = 169, April = 180, Jaar = 2191.

**) Aantal dagen: Jan. = 682, Febr. = 621, April = 660, Jaar = 8035.

Snelheid in m p. s.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
De Bilt. 1905—1927 (23 jaren). *)													
7	312	255	297	255	133	116	105	109	126	171	215	293	2387
8	214	180	187	141	46	43	42	32	49	98	146	197	1375
9	145	135	111	88	25	17	19	14	21	61	100	139	875
10	90	75	69	48	10	5	7	6	10	32	60	99	511
11	44	40	36	28	6	2	3	3	3	17	36	58	276
12	25	23	21	9	1	1	3	2	3	8	22	35	153
13	16	11	12	2	1	—	1	1	2	5	14	20	85
14	9	5	8	1	—	—	—	1	1	2	9	6	42
15	7	5	4	—	—	—	—	1	1	1	3	4	26
16	4	2	1	—	—	—	—	1	1	—	1	2	12
17	3	2	1	—	—	—	—	1	1	—	1	1	10
18	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	6
19	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	4
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2
21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1

Vlissingen. 1915—1927 (13 jaren). **)													
7	311	230	252	226	194	193	228	252	252	240	240	289	2907
8	271	178	200	177	140	148	182	191	192	189	183	251	2302
9	227	158	164	134	109	111	143	149	152	158	146	213	1864
10	185	129	122	101	69	66	107	119	131	120	109	165	1423
11	143	102	94	75	51	43	70	85	105	91	89	133	1081
12	113	83	64	57	32	28	48	61	69	76	65	104	800
13	94	54	42	41	19	18	32	47	46	65	47	80	585
14	68	37	26	32	15	13	25	29	32	50	31	56	414
15	48	27	19	21	6	9	17	19	19	33	23	42	283
16	41	21	11	16	3	4	9	10	13	19	18	30	195
17	28	12	7	13	1	3	4	6	5	12	13	19	123
18	20	8	4	7	1	3	3	3	2	8	8	11	78
19	12	7	3	6	—	2	3	2	—	3	2	9	49
20	9	4	1	3	—	1	—	2	—	2	1	6	29
21	6	3	1	—	—	1	—	2	—	2	1	3	19
22	6	3	1	—	—	—	—	—	—	1	1	3	15
23	4	2	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1	9
24	3	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	6
25	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4
26	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3
27	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2

*) Aantal dagen: Jan. = 713, Febr. = 649, April = 690, Jaar = 8400.

**) Aantal dagen: Jan. = 403, Febr. = 367, April = 390, Jaar = 4748.

Snelheid in m p. s.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Maastricht, 1905—Aug. 1916 en Sept. 1926—1927 (13 jaren). *)													
7	97	83	88	83	39	43	31	32	23	51	74	97	741
8	54	58	58	40	10	20	8	10	12	22	48	55	395
9	30	36	29	14	6	9	3	4	6	12	27	39	215
10	16	18	14	7	4	2	1	2	3	7	14	19	107
11	6	11	8	—	1	—	—	—	1	2	5	11	45
12	5	5	3	—	—	—	—	—	—	1	2	3	19
13	1	1	1	—	—	—	—	—	—	1	1	1	6
14	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2
15	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

**Aantal dagen met sterkste windstooten van 11, 12 enz. m p. s.
en daarboven.**

Snelheden, gereduceerd tot 6 m hoogte.

Snelheid in m p. s.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Den Helder, 1922—1927 (6 jaren).													
11	127	121	107	109	103	104	104	104	122	123	119	133	1376
12	119	112	90	88	95	86	82	87	111	110	109	119	1208
13	103	100	81	76	79	68	69	70	102	98	96	109	1051
14	88	86	66	65	63	52	57	55	84	82	80	94	872
15	76	70	56	52	51	42	45	44	69	72	71	83	731
16	66	55	48	44	41	33	33	35	56	61	60	71	603
17	58	48	37	31	31	25	29	21	47	52	50	56	485
18	45	34	30	23	21	19	16	13	41	47	44	49	382
19	38	28	25	17	14	9	13	9	33	40	36	40	302
20	32	21	17	14	9	6	10	8	26	35	31	37	246
21	28	15	11	11	6	5	8	6	17	34	28	31	200
22	17	10	10	9	4	1	5	3	13	26	20	21	139
23	12	6	9	7	3	1	5	3	7	18	15	15	101
24	11	4	7	3	2	1	3	2	4	14	13	11	75
25	7	2	3	1	2	1	1	2	2	8	11	8	43
26	6	1	—	—	2	1	1	1	1	5	9	8	35
27	4	1	—	—	1	—	1	1	1	4	7	3	23
28	4	1	—	—	—	—	1	1	—	4	5	2	18
29	4	—	—	—	—	—	1	1	—	4	4	1	15
30	4	—	—	—	—	—	1	1	—	2	2	1	11
31	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	5
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	2

*) Aantal dagen: Jan. = 403, Febr. = 367, April = 390, Jaar = 4748.

Snelheid in m p. s.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
------------------------	------	-------	--------	--------	------	-------	-------	------	-------	------	------	------	-------

De Bliit, 1905—1927 (23 jaren).

11	227	216	225	191	106	92	90	89	113	133	160	208	1850
12	185	165	185	139	74	66	66	56	76	107	131	171	1421
13	149	131	139	103	49	53	43	37	51	80	97	148	1080
14	114	97	99	66	27	28	21	22	31	51	74	112	742
15	91	79	77	50	20	20	14	15	21	42	56	92	577
16	58	63	58	30	13	13	10	10	13	27	44	71	410
17	44	41	46	15	9	10	5	8	9	16	32	46	281
18	27	27	29	10	3	4	3	8	7	13	26	38	195
19	18	21	20	8	2	3	1	6	6	13	21	30	149
20	13	18	14	3	—	2	1	4	2	9	18	20	104
21	10	11	14	2	—	1	—	3	1	7	12	14	75
22	4	4	9	2	—	1	—	1	1	1	10	9	42
23	3	3	6	2	—	1	—	1	1	—	7	7	31
24	3	2	3	2	—	—	—	1	1	—	5	3	20
25	1	1	1	—	—	—	—	1	1	—	2	2	9
26	1	1	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	5
27	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2

Maastricht, 1905—Aug. 1916 en Sept. 1926—1927 (13 jaren).

9	202	190	222	220	153	154	141	161	96	133	169	210	2051
10	176	163	186	176	111	117	110	115	70	112	144	171	1651
11	142	142	141	135	81	86	71	80	53	82	113	136	1262
12	113	117	121	109	51	63	41	47	36	65	93	101	957
13	79	97	91	78	27	42	29	25	24	48	81	80	701
14	61	73	68	54	14	29	16	14	12	38	56	66	501
15	42	60	50	35	11	22	11	9	10	25	40	50	365
16	32	39	39	23	7	15	8	5	7	15	32	38	260
17	25	29	27	11	5	10	3	4	4	10	16	30	174
18	15	22	15	6	5	6	2	3	3	4	12	22	115
19	11	17	8	4	3	2	1	2	3	1	5	14	71
20	8	12	6	2	3	2	1	1	3	—	4	9	51
21	5	9	3	—	2	1	1	—	1	—	2	4	28
22	3	3	3	—	1	1	—	—	1	—	—	3	15
23	2	1	2	—	—	1	—	—	1	—	—	—	7
24	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2

FREQUENTIES VAN WINDSNELHEDEN.

In de volgende tabellen zijn de 24-uurwaarnemingen der hoofdstations gerangschikt volgens de grenzen 0—0.9, 1.0—1.9 enz. meters per secunde.¹⁾ Er werd geen reductie voor de hoogte toegepast. Wil men met de hoogteverschillen der anemometers rekening houden, dan kan men dit bereiken door de grenzen te veranderen, aan de hand van de reductie-tabel op blz. 29.

Opmerkelijk is het betrekkelijk groote aantal windsnelheden beneden 2 meters per secunde, dat te Maastricht en Den Helder voorkomt. Het kan voor Maastricht, althans gedeeltelijk, worden toegeschreven aan de sterke dagelijksche verandering van de windsnelheid, waardoor 's nachts de windsnelheid betrekkelijk gering wordt. Te Den Helder is de dagelijksche schommeling der windsnelheid geringer dan te De Bilt en derhalve kan daarin de verklaring niet worden gevonden. De invloed van land- en zeewind zal te Den Helder het aantal zwakke winden verhoogen in de gevallen, dat de land- en zeewinden tegengesteld zijn aan de algemeene luchtbeweging, maar deze factor geldt ook voor Vlissingen. Het verschil tusschen Den Helder en Vlissingen maakt het waarschijnlijk, dat ook het verschil in de registreer-instrumenten hier van invloed is. De mogelijkheid bestaat, dat het Dines-instrument een grooter aantal zwakke winden geeft, omdat het bij geringe windsnelheden eerder in gebreke blijft dan de Robinson, maar daarenboven geeft de methode van aflezing, n.l. van momentaanwaarden bij de Dines-diagrammen en uurgemiddelden bij die van de Robinson-molentjes, een verschil, doordat de extremen in het eerste geval verder uiteen zullen liggen en het aantal gevallen van windsnelheden in de nabijheid van 0 m.p.s. grooter zal zijn.

De frequenties vertoonen een duidelijken jaarlijkschen gang, de kleine snelheden komen in de zomermaanden, de groote in de wintermaanden het veelvuldigst voor.

¹⁾ Voor Groningen, Vlissingen en Maastricht zijn dezelfde waarnemingstijdvakken gebruikt als voor de voorafgaande statistiek van sterke winden. Voor De Bilt zijn ook de jaren 1903 en 1904 opgenomen, die in de vorige statistiek waren weggelaten wegens de hiaten in de waarnemingen der windstooten, voor Den Helder zijn de jaren 1906—1909 weggelaten, omdat de aanwijzingen van den windmeter klaarblijkelijk te laag zijn geweest.

De Bilt.

Frequentie van windsnelheden, aantal per 1000 waarnemingen.

1903—1927.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
0— 0.9	13	11	8	6	8	9	9	10	11	12	13	9	10
1.0— 1.9	37	45	39	42	54	62	70	66	72	70	58	42	55
2.0— 2.9	91	100	106	121	154	160	185	186	188	172	139	95	142
3.0— 3.9	138	154	162	177	220	226	239	239	254	224	189	143	197
4.0— 4.9	149	170	166	173	199	206	204	194	190	169	175	160	180
5.0— 5.9	147	140	148	152	155	151	136	134	117	121	133	153	140
6.0— 6.9	129	108	116	111	101	92	76	84	72	82	94	130	100
7.0— 7.9	104	84	87	84	60	49	41	48	48	57	66	99	69
8.0— 8.9	81	68	69	61	28	30	24	23	26	46	51	66	48
9.0— 9.9	47	45	42	32	10	9	9	8	10	21	33	38	25
10.0—10.9	28	32	26	21	5	4	4	4	4	12	18	26	15
11.0—11.9	18	20	14	9	2	1	2	2	2	6	10	15	8
12.0—12.9	10	10	8	6	2	0.5	0.6	0.6	0.9	4	7	10	5
13.0—13.9	5	5	3	3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.3	2	6	5	4
14.0—14.9	2	4	2	1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.9	2	3	1
15.0—15.9	1	1	1	0.2	—	—	0.1	0.1	0.1	0.4	2	2	0.7
16.0—16.9	0.7	0.3	0.4	0.1	—	—	—	0.1	—	0.1	0.9	0.5	0.3
17.0—17.9	0.4	0.3	0.4	0.1	—	—	—	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2
18.0—18.9	0.3	0.2	0.1	0.1	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.3	0.1
19.0—19.9	0.1	0.1	0.1	0.1	—	—	—	0.1	0.1	—	0.1	—	0.05
20.0—20.9	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.03
21.0—21.9	0.2	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2	0.03
22.0—22.9	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.01
23.0—23.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.0—24.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.0—25.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.0—26.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	—	0.00

Frequentie van windsnelheden, aantal per 1000 waarnemingen.

[illegible]

Maastricht.

Frequentie van windsnelheden, aantal per 1000 waarnemingen.

1905— Juni '16 Sept. '26— 1927.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
0— 0.9	133	112	105	135	158	168	182	179	230	199	140	126	155
1.0— 1.9	113	133	144	148	189	170	181	178	206	190	152	124	160
2.0— 2.9	141	164	176	182	205	208	221	218	212	199	178	145	187
3.0— 3.9	168	170	176	169	175	188	184	179	158	167	170	157	171
4.0— 4.9	160	150	145	142	133	126	114	120	98	104	137	158	132
5.0— 5.9	121	105	105	162	80	83	65	74	53	70	102	127	90
6.0— 6.9	83	71	72	62	38	36	36	34	26	38	61	78	53
7.0— 7.9	42	43	38	35	15	14	12	12	10	19	30	40	26
8.0— 8.9	23	26	23	17	5	5	4	4	5	9	16	25	13
9.0— 9.9	8	13	8	6	2	2	0.6	2	2	3	7	10	5
10.0—10.9	4	6	4	2	1	1	0.9	1	1	1	3	5	3
11.0—11.9	2	4	2	0.6	0.3	0.1	0.5	0.4	0.2	0.8	2	2	1
12.0—12.9	0.9	2	0.8	—	0.1	—	—	—	0.2	0.1	0.8	1	0.5
13.0—13.9	0.3	0.4	0.3	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.3	0.1
14.0—14.9	0.1	0.2	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	—	0.04
15.0—15.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.01
16.0—16.9	—	—	0.2	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	0.03

FREQUENTIES VAN WINDRICHTINGEN.

De frequenties der volgende tabellen zijn afgeleid uit de 24-uur-waarnemingen der hoofdstations en derhalve ontleend aan de diagrammen der anemometers.

Frequenties van windrichtingen.

24-uurwaarnemingen, aantal per 1000 waarnemingen.

	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
--	------	-------	--------	--------	------	-------	-------	------	-------	------	------	------	-------

Den Helder, 1899—1927.

N.	30	29	45	75	83	83	71	57	68	41	36	27	54
NNE.	16	21	39	51	62	56	45	30	41	31	23	17	36
NE.	29	38	78	91	109	69	55	43	56	41	36	29	56
ENE.	36	50	64	52	66	56	44	33	46	53	40	31	48
E.	77	84	73	62	73	54	41	34	73	94	80	74	68
ESE.	46	51	42	41	33	30	26	24	46	55	61	46	42
SE.	51	56	34	26	23	19	27	31	47	61	61	51	40
SSE.	57	63	39	28	18	17	23	32	43	64	70	71	44
S.	102	120	86	55	50	36	46	65	68	105	132	155	85
SSW.	97	103	98	70	70	56	65	72	53	74	72	100	78
SW.	145	120	146	125	135	132	134	140	106	103	84	125	125
WSW.	88	77	58	71	62	79	97	105	74	67	72	76	77
W.	95	64	63	74	56	82	102	110	89	65	82	81	80
WNW.	49	40	39	49	36	54	60	70	63	41	42	39	49
NW.	47	47	48	69	60	93	85	83	63	51	56	44	62
NNW.	30	32	44	56	53	76	72	65	56	44	44	27	50
C.	4	4	6	4	9	8	7	5	8	8	7	3	6

Groningen, 1899—1927.

N.	19	27	52	78	89	84	77	62	56	34	25	16	52
NNE.	15	21	41	56	64	55	53	36	36	22	15	19	36
NE.	29	35	55	63	81	60	51	33	43	40	26	28	45
ENE.	45	51	65	60	64	48	32	22	40	56	43	41	47
E.	62	74	66	58	72	55	42	32	61	76	67	25	61
ESE.	58	62	57	46	52	38	31	27	53	65	75	46	51
SE.	53	52	50	41	37	33	36	36	54	60	61	68	48
SSE.	44	57	34	25	23	21	19	25	32	51	47	57	36
S.	88	87	71	50	47	33	41	54	58	90	84	110	68
SSW.	94	93	78	53	53	48	60	79	79	95	116	115	80
SW.	151	123	117	92	74	78	90	115	110	126	134	150	113
WSW.	123	109	93	87	79	79	93	116	97	91	93	104	97
W.	89	70	61	71	67	81	91	107	88	68	72	68	78
WNW.	49	45	46	48	43	58	72	77	55	35	45	42	51
NW.	52	49	64	90	83	131	124	106	74	48	53	44	77
NNW.	26	38	48	73	68	95	80	69	59	34	33	22	54
C.	4	5	4	5	5	4	8	3	6	8	5	4	5

	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
--	------	-------	--------	--------	------	-------	-------	------	-------	------	------	------	-------

De Bilt, 1899—1927.

N.	16	25	42	52	60	60	56	36	45	27	20	14	38
NNE.	19	31	54	71	76	66	62	43	47	37	25	17	46
NE.	35	59	77	87	98	57	51	37	53	59	51	40	58
ENE.	45	57	52	53	58	37	27	28	47	54	46	54	47
E.	56	49	47	43	50	38	30	26	42	48	48	44	43
ES ^E .	47	46	39	36	43	33	27	26	43	47	52	32	39
SE.	56	62	50	35	46	33	36	37	56	77	64	65	51
SSE.	60	70	51	31	37	29	32	44	50	81	63	81	52
S	82	102	76	58	51	52	48	66	67	105	103	116	77
SSW.	122	111	98	73	79	75	91	118	102	119	129	138	105
SW.	123	103	110	88	81	89	116	133	106	115	111	130	109
WSW.	108	84	75	79	63	73	79	96	74	62	78	87	50
W.	86	66	68	79	64	78	80	91	70	51	69	71	73
WNW.	63	53	63	78	62	90	94	87	71	40	55	50	67
NW.	46	41	52	65	71	94	87	70	61	36	50	34	59
NNW.	29	28	42	62	59	89	76	55	59	32	30	20	48
C.	8	12	5	7	6	7	8	9	8	8	9	7	8

Vlissingen, 1899—1927.

N.	16	29	41	72	82	76	61	40	49	21	16	11	45
NNE.	25	38	71	91	101	89	69	47	62	44	32	22	58
NE.	49	68	87	71	84	68	50	54	67	72	74	43	66
ENE.	61	66	60	55	60	38	32	37	56	61	68	48	54
E.	52	53	49	43	49	36	34	34	57	64	60	62	49
ESE.	46	47	41	33	37	29	29	30	47	50	42	34	39
SE.	36	35	27	20	22	17	23	22	31	36	32	32	28
SSE.	52	50	43	30	27	17	19	27	38	60	56	64	40
S.	108	103	75	51	47	33	48	72	72	114	102	134	80
SSW.	132	131	101	65	62	66	90	103	99	128	140	158	106
SW.	135	107	101	84	85	96	109	126	96	98	111	124	106
WSW.	109	103	109	113	89	101	107	118	74	51	75	78	94
W.	78	58	75	83	74	102	95	96	67	46	62	61	75
WNW.	58	40	52	55	52	74	70	73	67	55	55	54	59
NW.	34	33	39	53	42	65	62	47	47	34	34	25	43
NNW.	26	28	42	64	51	77	70	46	51	26	25	19	44
C.	5	6	10	8	11	10	11	9	10	16	9	9	10

	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Maastricht, 1905—1927.													
N.	19	36	48	67	63	56	52	35	42	36	26	23	42
NNE.	40	47	70	79	83	74	53	37	50	58	42	42	56
NE.	45	55	57	69	80	52	38	37	47	69	57	34	53
ENE.	53	53	50	66	73	44	38	31	51	73	60	36	52
E.	38	30	28	38	45	25	19	18	38	41	33	34	32
ESE.	27	18	22	21	20	19	13	15	26	25	31	17	21
SE.	21	26	26	18	24	18	24	24	34	32	33	27	26
SSE.	71	82	64	56	55	41	21	60	66	92	79	94	65
S.	155	156	120	81	84	79	83	109	98	147	159	173	120
SSW.	129	114	105	73	70	68	85	104	98	107	120	144	101
SW.	122	98	107	94	79	96	122	131	98	93	100	129	106
WSW.	118	113	102	100	89	107	123	135	103	77	102	109	106
W.	68	63	67	74	69	96	91	87	72	49	63	61	72
WNW.	36	43	46	56	54	80	73	61	48	23	31	27	48
NW.	19	25	33	43	40	65	57	45	41	18	18	16	35
NNW.	18	20	37	46	42	50	50	38	41	24	17	14	33
C.	19	22	18	20	30	30	37	32	46	36	28	22	28

Er bestaan kleine verschillen tusschen deze frequenties en die welke, afgerond in percenten, in het Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid voorkomen en zijn afgeleid uit de 3 termijnwaarnemingen per dag. Wij geven voor 8 windstreken de jaargemiddelden der twee reeksen naast elkaar in de volgende tabel. De termijnwaarnemingen zijn gebruikt van de jaren: Den Helder 1894—1927, Groningen 1894—1927, De Bilt 1897—1927, Vlissingen 1894—1927, Maastricht 1894—1927.

Aantallen per 1000 waarnemingen.

I = 24-urwaarnemingen. II = Termijnwaarnemingen.

	Den Helder.		Groningen.		De Bilt.		Vlissingen.		Maastricht.	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
N.	97	94	97	92	85	93	96	97	86	97
NE.	98	106	87	96	104	106	122	114	107	117
E.	113	108	110	101	86	73	96	99	68	64
SE.	83	73	92	99	97	92	68	68	69	53
S.	146	132	126	116	155	152	153	138	203	192
SW.	202	213	202	216	201	196	206	197	210	229
W.	143	142	152	133	147	145	152	171	149	151
NW.	112	117	129	140	117	120	95	100	76	79
C.	6	15	5	7	8	22	10	15	28	18

In de Maandelijksche Overzichten zijn ook de gemiddelde snelheden, uitgedrukt in graden Beaufort, voor de verschillende richtingen opgenomen, voor De Bilt zijn daarin de uitkomsten voorgesteld door windrozen. Windrozen voor de 5 hoofdstations, op dezelfde wijze samengesteld (zie blz. 7), zijn in het vorige hoofdstuk over de luchtdrukking opgenomen op de isobarenkaartjes.

FREQUENTIES VAN WINDRICHTING EN -SNELHEID.

De volgende tabellen bevatten voor de 4 jaargetijden het totaal aantal malen, dat gedurende de 4 jaren 1923—1926 de windsnelheid tusschen bepaalde grenzen is geweest, gescheiden voor de windrichtingen. Behalve De Bilt zijn de kuststations Den Helder en Vlissingen gekozen; te Den Helder zijn de snelheden op de volle uren afgelezen, voor De Bilt en Vlissingen zijn het gemiddelden over tijdvakken van een uur. De windsnelheden zijn niet tot standaard-hoogte gereduceerd.

De sterkste winden kwamen over het algemeen voor bij W.lijke tot ZW.lijke richtingen, de minst sterke bij O.lijke tot ZO.lijke. Te Vlissingen kenmerken zich vooral de ZW.winden door betrekkelijke groote sterkte en bereiken de N.winden de minst hooge snelheden; dit is echter een gevolg van plaatselijke omstandigheden, n.l. de ligging van het windstation ten opzichte van de Schelde.

Frequentie van windrichting en -snelheid.

Den Helder. 1923—1926. December, Januari, Februari.

Aantal waarnemingen 8664, stil = 2.

Snelheid in m p. s.	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
0—0.9	11	12	12	7	21	20	39	26	64	28	23	21	18	9	8	16
1—1.9	10	12	13	10	19	26	39	60	64	29	39	14	24	18	16	16
2—2.9	23	11	19	23	32	43	87	69	131	57	57	28	34	23	21	16
3—3.9	30	17	10	12	26	46	100	77	142	74	64	41	50	27	36	19
4—4.9	37	16	16	15	39	85	68	57	146	91	97	50	77	37	42	30
5—5.9	24	8	7	27	30	94	50	54	166	97	103	62	74	41	32	31
6—6.9	23	8	12	13	47	56	26	31	121	106	117	57	102	31	22	29
7—7.9	16	6	10	18	56	59	15	32	113	111	111	70	81	36	21	15
8—8.9	23	2	7	15	43	38	4	22	78	108	118	60	67	31	33	33
9—9.9	31	3	4	12	38	20	2	1	73	84	137	61	60	41	29	26
10—10.9	34	3	7	11	21	5	3	—	20	63	107	51	60	47	23	40
11—11.9	13	3	5	16	20	—	—	—	14	66	86	41	46	52	24	18
12—12.9	9	3	4	11	11	—	—	—	18	50	57	22	35	39	17	12
13—13.9	7	—	5	9	6	—	—	—	8	47	39	21	11	13	13	6
14—14.9	10	1	2	4	1	—	—	—	14	53	37	14	9	9	9	11
15—15.9	4	—	3	3	—	—	—	—	4	18	21	5	8	7	8	11
16—16.9	1	—	—	2	—	—	—	—	5	20	9	3	4	5	5	2
17—17.9	—	—	—	1	—	—	—	—	1	3	17	4	4	2	4	5
18—18.9	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4	5	1	1	3	7	2
19—19.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	6	2	2	—	1	—
20—20.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	6	—	1	—	—	2
21—21.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1	—	—	—	—	—
22—22.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—

Frequenties van windrichting en -snelheid.
Den Helder, 1923—1926. Maart, April, Mei.
Aantal waarnemingen 8832, stil = 1.

Snelheid in m p. s.	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
0—0.9	29	19	27	23	28	17	23	24	31	50	19	10	16	25	18	26
1—1.9	28	30	37	43	49	37	59	26	45	49	34	19	38	29	27	17
2—2.9	39	39	43	57	111	67	77	58	61	49	77	50	51	41	21	22
3—3.9	57	52	68	60	145	82	71	60	101	65	92	56	67	40	27	35
4—4.9	52	58	58	59	106	110	62	54	60	60	140	84	61	37	32	39
5—5.9	39	35	70	64	99	53	20	28	52	60	144	75	55	39	64	45
6—6.9	39	41	60	59	64	39	5	12	41	65	158	73	49	25	56	53
7—7.9	26	55	84	66	68	12	1	13	37	77	104	58	31	27	49	32
8—8.9	21	32	56	41	38	8	—	4	33	70	105	42	20	23	38	33
9—9.9	19	23	55	41	44	7	—	—	21	52	107	24	38	26	32	24
10—10.9	16	26	42	32	34	1	—	—	20	52	67	22	39	22	24	14
11—11.9	6	15	31	32	23	1	—	1	8	41	51	18	24	17	19	10
12—12.9	2	13	18	20	17	—	—	—	5	16	29	8	23	10	5	11
13—13.9	5	9	14	14	9	—	—	—	7	10	14	4	14	7	5	8
14—14.9	4	13	22	9	4	—	—	—	4	12	9	1	9	12	7	9
15—15.9	6	7	9	1	—	—	—	—	2	5	10	4	10	3	1	3
16—16.9	2	4	3	—	—	—	—	—	—	4	4	2	6	1	1	4
17—17.9	4	2	4	—	—	—	—	—	—	4	4	1	3	1	—	—
18—18.9	1	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	5	1	—
19—19.9	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	1
20—20.9	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	1	1	—
21—21.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—
22—22.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—

Frequentie van windrichting en -snelheid.

Den Helder. 1923—1926. Juni, Juli, Augustus.

Aantal waarnemingen 8832, stil = 1.

Snelheid in m p. s.	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
0—0.9	22	17	38	18	21	16	38	28	37	25	24	15	26	32	37	24
1—1.9	30	24	25	29	55	35	29	24	41	26	34	22	36	22	37	22
2—2.9	38	30	31	32	51	48	58	49	73	56	70	34	66	41	40	35
3—3.9	38	53	49	53	82	60	84	55	66	65	77	55	73	51	88	41
4—4.9	47	50	39	43	90	52	66	47	54	101	125	70	95	65	112	74
5—5.9	48	60	40	43	41	37	18	34	52	101	139	67	103	67	111	67
6—6.9	54	41	41	30	26	20	9	30	37	108	137	89	101	56	124	67
7—7.9	42	24	29	19	12	4	7	19	41	72	123	75	99	53	80	70
8—8.9	29	10	15	10	9	—	1	12	24	33	100	69	90	62	58	62
9—9.9	26	3	7	11	9	—	2	7	37	44	91	68	65	41	72	63
10—10.9	6	1	4	3	1	—	—	7	22	43	70	54	59	27	68	69
11—11.9	6	—	8	1	1	—	—	1	17	29	73	26	41	33	38	36
12—12.9	6	—	2	—	—	—	—	—	6	22	45	15	28	9	26	21
13—13.9	1	—	—	—	—	—	—	1	6	13	15	10	20	14	9	10
14—14.9	—	—	—	—	—	—	—	—	7	3	2	7	12	12	8	3
15—15.9	—	—	—	—	—	—	—	—	6	2	1	4	8	2	6	2
16—16.9	—	—	—	—	—	—	—	1	3	2	2	5	7	—	5	—
17—17.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1	—	—	—	3	—
18—18.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19—19.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
20—20.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—
21—21.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—
22—22.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
23—23.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—

Frequentie van windrichting en -snelheid.

Vlissingen. 1923—1926. Maart, April, Mei.

Aantal waarnemingen 8832, stil = 42.

Snelheid in m p. s.	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
0—0.9	2	5	9	4	5	8	9	6	8	4	5	2	1	5	3	6
1—1.9	39	33	43	26	38	38	24	29	35	36	34	26	13	28	45	31
2—2.9	66	123	124	87	130	87	50	48	71	51	112	64	58	66	89	72
3—3.9	66	103	118	91	119	104	32	40	72	50	86	100	77	64	55	54
4—4.9	93	111	119	79	112	86	56	35	80	77	112	133	92	69	44	62
5—5.9	62	100	89	75	52	36	25	33	102	94	114	114	79	42	23	18
6—6.9	45	91	59	93	43	16	22	26	77	75	92	128	76	26	13	25
7—7.9	20	85	61	78	34	5	9	28	90	95	94	101	68	16	14	10
8—8.9	17	84	43	34	16	1	4	10	41	58	82	63	37	12	4	9
9—9.9	6	52	37	11	13	—	2	6	44	53	65	44	19	13	10	1
10—10.9	—	19	14	11	8	1	—	2	45	36	60	32	11	8	8	1
11—11.9	2	12	9	4	11	—	1	—	22	20	37	24	5	6	3	—
12—12.9	1	8	2	6	2	—	—	—	14	4	25	13	9	4	—	—
13—13.9	1	1	—	4	2	—	—	—	8	2	16	8	3	4	1	1
14—14.9	—	—	—	—	—	—	—	—	11	3	16	5	3	2	1	1
15—15.9	—	—	—	—	—	—	—	—	10	2	7	2	2	—	—	—
16—16.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	5	—	1	—	—	—
17—17.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2	—	1	—	—	—
18—18.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
19—19.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—

Frequentie van windrichting en -snelheid.

Vlissingen. 1923—1926. Juni, Juli, Augustus.

Aantal waarnemingen 8832, stil = 42.

Snelheid in m p. s.	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
0—0.9	10	4	7	4	3	7	3	4	6	4	3	3	2	5	0	5
1—1.9	38	47	48	29	19	24	27	17	30	22	23	11	26	31	45	37
2—2.9	106	86	103	53	86	64	37	32	54	49	90	56	91	177	181	155
3—3.9	71	114	137	53	91	60	29	23	57	81	82	102	133	145	114	136
4—4.9	70	76	88	49	96	36	16	24	63	91	111	154	177	114	100	99
5—5.9	36	39	36	25	42	26	9	12	96	108	116	178	122	98	68	59
6—6.9	17	16	20	19	20	16	16	13	91	95	110	153	107	46	33	28
7—7.9	4	5	10	9	8	25	9	20	114	171	124	144	75	34	14	29
8—8.9	1	3	2	2	1	6	12	7	65	138	110	83	45	23	11	16
9—9.9	—	1	1	—	1	2	1	2	33	74	103	53	32	11	3	—
10—10.9	—	—	—	—	1	—	—	—	22	53	82	35	17	5	—	1
11—11.9	—	—	—	—	—	1	1	—	9	36	43	24	9	1	—	2
12—12.9	—	—	—	—	—	—	—	—	8	22	32	13	2	—	—	—
13—13.9	—	—	—	—	—	—	—	—	6	8	21	11	2	2	—	—
14—14.9	—	—	—	—	—	—	—	—	1	7	9	10	2	—	—	—
15—15.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3	—	—	—	—
16—16.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	5	—	—	—	—
17—17.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	—	—	—	—
18—18.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2	—	—	—	—

Frequentie van windrichting en -snelheid.
 Vlissingen. 1923—1926. September, October, November.
 Aantal waarnemingen 8736, stil = 47.

Snelheid in m p. s.	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
0—0.9	4	5	7	2	5	5	1	4	6	5	1	1	4	3	3	3
1—1.9	29	52	45	21	26	18	22	19	26	27	20	16	20	28	26	35
2—2.9	60	126	111	61	45	39	52	27	66	56	49	37	37	65	78	60
3—3.9	24	67	88	47	68	59	64	50	96	71	63	55	69	63	43	34
4—4.9	25	53	95	45	65	60	81	54	144	98	76	76	79	68	33	26
5—5.9	7	44	82	62	49	57	50	71	144	109	74	75	89	56	35	12
6—6.9	6	19	74	37	52	18	37	71	165	147	82	76	88	55	9	9
7—7.9	9	13	56	46	56	19	39	68	205	147	90	75	99	38	13	8
8—8.9	5	10	19	25	21	18	26	30	167	124	78	57	29	23	9	4
9—9.9	1	2	11	10	10	13	25	29	166	143	79	52	31	8	7	7
10—10.9	2	5	3	8	5	5	17	16	95	60	53	49	21	9	3	3
11—11.9	—	—	—	3	3	2	2	7	66	59	45	21	16	4	1	3
12—12.9	—	—	—	—	—	1	—	8	37	38	25	14	5	1	1	—
13—13.9	—	—	—	—	—	1	1	6	33	16	41	10	3	2	—	—
14—14.9	—	—	—	—	—	—	—	1	22	17	22	16	—	1	—	—
15—15.9	—	—	—	—	—	—	—	1	13	9	19	9	2	1	—	—
16—16.9	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	3	7	—	1	—	—
17—17.9	—	—	—	—	—	—	—	—	4	2	6	—	3	—	—	—
18—18.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	3	3	—	—	—
19—19.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—
20—20.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
21—21.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22—22.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—

EENIGE DER MERKWAARDIGSTE STORMEN.

Bij de bespreking van de depressie-kaartjes op blz. 19—22 is gebleken, dat de stormcentra meestal in NO.lijke richting ten W. van ons land voorbijtrekken; een kleiner aantal passeert onze kustlijn en trekt ten Z. van Den Helder in de richting van Groningen verder, terwijl de minder voorkomende stormcentra van het warme jaargetijde niet zelden een meer zuidelijke baan volgen.

Wij zullen eenige der zwaarste dezer stormen nader beschouwen en ter toelichting eenige kaartjes opnemen. Voor een deel kan daarbij gebruik worden gemaakt van de reeds bestaande bewerkingen, van Dr. van Everdingen en Dr. Hartman. Wij kiezen hierbij de chronologische volgorde.

4 en 5 Februari 1825. In verband met hetgeen bij de bespreking van den storm van 13 Januari 1916 wordt gezegd omtrent den stormvloed van 1825, worden hier enkele gegevens opgenomen van dien beruchten storm van 4 en 5 Februari.¹⁾

„In den middag van 1 Februari stak de wind uit ZW.lijke richting op en bleef, daarbij steeds in kracht toenemende, tot den avond van den volgenden dag uit deze richting waaien. Toen volgde een hevige storm uit het NW, welke tot den avond van 4 Februari aanhield. Bijna overal ging de storm gepaard met sneeuw-, regen- en hagelbuien; hier en daar ook met onweder. Daar het bovendien het tijdperk der springtijden was (volle maan 3 Februari; perigeum 5 Maart), is het te verklaren, dat de vloed van 3, 4 en 5 Februari buitengewoon hoog waren.”

Met twee korte onderbrekingen woei een westnoordwestelijke tot noordwestelijke storm van 1 uur des namiddags 3 Februari tot in den namiddag van 5 Februari, dus ruim 48 uur. In den nacht van 3 op 4 Februari werd te Zwanenburg een barometerstand van 743 mm bereikt, te Workum een van 728 mm.²⁾

Een staat van de hoogste waterstanden is opgenomen in het „Verslag over den stormvloed van 13/14 Januari 1916”, uitgegeven door het Departement van Waterstaat.

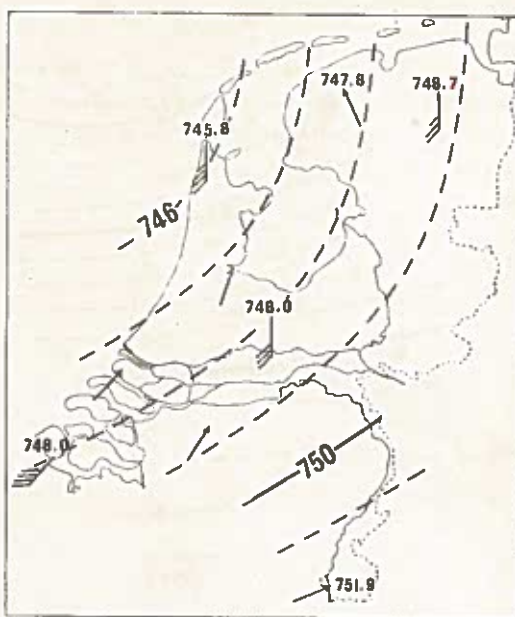
¹⁾ Ontleend aan de bijlage bij het Verslag van de Staatscommissie, benoemd bij Kon. Besluit van 20 Maart 1916, n^o. 23, samengesteld door J. C. Rameren A. C. Burgdorffer.

²⁾ Ontleend aan een uitvoerige beschrijving van P. H. Gallé in het avondblad van *Het Algemeen Handelsblad* van 3, 4 en 5 Febr. 1925, getiteld „Voor Honderd Jaren”.

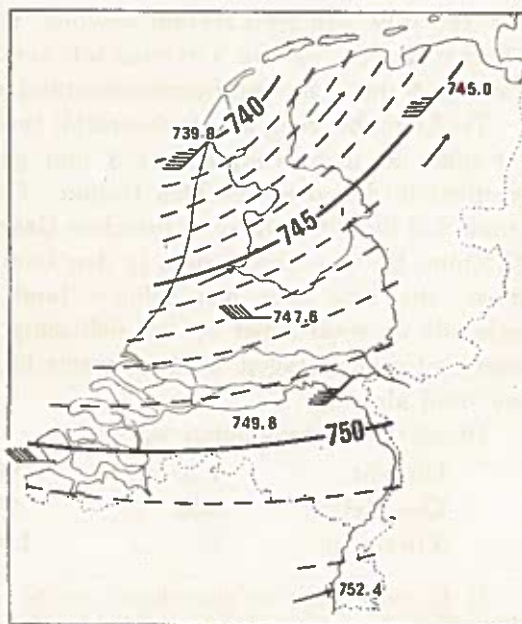
Op vele plaatsen werden waterstanden bereikt, die sindsdien niet zijn overtroffen, o. a. te Elburg en Harderwijk, 3.23 en 3.83 meters boven N.A.P.

28 Mei 1860 (*Pinksterstorm*). De Pinksterstorm is in de herinnering blijven voortleven, zoowel door zijn groote intensiteit en doordat hij zich over een groot deel van ons land heeft doen gevoelen, als door zijne verschijning zoo laat in het voorjaar, wanneer heftige winden zeldzaam zijn.

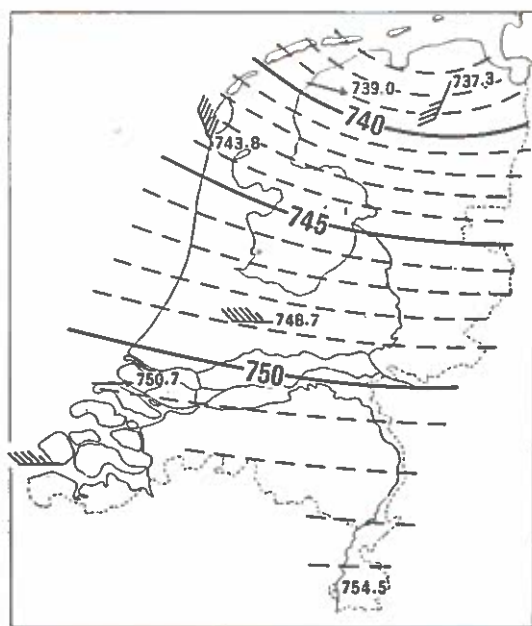
Op den 27sten en 28sten lag een gebied van lage luchtdrukking boven de Noordzee. Waarschijnlijk bevond de kern der hoofddepressie zich bij de Shetland-eilanden. Deze vertoonde weinig beweging, wel echter de kleinere, secundaire depressies, die zich afsplitsten en in oostelijke richting over het Noorden van ons land voorbijtrokken. Op den 27sten Mei woei reeds een stormachtige wind uit het W, te Utrecht klom de kracht van den sterksten windstoot tot 88 kg per m², te



28 Mei 1860, 8 a. m.



28 Mei 1860, 2 p. m.



28 Mei 1860, 8 p. m.

Vlissingen tot 75 kg, overeenkomende met windsnelheden van 34 en 32 meters per seconde. De harde wind werd veroorzaakt door een der bovengenoemde secundaire kernen, die zich te 8 uur v.m. bij Leeuwarden bevond en aldaar den barometerstand tot 16 mm onder den normalen stand deed dalen; te 2 uur n.m. was de kern reeds voorbij Groningen oostwaarts weggetrokken.

Den 28sten vormde zich een nieuwe, aanmerkelijk diepere kern, welke zich te 2 uur n.m.

iets ten NW van Den Helder bevond, waar de barometerstand tot 740 mm daalde, en die 's avonds iets ten N van Groningen langs trok, waar te 8 uur n.m. een barometerstand van 737 mm werd afgelezen.

Te 2 n.m. bedroeg het drukverschil tusschen Den Helder en De Bilt 7.4 mm, de luchtdrukgradiënt 8 mm per graad, te 8 n.m. was de gradiënt in den driehoek Den Helder—Groningen—De Bilt 8 mm per graad, het luchtdrukverschil tusschen Groningen en Maastricht bedroeg 17.5 mm. De windkracht nam in den loop van den dag toe tot zwaren storm, die zich over ons geheele land uitstreckte. Na den middag teekende de waarnemer op het lichtschip Noord-Hinder op: „vliegend weer met orkaanvlagen, donker zwarte lucht, terwijl de wild verbolgen zee stoof als zand”.

De sterkste windstooten waren: ¹⁾

Utrecht	7.20 n.m.	90 kg	(34 m.p.s.)
Den Helder	6.35 „	97 „	(36 „)
Vlissingen	5 „	130 „	(42 „)

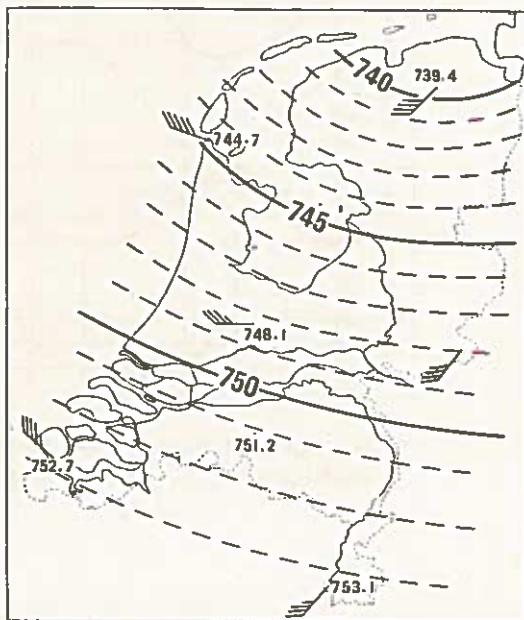
¹⁾ In verband met het doorschieten van de drukplaat is 20 kg van de opgaven afgetrokken. Voor het verband tusschen den druk p in kg/m^2 en de snelheid v in meters is aangenomen $p = 0.075 v^2$.

Vergelijking met het kaartje van den storm van 28 op 29 December 1914 leert, dat de Pinksterstorm daarmede veel overeenkomst vertoont. Die van 1914 schijnt nog heviger te zijn geweest; doordat echter tijdens den Pinksterstorm de boomen reeds in blad stonden, was de uitwerking van den storm grooter dan in December het geval zou zijn geweest.

De kaartjes van 8 v.m., 2 en 8 n.m. geven de ontwikkeling van den storm in den loop van den dag aan.¹⁾

22 December 1894. De storm van 22 December 1894 heeft met die van 4 en 5 Februari 1825, 12—13 Maart 1906 en 13—14 Januari 1916 een zekere vermaardheid gekregen door de buitengewoon hoge waterstanden, die zij hebben veroorzaakt.

Op den voorgrond dient te worden gesteld, dat bij stormvloeden niet alleen de windstuwung een rol speelt, maar dat de getijbeweging tevens een zeer belangrijke factor is. Om een denkbeeld te geven van de relatieve grootte der beide effecten, nemen wij hierbij een diagram over uit een verhandeling van den Heer P. H. Gallé²⁾, waarin voor de stormen van December 1894, Maart 1906 en Januari 1916 de waterstanden te Harlingen zijn voorgesteld. De waargenomen standen zijn met voluit getrokken lijnen aangegeven. Zij worden verkregen als algebraïsche sommen van de windstuwung, die door een streep-puntlijn, en de

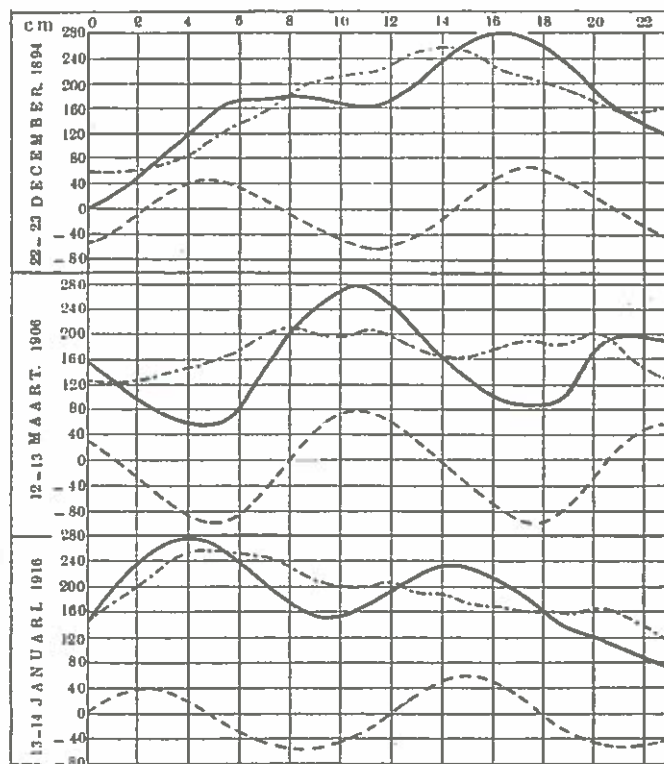


22 December 1894, 7 p. m.

¹⁾ De barometerstanden zijn herleid tot zeeniveau en 45° breedte. Voorzover de windsterkte niet bekend is, zijn pijlen geteekend zonder veeren.

²⁾ Stormvloeden langs de Noordzee- en de Zuiderzee-kusten. Uitgegeven door de Zuiderzee-Vereeniging.

getijbeweging, die door een streeplijn is aangeduid. Volgens Gallé vertoont 22 December 1894 het type van *zwak ontwikkeld doottij* met *sterk ontwikkelde stuwing*, 12 Maart 1906 van *matig ontwikkeld*



Waterstand te Harlingen —, berekend uit getij ---- en windstuwing 0 = middag, 12 = middernacht.

springtij met *matige stuwing*, 13—14 Januari 1916 van een *gemiddelde getijhoogte* met *sterk ontwikkelde stuwing*.

Op 12 Maart 1906 was de storm van slechts matige sterkte en waren de buitengewoon hoge waterstanden (die voornamelijk in Zeeland voorkwamen) in de eerste plaats aan den sterken invloed der getijbeweging te danken. De stormen van 1894 en 1916 waren zeer hevig.

Wij laten hieronder eenige gegevens volgen omtrent de windsnelheid op 22 December 1894.

Grootste windsnelheden in meters per seconde, druk in kg/m².

	Gemiddeld per uur.			Sterkste stoot.		
Utrecht	—	20 m p.s.	30 kg	8.30 p	26 m p.s.	50 kg
Vlissingen	—	—	—	3.30 p	36 "	95 "
Katwijk	—	—	—	6.30 p	34 "	85 "
Den Helder	—	—	—	7 p	37 "	100 "
Leeuwarden	4—6 p	30 m p.s.	70 kg	4.30 p	38 "	110 "
Oude Wetering	—	—	—	—	33 "	80 "

De storm kondigde zich aan door een depressie-kern van 730 mm, die den 22sten ten O van Schotland verscheen en dien dag in het N langs ons land trok. De grootste windkracht werd bereikt in het noorden van het land, zooals uit de volgende tabel moge blijken.

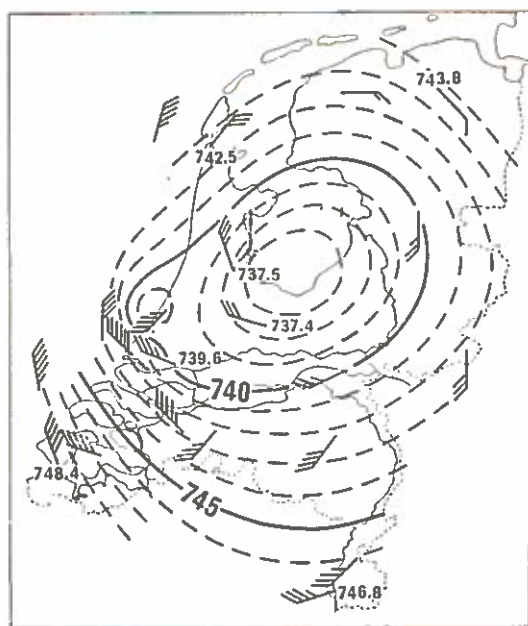
Windrichting en windkracht Beaufort.

22 Dec. 1894.	8 a	2 p	7 p	22 Dec. 1894.	8 a	2 p	7 p
Den Helder	SW 9	SW 9—10	WNW 11	Hellevoetsluis	SSW 9	WSW 9	(8 p) WNW 9
Leeuwarden	S 9	S 10	(8 p) WNW 11	Vlissingen	SW 8	WNW 9	NW 9
Groningen	S 8	SW 8	SW 8	Tilburg	SW 6	W 7	— 6
Assen	S 8	SW 8	—	Slijk-Ewijk	SSW 7	(1 p) WSW 7	(8 p) W 8
Amsterdam	SSW 6	SW 9	(8 p) WNW 9	Winterswijk	S 7	SW 7	SW 8
Utrecht	S 8	SW 8	W 7	Maastricht	SW 7	SW 7	SW 7

	22 December.			23 December.		
	0 p	4 p	8 p	0 a	4 a	8 a
Terschellingbank	SW 10—11	WSW 11	W 11	WNW 11—10	WNW 10	WNW 7
Haaks	WSW 10	WNW 10	NW 10	NNW 10	N 8	NNW 6
Maas	WSW 9	W 10	NW 9	NW 9	NW 7	NW 7
Schouwenbank	W 8—10	NW 10	NW 10—8	NW 8—7	NW 7—6	NNW 6—4
Noord-Hinder	WSW 10	W 10	WNW 10	NW 10—7	NW 8—7	NW 6
Den Helder	SW 9	WSW 9	W 10—11	NW 9—10	NW 8	NW 6
Oude Wetering	SW 10	WSW 10	W 11	NW 9	NW 7	W 6

Op het kaartje zijn de windrichting, de windkracht en de luchtdrukking te 7 n.m. aangegeven.

30 September—1 October 1911. Deze storm, die de oorzaak was van groote verwoesting in het Haagsche bosch, verschilde in zooverre van de meeste andere, dat het centrum over ons land trok, in plaats van ten N er langs te trekken. De verschijnselen, die bij stormen optreden, laten zich aan deze storing bijzonder goed demonstreeren en wij nemen daarom de bijdrage, door van Everdingen voor „Hemel en Dampkring” ¹⁾ geschreven, hier bijna in haar geheel over.



30 September 1911, 7 p. m.

Amsterdam een minimum van iets meer dan 736 mm bereikte. Te De Bilt, waar het minimum 737 mm werd, was de barometer in 24 uur bijna 30 mm gedaald. De oorzaak van deze buitengewoon snelle daling moet waarschijnlijk worden gezocht in de samenwerking der beide factoren, waaraan men in de laatste jaren het ontstaan van depressies toeschrijft. De snelle stijging in den rug van de depressie hing dan samen met een zeer uitgebreiden kouden noordelijken luchtstroom in de onderste luchtlagen, de daling aan de voorzijde met een warmen zuidelijken luchtstroom op groote hoogte.

„Merkwaardig was de depressie, welke den storm veroorzaakte, al dadelijk in haar snelle ontstaan: op 29 September slechts aangeduid door een uitbuiging van de lijn van 765 mm barometerstand ten W van Schotland, die in den loop van den dag toenam, doch blijkens de Engelsche berichten van 's avonds nog slechts een gesloten lijn van 762.5 mm omvatte, terwijl op 30 September 's morgens reeds een kern van minder dan 750 mm aan de oostkust van Engeland lag, en dien eigen avond de barometer te

¹⁾ Nov. 1911, blz. 101. Van denzelfden schrijver: „De Storm van 10 Sept.—1 Oct. 1911 in het Haagsche Bosch.” Staatsboschbeheer.

De stormachtige N.lijke en Z.lijke winden, aan weerszijden van de depressie waaiend, gaven bij het centrum aanleiding tot het ontstaan van een wervel, waarvan de middelpuntvliedende kracht de barometerdaling verder deed toenemen — hetzelfde wat men bij tropische cyclonen regelmatig waarneemt.

Zoodra door het oostwaarts trekken der depressie en de wrijving over het land beide factoren in mindere mate hun invloed deden gelden, nam de diepte van het centrum weer af, en de kracht van den storm eveneens. Te Groningen was de storm niet buitengewoon zwaar, en reeds den volgenden morgen was de kern boven Duitschland nog slechts weinig beneden 745 mm.

De groote kracht van den storm werd veroorzaakt door de groote barometerverschillen op korten afstand. Vooral aan de achterzijde der depressie werden deze zeer groot: in den driehoek Vlissingen—De Bilt—Den Helder 30 September 7 n.m. 12.5 mm per graad, terwijl 2 à 3 mm reeds stormvlagen kunnen veroorzaken. — Een onderzoek in de omgeving van den Hoek van Holland leerde, dat even noordelijk van den Hoek een secundaire kern der hoofddepresie is gepasseerd. Tijdelijk komt ten zuiden van die kern een gradiënt van 19 mm per graad voor (4 mm op 23 km); de geweldige kracht van den wind aan de achterzijde van die depressiekern moet zich, zij het ook in iets verminderde mate, later ook in de omgeving van het Haagsche Bosch hebben doen gevoelen. In dit verband zij vermeld, dat de Heer F. A. K o c h te Scheveningen met een handanemometer gedurende eenigen tijd een gemiddelde snelheid van 34 meters per seconde constateerde. — Alleen de geringe uitgestrektheid van het gebied, waar de gradiënt zoo groot was en de sterke kromming der windbanen maakte, dat de wind niet nog veel sterker was, en de grootste kracht werd bereikt, toen ons land bij het omslaan van den wind naar het noorden in het gebied kwam, op het avondkaartje van 30 September boven de Noordzee gelegen, waar over vrij groote uitgestrektheid een gelijkmatige gradiënt van ruim 6 mm per graad voorkwam, die voldoende is, om een wind van orkaankracht voort te brengen.

Inderdaad zijn de gemiddelde windsnelheden, die in den noordenwind bereikt werden, weinig beneden orkaankracht gebleven, en hebben de windvlagen orkaankracht bereikt.

Dat de schade aan boomen toegebracht bijzonder groot was, zal behalve aan den drogen zomer ook geweten moeten worden aan den vroegen datum, en aan den zwaren regenval, die den storm vergezelde.

In Zeeland, Zuid- en Noord-Holland, Friesland en Groningen viel meestal 20 à 30 mm, op de Noordzee-eilanden Texel tot Schiermonnikoog en de Friesche en Groningsche kuststrook zelfs 30 à 40 mm. Het hoogst waren Hollum op Ameland met 40.1 en Oterdum aan de Eems met 48.1 mm."

Op het kaartje van 7 n.m. is de secundaire kern ten N van den Hoek van Holland duidelijk te onderkennen aan de verschillen in windrichting aan den Hoek, op het lichtschip Maas en te Katwijk. De atmosferische toestand moet wel zeer gunstig zijn geweest voor het vormen van kleine secundaire kernen: bij Elburg is omstreeks 7 n.m. ook een kleine kern voorbijgetrokken (de windrichting was te 6 n.m. ZZO 4 B., te 8 n.m. ONO 3 B.). Op het lichtschip Terschellingerbank was te 4 n.m. de windrichting ZW (8—4 B.), terwijl op het lichtschip Haaks NNO 10 B. werd genoteerd; blijkbaar is een secundaire kern ten N van Terschellingerbank langs getrokken. De sterk afwijkende windrichting te Hoorn wijst eveneens op een secundaire storing en wellicht moet het opvallende verschil tusschen Oudenbosch en Breda op analoge wijze worden verklaard. Bij het trekken der isobaren is met de aanwezigheid der kleine secundaire kernen geen rekening gehouden.

In het Haagsche Bosch is waarschijnlijk van 10—12 uur 's avonds de grootste verwoesting aangericht, bij N.wind, want de meeste boomen lagen met hunne toppen in Zuidelijke richting, met geringe afwijkingen in de richting ZZW en ZZO.

Hieronder worden eenige opgaven vermeld betreffende de grootste windsnelheden.¹⁾

Hoogste windsnelheden in meters per seconde.

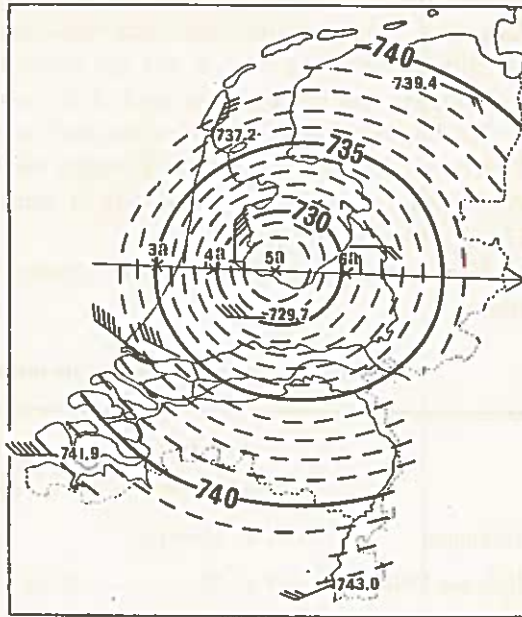
	Gemiddeld per uur.	Sterkste stoot.		
Den Helder	23.0 (8.15—9 p)	31.5	70	kg
Leeuwarden	—	27	55	"
Groningen	12.2 (11—12a, 1 Oct.)	—	—	—
Amsterdam	—	35—37	90—100	"
De Bilt	19.5 (11—12 p)	29.6	70	"
Elburg	—	28	60	"
Hoek van Holland	30 (6—10 p) = 70 kg	38	110	"
Rotterdam	—	38	110	"
Vlissingen	19.4 (5—6 p)	38	110	"
Maastricht	12.8 (8—9 p)	17	35	"

¹⁾ De winddrukken in kg voor Den Helder, De Bilt en Maastricht zijn berekend uit de opteckeningen van den windsnelheidsmeter van Dines, omgekeerd zijn de windsnelheden te Amsterdam, Rotterdam, Hoek van Holland, Elburg en Leeuwarden en die voor den sterksten stoot te Vlissingen uit den winddruk berekend.

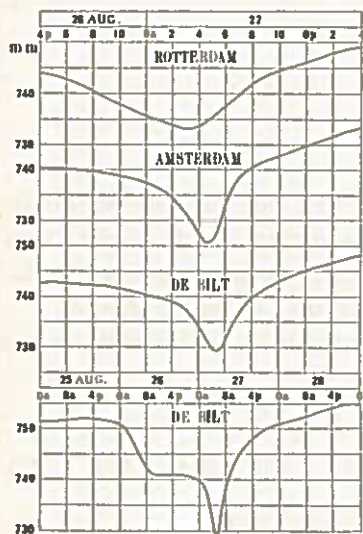
De grootste windkracht was te Leeuwarden 8 Beaufort te 12 uur 's middags van 30 September en te 0, 2 en 4 v.m. van 1 October, te Elburg 8—9 Beaufort te 0, 2 en 4 v.m. van 1 October.

27 Augustus 1912. Tot dezelfde soort als de boven vermelde, n.l. tot stormcentra die over het land trekken, behooren de zomerstormen van 27 Augustus 1912 en 23 Juli 1913. De volgende bijzonderheden hebben betrekking op den storm van Augustus 1912.

Den 26sten lag een gebied van lage luchtdrukking ten W van ons land; aan den zuidrand vormde zich een secundaire depressie, die gedurende den nacht over ons land trok en daarbij



27 Augustus 1912, 5 a. m.



sterk in diepte toenam. Te De Bilt, maar vooral te Amsterdam, waar het centrum overheen is getrokken, daalde de barometerstand met buitengewone snelheid, om later weer even snel te rijzen. De hierbij gereproduceerde diagrammen doen zien, dat de barometerverandering den indruk maakt, of een cyclooncentrum is voorbijgetrokken. In het onderste diagram van De Bilt is duidelijk de invloed van een gewone depressie te onderkennen, waarop een korte storing gesuperponeerd is. Rotterdam geeft den invloed op grooten afstand te zien.

Te Amsterdam ging de wind, die eerst met stormkracht uit het zuiden woei, bij het passeeren van het centrum geheel liggen en kwam daarna uit het noorden, wederom toenemende in kracht. Te De Bilt daalde de barometer 10 mm beneden den laagstbekenden stand in Augustus. Het centrum passeerde tusschen 4 en 5 v.m. ten noorden van De Bilt en tusschen 5 en 6 uur ten zuiden van Elburg. Op het kaartje is de plaats van het centrum te 3, 4, 5 en 6 v.m. aangegeven.

De luchtdrukgradiënt bereikte te 5 v.m. een bedrag van 9 mm op 57 km, of 17.5 mm per graad. Evenals bij den storm van 30 September 1911 kwam een drukverschil van 4 mm voor over een afstand van 23 km (19 mm per graad).

Een overzicht van eenige der grootste windsnelheden volgt hieronder.

Hoogste windsnelheden in meters per secunde.

	Gemiddeld per uur.				Sterkste stoot.		
Groningen . . .	0—1 a	5.8 m p. s.	—	—	—	—	—
Hoek van Holland	1—4 a	27 "	55 kg	1.15 a	41 m p. s.	125 kg	—
De Bilt	3—4 a	19.4 "	—	3.55 a	29 "	—	—
Elburg	6—7 a	14 "	15 kg	6.40 a	17 "	22 kg	—
Vlissingen . . .	1—2 a	22.7 "	—	—	—	—	—
Maastricht . . .	8—9 a	11 "	—	7.55 en 8.10 a	19.5 m p. s.	—	—

Dat bij de zeer groote drukverschillen niet nog hoogere snelheden zijn waargenomen, moet wel worden toegeschreven aan de sterke kromming der isobaren en aan den korten duur, die de depressie in het sterkste stadium van hare ontwikkeling schijnt te hebben gehad.

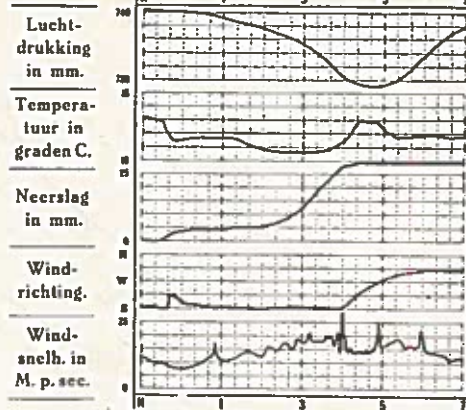
De storing ging van zwaren regenval vergezeld, te De Bilt werden de volgende regenhoeveelheden opgeteekend.

26 Augustus 1912	11—12	27 Aug.	12—1	1—2	2—3	3—4	4—5
Regenval in mm	3.8		0.3	1.0	7.4	15.6	1.5

De regen viel vóór het passeeren van het centrum.

Het bijgevoegde diagram, dat aan het „Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid” is ontleend, dient ter nadere toelichting.

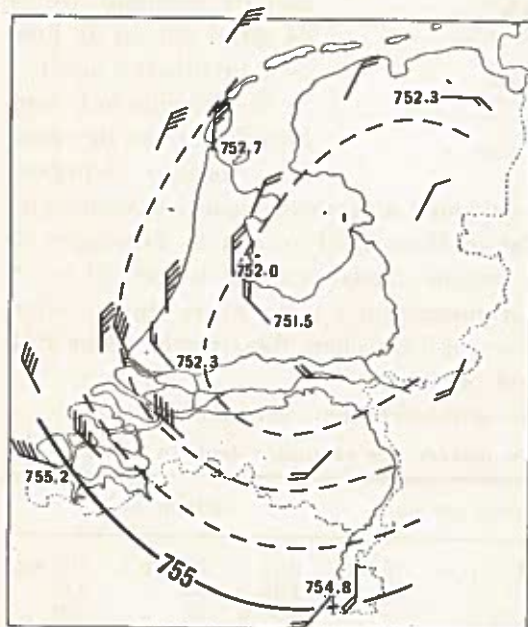
23 Juli 1913. Een geheel ander beeld geeft de depressiekern van 23 Juli 1913, die eveneens dwars over ons land trok, in ZZO.lijke richting. De wind bereikte geen grootere sterkte dan stormachtige wind, in verhouding tot de windsterkte liggen echter de isobaren veel verder uiteen dan



De Bilt.

Storm in den nacht van 26 op 27 Aug. 1912.

tijdens den storm van 27 Augustus 1912.



23 Juli 1913, 8 a. m.

28—29 December 1914.

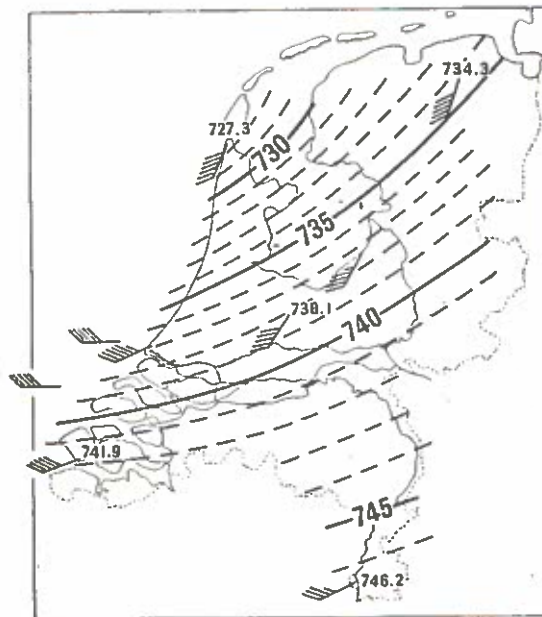
Deze storm is beschreven door Hartman in „Hemel en Dampkring” ¹⁾. Wij nemen uit die beschrijving het volgende over.

„De storm heeft zich gekenmerkt door de bijzonder groote winddrukkingen, welke er bij voorkwamen, als door de uitgebreidheid van het gebied, waarover hij zich uitstreckte, en in verband hiermede den langen duur, gedurende welken hij woedde.

Twee depressies trokken dien nacht achtereenvolgens op korten afstand ten Noorden

¹⁾ Jan. 1915, afl. 9.

van ons land. De eerste kenmerkte zich door een vrij plotselinge



29 December 1914, 4 a. m.

stijging van de luchtdrukking met ongeveer 1 mm kwik, welke te Vlissingen te 9 uur, te De Bilt te 9.50, te Den Helder te 10.0 en te Groningen te 11.15 's avonds plaats vond; deze depressie verplaatste zich derhalve met een zeer groote snelheid, zooals meervoorkomt bij secundaire depressies, die zich om de kern van de hoofd-depressie bewegen, n.l. met de snelheid, welke de wind dan in de hogere luchtlagen heeft.

Gedurende het voortrekken van de tweede, diepere depressie

vond een van uit het Zuiden gekomen algemeene luchtdrukverhooging plaats, die tengevolge had, dat te Maastricht en ook te Vlissingen de barometerstand na 10 uur 's avonds steeds gestegen is, terwijl hij te Den Helder tot 4 uur en te Groningen tot 6 uur v.m. is blijven dalen. Te 3.35 bedroeg het luchtdrukverschil tusschen Maastricht en Den Helder, beide op zeeniveau herleid, 20 mm."

Hieronder zijn de grootste windsnelheden vermeld.

Grootste windsnelheden in meters per seconde; druk in kg/m².

	Gemiddeld per uur.			Sterkste stoot.		
Vlissingen ¹⁾ . . .	10—11 p	32 m p.s.	75 kg	9.0 p	35 m p.s.	100 kg
Hoek van Holland .	1—2 a	28 "	60 "	1.45 a	42 "	130 "
De Bilt	3—4 a	22.5 "	—	3.30 a	28 "	59 "
Den Helder. . . .	3—4 a	29 "	—	3.45 a	40 "	122 "
Groningen	5—6 a	25 "	—	—	—	—
Elburg	4—5 a	20 "	30 kg	4.55 a	34 m p.s.	90 kg

¹⁾ De gemiddelde snelheid van 32 m p.s. = 75 kg is waarschijnlijk te hoog (zie blz. 60).

„Te Vlissingen was gedurende 9 uren de gemiddelde windsnelheid (per uur) meer dan 20 meters per secunde, en gedurende 6 uren (9—3 uur) meer dan 25 m.p.s.¹⁾ Te Den Helder was de gemiddelde snelheid 6½ uur 20 m.p.s. of meer, en 4 uren 25 m.p.s. of meer, te Groningen resp. 4 en 2 uren; te De Bilt was van 12 tot 5 uur de windsnelheid ruim 20 m.p.s.”

Op de hoofdstations werden de volgende barometerstanden waargenomen (gecorrigeerd tot zeeniveau en 45° breedte).

700 mm +

	8 p	9	10	11	12	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9
Groningen . . .	40.7	39.3	37.4	36.5	37.3	37.2	37.2	36.1	34.3	33.1	32.0	32.0	33.0	35.5
Den Helder . . .	37.4	35.6	34.2	34.1	33.1	32.0	29.6	28.6	27.3	28.0	29.8	32.9	36.6	41.0
De Bilt	38.8	37.9	38.3	38.5	38.5	38.3	38.4	38.0	38.1	38.8	39.7	40.9	42.2	44.7
Vlissingen . . .	37.2	37.3	37.2	38.0	38.4	39.2	39.7	41.1	41.9	42.8	43.9	45.3	47.4	49.1
Maastricht . . .	41.1	40.5	41.4	42.9	43.7	44.0	45.0	45.8	46.2	46.4	47.1	47.7	48.7	49.9

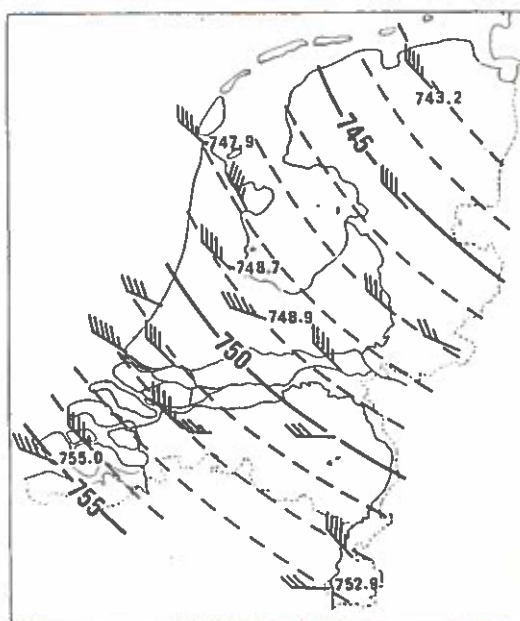
Uit het bijgevoegde kaartje voor 4 uur in den morgen van den 29sten blijkt, dat deze storm een groote overeenkomst vertoont met den beruchten Pinksterstorm van 25 Mei 1860 (zie het kaartje van dien storm voor 2 uur 's namiddags), waarmede hij ook, wat langen duur en groote uitgebreidheid betreft, te vergelijken is. Op 29 December 1914 waren echter de drukverschillen grooter. De luchtdrukgradiënt bedroeg bij den Pinksterstorm tusschen Den Helder en De Bilt 8 mm per graad, op 29 December 1914 12 mm per graad.

13 Januari 1916. Deze noordwesterstorm is vooral berucht door de hooge waterstanden, die hij heeft veroorzaakt in de Zuiderzee, waardoor o. a. een deel van Noord-Holland is overstroomd.

Den 13den 's morgens lag een gebied van lage luchtdrukking boven het zuidelijkste gedeelte van Noorwegen, welk gebied zich in den loop van den dag naar de Deensche eilanden verplaatste. Dientengevolge woeien reeds van den morgen van den 13den af stormachtige W.lijke tot NW.lijke winden over het N van ons land. Toen in den namiddag de luchtdrukking ten ZW van ons land begon te stijgen, terwijl de depressie vrijwel stationnair bleef, nam de luchtdrukgradiënt toe (te 4 n.m. tot 5.3 mm per graad tusschen Vlissingen en Groningen, 6.0 mm per graad te 3 n.m. in den driehoek Den Helder—De Bilt—Groningen)

¹⁾ Zie vorige noot.

en woei over het grootste deel van ons land een NW.wind met stormkracht.



13 Januari 1916, 7 p. m.

Vergeleken met andere stormen was de gradiënt betrekkelijk klein, maar daartegenover staat, dat de toestand tamelijk lang vrijwel stationair bleef en dat de wind direct uit de volle zee kwam.

De grootste snelheden worden hieronder opgenomen.

Grootste windsnelheden in meters per seconde; druk in kg/m².

	Gemiddeld per uur.			Sterkste stoot.		
Vlissingen . . .	5—6 p	16.8 m p. s.	—	40 p	20 m p. s.	30 kg
Hoek van Holland	4—5 p	27 "	55 kg	4.45 p	42 "	130 "
De Bilt	7—8 p	22.3 "	—	5.55 p	31 "	—
Den Helder . . .	3—4 p	24 "	—	7.10 p	32.5 "	—
Groningen . . .	5—6 p	22.2 "	—	—	—	—

Deze storm, die gedurende 15 achtereenvolgende uren volle stormkracht bereikte en geleidelijk van W tot WNW omliep (te Den Helder

was de gemiddelde windsnelheid per uur van 13 Jan. 12 uur 's middags tot 14 Jan. 4 v.m. 17 m.p.s. of daarboven, de W.richting veranderde te 5 n.m. tot NW, te 11 n.m. tot NNW), heeft een buitengewoon sterke opstuwing van het water veroorzaakt.

In de omgeving van Harlingen werden stuwingeffecten bereikt, die slechts te vergelijken zijn met die van den storm van 22 December 1894 en den beruchten stormvloed van 3—5 Februari 1825, n.l. van 2.50 tot 2.60 m boven A.P. In de Zuiderzee, waar de NW.lijke windrichting de meest gunstige is voor de opstuwing, steeg het stuwings-effect boven 3 meter (Elburg 3.07 m boven A.P. te 5 v.m., Nijkerk 3.32 m te 4 v.m., Oranjesluizen 2.89 m te 3 v.m.).¹⁾

Door een langdurige periode van buig en stormachtig weder uit het ZW tot NW in den Atlantischen Oceaan was het Noordzee-peil tusschen 1 en 12 Januari gemiddeld ongeveer 50 cm boven het normale peil opgezet.²⁾ Dit, gevoegd bij den zeer krachtigen WNW.- tot NW. storm, die langer dan één getij heeft aangehouden, en den tamelijk hoogen stand der bovenrivier, heeft ook op den Rotterdamschen Waterweg buitengewoon hoogen waterstand teweeggebracht, zoodat deze stormvloed, met dien van 23 December 1894 en 12—13 Maart 1906 tot de belangrijkste behoort van die, welke in de laatste 30 jaren waren voorgekomen. Dicht bij den mond der rivier was de hoogste stand op 23 December 1894 hooger dan op 13—14 Januari 1916 (Maas-sluis 325 cm boven N.A.P. tegen 304), hoogerop was de stand van Januari 1916 de hoogste (Krimpen a/d Lek 301 in 1894 tegen 335 in 1916).

6 November 1921. Aan de beschrijving van van Everdingen in „Hemel en Dampkring”³⁾ ontleenen wij het volgende:

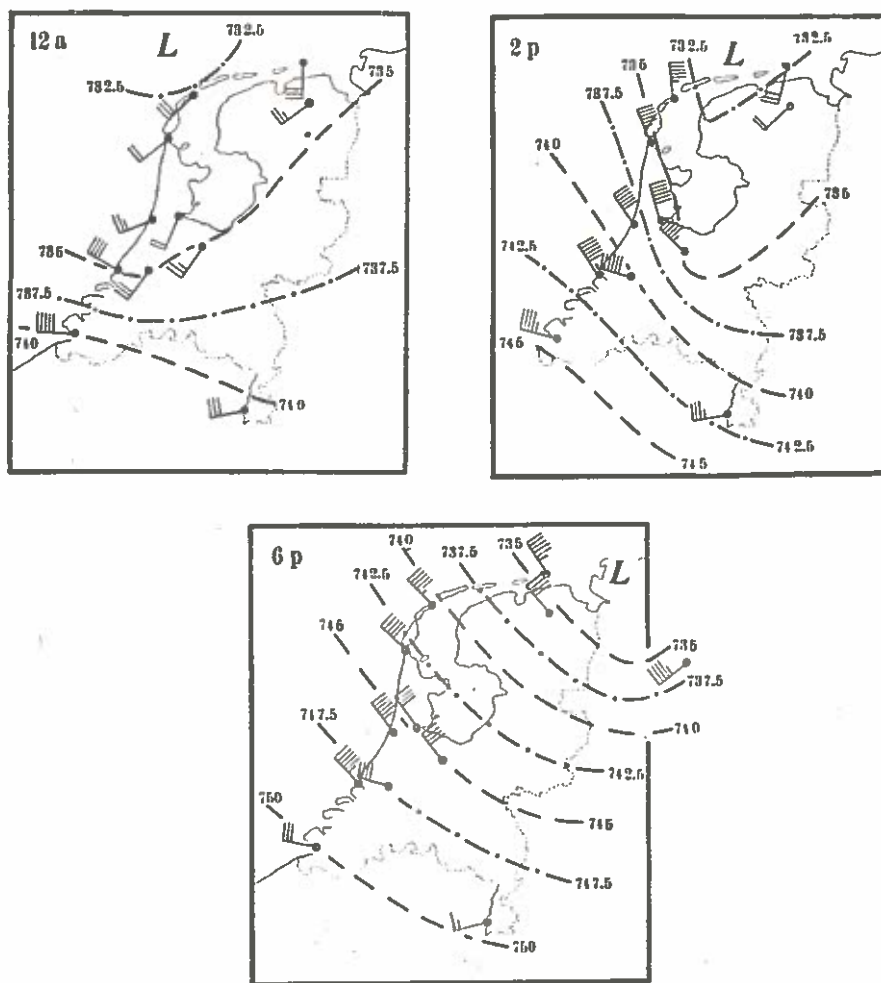
„De noordwesterstorm, welke 6 November ons land heeft geteisterd, hoort tot de hevigste, welke tot dusver zijn opgeteekend, zoodat op sommige plaatsen de grootste windsnelheid of winddruk, vroeger bereikt, werd overschreden. De omvang van het gebied, waar de wind

¹⁾ Ontleend aan P. H. Gallé. Stormvloeden langs de Noordzee- en de Zuiderzeekusten. Uitgave Zuiderzee-vereeniging. 1917.

²⁾ Verslag van de Staatscommissie, benoemd bij K. B. van 20 Maart 1916, n°. 23. Bijlage II bevat een 8-tal isobarenkaartjes, geteekend met 4 uren tusschentijd. Volgens het verslag (blz. 7) steeg door een secundaire depressie op de zuidelijke Noordzee het drukverschil tusschen Hoek van Holland en Vlissingen tot 6 mm per graad.

³⁾ Jaargang 1921—1922, afl. 8. blz. 116.

een zeer groote kracht bereikte, was grooter dan op 30 September 1911, toen het Haagsche bosch voor de eerste maal zwaar heeft



6 November, 1921.

geleden; de duur van de groote windkrachten was echter geringer dan op 13 Januari 1916, toen de Zuiderzee een deel van Noord-Holland overstroomde. Reeds Zaterdag 5 November had het vrij hard uit het NW gewaaid, maar bij de nadering van een nieuwe vrij snelle daling uit het W was de wind afgenomen en gekrompen, om daarna bij

ZW.richting weer te gaan toenemen. 's Ochtends den 6den was de wind in het W van ons land weer tot een matigen ZW.storm aangegroeid, terwijl over de Britsche eilanden een NW.storm woei. Te Den Helder was in 3 uur tijds de barometer 8 mm gezakt, welke daling snel oostwaarts trok, en het was te voorzien, dat bij het ruimen van den wind na het voorbijtrekken van de kern, die in 24 uur tijds 17 mm dieper werd, een stormachtige NW.wind zou optreden, zoodat 's ochtends het sein voor ZW.storm met ruimenden wind werd geschen. De kracht van den NW.storm overtrof echter verre de verwachtingen. Terwijl op de Britsche eilanden de stijging van den barometer in 3 uur op de meeste stations niet meer dan 2 mm bedroeg, rees de barometer hier te lande na het omslaan van den wind bijna 8 mm in 3 uur, zoodat omstreeks 2 uur n.m. in het W en ZW van ons land uiterst groote drukverschillen waren ontstaan, n.l. 8 mm per 100 km in NO.lijke tot O.lijke richting, terwijl plaatselijk nog grooter verschil, ongeveer 11 mm per 100 km optrad. Onze kaartjes geven dit gebied van sterksten gradiënt te zien bij Vlissingen te 12 uur, sterker nog over Zuid-Holland te 2 uur en in het NO te 6 uur. Overal in het W is de grootste windkracht in stooten bereikt kort na het omslaan van den wind naar NW.

De buitengewoon snelle daling en rijzing van den barometer in de nabijheid van ons land geeft deze depressie een cycloonachtig karakter. Waar het verschijnsel zich alleen op een klein gebied ten ZO van de Noordzee heeft voorgedaan, mogen wij de onderstelling wel uitspreken, dat de groote snelheden, die de wind op de Noordzee bereiken kon en de kromming der windbanen, die door de groote wrijving over land bij onze kust bijzonder sterk moest zijn, hebben medegewerkt om den luchtdruk dynamisch te doen verminderen, doordat de snelheid van den wind te groot was om de nog sterker gekromde isobaar te volgen en zoo de lucht van de lagere naar de hoogere drukking werd verplaatst — een verschijnsel, dat zich bij de vorming van secundairen in dezen hoek meer voordoet, maar dat alleen bij bepaalde depressiebanen tot groote ontwikkeling kan komen.

De vernielingen door den storm zijn vele geweest. We vermelden hier alleen die van het Mastbosch, waar op meer dan een plaats over oppervlakten van meer dan een hectare 75—100 % van alle aanwezige boomen werden omgeworpen. De hoofdrichtingen daarbij opgemerkt zijn NW en WNW; waarschijnlijk is de eerste richting bij de eerste zware vlagen voorgekomen en heeft de vrij langdurige WNW.

'storm, die volgde, de reeds losgewerkte boomen meer geleidelijk geveld.

Vroeger hebben wel zwaardere stormen gewoed; de groote vernieling van de bosschen ditmaal zal wel voor een groot deel aan den drogen bodem en in de tweede plaats aan den betrekkelijk vroegen datum en den laten herfst moeten worden geweten, waardoor de boomen nog een groot deel van hun bladerdosch behouden hadden."

Hieronder worden eenige gegevens vermeld betreffende de grootste windsnelheden.

Hoogste windsnelheden in meters per seconde; druk in kg/m².

	Gemiddeld per uur.			Sterkste stoot.		
Vlissingen	12—1	23 m p.s.	40 kg	12.30	43 m p.s.	140 kg
Hoek van Holland .	12.15—1.15	32 "	75 "	12.30	45 "	150 "
IJmuiden.	1—2	30 "	—	1.30	40 "	—
De Bilt	1—2	26 "	—	1.35	30 "	—
Den Helder	1—2	25 "	—	1.50	32 "	—
Amsterdam	1.45—2.35	29 "	60 kg	2.00	41 "	126 kg
Elburg	3—4	27 "	55 "	3.30	39 "	115 "
Vlieland	3—4	26 "	—	3.00	34 "	—
Rottumeroog	4.30—5.30	28 "	—	5.00	35 "	—
Maastricht	1—2	12 " ¹⁾	—	1.00	24.5 " ¹⁾	—
Rotterdam	—	> 23 "	—	—	> 35 "	—
Groningen	4—5	19 "	—	—	—	—

De stations Vlissingen t/m Rottumeroog zijn gerangschikt in tijdsorde van de sterkste windstooten, voorzoover zij voorkwamen na het omslaan van den wind naar NW. „Te Maastricht kwam de grootste windsnelheid voor bij W.wind. Te Vlissingen was, vóór het hoofdmaximum, reeds een aanmerkelijke kracht, Beaufort 10, voorgekomen bij WZW.richting, wat wellicht de vernielende werking van den NW.wind, die vooral in het Mastbosch' opmerkelijk was, heeft voorbereid."

¹⁾ De windmeter wijst te laag aan.

Hieronder volgt een overzicht van de wijze, waarop de sterkste winddraaiing en sterke vermeerdering van windsnelheid plaats vond.

	Verandering der richting.	Toeneming der snelheid.
Vlissingen. . . .	8.25-9: Z-WZW, 11-12: WZW-WNW.	8.25-9: 5-22 m p.s., stijgt daarna geleidelijk.
Hoek van Holland	12.15: WNW-NW, plotseling.	12.15: 16-40 m p.s., plotseling.
IJmuiden	1.00: WNW-NW, snel.	1.00: 10-30 " in 10 min.
Den Helder	12.55: ZW-NNW, in 5 min.	12.55: 8-24 " " 5 "
Vlieland	1.05: ZW-N, plotseling.	1.05: 10-25 " " 1 uur.
Rottumeroog. . . .	3.50: Z-NW, in 5 min.	3.50: 7-26 " " 5 min.
Groningen. . . .	4.00: ZZW-NW, in 2 min.	3.55: 4-17 " " 10 "
De Bilt	12.50-1.35: ZZW-NW, geleidelijk.	1.40: 5-17 " " 10 "
Maastricht	10-1: ZZW-WZW, geleidelijk.	10-1: stijgt geleidelijk.

Te Maastricht en Vlissingen komt de snelle windtoename niet voor, ook is de draaiing van den wind daar geleidelijk. Het zeer snel toenemen van den wind komt op alle andere stations voor, behalve te Vlieland. Aan den Hoek van Holland en te IJmuiden was de wind reeds geleidelijk door het W gedraaid, voordat, tegelijk met een snelle kleine draaiing naar NW, de stormwind doorkwam, te De Bilt had de toeneming der windsterkte plaats iets na de draaiing naar NW. Te Den Helder, Vlieland, Rottumeroog en Groningen sloeg de wind snel over een grooten hoek om en tegelijkertijd had de aangroeiing der windsterkte plaats.

De snelle verandering van den barometer wordt door de volgende cijfers aangegeven.

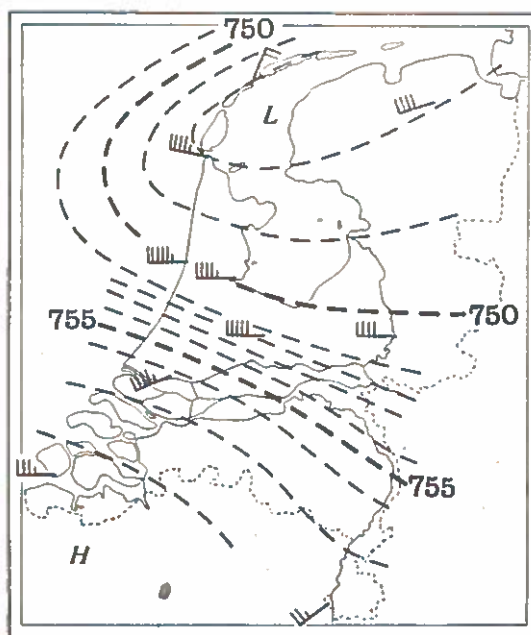
Luchtdrukking in millimeters (700 mm + de cijfers der tabel).

6 Nov. 1921.	10 a.m.	11	12	1 p.m.	2	3	4	5	Minimum.
Vlissingen	40.2	39.5	38.3	41.5	44.5	46.0	48.0	49.8	11 u 50
Den Helder	34.8	34.3	34.0	33.7	35.6	38.1	40.0	42.1	1 u 0
De Bilt	37.5	36.8	35.3	33.6	34.7	39.0	41.1	43.0	1 u 15
Groningen	36.7	34.9	33.9	33.5	33.1	32.9	33.0	35.0	4 u 0

Te Vlissingen en De Bilt valt het minimum ten tijde dat de wind geleidelijk naar WNW en NW draaide, de snelle windtoename kwam

te De Bilt later; te Den Helder en Groningen valt het minimum gelijktijdig met het doorkomen van den NW.storm en doet deze koude luchtstroom onmiddellijk den barometerstand snel stijgen.

9—10 Februari 1925. Deze storm is beschreven door van Everdingen.¹⁾ De algemeene luchtdrukverdeeling over Europa vertoonde niets buitengewoons. De storm had zijn ontstaan te danken aan een locale versterking van het vrij groote drukverval, dat zich op den middag van 9 Februari ten W. van Ierland vertoonde, 's avonds zich boven



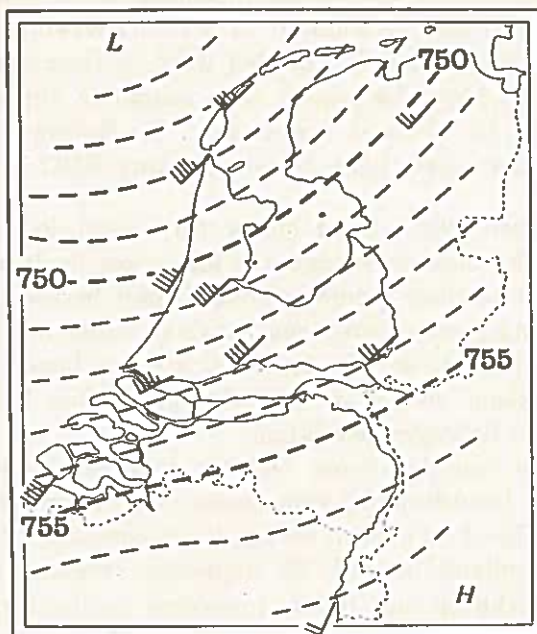
9 Februari 1925, 9 p. m.

Midden-Engeland bevond en 's nachts over ons land trok. De storm duurde slechts enkele uren, op het weerkaartje van den morgen van 10 Februari is niets meer van de storing terug te vinden.

In de streek tusschen Rotterdam en De Bilt nam te middernacht het drukverschil toe tot 5 mm op een afstand van 38 km, bijna 15 mm

¹⁾ Hemel en Dampkring. Jaarg. 23, Alf. 4, blz. 92.

per graad. Het gebied met zeer grooten gradiënt was betrekkelijk klein. Deze bleef nog geen 2 uur lang gehandhaafd.



10 Februari 1925, 0 a. m.

Hoogste snelheden in meters per secunde.

	Gemiddeld per uur.	Sterkste stoot.		Gemiddeld per uur.	Sterkste stoot.
Rottumeroog .	12.0 m p.s.	23 m p.s.	Elburg . . .	24.0 m p.s.	34 m p.s.
Vlieland . .	13.0 "	18 "	De Bilt . . .	19.3 "	31 "
Den Helder .	18.0 "	26 "	Hoek v. Holland	27.0 "	36 "
Groningen . .	18.0 "	—	Rotterdam . .	21.6 "	36 "
IJmuiden . .	24.0 "	31 m p.s.	Vlissingen . .	25.3 "	39 "
Amsterdam .	21.3 "	39 "	Maastricht . .	8.5 "	17 "

Het langgerekte gebied van lagen luchtdruk in het noorden van het land schijnt uit meer dan een kern te hebben bestaan. Te Rottumeroog slaat tusschen 10.35 en 11.10 n.m. de wind om van ZW door W naar NNO, terwijl te Vlieland binnen enkele minuten de wind omstreeks

11.30 omslaat van W tot NNO. Dit moeten 2 afzonderlijke kernen geweest zijn; de eerste, die betrekkelijk klein schijnt te zijn geweest, heeft waarschijnlijk de maximum-windsnelheid te Vlieland veroorzaakt (9.10—10.30 n.m., gemiddeld 13 m.p.s., ZW.wind) en is verantwoordelijk te stellen voor den harden wind te Groningen te middernacht, de tweede kern, die minder diep schijnt te zijn geweest, heeft den windomslag te Vlieland veroorzaakt. Te Rottumeroog is tot na het passeeren der eerste kern de windrichting NNO tot N gebleven.

9—10 October 1926. Deze storm zal vooral in de herinnering blijven voortleven door de schade, die hij op zee heeft aangericht. Op de kustplaatsen werden groote windsnelheden bereikt, maar op het land had de wind geen verwoestend karakter. Zulks moet wel daaraan worden toegeschreven, dat de depressie vrij ver benoorden ons land is voorbijgetrokken, zoodat de luchtdrukgradiënten boven ons land geen zeer groote bedragen bereikten.

In den loop van den 8sten October was bezuiden IJsland een gebied van lage luchtdrukking verschenen, dat zich in den morgen van den 9den sterk bleek te hebben verdiept (tot beneden 730 mm) en zich toen boven Schotland bevond. De depressie verplaatste zich verder oostwaarts, waarbij op den 10den 's morgens de luchtdrukking in het centrum, thans boven het Skagerrak, 725 mm bedroeg.

Een denkbeeld van het groote drukverval, dat op zee benoorden ons land is opgetreden, geeft het drukverschil tusschen Groningen (745.1 mm) en Blaavandshuk (W.kust van Jutland, 728.8 mm), dus juist over de Bocht van Helgoland, te 7.20 in den morgen van den 10den; het bedroeg 16.3 mm over 275 km, dat is gemiddeld 6.5 mm per graad. Over ons land bedroeg het toen 3.5 mm per graad.

Hoogste snelheden in meters per seconde.

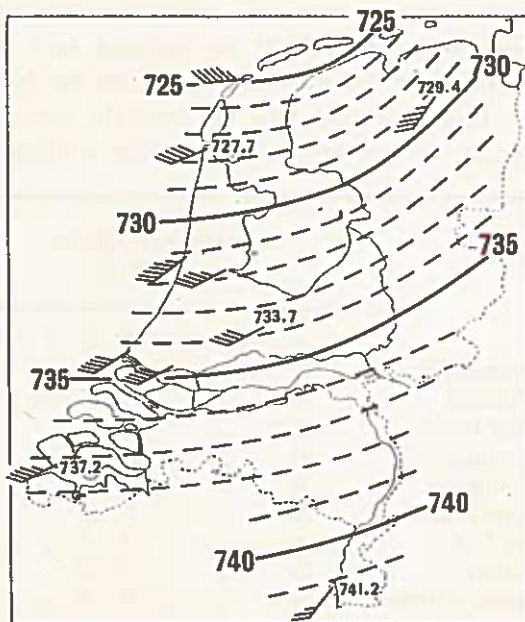
	Gemiddeld per uur.	Sterkste stoot.		Gemiddeld per uur.	Sterkste stoot.
Rottumeroog	23.0 (10; 5—6 a)	31 (10; 5.25 a)	Elburg	22 (10; 2—3 a)	31 (10; 2.10 a)
Vlieland . .	24.5 (9; 11—12 p)	32 (9; 4.40 en 11.50 p)	De Bilt	16.4 (9; 2—3 p)	23 (9; 2.40 p)
Den Helder .	24.0 (10; 0—1 a)	32½ (10; 0.30 a)	Hoek van Holland	26 (10; 0—1 a)	33 (10; 0.35 a)
Groningen .	15.2 (9; 1—2 p en 10, 0—1 a)	—	Vlissingen . . .	23.0 (9; 1—2 p)	35 (9; 10.20 p)
IJmuiden . .	25.0 (10; 1—2 a)	32 (10; 1.35 a)	Maastricht . . .	9.0 (9; 2—3 p)	20 (9; 2.40 p)

Op de Noordzee moet de windkracht groter zijn geweest dan aan onze kust. Hiervan getuigt o. a. de zeegang te Den Helder, waar op den 10den 's morgens, evenals te Blaavandshuk, het cijfer 9 werd genoteerd, het hoogste der schaal (buitengewoon hooge en wilde zee).

De stormen van November 1928. De tweede helft van November heeft zich onderscheiden door een reeks van zware stormen, uit het ZW van 16 op 17 en van 23 op 24, uit het NW van 25 op 26. De weersgesteldheid bleef voortdurend gekenmerkt door vroege winterkoude in het hoge Noorden (Spitsbergen) bij oostelijke winden en zeer zacht weder over West- en Zuid-Europa, en deze tegenstelling blijkt bijzonder gunstig te zijn geweest voor de herhaalde ontwikkeling van diepe depressiekernen in onze omgeving. In alle 3 hierboven genoemde gevallen trokken de depressiecentra op eenigen afstand ten noorden van ons land voorbij.

Het kaartje geeft den toestand weer te 10 uur 's avonds van den 16den, toen te Groningen de laagste barometerstand werd bereikt. De luchtdrukverdeling is eenigermate te vergelijken met die tijdens den beruchten Pinksterstorm van 1860 en den storm van 28—29 December 1914, behoudens het feit, dat de jongste storm van korteren duur was; daaraan is toe te schrijven, dat niet nog grootere windsnelheden zijn bereikt. Tijdens den storm van December 1914 steeg de gradiënt tusschen Den Helder en De Bilt tot 12 mm, tijdens den Pinksterstorm tot 8 mm en op 16 November 1928 tot 6.6 mm per graad.

Over het algemeen kwamen tijdens den storm van 16 op 17 Novem-



16 November 1928, 10 p. m.

ber de hoogste windsnelheden voor, nadat de laagste barometerstand was bereikt. Dit houdt verband zoowel met de richting van den wind, die dan over geruimen afstand over zee blaast en daar minder wrijving ondervindt, als met de dalende luchtstroomen, die de achterzijde der depressie kenmerken. Daarom viel tijdens deze phase ook bijna geen regen. Daaraan is het wel toe te schrijven, dat ruiten en electriche geleidingen op 17 November bedekt waren met een bruinachtigen of groenachtigen aanslag, die aan verstoven zeezout is toe te schrijven.

De noordwesterstorm van den 25sten op den 26sten vertoont veel overeenkomst met dien van 13 op 14 Januari 1916, die nog in de herinnering voortleeft in verband met de overstroming in Noord-Holland en de hooge waterstanden op den Rotterdamschen Waterweg.

Een overzicht van de grootste gemiddelde windsnelheden gedurende een uur en van de sterkste windstooten volgt hieronder.

	Grootste gemiddelde windsnelheid.		Snelheid tijdens de sterkste stooten.	
Storm van 16 op 17 November.				
Rottumeroog . .	25	m p.s. te 0—1 a.m.	33	m p.s. te 11.55 p.m.
Vlieland . . .	29	" " 10—11 p.m.	37	" " 10.20 "
Den Helder . .	25.5	" " 10—11 "	37	" " 9.10 "
Groningen . .	21	" " 10—11 "	—	—
IJmuiden . . .	28	" " 10—11 "	35	m p.s. te 11.20 p.m.
Amsterdam . .	20	" " 7—11 "	—	—
De Bilt . . .	20	" " 8—9 "	30	m p.s. te 8.15 p.m.
Elburg . . .	22	" " 9—10 "	33	" " 12 "
Hoek v. Holland	26	" " 8—9 "	34	" " 10 "
Vlissingen . .	24	" " 8—9 "	38	" " 9 "
Maastricht . .	11.5	" " 8—9 "	21	" " 1.55 a.m.
Storm van 23 op 24 November.				
Rottumeroog . .	24	m p.s. te 1—2 a.m.	33	m p.s. te 0.55 a.m.
Vlieland . . .	25	" " 0—1 "	33	" " 6.30 p.m.
Den Helder . .	22	" " 10—11 p.m.	29.5	" " 11.30 "
Groningen . .	16	" " 6—8 "	—	—
IJmuiden . . .	24	" " 11 p.m.—1 a.m.	33	m p.s. te 7.30 p.m.
Amsterdam . .	18	" " 6—7 p.m.	—	—
De Bilt . . .	17	" " 4—5 "	28	m p.s. te 6.35 p.m.
Elburg . . .	19	" " 7—8 "	29	" " 0.10 a.m.
Hoek v. Holland	17.5	" " 9—10 "	23	" " 9.30 p.m.
Vlissingen . .	21.5	" " 6—7 "	38	" " 6 "
Maastricht . .	13	" " 8—9 "	26	" " 8 "

	Grootste gemiddelde windsnelheid.		Snelheid tijdens de sterkste stooten.	
Storm van 25 op 26 November.				
Rottumeroog .	25	m p. s. te 2—4 a.m.	33	m p. s. te 2 a.m.
Vlieland . . .	27	" " 10—11 p.m.	34	" " 10.20 p.m.
Den Helder . .	24	" " 10—11 "	31.5	" " 11.05 "
Groningen . .	18	" " 2—3 a.m.	—	
Ijmuiden . . .	28	" " 10—11 p.m.	35	m p. s. te 10.50 p.m.
Amsterdam . .	21.5	" " 10—12 "	—	
De Bilt	17.5	" " 11—12 "	26.5	m p. s. te 6.10 p.m.
Elburg	22	" " 0—2 a.m.	29	" " 11.45 "
Hoek v. Holland	24	" " 11 p.m.—1 a.m.	30.5	" " 12 "
Vlissingen . .	16	" " 6—7 p.m.	37	" " 3.25 a.m.
Maastricht . .	10	" " 1—3 a.m.	19	" " 11.20 p.m.

De grootste windsnelheden werden derhalve over het algemeen bij den eersten storm bereikt. De voornaamste uitzondering vormt Maastricht, waar de storm van 23 op 24 het hevigst was, de stoot van 26 mp.s. overtreft daar zelfs de hoogste tot nog toe waargenomen snelheid. Andere recordcijfers zijn niet behaald, behalve te Vlieland met een stoot van 37 m p.s. op den 16den.

De eerste twee stormen kwamen daarin met elkaar overeen, dat de windrichting overwegend WZW was en slechts weinig ten noorden van het westen kwam; de storm van 25 op 26 November daarentegen bereikte zijn grootste hevigheid bij NW.lijke windrichting, welke langen tijd aanhield en sterke opstuwing aan de kusten van de Noordzee en Zuiderzee tengevolge had.

Eenige gegevens omtrent de voorgekomen luchtdrukgradiënten volgen hieronder.

Gradiënt in mm per graad.

	Driehoek Vlissingen—De Bilt—Den Helder.				Driehoek Den Helder—De Bilt—Groningen.			
Grootste gradiënt.								
1e storm	7.2 mm	te 7 en 8	p.m., 16 Nov.		7.8 mm	te 8	p.m., 16 Nov.	
2e "	5.6 "	" "	2 p.m., 23 Nov.		6.0 "	" "	2 " 23 "	
3e "	5.6 "	" "	10 " 25 "		5.7 "	" "	11 " 25 "	
Gradiënt boven 4 mm.								
1e storm	16 Nov. 3 p.m.—17 Nov. 3 a.m. = 12 u.				16 Nov. 2 p.m.—17 Nov. 3 a.m. = 13 u.			
2e "	23 "	1 "	—24 " 7 " = 18 "		23 "	0 "	—24 " 7 " = 19 "	
3e "	25 "	8 "	—26 " 2 " = 6 "		25 "	11 "	—26 " 4 " = 5 "	

Dat tijdens den derden storm grootere windsnelheden voorkwamen dan bij den tweeden, niettegenstaande de drukverschillen kleiner waren, is toe te schrijven aan het feit, dat de wind meer uit de volle zee kwam en bovendien de richting meer overeenstemde met die in hogere luchtlagen, terwijl dalende luchtstroomen de grootere daar heerschende snelheden naar beneden overbrengen.

Tijdens den storm van den 16den op den 17den was te Den Helder de gemiddelde windsnelheid gedurende 16 uren (3 n.m.—7 v.m.) boven 15 m p.s., tijdens dien van den 23sten op den 24sten 21 uren (1 n.m.—10 v.m.), tijdens dien van den 25sten op den 26sten met enkele onderbrekingen 25 uren (1 tot 4 n.m., 7 n.m. tot 9 v.m. en 11 v.m.—7 n.m.), terwijl van 9 n.m. den 27sten tot 1 v.m. den 28sten en van 2 tot 4 n.m. van den 28sten de windsnelheid weder boven 15 m p.s. steeg. Het begin van het stormstadium (15 m p.s. te 1 n.m. 25 Nov.) viel samen met het ruimen van den wind tot benoorden W.; aanvankelijk woei de storm uit WNW, te 9 n.m. 25 Nov. was de windrichting NW geworden en zij bleef NW tot NNW tot 11 n.m. van den 28sten, en daarna nog geruimen tijd NNW tot N.

Tijdens den noordwesterstorm van 13 op 14 Januari 1916 vinden wij te Den Helder een iets korteren duur van het stormstadium, n.l. 18 uren gemiddelde uursnelheid boven 15 m p.s. (13 Jan. 0 n.m. — 14 Jan. 6 v.m.) en een gelijke maximale uursnelheid van 24 m p.s. De windrichting was den 13den van 6 v.m. af reeds NW geweest, was W van 0 tot 4 n.m., daarna NW tot 10 n.m., NNW tot 14 Jan. 10 v.m., vervolgens N.

Het verschil tusschen de beide stormen is derhalve niet groot geweest. Hierbij valt echter op te merken, dat in 1916 de windmeter te Den Helder iets minder vrij was opgesteld dan in 1928 het geval was, zoodat de gemeten windsnelheden iets te klein zijn. Een beteren maatstaf voor een vergelijking vormen de luchtdrukgradiënten. De grootste gradiënten waren:

in den Δ Vlissingen—De Bilt—Den Helder: 5.9 mm, te 4 n.m., 13 Januari
 „ „ Δ Den Helder—De Bilt—Groningen: 6.0 „ „ 3 „ 13 „

De tijd gedurende welken de gradiënt boven 4 was, was resp. 7 en 8 uren. De maximale gradiënt was derhalve grooter en de tijdsduur der groote gradiënten langer dan in 1928.

De omstandigheden voor de lokale opstuwing van het water door den wind schijnen derhalve in 1916 gunstiger te zijn geweest. Deze bepalen echter niet alleen de hoogste waterstanden, deze worden mede

bepaald door de vloedstanden der getijbeweging en den algemeenen opzet van het water in den Atlantischen Oceaan.

Na den laatsten storm bleef de wind nog eenige dagen met kracht uit het NW tot N waaien; tot 5 v.m. van den 29sten bleef de gemiddelde uursnelheid te Den Helder boven 10 m p.s. en overschreed die grens daarna nog meermalen. Eerst in den loop van den 2den December trad stiller weer in en op den 3den was de wind tot W gekrompen.

Tengevolge van den aanhoudenden NW.wind bleef de stand van het zeewater zoo hoog, dat het boezemwater o. a. in de provincies Utrecht en Zuid-Holland niet kon worden geloosd. Door de abnormaal sterke regens steeg het peil tot onrustbarende hoogte. In de provincie Utrecht viel in de derde dekade van November ongeveer 75 mm regen, terwijl de normale hoeveelheid voor de geheele maand 60 mm bedraagt.

De hoeveelheden, die vanaf den 24sten 's morgens werden afgetapt, waren als volgt te De Bilt en Loenen a/d Vecht:

Nov. 1928.	24	25	26	27	23	29	30
De Bilt . .	18.6	7.2	19.3	8.8	5.6	1.9	9.1
Loenen . .	12.6	7.1	23.2	6.2	1.6	2.2	9.2

Daarenboven viel te De Bilt van 1 tot 3 December nog 0.6, 0.9 en 0.2 mm, een totaal gevende voor 24 Nov.—3 Dec. van 72.2 mm.

De grootste windsnelheden, welke gedurende de in dit hoofdstuk vermelde stormen zijn waargenomen, zijn:

Gemiddelde windsnelheid.	Windstooten.
Hoek van Holland . . (6 Nov. 1921) 32 m p. s.	Hoek van Holland (6 Nov. 1921) 45 m p. s., 150 kg.
Vlissingen (28 Dec. 1914) 32 " ¹⁾	Vlissingen (6 Nov. 1921) 43 " 140 "
Leeuwarden (22 Dec. 1894) 30 "	Amsterdam (6 Nov. 1921) 41 " 126 "
IJmuiden (6 Nov. 1921) 30 "	Den Helder (29 Dec. 1914) 40 " 122 "
Vlieland (17 Nov. 1928) 29 "	IJmuiden (6 Nov. 1921) 40 " 120 "
Den Helder (29 Dec. 1914) 29 "	Elburg (6 Nov. 1921) 39 " 115 "
Amsterdam (6 Nov. 1921) 29 "	Leeuwarden (12 Dec. 1894) 38 " 110 "
Rottumeroog (6 Nov. 1921) 28 "	Rotterdam (30 Sept. 1911) 38 " 110 "
Elburg (6 Nov. 1921) 27 "	Rottumeroog (6 Nov. 1921) 35 " 92 "
De Bilt (6 Nov. 1921) 26 "	Vlieland (6 Nov. 1921) 34 " 87 "
Groningen (29 Dec. 1914) 25 "	Katwijk (12 Dec. 1894) 34 " 85 "
Maastricht (23 Nov. 1928) 13 " ²⁾	Utrecht (28 Mei 1860) 34 " 90 "
	Oude Wetering (12 Dec. 1894) 33 " 80 "
	De Bilt (13 Jan. 1916 en 9 Febr. 1925) 31 " 72 "
	Maastricht (23 Nov. 1928) 26 " ²⁾ , 50 "

¹⁾ Te hoog, zie blz. 60.

²⁾ Wellicht is de gemiddelde snelheid en de snelheid gedurende den sterksten stoot op 6 Nov. 1921 (zie blz. 60) nog hooger geweest

Ter vergelijking mogen de volgende gegevens dienen.¹⁾

De grootste windsnelheid, die op de Britsche eilanden is waargenomen, bedraagt 47 m p.s.

Gedurende een tropische cycloon is 63 m p.s. opgeteekend, maar naar schatting zijn windsnelheden boven 70 m p.s. voorgekomen, bij tornado's komen wellicht nog aanmerkelijk grotere snelheden voor.

Tijdens de M a w s o n-expeditie werd in het Zuidpoolgebied op 11 Mei 1912 gemiddeld 36 m p.s. voor den geheelen dag waargenomen. De grootste snelheid, welke door den windmeter werd opgeteekend, was gemiddeld 47 m p.s. gedurende 8 uur, en 52 m p.s. gedurende korten tijd, op 15 Juli 1913.

WINDHOOZEN.

Wij hebben in het voorafgaande geen melding gemaakt van de windsterkten, die in ons land zijn voorgekomen tijdens windhoozen. Deze zijn namelijk van zoo beperkte uitgebreidheid, dat zij bijna steeds aan de instrumenteele waarneming ontsnappen en een geheel andere wijze van bewerking noodig is om hunne beteekenis vast te leggen. Als vaststaand feit kan worden aangenomen, dat tijdens windhoozen veel grotere snelheden kunnen voorkomen dan bij de gewone stormen. De betrekkelijk zeer kleine afmetingen van de hoosbanen maken echter, dat de kans van hun voorkomen op een bepaalde plaats uiterst gering is, zoodat men er in de praktijk nauwelijks rekening mee kan houden. Daarbij komt, dat in ons land de windsnelheden tijdens windhoozen en de uitgebreidheid der strook, waarin de vernielingen voorkomen, gewoonlijk geringer zijn dan in de twee gevallen, die zich toevalligerwijze in de laatste jaren hebben voorgedaan.

Beschrijvingen van de bijzonder sterke windhoozen van 10 Augustus 1925 en 1 Juni 1927 zijn gegeven door v a n E v e r d i n g e n²⁾ en S c h o u t e.³⁾ Wij verwijzen hier naar die beschrijvingen en nemen slechts uit de eerstgenoemde publicatie het bijgaande kaartje over,

¹⁾ Ontleend aan Meteor. Magazine, Oct. 1926, p. 209.

²⁾ E. v a n E v e r d i n g e n. De cycloonachtige windhoozen van 10 Augustus 1925. Versl. Kon. Akad. v. Wet., Deel XXXIV, blz. 863.

³⁾ Dr. C. S c h o u t e. De Stormramp van 1 Juni 1927. Hemel en Dampkring, Jaarg. 25, afl. 7, 1927.

waarop de plaatsen zijn aangegeven waar gedurende de periode



Windhoozen in 1882—1925.

1882—1925 windhoozen zijn voorgekomen. De 82 windhoozen waren als volgt over het jaar verdeeld.

Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1	2	2	3	9	11	20	19	9	2	4	—

In de periode 1888—1913 kwamen hier te lande gemiddeld op 8 dagen per jaar hoozen van meer of minder beteekenis voor.

THE CLIMATE OF THE NETHERLANDS.

AIRPRESSURE.

INTRODUCTION.

This treatise is a continuation of the numbers 15 and 24 of this series on the climate of the Netherlands, by Dr. Ch. M. A. Hartman, dealing with: A. Precipitation, B. Airtemperature.

With a few exceptions no other pressure data have been used than those of the 5 principal meteorological stations The Helder, Groningen, De Bilt, Flushing and Maastricht. Five barometerstations may be deemed sufficient for the area in question, and, therefore, the observations, which were formerly made at some additional stations, have been discontinued in the course of time.

The calculation of the average values of air pressure has been based on the observations starting with 1901, when the corrections of the barometers were determined by means of accurate control measurements. For the determination of the maxima and minima the whole series of De Bilt and the earlier observations at Utrecht were used.

Particulars about the observations and instruments are given in the introductions to the yearbooks of the Institute.

The observations at Utrecht were made at 8 a.m., 2 and 10 p.m. from Dec. 1 1848—1895, at 8, 2 and 7 in 1896 and 1897; at De Bilt the observations were made at 8, 2 and 7 from 1897. The height of the cistern above sealevel was changed several times, the last time in 1902. A correction for an observational error had to be applied to part of the observations made at Utrecht. A correction of -0.28 mm was applied to the data of Maastricht from January 1923—December 1926.

Among the ancient series of observations that of Zwanenburg (between Haarlem and Amsterdam) may be mentioned, which was started in 1735 and was continued for more than a century. Still older are the carefully made observations, which were started by Musschenbroek at Utrecht in 1729 and continued by him at Leyden from 1740—1758.

The geographical longitude and latitude of the stations is given on p. 4 of the Dutch text.

The variations of air pressure are relatively large in Holland. Barometric minima, often of great intensity, frequently take their course over the North Sea to the West of the Dutch coast. They usually proceed along the sea in a northeasterly direction, not unfrequently, however, they pass the shore line in the N of North Holland and pass over Frisia and Groningen, a few of them follow a more easterly course and move across the centre of the country. The centres of low pressure from other directions are less frequent and of smaller intensity, as a rule.

Those depressions which approach us from the North Sea, constitute the principal cause of the high frequency of strong winds on our coasts. Some of those centres of low pressure, which have given rise to heavy gales, are described in the next chapter on wind.

MONTHLY AND ANNUAL MEAN VALUES.

The table on p. 6 of the Dutch text contains mean values for the 5 principal stations. The annual means decrease gradually in the sequence The Helder, Groningen, De Bilt, Flushing, Maestricht, the residual pressure-gradient being directed from SSE to NNW, which explains the excess of westerly winds. When the separate months are considered the SSE—NNW direction is found in October—March only, the greatest pressure difference between Maestricht and The Helder occurring in December. The average pressure gradient is directed from SSW to NNE from April—September, the difference Flushing—Groningen attaining its highest value in August.

The difference in the direction of the gradient during the cold and the warm season will be due in the first place to the temperature difference between land and sea, the land being colder than the sea in the winter months, which makes the pressure relatively high above the land, while the reverse is the case in the warm season. For a part the differences might be ascribed to differences in the paths of the centres of low pressure.

The differences in the distribution of air pressure in the various months correspond satisfactorily with those in the distribution of winds in the wind-roses.

The monthly averages of the observations at 8 a.m. of the whole

series Utrecht—De Bilt, 1849—1927, are given in the last line of the table. The annual mean for De Bilt for the period 1901—1927 differs only slightly from that for 1849—1927. Greater differences between the two periods are found in some of the monthly values. As the annual variation derived for the longer period may be considered as the more accurate one, the monthly figures of all the stations have been reduced by means of the differences between the annual variation for De Bilt 1849—1927 and that for 1901—1927.¹⁾ The results are not inserted in the table but on the isobaric charts belonging to this treatise, the isobars being drawn by means of these reduced figures.

The windsystem is represented on the isobaric charts by means of windroses, based on the estimates of windforce according to the Beaufort scale, made 3 times a day. The breadth of the sectors is proportional to the frequency, their length indicates the mean velocity, the distance to the outer circle representing 5 metres per second.

MONTHLY MEANS OF UTRECHT AND DE BILT.

The monthly averages of the air pressure at Utrecht and De Bilt (Utrecht 1849—1896, De Bilt 1897—1927) for the separate months of the period 1849—1927 are given in the table on pp. 7—9 of the Dutch text. The figures are reduced to sealevel and standard gravity.

MAXIMA AND MINIMA.

The table on p. 11 of the Dutch text contains the average monthly maxima and minima at Utrecht—De Bilt, of the observations taken 3 times a day. Furthermore, the table contains the corresponding figures derived from the hourly barograph-readings at De Bilt during the years 1902—1927, and, for comparison, also the average maxima and minima of the observations taken 3 times a day during the same period. The differences between the results obtained by means of the two methods are given in line 8 and 9 of the table. The extremes of the barograph curves will diverge still a little more than the hourly values, but the curvature is too slight to allow the maxima and minima to deviate appreciably from the readings at the nearest exact hours.

¹⁾ Reduction of the observations made at Maastricht to the period 1901—1927, by means of those of Flushing, De Bilt and Groningen, gives a correction of + 0.03 mm only.

In the next lines of the table the number of cases is given for each month, in which during the period of 79 years the highest and lowest airpressure occurred in that month. Not a single one of the yearly extremes occurred in the months May—September, January has the greatest number of maxima, December the greatest number of minima. Most of the larger barometric disturbances occur in November—March.

The absolute maxima and minima of the whole series since December 1848, reduced to 0° C. and sealevel, are given on p. 10 of the Dutch text, together with the dates of occurrence. These extremes have been taken from the diagrams, not from the hourly readings.

On January 17, 1882, the day of the highest maximum, the air pressure was generally very high over Europe, and the E. winds were not particularly strong in Holland. The lowest minimum, on March 12 1876, was caused by a centre of low pressure which, moving approximately along the line Flushing—Groningen, passed Utrecht at a short distance. It brought strong winds, but not of abnormally high force.

The lowest monthly maximum was 760.7 mm (March 1876), the highest monthly minimum was 764.3, and occurred in February of the cold winter of 1891. The highest pressure in March 1876 was therefore 3.6 mm below the lowest pressure in February 1891.

At the bottom of the table on p. 11 the mean monthly oscillation is given, which has been obtained by subtracting the mean monthly minima from the maxima. The December figure is nearly twice that of July.

DIURNAL VARIATION.

In the tables on pp. 13—17 of the Dutch text is given the diurnal variation of airpressure, expressed in 0.01 millimetres. The data for The Helder, De Bilt and Flushing are derived from the records of mercury barographs, those of Groningen and Maestricht from the diagrams of Richard-barographs.¹⁾ The whole series of observations up to 1927 was used for The Helder, Groningen and Maestricht, the years 1916—1927 for Flushing, the earlier observations being left out

¹⁾ The hourly values, published in the yearbooks of the Institute, were obtained as follows. At De Bilt a Richard-barograph was in use up to August 1915, afterwards a mercury barograph with float. At Groningen and Maestricht a Richard-barograph was used all the time, at The Helder and Flushing mercury barographs, with an interruption at The Helder from Dec. 30 1908—Dec. 15 1919, when a Richard-barograph was in operation. Since 1909 the figures of diurnal variation given in the yearbooks have been corrected for non-cyclic changes.

of account, because a small deviation is found between the old and the new series, which might be ascribed to the fact, that in December 1915 the barograph was equipped with a hollow float for temperature compensation. For De Bilt only the later years were used when the mercury barograph was in function.

At the bottom of the tables the constants are given of the Fourier series:

$$a_1 \cos (nt - C_1) + a_2 \cos (2nt - C_2) + a_3 \cos (3nt - C_3)$$

the amplitudes a being expressed in millimetres, t being taken = 0 at 0 a.m.

The diurnal variation is very much the same at all the stations in the winter months, but there exist large differences in summer, in particular between The Helder and Maestricht, the first station representing the coastal type, the second the continental type.

Those differences are principally due to the mono-diurnal variation, which depends on the corresponding variation of air temperature. By the direct influence of the latter and the horizontal air movements connected with it, a minimum of air pressure occurs in the afternoon and a maximum at night in the interior, while the reverse takes place in the coast regions. Maestricht appears to be distinctly continental, the coastal type being found at The Helder, and, though in a smaller degree, also at De Bilt, Groningen and Flushing.

The difference of air pressure between The Helder and Maestricht, caused by the mono-diurnal variation, is 0.45 mm in June and July at 4 a.m. and 4 p.m., corresponding with a pressure gradient of 0.2 (mm per 111 km). A light land- and sea breeze result from it.

The semi-diurnal and 8-hourly variations of barometric pressure are of a universal character and only slightly affected by local conditions.¹⁾

The semi-diurnal variation changes with the third power of the sine of the polar distance, and attains its maximum during the equinoxes. The 8-hourly variation has its maximum of amplitude at a latitude of 30°, being larger in winter than in summer and small in the months of transition. The phases are opposite in summer and winter and in the two hemispheres.

The data for the 5 stations confirm these rules.

¹⁾ See J. Bartels. Gezeitenerscheinungen in der Atmosphäre. Zeitschr. f. Geophysik IV. Jahrgang 1928. Heft 1.

The 8-hourly variation is ascribed to the corresponding oscillation of temperature, the phase of which is also reversed from winter to summer (see the tables on pp. 93—95 in n°. 24 of this series¹⁾). The semi-diurnal variation is ascribed partly to the corresponding temperature oscillation and partly to tidal movements in the atmosphere.

PATHS OF BAROMETRIC LOWS.

The monthly publication of the Royal Dutch Meteorological Institute „Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid” contains, besides other data about the weather during the past month, charts with the tracks of the centres of low pressure. Those charts were used as a basis for the depression charts of this treatise. The monthly charts were divided into sections, and in each section the number of times was written down when it was passed by a depression centre, weights of 0, $\frac{1}{2}$ and 1 being given, when the centre passed a small part of the section, half the section or the whole or the greater part of its length or breadth. The figures on the charts are the total numbers of cases in the season during the period 1904—1926.

Before June 1921, the charts in the monthly bulletin had an other, usually a smaller extension, for which reason the frequencies are too low at the border of our charts, in particular in the North. Moreover, the frequencies may be somewhat exaggerated in the neighbourhood of Holland, in comparison to the other parts of the charts, the chance that a depression has been overlooked or neglected being smaller. The number of depressions was higher in recent years than in the beginning, more attention having been paid to secondary depressions.

For these reasons the charts give no absolute figures; they may serve to draw conclusions about the relative frequency in various seasons, and, at least in the central parts, about the relative frequency of the sections. To their credit the fact may be booked that they are based on a large material.

The differences between the 4 seasons appear to be remarkably small, as well with respect to the frequency numbers in general as to their distribution. In all the seasons the depressions take their course by preference over the sea, a relatively large number of them passing to the West of Scotland and of Holland.

¹⁾ In Meded. en Verh. n°. 24 is taken $t = 0$ at noon, in this treatise at midnight.

A peculiar feature of the chart for the spring months is the long and narrow region with high frequencies, which lies to the W. of the Dutch coast. Another difference between the seasons is the fact that a great number of lows pass over Denmark towards the Baltic in the winter months, whereas in summer they appear to show a tendency to linger in the neighbourhood of the Skagerrak.

There is an important difference between summer and winter with respect to the paths of the depressions in the Netherlands and the adjacent regions. During the winter months, the number of lows that pass over our territory decreases rapidly towards the SE, the depressions showing a strong tendency to avoid the land areas. In summer the decrease of frequency towards the interior is much less rapid, a larger number of lows crossing the country in easterly directions, bringing rain and thunderstorms.

The rapid change of frequency in winter, which was mentioned above, is an exceptional case. What is found generally, is a much more gradual change in the distribution of the frequency numbers; the two principal areas of low pressure centres are divided by a region, where the number of lows scarcely falls below 50 % of the maximum frequencies found on both sides.

It follows from this that a great number of depressions follow arbitrary routes, and that the tracks of barometric minima as they are usually represented according to van Bebb er, give a much too schematic picture of the actual conditions. The same remark applies to the charts in the treatise of van Bebb er.¹⁾ Börnstein says in his „Leitfaden der Wetterkunde“, that only a quarter of all the depressions follows those most frequented paths. The more gradual variations shown by our charts are not the result of the combination of 3 months, for they are also found on the monthly charts which are not reproduced here.

When we compare the tracks of van Bebb er, in the representation given by Han-S ü r i n g²⁾, with our charts, we find the paths I a, III and IV b indicated on the chart of March—May, I a and traces of I d on that of June—August. The region of depressions in the eastern part of the North Sea in summer might be considered as a combination of

¹⁾ Die Zugstrassen der barometrischen Minima. Met. Zeitschr. Okt. 1891, Tafel V.

²⁾ Lehrbuch der Meteorologie, 4th edition, p. 524.

the southern part of IV *b* with the northern part of IV *a*. The area with relatively high frequencies in summer between 54° and 55° latitude does not coincide with any of the tracks of van Bebbler. The tracks I *a*, II, III and IV *b* can be indentified on the chart of September–November, I *a* and a combination of IV *a* and IV *b* filling up also the region between these two are indicated on the chart of December–February, with traces of III. Track III which is directed to the ESE, and which according to van Bebbler is a characteristic of the cold season, shows itself most clearly on the charts of September–November.

In the southern part of the North Sea, the area with maximum frequency lies generally speaking a little more to the South than IV *b*. The area of high frequency which is found to the South of the Irish Sea on the autumn chart might be considered as an intersection of IV *a* and IV *b*, the connecting link with the Skagerrak, however, is missing entirely on all the charts.

What is said on p. 523 of Hann-Süring about the frequency of the barometric minima along the various tracks and in the various seasons, is only partly confirmed by our results. We find the highest frequency of I *a* in the spring and winter, of III in autumn. Track IV which according to Hann-Süring is relatively frequent in the summer and autumn, is at least as frequent in the spring and summer according to our charts.

AIR-PRESSURE GRADIENTS AND STRONG WINDS.

Roughly speaking, the normal windforce expressed in Beaufort-scale is in our latitude twice the pressure-gradient, expressed in mm per 111 km.¹⁾ Therefore, a gradient of 4 mm would be sufficient to cause a fresh gale. This relation holds good for those cases where the curvature of the isobars is small and the conditions are fairly stationary.

The pressure differences are larger, with relation to windforce, in depressions with strongly curved isobars and fast progressive move-

¹⁾ See E. van Everdingen. De berekening van windkracht bij gegeven gradiënt en windrichting. Bijlage 24 van het Verslag van de Staatscommissie, benoemd bij K. B. van 20 Maart 1916, n°. 23.

ment. Some strong gradients, which were observed during the storms described in the next chapter, are mentioned below.

May 28, 1860.	9	mm	per degree	(111 km).
Sept. 30—Oct. 1, 1911.	19	"	"	(4 mm on 23 km).
August 27, 1912.	19	"	"	(4 " " 23 ").
	17.5	"	"	(9 " " 57 ").
December 28—29, 1914.	12	"	"	(20 " between Maestricht and The Helder).
January 13, 1916.	6.0	"	"	(Δ The Helder—De Bilt—Groningen).
February 9—10, 1925.	15	"	"	(5 " on 38 km).
October 9—10, 1926.	6.5	"	"	(16.3 " " 27.5 ").
November 16, 1928.	7.8	"	"	(Δ The Helder—De Bilt—Groningen).
" 23, 1928.	6.0	"	"	(Δ " " — " " — ").
" 25, 1928.	5.7	"	"	(Δ " " — " " — ").

The highest gradients, of 19 and 17.5 mm, were observed in small secondary depressions, the gradients of 6.0 (Jan. 1916) and 6.5 in atmospheric disturbances extending over a large area, the first one during prolonged stormy weather, the second occurring above the sea.

It also occurs that the windforce is higher than twice the gradient, especially when the gradient is directed towards the NNE to NE with WSW to NW. wind, which is often the case when a gale is coming on with veering wind. A windforce of approximately 6 is then reached with a gradient of 2. A part of the energy of the wind is then derived from other sources, i. a. from the higher air levels.

In some cases considerable deviations are found from the ratio 2 to 1, between windforce and gradient. A great many cases have been investigated by Gallé, for a marine station, Thorshavn, a coast station, Swinemünde, and a landstation, Cracovia.¹⁾

The pressure gradients near the tracks of windspouts may attain much greater values than those mentioned above, the conditions in those small whirls being quite different from the ordinary depressions. By van Everdingen a gradient of 55 mm per degree was found over a short distance²⁾ during the passage of the powerful spout of August 10, 1925. The calculation was based on observations made at a distance of a few kilometres from the track. Nearer to the track much higher gradients may have occurred.

¹⁾ P. H. Gallé. Etude critique sur la méthode de prévision du temps de Guilbert. Mededeelingen en Verhandelingen. K. N. M. I. n°. 12, pp. 17—20.

²⁾ The cyclone-like whirlwinds of August 10, 1925. Proc. Roy. Acad. of Sc., Amsterdam, Vol. XXVIII, p. 871.

WIND.

The wind is a factor of great importance for the climate of the Netherlands. The prevailing westerly seawinds give rise to a relatively high windforce and give to the climate in a strong degree the character of a marine climate. There exist, moreover, large local differences in windforce, between the coast and the interior. Though the Dutch territory only extends over a few degrees of longitude, the vegetation changes so strikingly in some respects, that the difference becomes obvious even to the casual observer, and those changes are for a great part due to the wind.

One has only to compare the growth of the trees in the eastern parts of the country with that in the dunes along the North Sea, where only dwarf trees can maintain themselves in the sheltered valleys, or with that of the open plains in the North of North Holland, where the whole landscape reminds one of the wind, and where only here and there a lonely, poorly developed tree, blown to one side and with foliage already withered in summer, sustains the struggle against the wind.

A narrow sheltered region is situated on the landside of the dunes, more eastward, however, the effect of the southwesterly seawind, as demonstrated by the one-sided growth of the trees, is observed everywhere in the bare flat plains of Sealand, South- and North Holland and Frisia, decreasing gradually with the distance to the coast.

A reciprocal action between wind and tree-growth is here in operation, the wind hampering the tree-growth while the absence of trees implies an increase of wind velocity. Therefore, it may be assumed that in the eastern provinces not only the greater distance from the sea, but also the vegetation brings about a decrease of windforce.

Generally speaking, the greater friction above the land may be considered as the principal cause of the diminution of windvelocity in the interior. The distribution of very high windforces is affected also by another factor, viz. the fact that the storm centres mostly pass over the North Sea, at a shorter distance from our west coasts than from the more eastern parts of the country.

The decrease of windforce towards the interior is most rapid near

the coast and gradually diminishes at a greater distance. At 50 km from the sea it has become so small, that it cannot be distinguished with certainty from local effects. We find almost the same average windvelocity in a region that extends from De Bilt over North Germany to Berlin, the differences being controlled more by the local conditions than by the distance from the sea. Towards the south-east the wind velocity diminishes more rapidly, which is due to the hilly character of the surface in Limburg; Maestricht has already the relatively low windvelocity that is a characteristic of the valleys of Central Germany.

The geographic *latitude* and *longitude* of the stations is given on p. 26 of the Dutch text, together with a map of the stations, mentioned in this paper.

REDUCTION OF WIND VELOCITY TO STANDARD HEIGHT.

As far as for reasons of comparison the observations were reduced to standard height, the same level of reduction was chosen, as was fixed internationally in 1926 for the estimates of windforce according to the Beaufort scale, viz. a level of 6 metres above level ground without obstacles.

The observations which were at our disposal for the calculation of the factors of reduction, were those of Hellmann, Dines, Köppen, Lako and Gallé.¹⁾

The figures given by Hellmann comprise all the wind velocities which occurred during the period of observation, the discussion being based on the averages obtained for various heights, as is also the case with the data used by Köppen. The remark made by Dines that the reduction-coefficients were the same for different windvelocities, was based on few observations only. The experiments of Lako were

¹⁾ G. Hellmann. Ueber die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre. Met. Z. 1915, Heft 1, S. 1.

W. H. Dines. Discussion. Quat. Journ. Roy. Met. Soc. Vol XXII, 1896, p. 247.

W. Köppen. (Ann. Hydr. 1916, S. 537). Discussion by A. Peppeler. Windmessungen auf dem Eilveser Funkenturm. Beiträge z. Phys. d. f. Atmosphäre. Band IX, S. 114.

S. Lako. Onderzoek naar de snelheid van den wind op verschillende hoogte en naar den invloed van hindernissen op deze. Mededeelingen van de Rijks Hogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool. Deel IV, 1910.

P. H. Gallé. Waarnemingen in den N.-Atlantischen Oceaan in Mei 1914, hoofdzakelijk ter vergelijking van gemeten en geschatte windkracht en windrichting. K. N. M. I. 102 (1915). Mededeelingen en Verhandelingen n°. 19, p. 16.

chiefly made with fresh winds, the results obtained by Gallé refer to the sea.

Notwithstanding the short remark, made by Dines, we adhere to the view that the percentage decrease of wind velocity with increase of height is smaller with strong than with light winds, owing to the greater turbulence in the first case.¹⁾ For that reason, different reduction-coefficients have been assumed for the various wind velocities.

The observations used by Hellmann, which were made at Nauen near Berlin, will probably yield too high coefficients for Holland on account of the more continental character of the wind. The results of Lako which were obtained in the centre of Holland (Geldersche vallei) agree within the range of the errors of observation with those deduced by Pepler for Eilvese (to the NW of Hannover), for heights between 5 and 15 metres.

As a base for our calculations we have taken the Hellmann data for the windforces 0—2 Beaufort, and those of Lako for 5—6 Beaufort. Still lower coefficients have been assumed for windforces above 6 Beaufort. For De Bilt where a reduction from 20 to 6 metres of height is applied, the reduction is based on the following figures.

Beaufort	1 and 2	3 and 4	5 and 6	7 and 8	9 and 10	11 and 12
Subtracted for reduction	17.5 %	16.5 %	15 %	12.5 %	10 %	10 %

For practical use more gradually varying corrections have been calculated, which are given in the table of p. 29 of the Dutch text. The headline contains the windvelocity in metres per second, the first column the height of the anemometer above base level, being the hypothetic surface representing the surface of the ground. The level of reduction is 6 metres above this base level. The figures of the table are percentages which are to be subtracted from the observed velocities. The reduction applied for De Bilt may be mentioned as an example: the observation tower carrying the anemometer is surrounded by high trees, the base level is taken at 17.5 metres above the ground; the height of the anemometer being 37.5 m, a reduction of 20 to 6 meters is applied.

¹⁾ See A. Wagner. Festschrift der Zentr. Anst. f. Meteor. u. Geodyn., Sitz. Ber. d. Akad. d. Wiss. 1926, S. 170. The ratio between the windvelocity at Deutsch-Altenburg and at Vienna in the strongest gusts is much higher with low than with high velocities, or in other terms: the differences expressed in percentages between the Hohe Warte at Vienna (35 m above the ground, 235 m above the sea) and Deutsch-Altenburg (open iron tower, 153 m above the ground, 328 m above the sea) are higher with light than with strong winds.

WINDVELOCITY.

The data for windvelocity were obtained from the records of the anemometers at the 5 principal stations De Bilt, The Helder, Groningen, Flushing and Maestricht, and of those at the windstations of the General Service of the „Rijkswaterstaat” Hook of Holland, IJmuiden, Vlieland and Rottumeroog.

Defects in the records and exposition, which were eliminated in the course of time, made it advisable in many cases to use only a part of the observations.

The figures for average velocity were obtained from the records of a Robinson anemometer at De Bilt, Groningen and Flushing, and from those of a Dines pressure-tube anemometer at The Helder and Maestricht. At Hook of Holland a self-recording pressure plate is in use, at IJmuiden, Vlieland and Rottumeroog are used anemo-biographs of the Halliwell Dines principle.

The hourly figures for wind velocity at De Bilt commence in the yearbooks with January 1899, those for The Helder with January 1903, Groningen March 1906, Flushing July 1910, Maestricht January 1905. Those of 1901 at De Bilt were not published on account of their unreliability. The figures for De Bilt, which are published in the annals of 1899, 1900 and 1902, have been recalculated with the new formula, mentioned for the first time in the introduction to the yearbook of 1903. The data of mean wind velocity at The Helder were based on the observations beginning with June 1922, when the anemometer had been removed to the new freely exposed observation tower. For Groningen the whole series in the yearbooks was used, which commences after the construction of the new turret on the Physical Laboratory. For Flushing only those of the published data, commencing with 1915, were made use of, because before that epoch the anemometer occasionally recorded too high velocities by the vibration of the bar bearing the cups and the electrical contact. The observations during the period July 1916—August 1926 were discarded for Maestricht, the records being evidently too low.

The anemo-biographs were installed in the course of the year 1919. The instruments are attended to by the staff of the government department of "Waterstaat", and controlled by the meteorological Institute. The pressure plate at Hook of Holland which is also attended to by the "Waterstaat", has been in use for a much longer time. The

results of the 4 above-mentioned windstations, together with those of The Helder and Flushing, are published by the "Waterstaat" Service in the "Jaarboek der Waterhoogten". Since the end of 1925 the anemobiographs are compared annually with the indications of a watermanometer, in the way prescribed for the Dines anemometers in the Observer's Handbook of the Meteorological Office, London.

AVERAGE WINDVELOCITY.

The upper part of the table on p. 31 of the Dutch text contains the mean windvelocities observed at the 5 principal stations. No reductions have been applied, with the exception of The Helder, for which station the data were corrected by means of the annual variation for the period 1903—1927, the yearly average of the short recent period being taken as a base. The following periods were used: The Helder June 1922—1927, Groningen March 1906—1927, De Bilt 1899—1900 and 1902—1927, Flushing 1915—1927, Maastricht 1905—June 1916 and September 1926—1927.

In the central part of the table reduced figures are given, a reduction to 6 metres above level ground being applied and also a reduction to the same period of observation. For the latter the period of De Bilt was chosen, the monthly figures for De Bilt being taken as a base.

No reduction for height was required for The Helder and Flushing, for Groningen a reduction of 11 to 6, for De Bilt one of 20 to 6 and for Maastricht one of 12 to 6 metres was applied.¹⁾

The data of Rottumeroog, Vlieland, IJmuiden and Hook of Holland are based on the observations during the years 1926—1928 in which period the instruments were controlled regularly by means of the watermanometer. The figures have been reduced to the long period of De Bilt by means of the observations at Groningen and De Bilt. For height a reduction of 17 to 6 metres was applied for Rottumeroog and one of 9, 12.5 and 11 to 6 for Vlieland, IJmuiden and Hook of Holland. The observations at Borkum were added for comparison.²⁾

In the bottom part of the table the mean velocities at the Dutch

¹⁾ For the base level the following heights above the ground (for Rottumeroog, Vlieland, IJmuiden and Hook of Holland heights above the sea) have been assumed:

De Bilt	Groningen	Maastricht	Rottumeroog	Vlieland	IJmuiden	Hook of Holland
17.5	20	20	3	2	13.5	10

²⁾ Klima-Atlas von Deutschland, S. 26. Height of anemometer above the sea 44 m, assumed height for base level 20 m, reduction of 24 to 6 m.

light vessels are given.¹⁾ The distance from the coast is 20.3, 27.2, 12.5, 13.7 and 45.6 km for Terschellingerbank, Haaks, Maas, Schouwenbank and Noord-Hinder respectively. The periods of observation are 1884—1908, 1890—1909, 1891—1910, 1882—1906 and 1884—1908. The velocities in metres per second were obtained by multiplying the Beaufort figures with 1.83. The mean velocity at Noord-Hinder is found to be considerably higher than that at the other light-vessels, and the latter are lower than at the coast stations The Helder and Flushing. Probably the windforce is estimated too high at Noord-Hinder in comparison with the other light-vessels. Whether the differences with the coast stations are real cannot be decided, owing to the uncertainty of the estimated Beaufort figures.

The monthly averages show an annual variation with higher velocities in winter and lower figures in summer. It is, however, relatively small and the contrast between the stormy weather in winter and the much quieter summer weather is scarcely indicated. This must be the result of the relatively small frequency of the strong winds; the much greater annual variation of the high wind velocities is shown by the figures of the tables on pp. 57 and 58 of the Dutch text.

LOCAL DIFFERENCES OF WIND VELOCITY.

There is a considerable difference between the wind-velocities at the coast stations The Helder and Flushing on the one side, and Groningen and De Bilt which lie farther inland on the other, whereas Maastricht has still much less wind. Obviously the distance from the sea is here the predominating factor. In order to find out in what way the windforce decreases from the coast towards the interior we have supplemented the anemometer-observations with the Beaufort estimates made at some 10 other stations. The investigation was made for 37 days with West wind and 23 days with East wind, on which days the isobars were fairly straight and parallel to each other. Notwithstanding the inaccuracy of the Beaufort observations, the distribution of the mean wind velocities appeared to be fairly regular. Both the West and the East winds are stronger on the coast than in the interior, the West winds decreasing more rapidly than the East winds. The results may be combined as follows.

¹⁾ Dr. J. P. van der Stok. Das Klima des südöstlichen Teiles der Nordsee, unweit der Niederländischen Küste. K. N. M. I. 102. Meded. en Verh. n^o, 13a, b and c.

Decrease of wind velocity in percentages.

Distance to the coast in km	0	10	20	40	60
W.winds	0 %	20 %	27 %	33 %	37 %
E.winds	0	10	16	22	25

The influence of the Zuyderzee becomes apparent on the east coast of North Holland in the relatively high velocities of the E.winds, being there almost as high as on the west coast.

The decrease of the W.winds after the coast line has been passed, needs no further explanation. It is, however, a remarkable fact that the E.winds become so much stronger when approaching the sea. This reinforcement may partly be ascribed to the level and bare character of our coast regions, but probably there is also an influence of the sea, in this manner that air is drawn in from the land, in consequence of the greater velocity which the wind acquires above the sea. Thereby not only will the pressure gradient be increased in the coast regions, but air from the higher levels will be sucked down, bringing with it its higher velocity.

At a greater distance than 60 km from the coast the decrease of windforce is small, and other factors become predominating. The conspicuously low velocity at Maastricht should be considered as inherent to the sheltered position in the valley of the Meuse. It may, furthermore, be anticipated that in the wooded parts of Utrecht, Gelderland and Overijssel the greater friction caused by the trees will have a hampering effect on the wind.

When the reduced velocity at De Bilt is compared with the mean of the figures of The Helder and Flushing, we find a difference of 33 %, a figure only slightly below that of the decrease derived above for the W.winds. This result was to be expected in connection with the prevalence of the W.winds.

For other winddirections the local differences have not been especially investigated. At De Bilt the mean force of the N.winds differs relatively little from The Helder and Flushing, the difference being greater for the S.winds. This is readily explained by the fact that at De Bilt the N.winds come from the Zuyderzee, whereas the S.winds are landwinds.

Attention may still be directed to a peculiar fact, which is also shown by the windroses on the isobaric charts, viz. that the decrease of windforce towards the interior is greater in summer than in winter. The subjoined figures were obtained by subtracting the mean velocity

at De Bilt from the average figures of The Helder and Flushing combined, the differences obtained being expressed in percentages of the The Helder-Flushing values.

	Jan.	Febr.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Difference	32 %	29	28	27	30	35	37	41	40	38	33	33

All the figures of June—October are higher than those of November—May. As the first period coincides fairly well with the period of full-grown foliage of the trees, the figures may be taken as a strong indication of the fact that the resistance exerted by the trees on the air movement is much greater at De Bilt than at the coast stations. Nevertheless, it may be remarked that other influences may also play a part, f. i. the wind velocity itself, which being lower in summer than in winter may possess a seasonal variation in the rapidity of its decrease towards the interior.

The question presents itself, whether the effect of the changes in the air movement, which must result from the local differences in the wind-velocity, can be traced in the distribution of rainfall. Besides the days with West and East wind mentioned above, we have chosen the 200 days with W.wind and the 128 days with E.wind in June and July used hereafter in the discussion of the diurnal variation of wind-velocity (p. 138). The precipitation, expressed in percentages of that at Petten, Zandvoort and Scheveningen, which stations lie near the coast, was as follows at various distances from the sea.

	Coast.	0—5 km.	5—10 km.	10—20 km.	20—30 km.
37 days W.wind . .	100 %	103	125	117	124
200 " " " in June and July .	100	116	124	119	122
23 days E.wind . .	100	177	183	131	151
128 " " " in June and July .	100	117	121	107	106

The large differences on the 23 days with E.wind may be ascribed to the fact that the number of observations is too small, most of the days being rainless.

The two series with W.wind and the longer one with E.wind show an increase of precipitation of 20 to 25 % in the region at 5—10 km

from the sea, in comparison with the coast stations. This amount is higher than the difference shown by the rain charts in Mededeelingen en Verhandelingen n°. 15, from which we might conclude that the differences are greater with W.- and E.wind than in normal circumstances. It seems, therefore, that we have here indeed a wind effect. It should be remarked, however, that part of the difference of 20 to 25 % is not real, being due to the fact that not all the rain is collected in the unprotected raingauges, in consequence of the eddies formed by the wind, the loss being greatest at the more windy coast stations. The loss due to this cause may be estimated at 1 % for heavy rain but may amount to 10 % for light rain. The difference in the last line of the table between the figures obtained for 5—10 km on the one side and those for 10—20 and 20—30 km on the other, may be explained by the supposition that the light E.wind and the sea breeze encounter each other at 5—10 km from the coast, the ascending air movement giving rise to an increase of condensation.

The following mean velocities may serve for a comparison with the data obtained at the Dutch stations.

Berlin	(from the Klima-Atlas)	at 33 m of height	4.5 m p. s.
Magdeburg	" "	" 34 "	" 4.4 "
Aachen	" "	" 27 "	" 4.5 "
Nauen	(H e l l m a n n)	" 6 "	" 4.1 "
Uccle	(Annales 1908—1919)	" 18 "	" 5.1 "

For the reduction to 6 m of height we have taken the base-level at Berlin and Magdeburg at the same height as at De Bilt, viz. 17 m above the ground. The figure for Nauen needs no correction. At Aachen and Uccle the anemometers have a free exposure, at Aachen the observatory stands on a hill rising 80 m above the surrounding plain, at Uccle on a plateau; therefore the base-level is assumed to coincide with the ground, for both stations. We thus obtain the following reduced figures.

Berlin	Nauen	Magdeburg	Aachen	Uccle
3.9	4.1	3.7	3.3	4.4 (3.8) ¹⁾

the corresponding data for the Dutch stations being:

The Helder	Flushing	Groningen	De Bilt	Maestricht
6.4	5.9	4.6	4.1	2.8

¹⁾ The period 1917—1919 yields a lower average than the preceding years, and a reduced velocity of 3.8 m p.s.

In the sheltered valleys of South Germany and Switzerland the mean wind velocity is about 2 m.p.s., at Davos 1.2 m.p.s.

DIURNAL VARIATION OF WINDVELOCITY.

The tables on pp. 39—43 of the Dutch text contain the figures for the mean diurnal variation of windvelocity at the principal stations ¹⁾, expressed in centimetres per second. The diurnal range increases in the sequence The Helder, Flushing, De Bilt, Groningen, Maastricht, the same that is found for the increase of the distance to the sea in the direction of the prevailing SW.winds. The influence of the diurnal variation of temperature is evident; the highest range, however, does not occur in June and July, the months with the greatest altitude of the sun, probably because in those months the days and nights are too unequal in length. The difference between the lowest and highest hourly means is as follows in April—August, the months which generally have the highest range: The Helder 18 %, Flushing 24 %, De Bilt 34 %, Groningen 41 %, Maastricht 61 % of the mean velocity. In June—July the percentages are 18, 25, 35, 43 and 62, in December—January 5, 7, 7, 8 en 14 respectively.

The diurnal variation in the months with the lowest and highest altitude of the sun, December—January and June—July, is represented by the diagrams on p. 38 of the Dutch text, the scale-value for the winter months being taken equal to double that for the summer months. The stations are indicated by capital figures, V = Flushing, H = The Helder, B = De Bilt, G = Groningen, M = Maastricht.

In June—July the average wind velocity is nearly constant during the night, increasing after sun-rise, attaining its maximum at about 2 p.m., and decreasing afterwards till about 1 hour after sun-set. In December—January the maximum is reached earlier, at about noon or 1 p.m., the subsequent decrease ceasing sooner after sun-set. At all stations a peculiarity is met with in the winter months, viz. minima at about sun-rise and sun-set, faint indications of which are found in the winter months in the curves for Flushing, De Bilt, and Maastricht only.

¹⁾ At The Helder $h_a = 15$ m from Sept. 1908; the anemometer was placed at first on a turret above the observation room, since June 1922 on the new isolated tower. Groningen $h_a = 31$ m. De Bilt $h_a = 37$ and 37.5 (new tower) m, the observations made during the construction of the new tower, in Sept. 1915—Oct. 1916, have been left out of account. Flushing $h_a = 13$ m. Maastricht $h_a = 32$ m.

Whereas the increase of windforce may be ascribed to the Espy-Köppen effect, the decrease in the afternoon may be attributed to the fact that then the height to which the vertical air circulation reaches, is gradually diminishing, so that the influence of the most rapidly moving air layers is eliminated. The minima at about sun-rise and sun-set may be explained as follows: it may be assumed that at that time of the day the convection extends to a level only a little above that of the anemometers, so that the influence of the slowly moving air beneath the anemometers becomes predominating. The windvelocity recorded by the anemometers will rise again during the night, when the vertical currents cease almost entirely. The winter will be the more favourable season for the formation of the minima, because in the long winter nights the strongly cooled lowest air layers have a relatively high tendency to stratification, implying a relatively low degree of turbulence.

The diurnal variation of temperature in the free atmosphere being small in comparison to that of the air near the ground, the vertical air circulation, and consequently also the diurnal variation of wind velocity should show some degree of similarity with the diurnal temperature variation near the ground. For that reason curves representing the temperature variation observed in the meteorological shed at De Bilt are added under the diagrams of windvelocity. The night temperatures may be left out of account, because then the vertical circulation is of little importance. A difference with the wind diagrams is shown in the day part of the curves, particularly in the winter months, the maximum of windvelocity occurring earlier than that of airtemperature. This time-difference is probably connected with the fact that the highest readings of the temperature at the surface of the ground, which is more responsible for the convection currents than the temperature in the shed, occur earlier than those in the shed. Moreover, the temperature maximum in the higher airlayers up to which the convection is extending, occurs still later than in the shed, by which fact the epoch of the maximum of the temperature gradient may be advanced still a little more.

By the first curve in the figure of p. 45 are represented the monthly means of the diurnal range of windvelocity at De Bilt (differences between the highest and lowest hourly means, expressed in percentages of the mean velocity). The curve rises rapidly from January to April, and then slowly to September, a rapid fall occurring from September to

November. These changes during the course of the year should be ascribed in the first place to variations in the heating of the surface, and indeed there is a fairly close similarity between the annual variation in the diurnal range of airtemperature and that of windvelocity. However, the former decreases from May to August, whereas the latter increases. This increase may be explained by means of the variation of the vertical gradient of airtemperature, which is represented by the second curve (airtemperature at De Bilt minus airtemperature at the height of 1000 m, in $^{\circ}\text{C}$). The great similarity of the two curves points to a close connection. We may conclude from what is said above that the annual changes in the diurnal variation of wind velocity may be attributed to variations in the vertical air circulation.

A peculiar difference is found between the diurnal variation of windvelocity with Westerly and with Easterly winds, which is represented on p. 46. For De Bilt the mean diurnal variation was calculated for all days in June and July during the period 1899—1926, which had an E component of the wind in all their 24 hours, together 128 days, and the same was done for 200 days with W components.

Notwithstanding the fact, that days with E.wind are generally much clearer than those with W.wind, the range is smaller in the first case than in the latter, being 37 against 47 % of the daily mean. Partly this difference will be due to the fact that the windvelocity of the W.winds increases more rapidly with height than that of the E.winds. Cannegieter¹⁾ has deduced from the observations with pilot balloons, that the ratio between the velocity at 1.0—1.5 km and at the observation tower at De Bilt is 1.7 with E.winds and 2.2 with W.winds. The ratios deduced from the observations with kites between the velocity at 1 km and the surface are 1.4 and 1.9. Moreover, there is a greater tendency for changes in winddirection with height when easterly winds are blowing than with westerly winds. In consequence the increase of wind velocity at the height of the anemometer, due to the convection currents in the day-time, will be smaller with E.winds than with W.winds. Furthermore, the vertical distribution of air temperature will, generally speaking, be more favourable for the development of vertical air currents, during W.winds than during E.winds, because in the first case the weather will stand more frequently under the influence of

¹⁾ Dr. H. G. Cannegieter. Wind, temperatuur en vochtigheid in de hogere luchtlagen boven Soesterberg. Hemel en Dampkring, 16e jaarg., afl. 9 en 10, Jan. en Febr. 1919.

low-pressure systems. Finally, the influence of the land and sea breezes may be mentioned, which causes an increase of the diurnal variation with W.winds, and a decrease with E.winds.

There is a remarkable difference during the 2 hours after sunrise. The velocity of the W.winds soon commences to increase under the influence of the convection currents, that of the E.winds, however, continues to decrease, attaining a minimum between 5 and 6 a.m. A temperature inversion is formed in the lowest airlayers during the clear nights which usually occur with E.winds, and the windvelocity in these layers almost falls to zero. When these inert layers begin to rise through the heat of the sun, they at first lower still further the wind-velocity on the windtower at 37 m of height. The wind minimum at sunset is well developed on days with E.winds; it is followed by a small secondary maximum, the velocity decreasing gradually during the further part of the night. Evidently this decrease is due to the fact that the inversion layer increases in thickness, approaching more and more the level of the anemometer.

In his discussion of the wind observations at Nauen Hellman deduces a diurnal range of 46 and 30 % of the mean velocity for heights of 16 and 30 metres above a level surface, for the months of June to September. When these figures are compared with the Dutch data, more or less corresponding values are found for Groningen and De Bilt; the range is smaller at Flushing and The Helder on account of the influence of the sea, whereas the abnormally high range at Maestricht will be due principally to the configuration of the surface, the distance to the sea being of secondary importance.

DIURNAL VARIATION AT THE COAST STATIONS.

Figures about the diurnal variation of wind velocity at the coast stations are given in the table on p. 48 of the Dutch text. They have been derived from anemometer observations during a period of 3 years. The results are still somewhat uncertain on account of the shortness of the period of observation. The diurnal range of wind velocity appears to be fairly equal at all the stations, with the exception of Rottumeroog. The latter station, which, situated on a very small island, is the one the least exposed to the influence of land surfaces, has by far the smallest range.

When multiplied by the factor 2 the figures may be compared with those of the tables on pp. 39—43 of the Dutch text.

From those tables the following data for the diurnal variation are obtained, expressed in 0.01 Beaufort.

The Helder.						Flushing.					
0-4a	4-8	8-12	0-4p	4-8	8-12	0-4a	4-8	8-12	0-4p	4-8	8-12
-13	-7	13	18	0	-11	-14	-8	15	24	0	-16

DIURNAL VARIATION OF WIND DIRECTION AND VELOCITY (WIND VECTORS).

The wind vectors at each hour of the day in the months of June and December have been calculated for The Helder, De Bilt and Maestricht. The diurnal variation of the north and east components may be represented by a Fourier series:

$$x \text{ (north)} = a_0 + a_1 \cos(nt - A_1) + a_2 \cos(2nt - A_2) + a_3 \cos(2nt - A_3)$$

$$y \text{ (east)} = b_0 + b_1 \cos(nt - B_1) + b_2 \cos(2nt - B_2) + b_3 \cos(2nt - B_3)$$

The constants are given in the table on p. 50 of the Dutch text, the angles being reduced to mean local time. The results are represented in a vector diagram, together with the wind ellipses of the mono- and semidiurnal variation of air movement, the 8-hourly variation being represented separately.

Theoretically the movement in the 3 ellipses should be clockwise. According to Bartels¹⁾, the amplitude of the semidiurnal variation is about 40 cm.p.sec. in the N. and E.component at 52° N.L., that of the 8-hourly variation approximately 6 cm in the N.component and 10 cm in the E.component.

The table also contains, for summer and winter, the results derived by van der Stok from the observations made 6 times a day on the Dutch lightships²⁾; the directions refer to magnetic north and should still be reduced for the declination, which is 14°, 14°, 14°.7, 14°.4 and 15°.7 west at Terschellingerbank, Haaks, Maas, Schouwenbank and Noord-Hinder respectively. Moreover the constants of De Bilt are given calculated by van der Stok from the hourly observations during the period 1903-1908.³⁾

We find a clockwise movement in all the ellipses with the exception

¹⁾ Zeitschrift für Geophysik, IV Jahrgang 1928, Heft 1, p. 16.

²⁾ See Meded. en Verh. n°. 102, 13a, pp. 27 and 79, 13b, pp. 129 and 181, and 13c, p. 231.

³⁾ On the diurnal variation of the wind and the atmospheric pressure and their relation to the variation of the gradient. Proc. Roy. Acad. of Sc. Amsterdam. Vol. 14, p. 48-61 (1911).

of the mono-diurnal variation in summer at Noord-Hinder, and in December and winter at The Helder, Maestricht and Terschellingerbank, and furthermore, of the semi-diurnal variation in winter on the lightship Maas and of the 8-hourly variation in June at The Helder.

The amplitude of the monodiurnal variation, which is due to the combined action of the land and sea breezes and of the diurnal variation of wind velocity caused by the Espy-Köppen effect, attains by far the highest value at De Bilt. There is a fairly good agreement between the angles, with the exception of Noord-Hinder. They diverge more widely in winter, which may be the result of the inaccuracy of the figures, owing to the small amplitudes.

The constants of the semi-diurnal variation are in good agreement with each other; the amplitudes of the landstations seem to be, generally speaking, greater in summer than in winter. In his last-mentioned publication (p. 1391), van der Stok found for De Bilt and Terschellingerbank a friction coefficient twice as large in winter than in summer.

The results obtained for the 8-hourly variation, are rather uncertain on account of the small displacements. However, a certain amount of agreement between the angles is unmistakable (with the exception of B_2 for the Helder in June), and the reverse of phase which should occur between summer and winter is found in all cases, with exception of the above-mentioned case of B_2 for The Helder in June.

HIGH WINDVELOCITIES.

FREQUENCY OF STRONG WINDS.

In the Dutch text tables are given, containing frequency data of strong winds, observed at the 5 principal stations. These tables are based on the hourly readings of the diagrams of the Robinson and Dines anemometers, moreover, a statistics was made of wind gusts, for which purpose the highest reading on the Dines diagrams was taken during every interval of one hour.

The division in groups was made according to the Beaufort scale, the limits being chosen so that at the same time a reduction to 6 metres of height was obtained. In a few cases a variation of the limits was applied to account for too high or too low readings of the instruments. When no satisfactory reduction could be obtained in this way, as was the case for The Helder during the period before 1922, the reduction

was made by comparison of the trustworthy data with the series of De Bilt, and this method was applied also for the filling up of interruptions in the records.

The first table contains the number of hourly values per 10000 hours of observation. We commenced our statistics for De Bilt, Groningen and Maestricht with 5 Beaufort, for The Helder and Flushing, where the windforce is generally higher, 7 Beaufort being taken as the lower limit. The figures of The Helder and Maestricht are momentary values, read at the exact hours from the diagrams of the Dines-anemometers, the readings being made half-way between the tops and valleys of the curves, the figures for the other 3 stations are mean values for hourly intervals, taken from the Robinson records. The results obtained by means of these two methods will not be strictly comparable; the differences, however, are of no account practically speaking, as is shown by the subjoined figures.

The Helder. December 1914. Number of observations.

Beaufort	7	8	9	10	11	12
Hourly readings	70	68	9	2	1	4
Hourly means	71	67	9	2	1	3

There exists still another difference between the results obtained with the Robinson and the Dines anemometers, which is, however, of little importance for the higher windvelocities, and which will be discussed later in this paper under "Frequencies of various wind-velocities".

What is clearly demonstrated by the frequency table, is the rapid decrease towards the interior of the number of the higher windforces, those for 7 and 8 Beaufort together yielding 7.7 % of the total number of observations at The Helder, 3.5 % at Flushing and 0.7, 0.2 and 0.01 % at Groningen, De Bilt and Maestricht respectively.

The frequency numbers of the second table (p. 58) have been obtained by taking the highest windgust for each hourly period, a reduction to 6 metres of height being applied as for the first table, by changing the limits of the groups. The windforces 7 and 8 have been left out of consideration for The Helder, being too frequent. A very large difference is found for The Helder and De Bilt and a less rapid decrease from De Bilt to Maestricht. Windgusts of force 7 are (after reduction) even more frequent at Maestricht than at De Bilt, though the average

windvelocity is much lower; the changes of windforce are more irregular at Maestricht.¹⁾

It will be obvious from the figures of both tables, that strong winds are much more frequent in winter than in summer.

In the third table are given the highest windvelocities, which have been recorded in the various months, no reduction for height being applied. With some exceptions, the highest maxima are the same as those mentioned in the section about storms, in the table of highest wind-velocities. In the latter table for De Bilt another windgust of 31 m p.s. is mentioned, on January 16 1916, which is not contained in the one under discussion. The figure 31 m.p.s. was obtained by reduction, the case happening during the construction of the new tower, when the anemometer was recording at a much lower level. This period was discarded for the summary of frequencies. For a similar reason the highest hourly mean for Flushing, 32 m p.s., mentioned hereafter as recorded during the gale of December 28 1914, is missing here, the observations before 1915 being left out of account, because the anemometer showed a tendency to record too high for high windforces. It is therefore quite possible that the record of 32 m.p.s. is too high. The records at Maestricht of 12 m.p.s. as highest hourly velocity and 24.5 m p.s. as heaviest gust during the storm of November 6 1921, fall also in a period not used for our summary, because the anemometer was recording too low. Both figures are too low, and probably the velocity during the strongest gust on November 6 1921 has surpassed the highest figure, 25.5, of our summary.

As the highest windforces generally occur with westerly winds, the distribution of the velocities in the first table should correspond more or less with the decrease of windvelocity deduced on p. 133 for the W. winds, being 36 % for De Bilt in comparison with Flushing and The Helder. If the decrease were the same for all velocities, 5, 6, 7 and 8 Beaufort at De Bilt would correspond to 6.2—7.5, 7.5—8.9, 8.9—10.2 and 10.2—11.4 Beaufort on the Northsea coast. The average numbers for Flushing and The Helder of the velocities between the limits indicated above, actually are 20 % higher than those at De Bilt between the corresponding limits. The difference might be ascribed to the fact that with strong winds the pressure gradients are greater

¹⁾ Partly the greater regularity at De Bilt is a consequence of the higher position of the anemometer. It is hardly possible to allow for this when the reduction is applied.

near the coast than at De Bilt, in consequence of the greater proximity to the coast of the low-pressure centres.

For comparison we have given on p. 61 of the Dutch text also the frequency data for the Dutch lightships, published in "Mededeelingen en Verhandeligen" no 13a, b, and c, confining ourselves to the yearly values.¹⁾

Noord-Hinder has higher frequencies than The Helder for all forces of Beaufort 7 and higher. At the other lightships the number of wind-forces 7 and 8 is lower than at The Helder, but that of 9 and 10 Beaufort is higher than at The Helder, with exception of the lightship Maas. Flushing has about the same frequency of 7 B. as the lightships (with the exception of Noord-Hinder), but lower frequencies for the higher velocities.

NUMBER OF DAYS WITH STRONG WINDS.

The tables on pp. 62—65 of the Dutch text contain the number of days on which the highest windvelocities were 7, 8 etc. m.p.s. or higher, I for the hourly values, II for the windgusts. A reduction to 6 m of height has been applied. The figures are totals of the whole series, 7, 8, 9 etc. in the first column standing for 7 m.p.s. and higher, 8 m.p.s. and higher, etc. Only 6 years were used for The Helder, all the older observations being left out of account, because the records of the anemometer were somewhat too low. The number of years for the other stations is: Groningen 22, De Bilt 23, Flushing 13 and Maestricht 13. Interruptions in the records were filled up by means of interpolation, in order to obtain periods covering a whole number of years. The number of days of observation is given at the bottom of the tables.

FREQUENCY OF WINDVELOCITIES.

In the tables of pp. 67—71 of the Dutch text the hourly observations at the principal stations are tabulated according to the windvelocities 0—0.9, 1.0—1.9 etc. metres per second, the figures being frequencies per 1000 observations.²⁾ No reduction was applied for the height of

¹⁾ The estimates of windforce at the lightships are not strictly comparable with the anemometer observations, the estimates being liable to greater extremes.

²⁾ The periods of observation are the same as for the statistics of strong winds, for Groningen, Flushing and Maestricht. For De Bilt the years 1903 and 1904 have been added, which were left out in the preceding tables on account of the gaps in the records of the windgusts. For The Helder the years 1906—1909 were not used for the tables under discussion, because the anemometer evidently gave too low records.

the anemometers. One may account for the differences of height by changing the limits of the groups with the aid of the reduction table on p. 29 of the Dutch text.

The frequency of windvelocities below 2 metres per second is remarkably high at Maestricht and The Helder. For Maestricht this may, for a part at least, be attributed to the high diurnal variation of windvelocity, which implies relatively light winds during the night. This line of argument is not applicable to the data for The Helder where the diurnal variation is relatively small. For this station the effect of land and sea breezes probably causes an increase of the number of light winds in those cases in which the land and sea breezes blow in the opposite direction of the general air movement. This effect, however, must be supposed to occur also at Flushing. Therefore, we probably should also take into account the different methods by means of which the results were obtained. The momentary readings at the exact hours, used for Maestricht and The Helder, will yield a wider range of the extreme values than the means for hourly periods at the other stations, and in consequence a relatively greater number of very small velocities. Finally, the fact that with very light winds the limit of the reliability of the Dines anemometer is reached sooner than that of the Robinson, possibly may also play some part in the difference.

There is a clearly-defined annual variation in the frequency numbers, the low velocities being more numerous in the summer months, and the high velocities in the winter months.

FREQUENCY OF WINDDIRECTIONS.

In the tables on pp. 72—74 of the Dutch text are given frequencies of winddirections per 1000 observations, derived from the 24-hourly readings of the records of the anemometers at the principal stations.

Small differences are found between these figures and those based on the observations taken 3 times a day, which are published (in percentages) in the monthly bulletin "Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid".

The yearly averages for the two series are given together in the next table (frequencies per 1000 observations, I = 24-hourly values, II = observations 3 times a day), for 8 directions. For the observations sub II the periods of observation are: The Helder 1894—1927, Gro-

ningen 1894—1927, De Bilt 1897—1927, Flushing 1894—1927, Maestricht 1894—1927.

The monthly bulletins also contain the average windforces in the various directions, expressed in the Beaufort scale, and windroses for de Bilt. Windroses for the principal stations, constructed in the same manner (see p. 119) have been given on the isobaric charts of the preceding chapter.

FREQUENCIES OF WINDDIRECTION AND WINDVELOCITY.

The tables on pp. 76—87 of the Dutch text contain the total numbers of windvelocities between various limits, and for separate winddirections, for 4 seasons. The figures for the Helder are based on the momentary values at the exact hours, those of De Bilt and Flushing on the means for hourly periods. The total number of observations is given in the heading of the tables. No reduction to standard height has been applied.

Generally speaking, the strongest winds occur with westerly to southwesterly directions, the least strong winds blowing from E to SE. At Flushing the SW.winds are particularly strong, the lowest maximum wind force being attained by the N.winds; this is, however, due to local circumstances, viz. the situation of the meteorological station with respect to the Scheldt.

ON SOME OF THE MOST NOTEWORTHY GALES.

It has already been remarked in the introduction to the chapter on air pressure on p. 119, that the storm centres usually follow a north-easterly course to the W of our territory; a smaller number crosses the coastline S of The Helder, moving onward in the direction of Groningen, whereas the less frequent storm centres of the warm season not seldom follow a more southerly path.

We shall here give a discussion of the most severe gales, most of them being represented on the charts in the Dutch text. For the greater part we could follow discussions published by Dr. van Everdingen, Dr. Hartman and Gallé (see the references in the foot notes of the Dutch text).

February 4 and 5, 1825. A strong SW wind had been blowing from the afternoon of February 1 till the evening of the next day. It was succeeded by a strong gale from the WNW to NW, which blew with

two short interruptions from February 3, 1 p.m., till the afternoon of February 5, for a period of more than 48 hours. In the night of February 3 to 4 the air pressure fell to 743 mm at Zwanenburg, and to 728 mm at Workum. No hurricane force was reached, the great inundations which occurred being chiefly due to the long duration of the storm and to the high tide (full moon February 3, perigee March 5). At several places the water level attained heights, which have not been surpassed ever since. At Elburg and Harderwijk heights of 3.23 and 3.83 m above the mean level N.A.P. were observed.

May 28, 1860. The gale of Witsuntide 1860 is a memorial one on account of its great intensity, its extent over a great part of the country, and by its appearance late in the spring when strong gales are rare.

An area of low pressure occurred over the North Sea on May 27 and 28, the pressure minimum probably lying near the Shetland Islands. It was rather stationary, but secondary depressions on its southern border passed in an easterly direction to the N of Holland.

On the 27th a strong W wind was blowing which attained velocities during the heaviest windgusts of 34 m.p.s. at Utrecht and 32 m.p.s. at Flushing. At 8 a.m. a secondary depression was situated near Leeuwarden, causing a fall of air pressure of 16 mm below the normal value; at 2 p.m. it had moved eastward beyond Groningen.

A much deeper centre was formed on the 28th, situated at 2 p.m. to the NW of The Helder, where the pressure fell to 740 mm, and passing to the N of Groningen, at which place the barometer reading at 8 p.m. was 737 mm.

The pressure difference between The Helder and De Bilt was 7.4 mm at 2 p.m., the pressure gradient 8 mm per degree, and also 8 mm per degree at 8 p.m. in the triangle The Helder—Groningen—De Bilt, whereas at that hour the difference between Groningen and Maestricht was 17.5 mm. The windforce increased in the course of the day to that of a whole gale. The heaviest windgusts were:

Utrecht	7.20 p. m.	90 kg/m ²	(34 m. p. s.)
The Helder	6.35 "	97 "	(36 ")
Flushing	5 "	130 "	(42 ")

On the charts the conditions are given for 8 a.m., and 2 and 8 p.m. ¹⁾

¹⁾ The pressure data have been reduced to sea level and standard gravity. Where no observations of windforce were available, arrows without feathers have been drawn.

There is a fairly close similarity between this disturbance and that of December 28—29, 1914. The latter seems to have been still more severe, but this difference may have been more than compensated, with respect to the effect on the vegetation, by the fact that at Witsuntide the trees were in full foliage.

December 22, 1894. The storm of December 22, 1894, has obtained its notoriety, as is also the case with those of February 4 and 5, 1825, of March 12—13, 1906, and of January 13—14, 1916, by the extraordinarily high floods, which resulted from it.

Both the effects of wind and tide are represented on p. 92 of the Dutch text, that of the wind by —. —. —., and the tidal curve by ————. The sum of the two effects, the actual water level, is represented by a full-drawn curve. The curves refer to Harlingen on the W coast of Frisia, the wind and tidal effects during the storms of March 12—13, 1906, and January 13—14, 1916, being added for comparison. According to G a l l é we find a weakly developed leap tide and strong wind effect on December 22, 1894, a moderately developed leap tide and moderate wind effect on March 12, 1906, and an average tidal and strong wind effect on January 13—14, 1916.

Some data about the highest wind velocities observed on December 22, 1894, are given in the table on p. 93 of the Dutch text. The first part contains mean values of wind velocity in m.p.s. and wind pressure in kg/in² for hourly periods, the second part the highest velocities and pressures during windgusts.

In a second table winddirection and force (Beaufort) are given for different hours of observation. On the chart winddirection, wind-force and air pressure at 7 p.m. are represented. On the 22nd a depression centre of 730 mm appeared to the E of Scotland, passing to the N of Holland in the course of the day. The highest wind velocities occurred in the northern part of the country.

September 30—October 1, 1911. This is one of the depressions which crossed the country on its eastward course, and was responsible for great damage in the forest of the Hague.

The disturbance was remarkable for its rapid development. In the evening of September 29 we find a low-pressure area enclosed by the isobar of 762.5 mm to the W of Scotland, and a centre with air pressure below 750 mm on the E coast of England in the morning of the 30th, whereas a minimum of a little above 736 mm was observed

at Amsterdam in the evening of that day. At De Bilt, where a minimum of 737 mm was reached, the pressure had fallen nearly 30 mm in 24 hours.

A gradient of 12.5 mm per degree was observed in the triangle Flushing—De Bilt—The Helder at 7 p.m. of 30th September. A secondary depression, which passed to the N of Hook of Holland, caused temporarily a gradient of 19 mm per degree (4 mm per 23 km) in the region to the S of that station. A windvelocity of 34 m.p.s. was observed at Scheveningen with a hand-anemometer.

The highest wind velocities occurred after the wind had veered to the north. The great damage, inflicted to the trees, was partly also due to the dry summer and the early date of the storm, and also to the fact that it was accompanied by heavy rainfall. An amount of 20 to 30 mm of rain fell in the provinces along the North sea coast, on the islands and the coast region of Frisia and Groningen even 30 to 40 mm.

The secondary depression near Hook of Holland is clearly indicated on the chart of 7 p.m. by the differences of wind directions at Hook of Holland, lightship Maas and Katwijk. Obviously the conditions were very favourable for the formation of secondaries: at about 7 p.m. another small centre passed Elburg (wind direction SSE 4 B at 6 p.m., ENE 3 B at 8 p.m.), apparently another passed to the N of Terschellinger-bank at about 4 p.m. (4 p.m.: Terschellinger-bank SW 8—4 B., Haaks NNE 10 B.). The deviating direction at Hoorn and the striking difference between Oudenbosch and Breda, on the chart, might be explained in the same way. Only the first-mentioned secondary has been taken into account in the scheme of isobars.

- The highest windvelocities are given in the table on p. 96 of the Dutch text, in the same manner as described above. The highest mean windforce at Leeuwarden was 8 Beaufort at noon of September 30 and at 0, 2, and 4 a.m. of October 1, at Elburg 8—9 Beaufort at 0, 2, and 4 a.m. of October 1.

August 27, 1912. The disturbances of August 27, 1912, and of July 23, 1913, belong to the same type as the one mentioned above, viz. to the summer gales crossing the country.

On August 26 an area of low pressure was situated to the W of Holland. A secondary was formed on its southern border, which, deepening rapidly, crossed the country during the night. The fall of pressure was particularly rapid at Amsterdam, being succeeded by an

equally rapid rise. The curves of the diagram, reproduced on p. 97 of the Dutch text, make the impression of the passing of a cyclone centre. The undermost curve for De Bilt shows the effect of an ordinary depression with a short disturbance superposed on it. That of Rotterdam shows the effect at a greater distance.

At Amsterdam the wind, blowing with great force from the S, abated entirely when the centre was passing, and blew afterwards from the N, again gaining in force. The pressure fell 10 mm below the lowest record in August at De Bilt. The centre passed to the N of De Bilt between 4 and 5 a.m., and to the S of Elburg between 5 and 6 a.m. The position of the centre at 3, 4, 5 and 6 a.m. has been indicated on the chart.

A pressure gradient of 9 mm on 57 km, or 17.5 mm per degree, was attained at 5 a.m., and of 4 mm over a distance of 23 km (19 mm per degree).

A table with the highest wind velocities is given in the Dutch text.

July 23, 1913. This depression was of an entirely different type. It crossed the country in a SSE direction, the wind force did not rise higher than a fresh gale. The pressure gradient was, in proportion to the wind force, much smaller than during the storm of August 27, 1912. (See the chart in the Dutch text).

December 28—29, 1914. During the night of December 28 to 29 two depressions passed at a short distance N of Holland, the second one showing the greater intensity. A general increase of pressure from the S took place during the passage of the second centre, causing a continuous rise of pressure at Maastricht and Flushing after 10 p.m., whereas the barometer kept falling till 4 a.m. at The Helder and till 6 a.m. at Groningen. At 3.35 a.m. the pressure difference between Maastricht and The Helder amounted to 20 mm.

The highest wind velocities are given in the Dutch text. An average velocity of 20 m.p.s. and more was observed at The Helder during 6½ hours, and of 25 m.p.s. and more during 4 hours, the corresponding periods being 4 and 2 hours for Groningen. At De Bilt the mean velocity was above 20 m.p.s. from midnight till 5 a.m.

Data of air pressure, observed at the 5 principal stations (reduced to sea level and standard gravity), are given in the Dutch text.

It may be deduced from the chart in the Dutch text, representing

the conditions at 4 a.m. of the 29th, that this storm shows a fairly close similarity to the one of Whitsuntide 1860 (see the chart of that storm at 2 p.m.), with which it also corresponds with respect to its long duration and great extent. However, the pressure gradients were higher on December 29, 1914, the pressure difference between The Helder and De Bilt being 12 mm per degree, against 8 mm in 1860.

January 13, 1916. This storm from the NW is notorious in particular by the high water level in the Zuyderzee, which i. a. caused great inundations in North Holland. An area of low pressure was situated above the southern part of Norway in the morning of the 13th, which moved to the Danish isles in the course of the day. It caused strong winds from W and NW over the northern part of Holland, already in the morning of that day, increasing in force during the day, under the action of a rise of air pressure in the SW whereas the depression remained rather stationary.

The pressure gradient had risen to 5.3 mm per degree between Flushing and Groningen at 4 p.m., and to 6.0 mm per degree at 3 p.m. in the triangle The Helder—De Bilt—Groningen. This is not a very high value, but it could develop its full effect on windvelocity, because the conditions remained stationary for a relatively long time and the wind blew directly from the open sea.

A list of the highest windvelocities is given in the Dutch text.

The average windvelocity for hourly periods was 17 m.p.s. and higher at The Helder from noon of January 13 till 4 a.m. of the 14th, the direction changing at 5 p.m. from W to NW, at 11 p.m. to NNW.

The effect of the wind on the water level was extraordinarily great. The heights to which the water was driven up by the wind in the neighbourhood of Harlingen, are comparable only with those during the storms of December 22, 1894, and of February 3—5, 1825, being 2.50 to 2.60 above mean level. In the Zuyderzee where the NW direction is the most favourable one for sweeping up the water, windeffects of more than 3 metres were observed (Elburg 3.07 m above mean level, at 5 a.m., Nijkerk 3.32 m at 4 a.m., Oranjesluizen 2.89 m at 3 a.m.).

An extremely high flood was also observed on the waterway of Rotterdam, which was partly due to the high level in the upper part of the river. The maximum height on December 23, 1894, exceeded that of January 13—14, 1916, close to the mouth of the river (Maassluis 325 cm above mean sea level against 304 cm), higher up, however,

the level of January 1916 was the higher one (Krimpen a/d Lek 301 cm in 1894 against 335 in 1916).

November 6, 1921. During this storm the maxima of the earlier records of windvelocity have been surpassed at several stations.

In the morning of 6th November a fairly strong SW wind was blowing under the influence of a depression, which rapidly moved eastward, deepening 17 mm in a period of 24 hours. The NW winds, which were to be expected after the passage of the centre, were much stronger than anticipated. Whereas on the British Isles the pressure did not increase more than 2 mm in 3 hours at the greater part of the stations, it rose almost 8 mm in 3 hours in Holland after the veering of the wind. In consequence, very high pressure gradients occurred in the W and SW of the country, viz. 8 mm per 100 km in a northeasterly to easterly direction, and locally 11 mm per 100 km. The region with highest gradient is clearly indicated on the charts in the Dutch text, being near Flushing at noon, in South Holland at 2 p.m., and in the NE at 6 p.m. In the western part of the country the severest windgusts everywhere occurred after the veering to NW.

Great havoc was caused among the trees in the forest near Breda, where at several places 75—100 % of the trees were blown down over areas of more than hundred metres square.

A table containing the highest windvelocities is given in the Dutch text.¹⁾ The stations Flushing—Rottumeroog have been arranged in the sequence of the occurrence of the severest gusts, so far these were observed after the veering to NW. At Maastricht the maximum windforce occurred with W wind.

The data of the second table indicate how the largest veering (first part of the table) and the large increase of windforce (second part) took place.

No rapid increase of windforce was observed at Maastricht and Flushing, the change of direction was also a gradual one. The force increased very rapidly at the other stations, with the exception of Vlieland. At Hook of Holland and Flushing the winddirection had been changing gradually to W, before the gale set in from the NW. At De Bilt the increase of windforce occurred shortly after the veering to NW. The wind turned rapidly over a large angle at The Helder,

¹⁾ The anemometer of Maastricht has given too low records.

Vlieland, Rottumeroog and Groningen, the increase of velocity beginning at about the same moment.

The figures of the next table show the rapid changes of air pressure. At Flushing and De Bilt the minimum coincides with the gradual change of wind direction to WNW and NW, the rapid increase of wind force following later at De Bilt. The barometer minimum and the outbreak of the NW storm occurred simultaneously at The Helder and Groningen, the cold air causing an immediate rise of air pressure.

February 9—10, 1925. This storm was caused by a local increase of the relatively high pressure gradients, which were found to the W of Ireland at about noon of February 9, and above Central England in the evening, moving across Holland during the night. The duration of this disturbance was a few hours only, no trace of it being left on the weather chart of the morning of the 10th of February.

The gradient increased at about midnight to 5 mm over a distance of 38 km, nearly 15 mm per degree, in the region between Rotterdam and De Bilt, this high value, however, was maintained for less than 2 hours only.

Two charts and a table of the highest velocities are given in the Dutch text.

The oblong area of low pressure in the north enclosed probably more than one centre. At Rottumeroog the wind changed between 10.35 and 11.10 p.m. from SW through W to NNE, at Vlieland at about 11.30 p.m. from W to NNE within a few minutes, which indicates that 2 different centres passed these stations.

October 9—10, 1926. This gale caused many casualties at sea; high wind forces were recorded at the coast stations, but the gale had no devastating character farther inland. The centre of the depression passed at a fairly great distance to the north and therefore the pressure gradients did not reach excessive values on land.

An area of low pressure appeared to the S of Ireland on the 8th of October, which deepened to 730 mm in the morning of the 9th, then being situated over Scotland. It moved farther eastward, and its centre (pressure 725 mm) was situated above the Skagerrak in the morning of the 10th. At 7.20 a.m. the gradient across the Bight of Helgoland was 16.3 mm over a distance of 275 km, or 6.5 mm per degree (Groningen 745.1, Blaavandshuk 728.8 mm).

The maximum wind velocities are given in the Dutch text. For the condition of the sea the figure 9 (mountainous sea) was noted down at The Helder and Blaavandshuk in the morning of the 10th.

November 1928. A series of 3 violent storms occurred in the second part of November 1928, on 16—17, 23—24, and 25—26. A table of the highest mean hourly velocities and the most violent windgusts is given on p. 112 and 113 of the Dutch text, and also a chart representing the conditions of air pressure and wind at 10 p.m. of November 16th.

During the first two of these storms the wind direction was mainly WSW, the most northerly direction being a little to the N of W. On 25—26 November, however, the highest velocities were attained with NW.winds, which lasted during a considerable space of time, causing high water levels along the coast of the North Sea and Zuyder Sea.

Pressure gradients in millimetres per degree.

	Triangle Flushing—De Bilt—The Helder.	Triangle The Helder—De Bilt—Vlissingen.
Highest gradient.		
First storm	7.3 mm at 7 and 8 p.m., Nov. 16	7.8 mm at 8 p.m., Nov. 16
Second "	5.6 " " 2 p.m., Nov. 23	6.0 " " 2 " " 23
Third "	5.6 " " 10 " " 25	5.7 " " 11 " " 25
Gradient above 4 mm.		
First storm	Nov. 16, 3 p.m.—Nov. 17, 3 a.m. = 12 hours	Nov. 16, 2 p.m.—Nov. 17, 3 a.m. = 13 hours
Second "	" 23, 1 " — " 24, 7 " = 18 "	" 23, 0 " — " 24, 7 " = 19 "
Third "	" 25, 8 " — " 26, 2 " = 6 "	" 25, 11 " — " 26, 4 " = 5 "

The wind velocities, attained during the last storm, were higher than during the second, though the gradients were smaller, which may be ascribed to the deviating wind direction. The NW.winds blow more from the open sea, moreover, their direction differed less from that of the higher air layers, the higher velocity of which is brought down by the descending air movement in the rear of the depression.

The conditions on November 16—17 may be compared with those during the storms of Whitsuntide 1860, and December 28—29, 1914. The highest gradients between The Helder and De Bilt were in these 3 cases 6.6, 8 and 12 mm respectively.

The NW.storm of November 25—26 shows fairly great similarity to that of January 13—14, 1916, which caused large inundations in North Holland, and high water on the waterway of Rotterdam. The mean hourly velocity was above 15 m.p.s. during 25 hours with a few interruptions, in the first case, and during 18 hours in the second, the highest hourly velocity being 24 m.p.s. for both. On Januari 13—14, 1916, the highest gradient and the period during which the gradient was above 4 mm, were:

5.9 mm and 7 hours in the triangle Flushing—De Bilt—The Helder
and 6.0 " " 8 " " " " " The Helder—De Bilt—Groningen.

When measured by the gradient, the storm of 1916 was the more violent one, and this method is probably the more reliable one, because in 1916 the anemometer at The Helder was less freely exposed than it is now.

In the table on p. 115 of the Dutch text the highest windvelocities are given, that were recorded at each of the stations during the storms mentioned above, the first part containing the mean velocities, the second part the windgusts. The most violent gust of 45 m.p.s., recorded at Hook of Holland, is only slightly below the highest velocity recorded in the British Isles, viz. 47 m.p.s. ¹⁾

WHIRLWINDS.

In the preceding pages no mention has been made of the wind-velocities recorded during whirlwinds. Local phenomena as they are, their most violent stages are only in exceptional cases recorderd by anemometers. Accidentally two tornado's recently have occurred in Holland, the intensity of which was without precedence for centuries, viz. those of August 10, 1925, and June 1, 1927. They have been described by van Everdingen²⁾ and Schoute.³⁾

In the first paper a map is given, which is reproduced in the Dutch

¹⁾ Meteor. Magazine. Oct. 1926, p. 209.

²⁾ E. van Everdingen. The cyclone-like whirlwinds of August 10, 1925. Proc. Roy. Acad. of Sc. at Amsterdam. Vol. XXVIII, n°. 10, p. 871.

³⁾ Dr. C. Schoute. De stormramp van 1 Juni 1927. Hemel en Dampkring, Jaarg. 25, afl. 7, 1927.

text of this treatise, on which the places are indicated visited by whirlwinds during the period 1882—1925. The 82 whirlwinds were distributed over the year as follows.

Jan.	Febr.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1	2	2	3	9	11	20	19	9	2	4	—

During the period 1888—1913 whirlwinds of more or less importance occurred in Holland on an average on 8 days per annum.

INHOUD.

Luchtdrukking.

	Bladz.
Inleiding	3
Oude waarnemingen	4
Maand- en jaargemiddelden	5
Maandgemiddelden van Utrecht en De Bilt	7
Maxima en minima	9
Dagelijksche gang	12
Depressie-banen	18
Luchtdruk-gradiënten en harde winden	23

Wind.

Reductie der windsnelheden tot gelijke hoogte	27
Windsnelheid	29
Gemiddelde windsnelheid	30
Plaatselijke verschillen in de windsnelheid	33
Dagelijksche gang van de windsnelheid	37
Dagelijksche gang op de kuststations	47
Dagelijksche gang van windrichting en -snelheid (windvectoren)	49
Groote windsnelheden	55
Frequentie van sterke winden	55
Aantal dagen met sterke winden	61
Frequenties van windsnelheden	66
Frequenties van windrichtingen	71
Frequenties van windrichting en -snelheid	75
Eenige der merkwaardigste stormen	88
Windhoozen	116

CONTENTS.

Air pressure.

	Page
Introduction	118
Monthly and annual mean values	119
Monthly means of Utrecht and De Bilt.	120

	Page
Maxima and minima	120
Diurnal variation	121
Paths of barometric lows	123
Air-pressure gradients and strong winds	125
Wind.	
Reduction of windvelocity to standard height	128
Windvelocity	130
Average windvelocity	131
Local differences of windvelocity	132
Diurnal variation of windvelocity	136
Diurnal variation at the coast stations	139
Diurnal variation of winddirection and velocity (wind vectors)	140
High windvelocities	141
Frequency of strong winds	141
Number of days with strong winds	144
Frequency of windvelocities	144
Frequency of winddirections	145
Frequencies of winddirection and windvelocity	146
On some of the most noteworthy gales	146
Whirlwinds	155