

Fig. 1-15. Weerkaart 1 februari 12.00 GMT

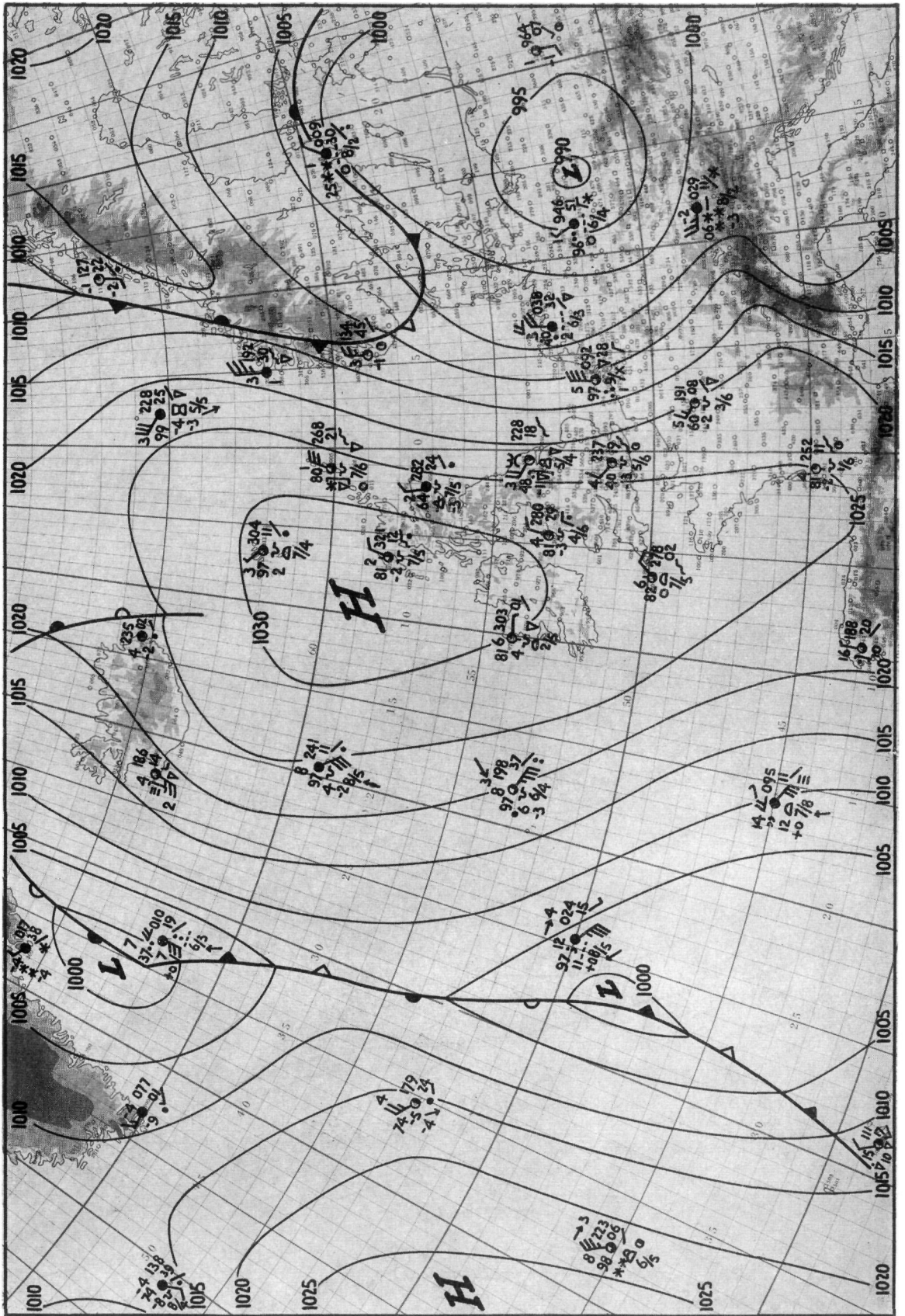


Fig. 1.16. Weerkaart 1 februari 18.00 GMT

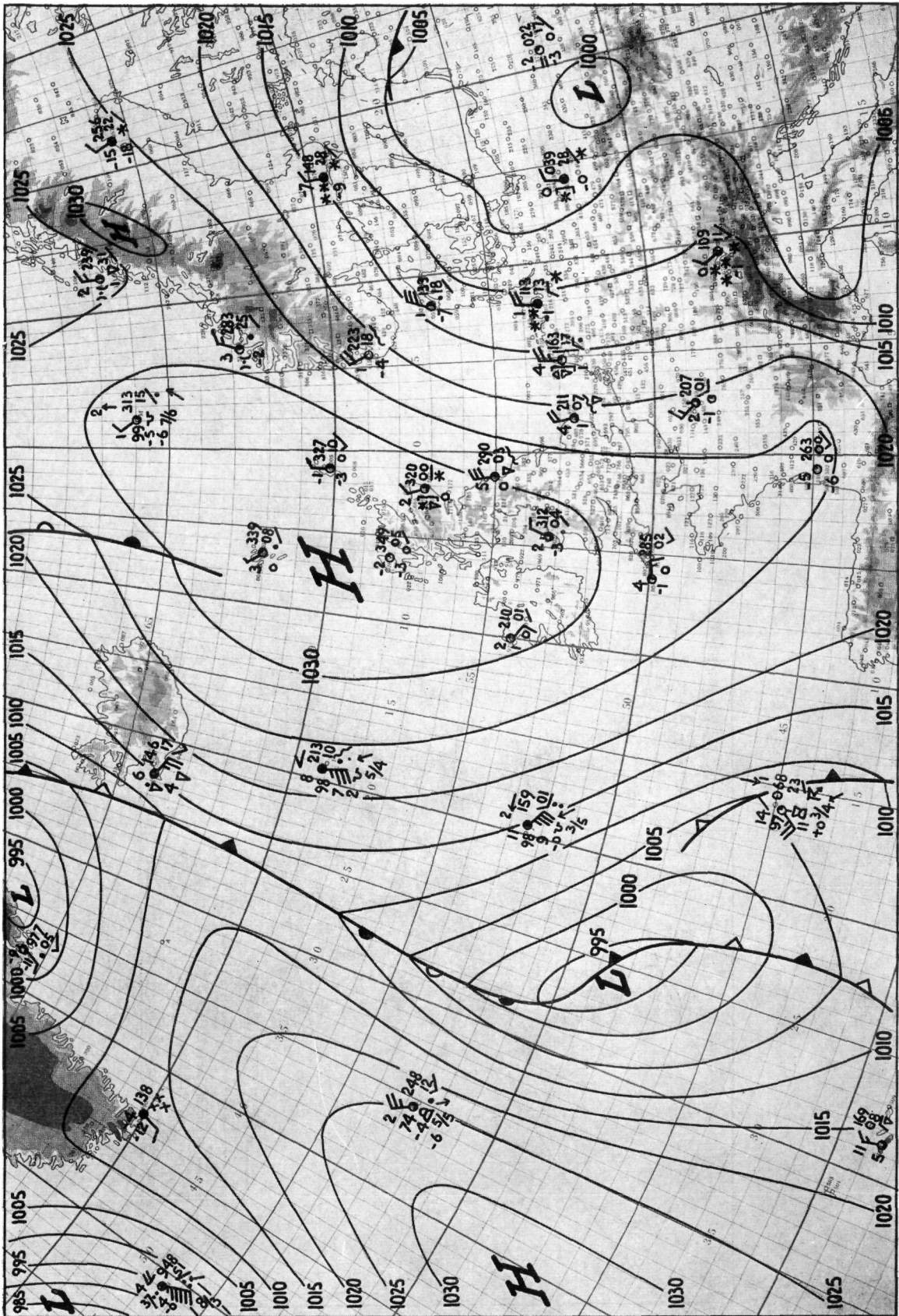


Fig. 1.17. Weerkaart 2 februari 06.00 GMT

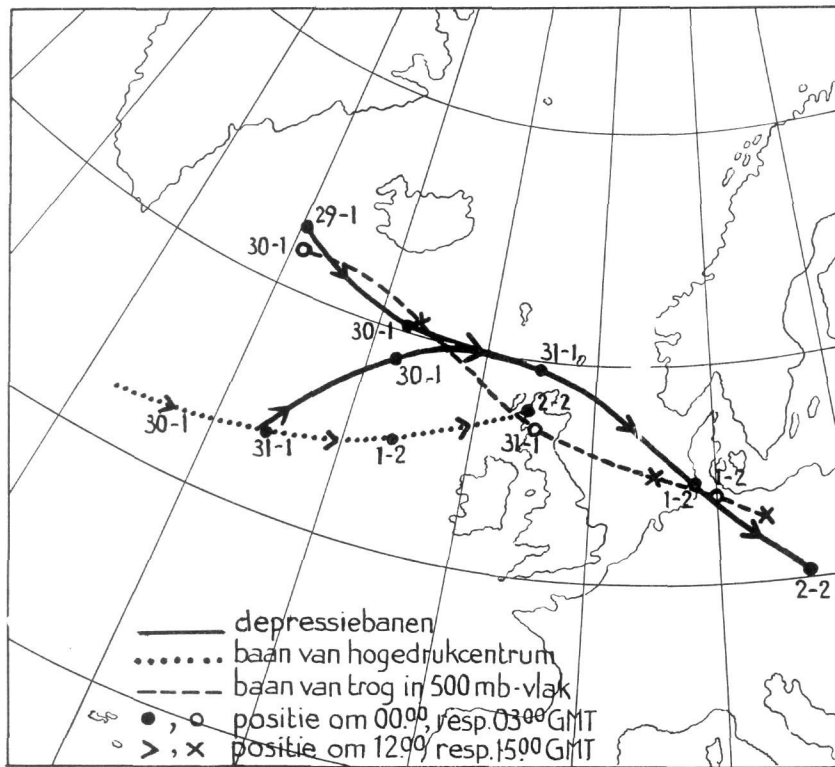


Fig. 1.18. Banen der verschillende druksystemen

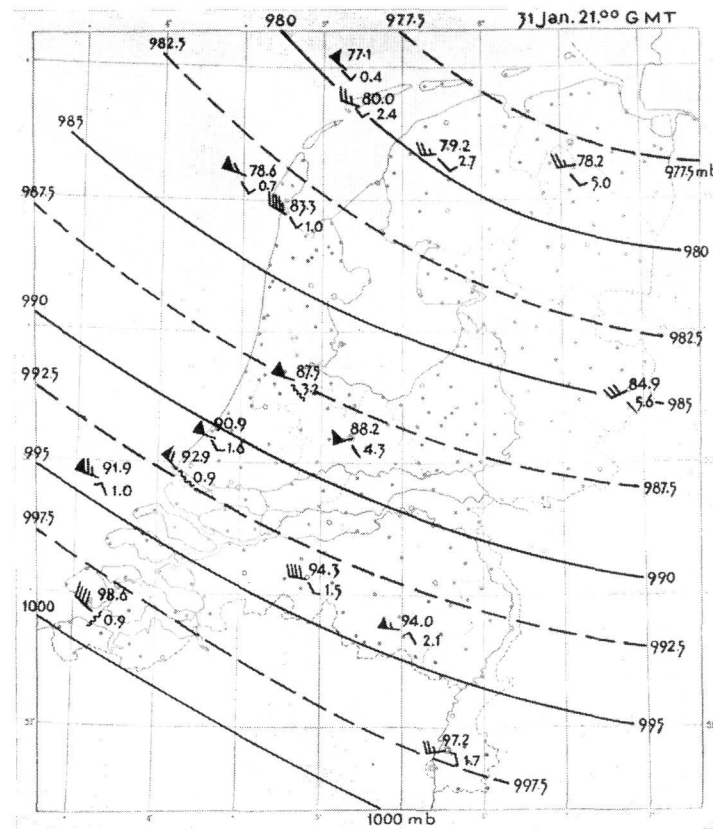


Fig. 1.19. Detailweerkart van Nederland 31 januari 21.00 GMT

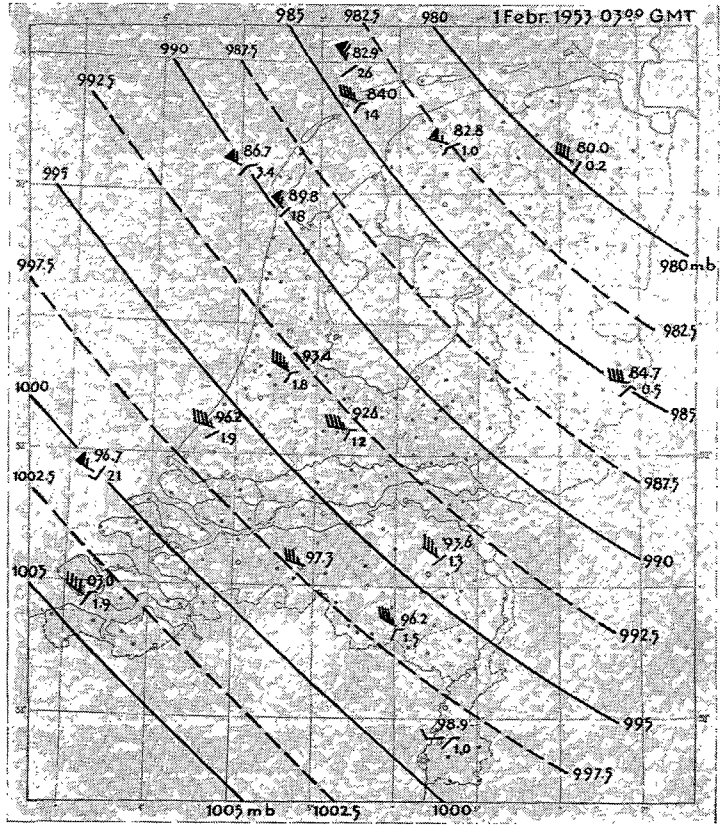


Fig. 1.20. Detailweerkaart van Nederland 1 februari 03.00 GMT

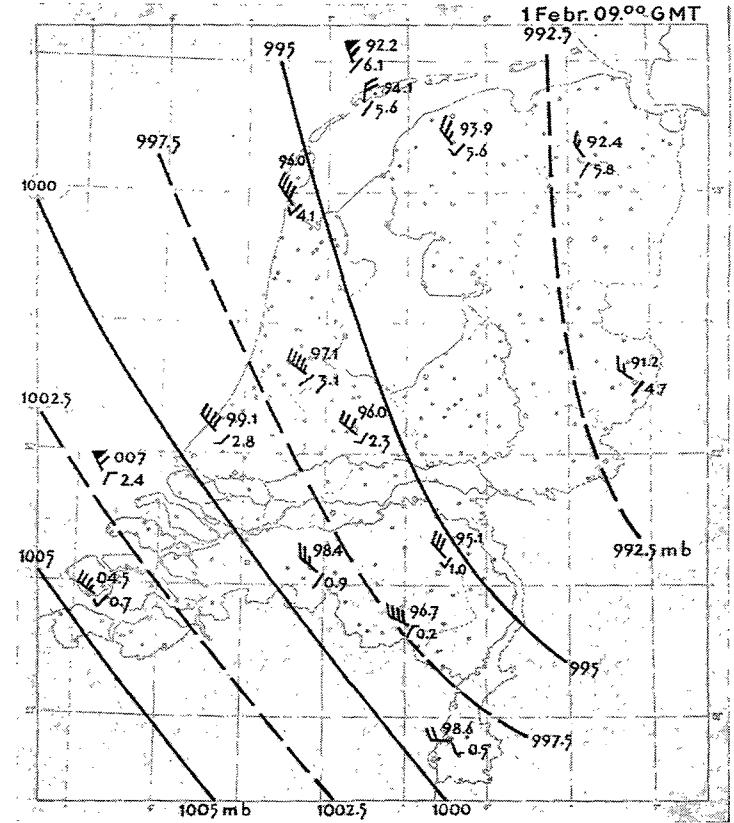


Fig. 1.21. Detailweerkaart van Nederland 1 februari 09.00 GMT

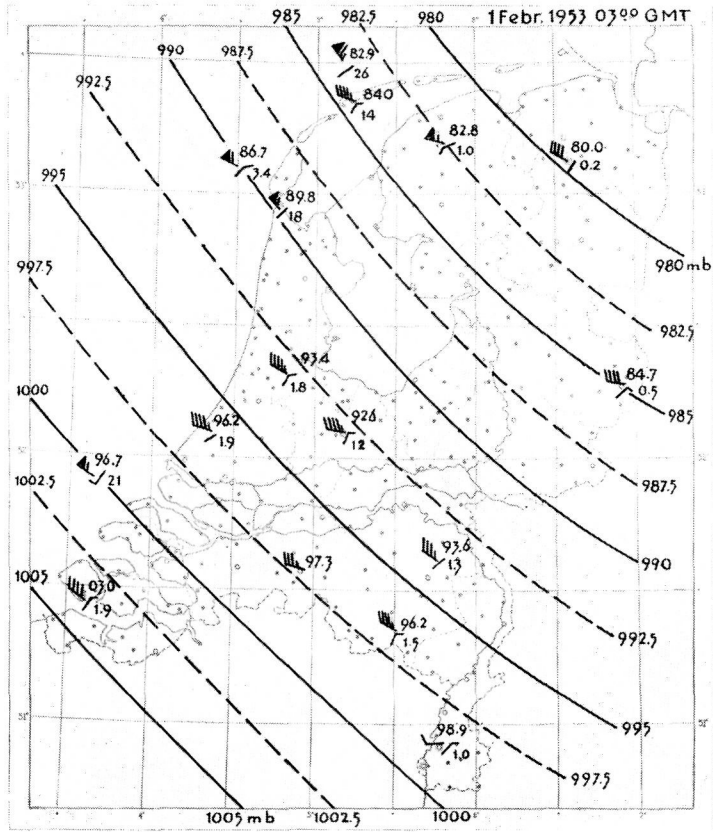


Fig. 1.20. Detailweerkart van Nederland 1 februari 03.00 GMT

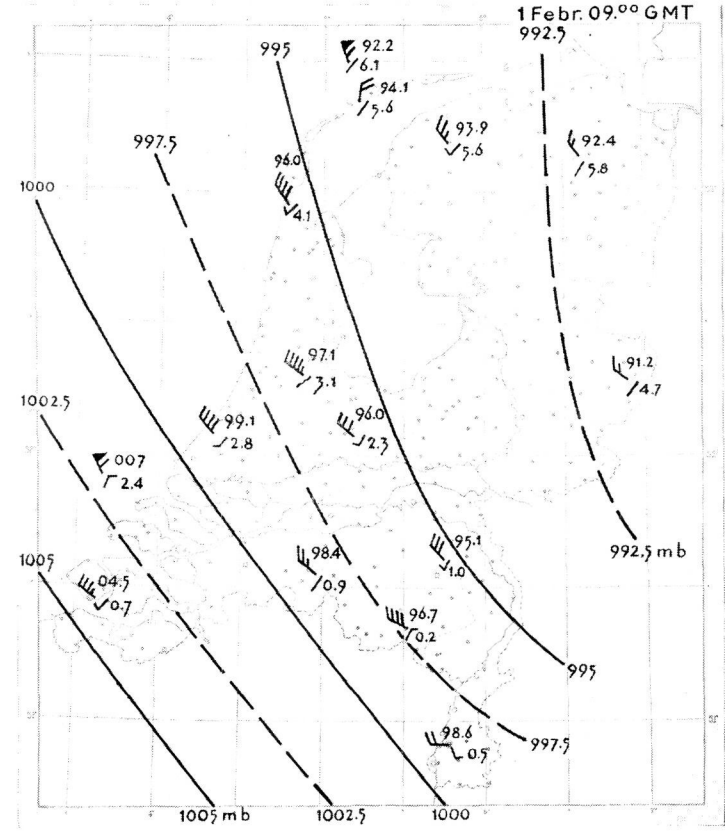


Fig. 1.21. Detailweerkart van Nederland 1 februari 09.00 GMT

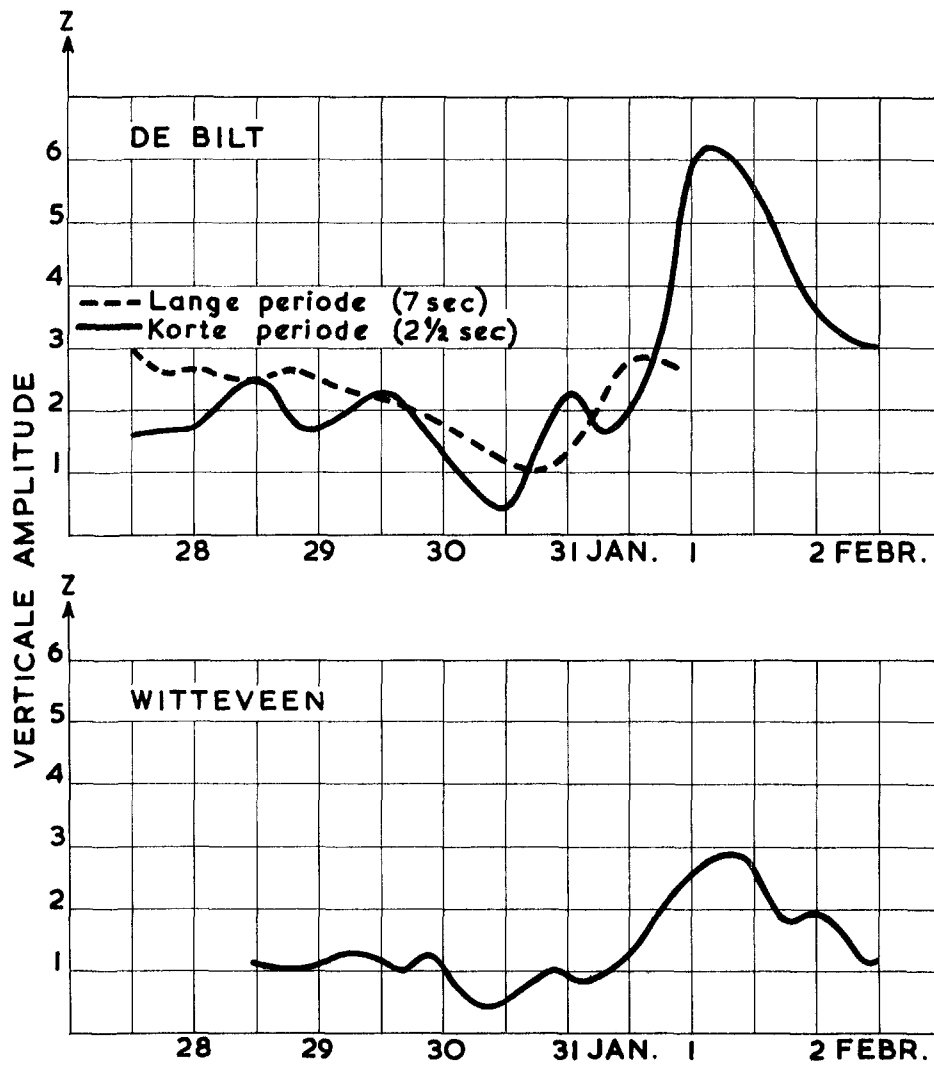


Fig. 1.22. Amplitude der microseismen te De Bilt en Witteveen

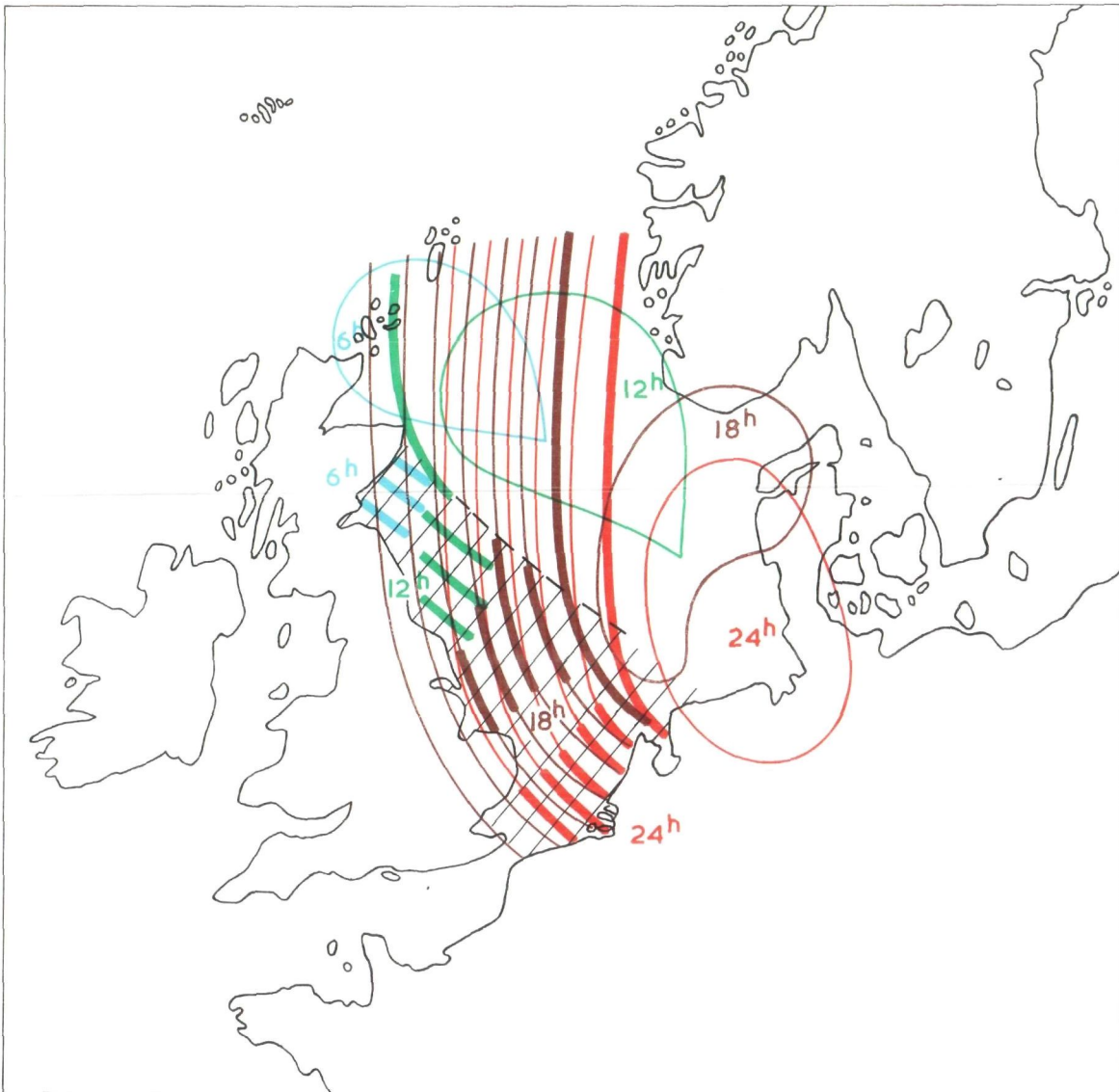


Fig. 1.23. Hoe de Noordzee door de storm de opstuwing heeft ondergaan



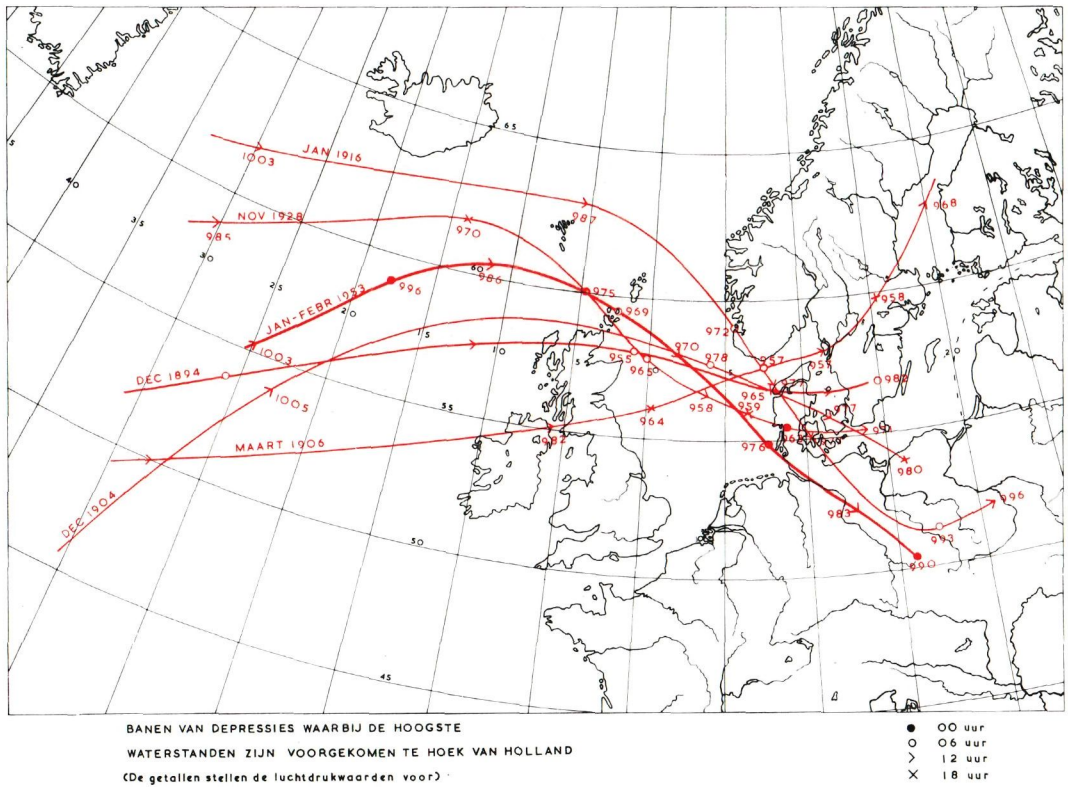


Fig. 1.24. Banen van enige depressies bij bekende stormvloed

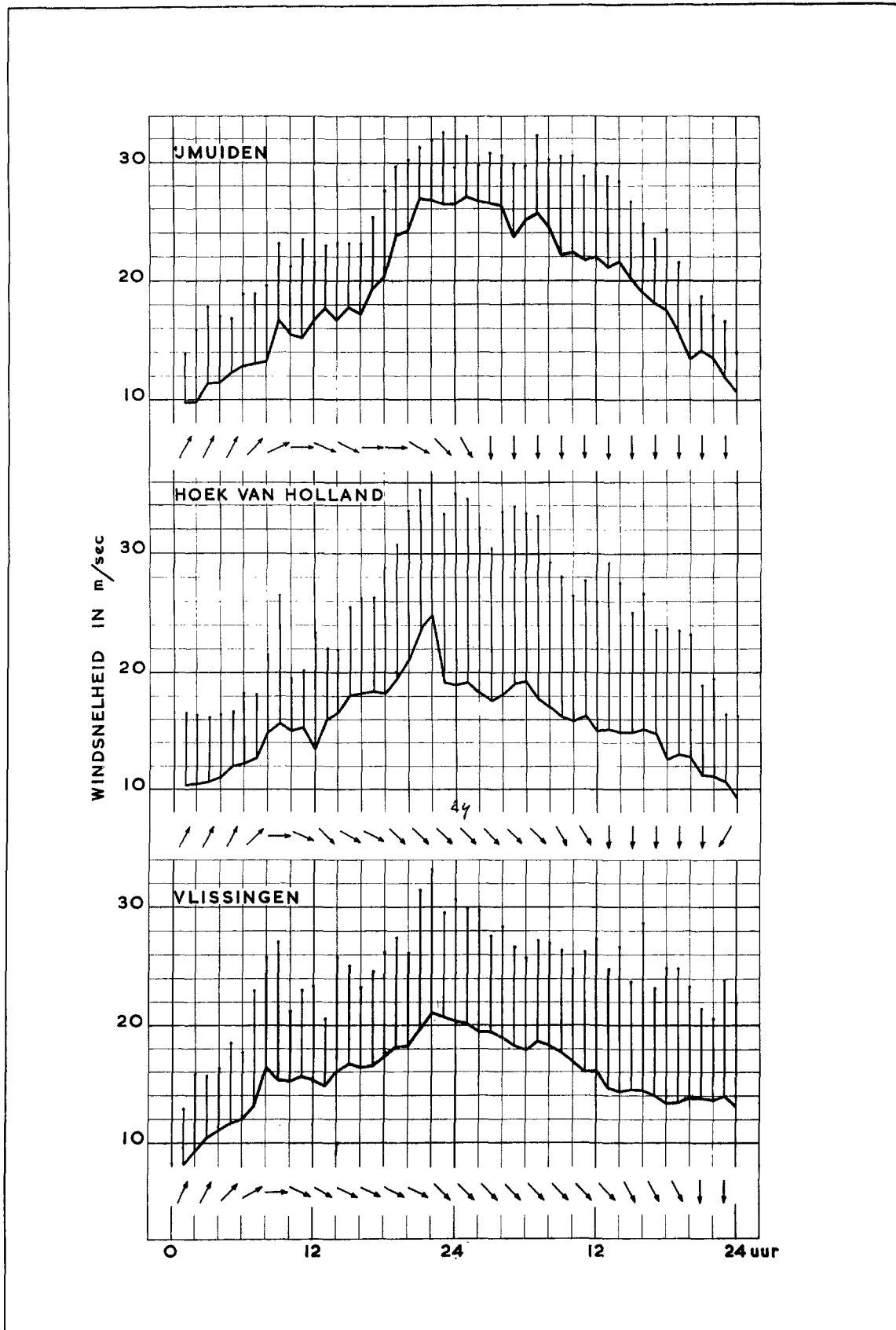


Fig. 1.25. Geregistreeerde uurgemiddelden van de windsnelheid met maximum-stoot voor elk uur

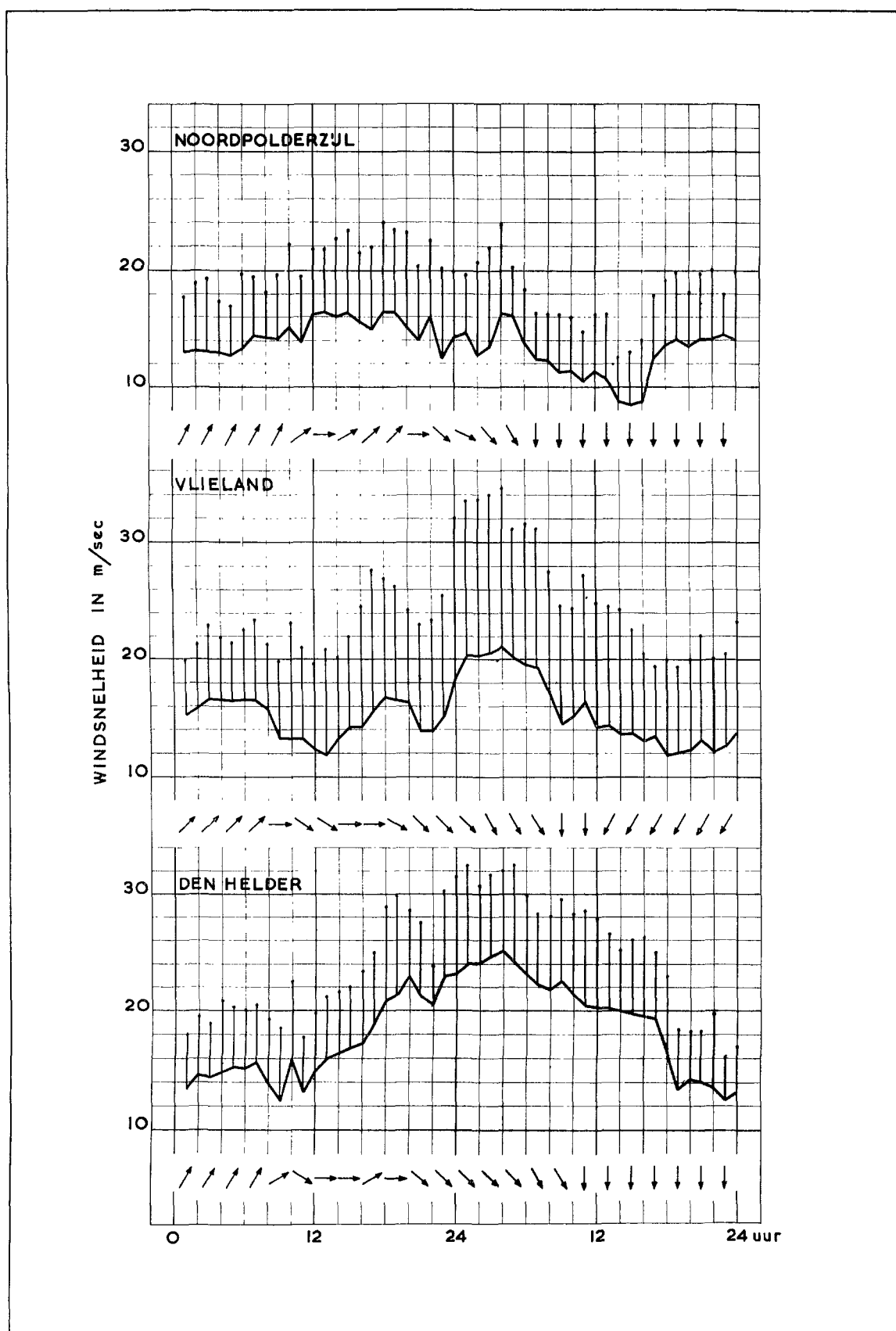


Fig. 1.26. Geregistreeerde uurgemiddelden van de windsnelheid met maximum-stoot voor elk uur

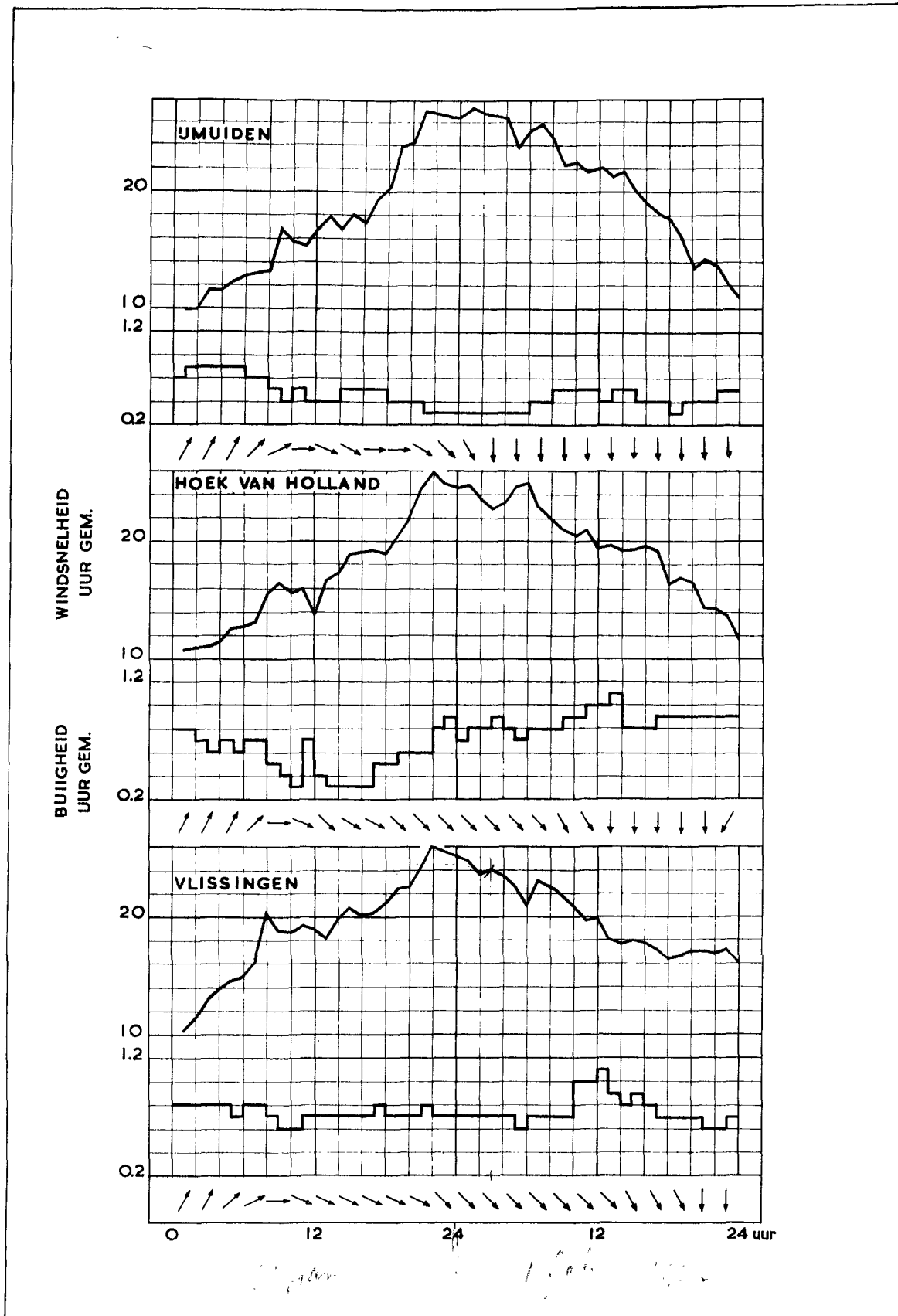


Fig. 1.27. Genormeerde uurgemiddelden van de windsnelheid met buigigheid en windrichting

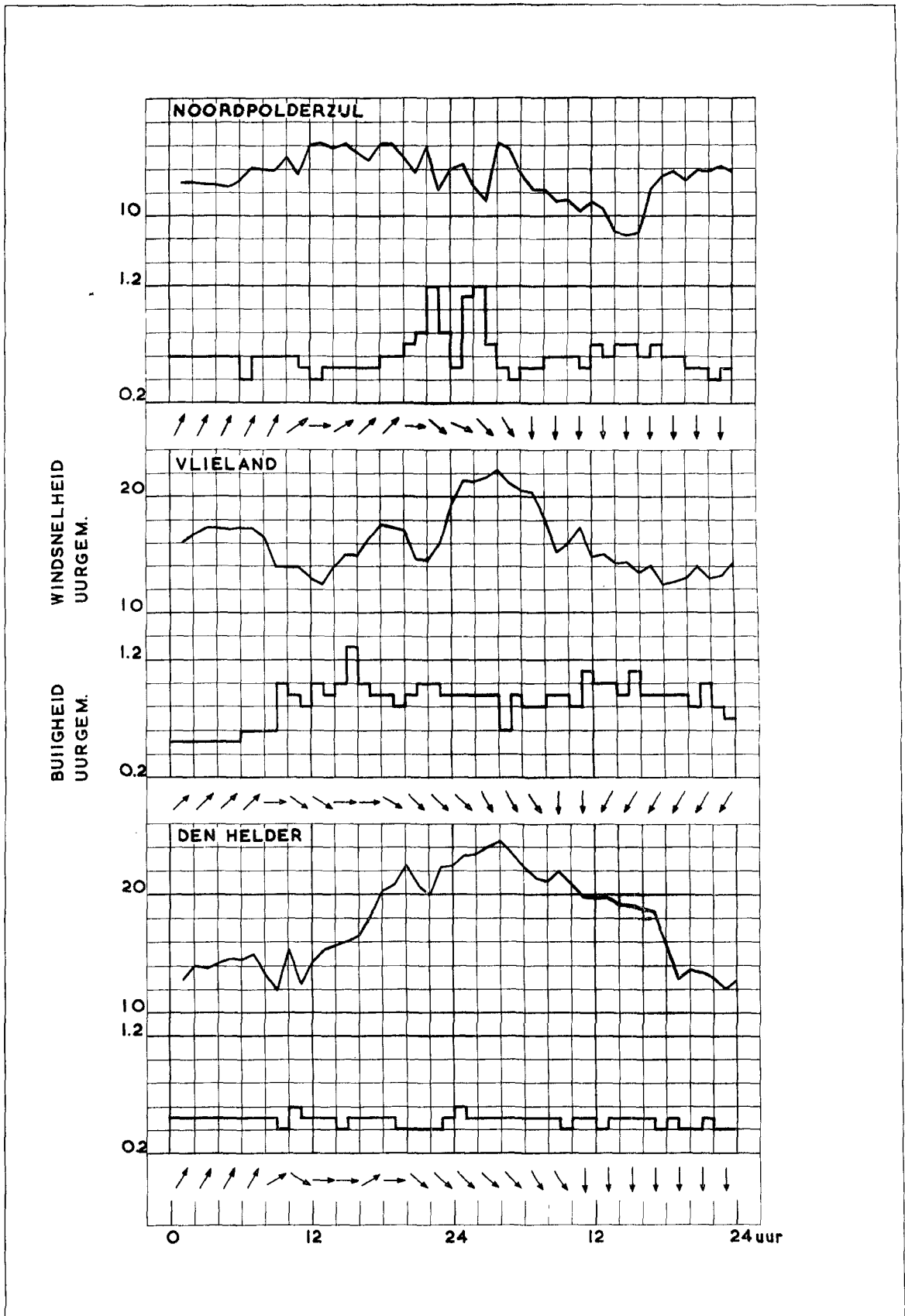


Fig. 1.28. Genormeerde uurgemiddelden van de windsnelheid met buiigheid en windrichting

## **AFDELING 2**

# **BESCHRIJVING VAN DE STORMVLOED**

## Afdeling 2. Beschrijving van de stormvloed

### 2.1 De omstandigheden

#### 2.1.1 De datum van de stormvloed

Fig. 2.1 geeft het tijdstip van optreden van de stormvloed van 1 februari 1953 in vergelijking met de datum van een aantal bekende stormvloeden.

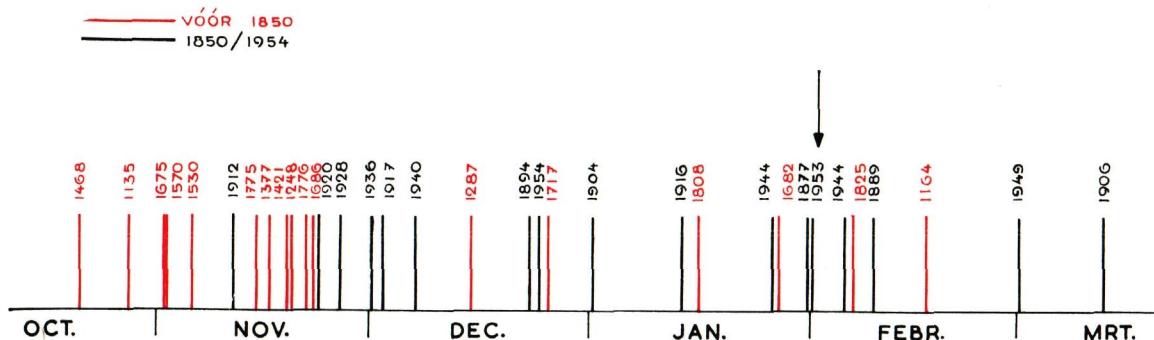


Fig. 2.1. Datum van de stormvloed 1953 in vergelijking met die van een aantal bekende stormvloeden.

Uit deze voorstelling blijkt, dat 1953 in vergelijking met andere stormvloeden niet op een ongewoon tijdstip van het seizoen is gevallen. De zwaarste stormvloed van de laatste eeuwen, de Allerheiligenvloed van 1570, ligt op 1 november vroeg in het seizoen; een der zwaarste van de laatste 100 jaar, de stormvloed van 1906, viel als laatste in het seizoen op 12/13 maart.

Het overzicht doet zien, dat de oudere stormvloeden als 1468, 1570, 1775, 1776 in het eerste deel van de winter vallen en de jongere als 1894, 1954, 1916, 1953, 1825, 1906 in het tweede deel. Men zou hieruit kunnen concluderen dat er een geleidelijke verschuiving heeft plaats gevonden naar een latere datum.

Lag het vroegere stormvloedseizoen in november, december, januari, met een halve maand daarvoor en daarna, in de laatste eeuw is het seizoen december, januari, februari, met een halve maand daarvoor en daarna. De stormvloed 1953 ligt dus bijna in het hart van het tegenwoordige stormvloedseizoen.

#### 2.1.2 De plaats in het seizoen

Fig. 2.1 geeft slechts steekproefsgewijs een aantal bekende stormvloeden, waaruit voor de verdeling der aantallen over de wintermaanden geen definitieve conclusie kan worden getrokken. Bovendien is er, naar zich laat aanzien, sprake van een proces van opschuiving in de data der stormvloeden. De oudere stormvloeden, die in het algemeen vroeger in het winterseizoen vielen, moeten worden terzijde gelaten, om de tegenwoordig geldende begrenzingsen van het stormvloedseizoen vast te stellen.

Uit de waarnemingen van de laatste eeuw (tabel 2.22) is afgeleid, hoe de stormvloeden thans over de maanden van het jaar zijn verdeeld.

Horizontaal zijn de 12 maanden uitgezet, verticaal op logaritmische schaal de aantallen stormvloeden per maand over 90 jaar. Uit figuur 2.2 blijkt, dat het maximum aantal in december valt. Het minimum ligt omstreeks juli. De verhouding tussen minimum en maximum is als 0,7 tot 21. De stormvloed 1953 viel dus aanmerkelijk later dan het tijdstip, waarin het maximum aantal stormvloeden optreedt.

#### 2.1.3 De datum in verband met de hoogte

Niet alleen vallen, overeenkomstig fig. 2.2 in het hart van het stormvloedseizoen de mééste stormvloeden, deze bereiken in die tijd ook de grootste hógten. Fig. 2.3 geeft het verloop over het seizoen van de hoogte der stormvloeden.

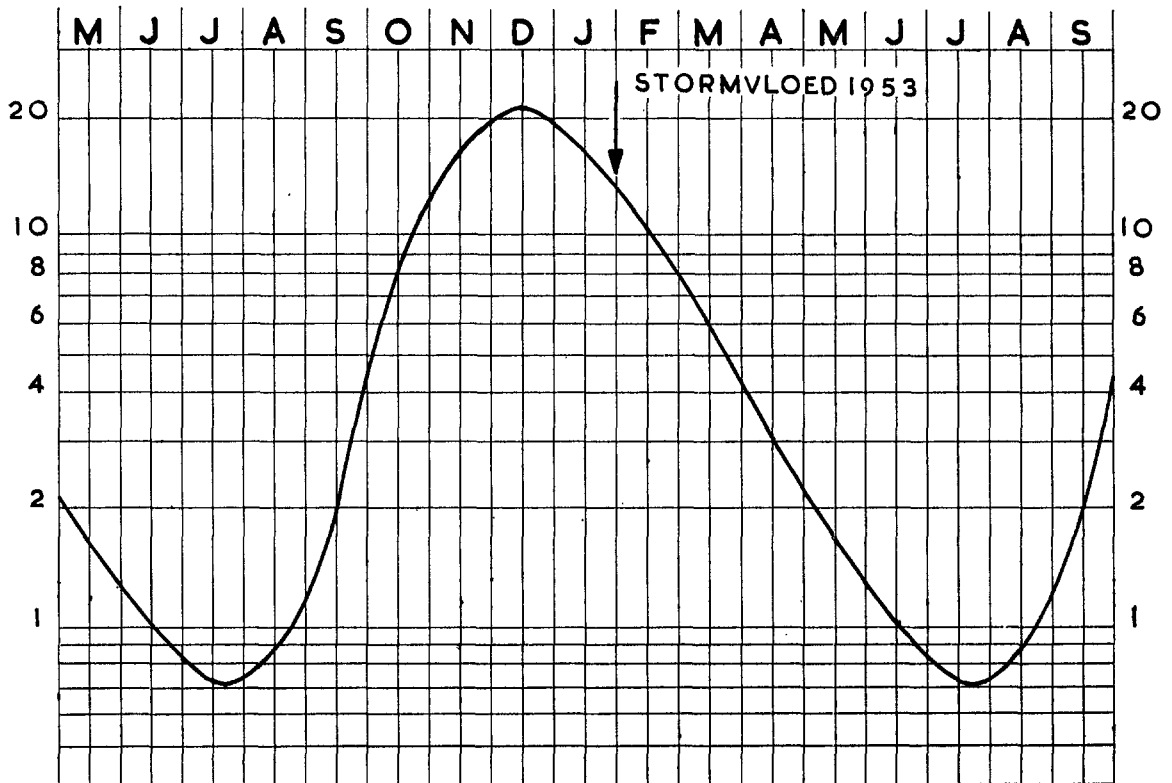


Fig. 2.2. Globaal verloop van het aantal stormvloeden in elke kalendermaand, bepaald over een tijdvak van 90 jaar

De hierop voorkomende lijnen hebben de volgende betekenis. Lijn N geeft de hoogte van gemiddeld hoogwater, zijnde N.A.P. + 90 cm. De lijn P verbindt de gemiddelde hoogte der springtijden van maand tot maand. Deze liggen in november 35 cm + gem. H. W. en in mei op 16 cm + gem. H.W. De lijn G geeft de gemiddelde hoogte der maandmaxima over een lang tijdvak. Hierin spelen dus naast astronomische invloeden vooral meteorologische een rol. De maximale waarde W ligt 105 cm hoger dan het gemiddelde H.W. en valt in december. In mei en juni bereiken deze waarden slechts een hoogte van 38 cm boven gemiddeld H.W. Er is dus tussen het meteorologisch effect in het centrum van de zomer en dat in het centrum van de winter een verschil, dat min of meer kan worden uitgedrukt in de verhouding 38 tot 105.

Voorts zijn in fig. 2.3 opgenomen de hoogste maandstanden over een tijdvak van 100 jaar; voor februari mede de hoogste stand vóór 1953 nl. 1889. De hoogten dezer punten vertonen een duidelijke seizoensinvloed, waarvan het verloop door de lijn M globaal wordt aangeduid.

Van de stormvloeden tot en met 1952 liggen van de maandmaxima 6 bóven deze gemiddelde lijn M, te weten:

maximum van maart	1906 met 20 cm
maximum van april	1943 met 15 cm
maximum van juni	1897 met 45 cm
maximum van juli	1903 met 5 cm
maximum van september	1911 met 5 cm
maximum van december	1894 met 5 cm

Ten opzichte van deze lijn M ligt nu 1953 70 cm hoger. Dit is niet alleen een tot nu toe nooit voorgekomen bedrag, doch tevens viel deze grote overschrijding dicht nabij de top van de kromme M. De figuur geeft tevens een inzicht in de relatieve grootte van deze overschrijding. De lijn M ligt in het punt



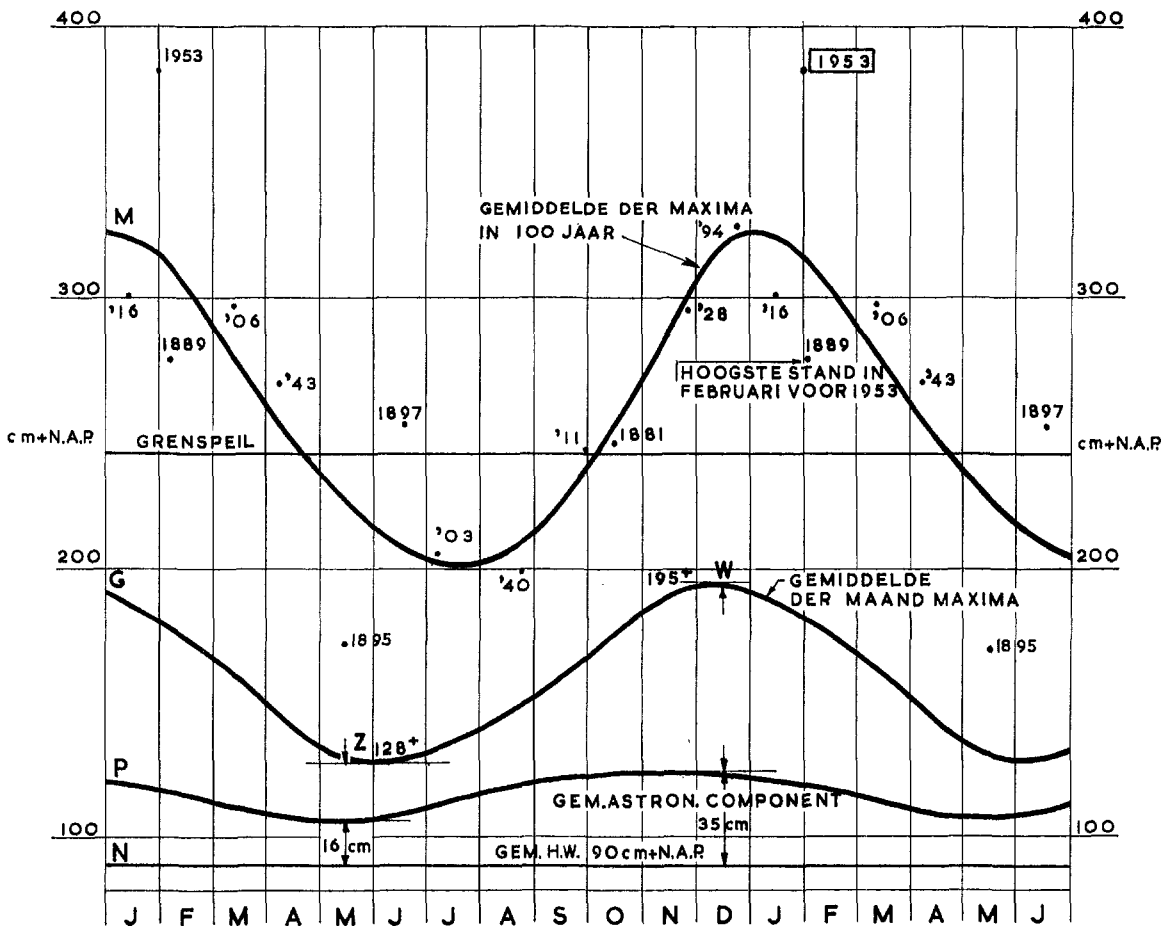


Fig. 2.3. Het verloop over het seizoen van de hoogste standen. (Hoek van Holland)

1 februari 225 cm boven gemiddeld H.W. De waterstand 1953 ligt 295 cm boven gemiddeld hoogwater (tevens astronomische hoogte van dit getij). De overschrijding (verderop de opzet genoemd) is dus 130% van de waarde, die wij uit een 100-jarige waarnemingstermijn hebben leren kennen.

#### 2.1.4 De fase van de maan

Tot nu toe is er nimmer enig verband gevonden tussen het optreden van zware stormen en de fase van de maan. De fase van de maan of, wat hetzelfde is, de schijngestalte van de maan, ontstaat door de wenteling van de maan om de aarde. De relatieve plaats van de maan in zijn baan wordt aangegeven door het culminatie-uur. Dit is 0 uur bij volle maan, 12 uur bij nieuwe maan, 6 uur bij afnemende maan (L.K.) en 18 uur bij wassende maan (E.K.).

In feite worden zware stormvloedën gevonden bij alle maanfasen. Fig. 2.4 geeft een overzicht van het tijdstip van het optreden van de belangrijkste stormvloedën van de laatste eeuw met betrekking tot de maanfase. De binnenste cirkel geeft het bijbehorende culminatie-uur. Uit deze figuur blijkt, dat de stormvloedën willekeurig over een lunatie (dit is het tijdsverloop van nieuwe maan tot nieuwe maan) zijn verdeeld. Er is geen voorkeur voor een bepaald gedeelte van een maansmaand, noch voor het vermijden van enig gedeelte.

De hoogte van het getij is evenwel in sterke mate afhankelijk van de maanfase. Bij nieuwe maan en volle maan (boven en beneden in fig. 2.4) worden de springtijden opgewekt. Deze verschijnen ongeveer  $2\frac{1}{4}$  dag later aan de Nederlandse kust. Bij de kwartierstanden (links en rechts in fig. 2.4) worden de zoveel kleinere doortijden opgewekt, die eveneens  $2\frac{1}{4}$  dag later aan de Nederlandse kust verschijnen.

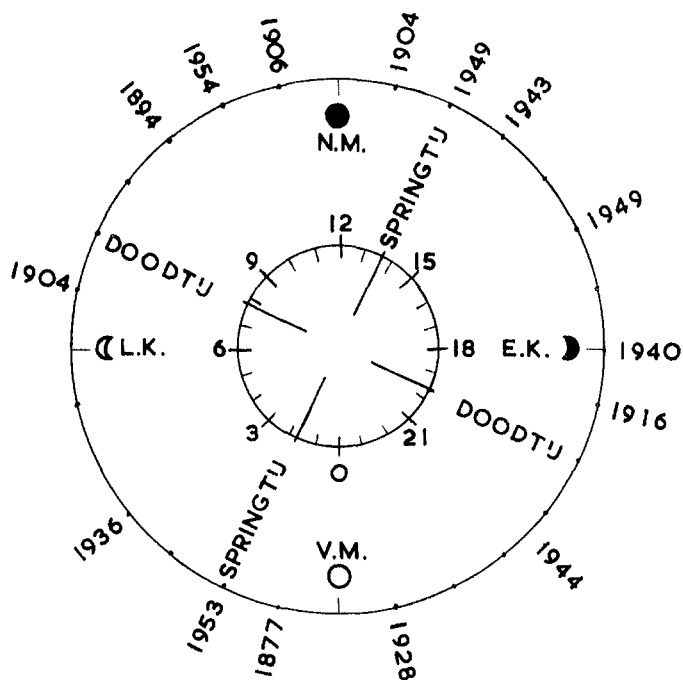


Fig. 2.4. Het optreden van een aantal belangrijke stormvloed en met betrekking tot de maanfase

De stormvloed 1953 viel 2 dagen na volle maan. Formeel was het dus op 1 februari precies springtij. De betekenis hiervan voor de stormvloed wordt in 2.1.6 behandeld.

### 2.1.5 De maansafstand

Een ander belangrijk gegeven voor de getijhoogte op de dag van de stormvloed is de maansafstand. In Nederland varieert het tijverschil namelijk meer dan 25% en de hoogte van het astronomisch hoogwater meerdere decimeters ten gevolge van de beweging van de maan in zijn elliptische baan. De afstand wordt uitgedrukt in het aantal boogminuten, waarin de aardstraal wordt gezien vanuit het middelpunt van de maan. Deze waarde varieert globaal tussen

- 61' bij maan in perigeum (afstand maan-aarde is minimum);
- 54' bij maan in apogeum (afstand maan-aarde is maximum).

In fig. 2.5 is deze hoekwaarde (parallax) langs een lijnstuk afgezet. Daarnaast zijn aangetekend de voornaamste stormvloed opgetreden na 1870. Er blijkt uit, dat stormvloed geen voorkeur hebben voor een grote of kleine maansafstand.

Bij de stormvloed van 1953 stond de maan precies in het apogeum, dus op de grootste afstand van de aarde, bij een parallax 54'. Daarmede staat deze stormvloed bijna onderaan in de reeks van fig. 2.5. Dienovereenkomstig waren de astronomische getijhoogten bijzonder laag. Het samentreffen van volle maan en de stand van de maan in het apogeum leidde tot een hoogwater, dat formeel een springtij was, maar voor dit geval enige centimeters lager dan het normale (gemiddelde) getij.

### 2.1.6 De astronomische getijhoogte

Aan de Nederlandse kust is de getijbeweging van halfdaags karakter, d.w.z. er zijn in een etmaal twee hoogwaters en twee laagwaters, elkaar opvolgende met een gemiddelde tussenruimte van 12 uur en 25 minuten. Het hoogteverschil tussen hoogwater en laagwater wordt tijverschil genoemd. De gemiddelde waarde daarvan bedraagt:

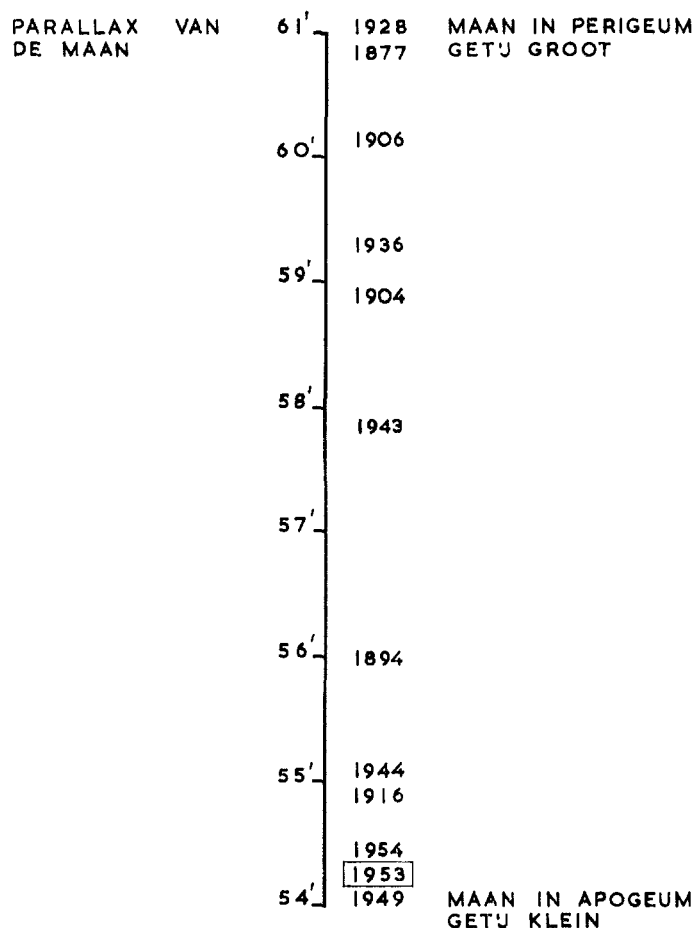


Fig. 2.5. De maansafstand bij de voornaamste stormvloed

Westerschelde tot meer dan	4 m
Zuidhollandse benedenrivieren	2 m
westelijke Waddenzee	1 à 1,5 m
Eems	2,5 m

De hoogten van hoogwater en laagwater zijn aan voortdurende periodieke wijzigingen onderhevig ten gevolge van:

- het veranderlijke culminatie-uur van de maan (2.1.4);
- de veranderlijke afstand van de maan (2.1.5);
- de veranderlijke afstand van de zon;
- de veranderlijke declinatie, zowel van zon als van maan, waardoor de dagelijkse ongelijkheid ontstaat.

Fig. 2.6 geeft een beeld van deze gecompliceerde variaties van de getijhoogten, die bovendien door de voortdurend wijzigende meteorologische invloeden nog verder worden verward. De theoretische lijnen volgens welke de hoogwaters en laagwaters over deze termijn bij afwezigheid van wind zouden verlopen, zijn als golvende lijnen ingetekend.

De getijbeweging van 1 februari was gecorreleerd met de astronomische constellatie van 30 januari (2¼ dag eerder). Deze werd, naar gedeeltelijk reeds werd behandeld in 2.1.4 en 2.1.5, bepaald door:

Volle maan op 30 januari 0.44h.

Maan in apogeum 1 februari 13h.

Declinatie zon zuidelijk, maan noordelijk. Daardoor elkaar tegenwerkende declinatie-invloeden, dus kleine dagelijkse ongelijkheid.

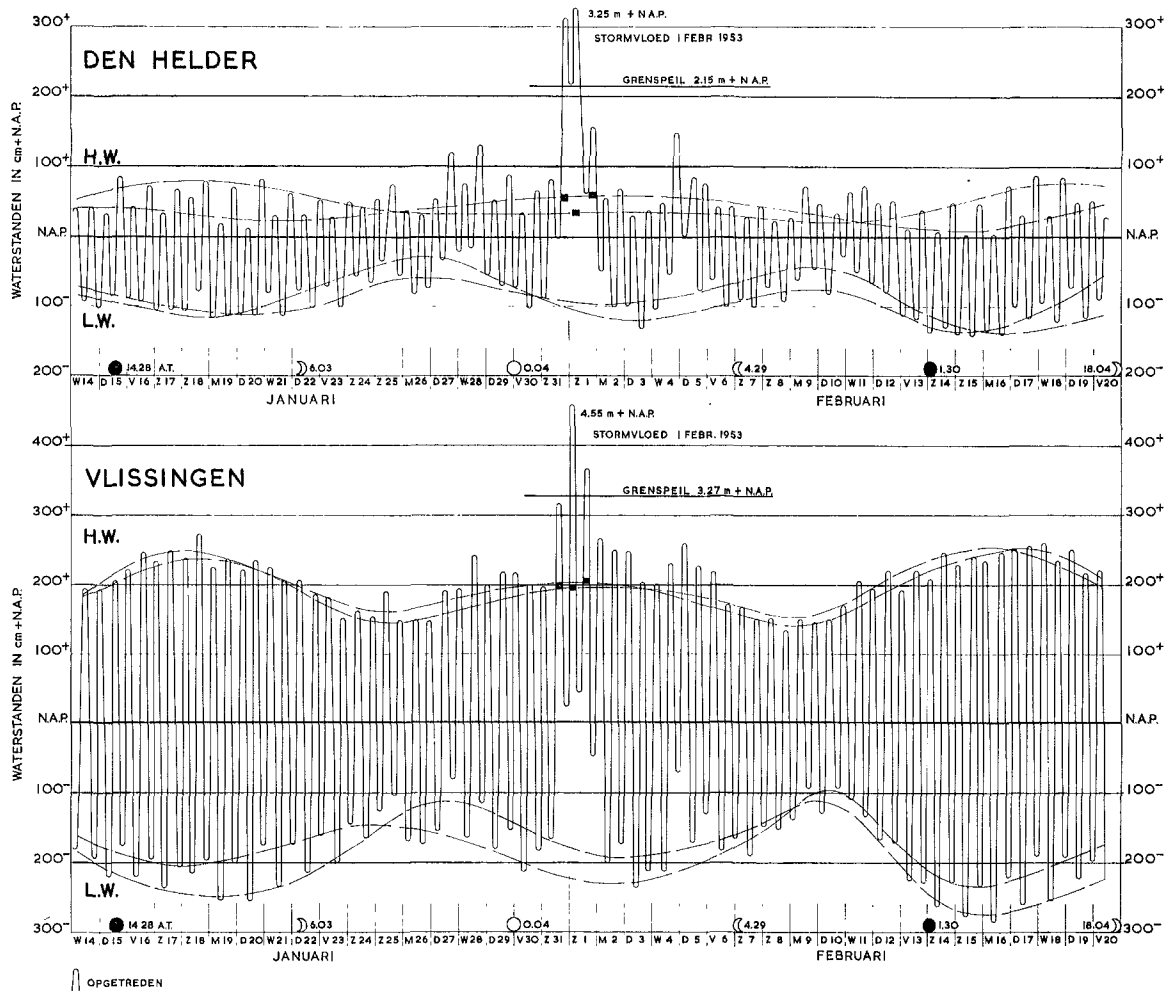


Fig. 2.6. Getijbeweging te Vlissingen en Den Helder van half januari tot half februari 1953. De stormvloed viel samen met een bijzonder laag apogeumspringtij en met het laagste getij van de dag.

Het getij op 1 februari wordt, uit hoofde van de volle maan, formeel een springtij genoemd. Doch het was, als vermeld in 2.1.5, ten gevolge van de grote maansafstand, naar de hoogte van het getij geoordeeld, geen springtij. Het was zelfs lager dan de normale getijhoogte.

Tabel 2.1 geeft een gedetailleerde vermelding van de astronomische vloedhoogten tijdens de stormvloed voor 9 plaatsen langs de kust.

Deze tabel geeft het voorspelde hoogwater I (zaterdagmiddag) in kolom 4, van hoogwater II (zondagochtend) in kolom 5 en van hoogwater III (zondagmiddag) in kolom 6. Het astronomische deel van het hoogste hoogwater van de stormvloed is vet gedrukt<sup>1)</sup>.

Ter vergelijking zijn toegevoegd de kolommen 1 en 3 met respectievelijk laagste en hoogste astronomisch hoogwater sinds 1901 en kolom 2 met gemiddeld hoogwater 1941-1950. In kolom 7 is vermeld het astronomisch hoogwater van 18 januari 1953, hetwelk maar weinig lager was dan het hoogste astronomisch hoogwater vermeld in kolom 3.

De betekenis van het astronomisch deel van het hoogwater voor de totale stormvloedhoogte blijkt nader uit fig. 2.7.

<sup>1)</sup> Voor de overige peilschalen in Nederland zie tabel 2.5.

Tabel 2.1. Overzicht diverse waarden van het astronomisch hoogwater

	Laagste astron. hoogwater sinds 1901	Gemidd. hoogwater 1941/50	Hoogste astron. hoogwater sinds 1901	Voorspeld hoogwater			Het astron. hoogwater van 18-1-53 (ter vergelijking)
				I	II	III	
				zaterd. n.m. 31-1-53	zondag v.m. 1-2-53	zondag n.m. 1-2-53	
	1	2	3	4	5	6	7
Vlissingen	88	188	260	198	<b>195</b>	205	242
Zierikzee	63	138	191	146	<b>130</b>	148	179
Brouwershaven	51	125	178	133	<b>118</b>	136	166
Hellevoetsluis	43	103	144	109	<b>94</b>	108	137
Hoek van Holland	26	90	132	96	<b>81</b>	97	125
IJmuiden	17	83	115	90	<b>80</b>	92	112
Den Helder	2	49	90	55	<b>35</b>	60	80
Harlingen	15	82	140	90	65	100	130
Delfzijl	54	116	162	126	104	130	154

De vetgedrukte getallen behoren bij het hoogste stormvloedhoogwater, vermeld in tabel 2.5

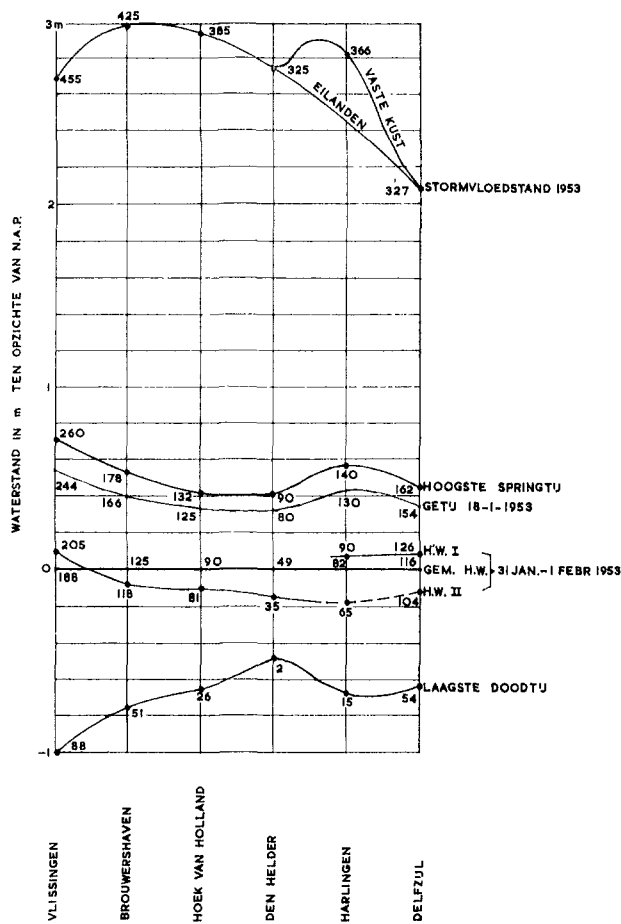


Fig. 2.7. Het astronomisch getij op 1 februari 1953, hoogste springtij, laagste doodtij en de hoogste stormvloedstand, uitgezet t.o.v. gemiddeld hoogwater in de betreffende plaats

Alle hoogten zijn uitgezet ten opzichte van gemiddeld hoogwater. Ter vergelijking zijn mede de hoogste stormvloedstanden van 1953 aangegeven. Uit deze figuur blijkt:

- dat de astronomische hoogte, behalve te Vlissingen, overal lager was dan gemiddeld hoogwater;
- dat het hoogste springtij een 50 à 60 cm hoger is gelegen dan de hoogte van het astronomisch getij, dat tijdens de storm optrad. Bij samentreffen met deze hogere astronomische standen zouden de stormvloedstanden dus 50 à 60 cm hoger zijn geworden. (De stormvloed van 1825 viel inderdaad in het perigeum en bij volle maan, dus bij een getijconstellatie overeenkomende met die van 18 januari 1953);
- dat het aandeel van de storm zelf in het hoogste hoogwater in 1953 het 6 à 7-voudige was van de verhoging van het gemiddeld hoogwater ten gevolge van het hoogste astronomische aandeel.

### 2.1.7 Het opperwater

In een groot gedeelte van het gebied der benedenrivieren heeft de afvoer van Rijn en Maas invloed op de hoogte van de stormvloedstanden. De grootte van deze afvoeren tijdens de stormvloed is gegeven in tabel 2.2

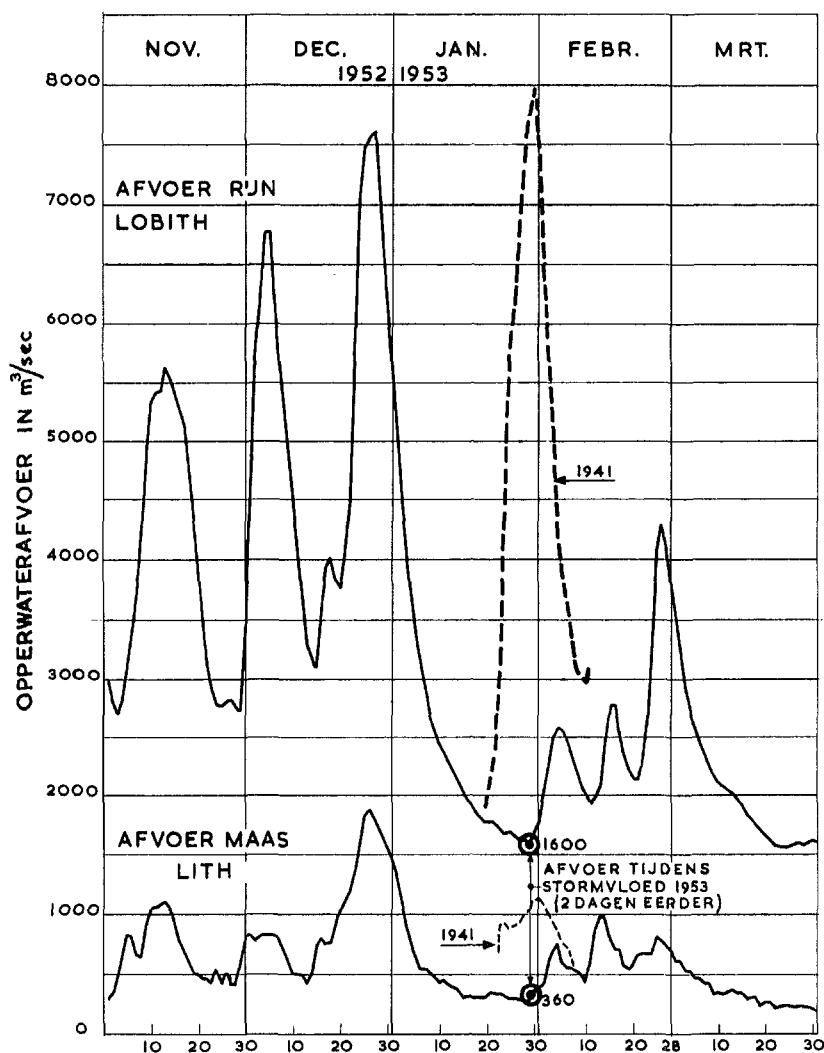


Fig. 2.8. Afvoeren van Rijn en Maas in de winter 1952/'53 en (ter vergelijking) in de winter 1940/'41

Tabel 2.2. Afvoer opperwater tijdens de stormvloed, en vergelijkingswaarden

Rivier		Minimum	Afvoer op	Gem. afv. in	Zeer hoge	Bekende maximum
		afvoer	1-2-'53	stormseizoen	afvoer	afvoer (1926)
		1	2	3	4	5
Rijn te Lobith	in m <sup>3</sup> /sec	620	1600	2400	10000	13000
	in %	26%	67%	100%	417%	542%
Maas te Lith	in m <sup>3</sup> /sec	25	360	450	2000	3000
	in %	6%	80%	100%	445%	665%

Uit deze tabel blijkt in kolom 2, dat zowel Rijn als Maas een afvoer had, lager dan het normale wintergemiddelde, kolom 3. De afvoer van de Maas is alleen van belang voor Bergse Maas en Amer tot Lage Zwaluwe. Op het Hollands Diep en alle ten noorden daarvan gelegen wateren overheerst de Rijnafvoer.

Fig. 2.8 geeft het verloop van de afvoeren van Rijn en Maas in de winter 1952/'53. Duidelijk blijkt hieruit het gunstige moment van de stormvloed ten opzichte van de afvoer. Ter vergelijking zijn aangegeven de afvoeren zoals deze zijn voorgekomen in de winter 1940/'41 toen de afvoer van de Rijn te Lobith op 30 januari 7950 m<sup>3</sup>/sec bedroeg en de afvoer van de Maas te Lith 1050 m<sup>3</sup>/sec.

### 2.1.8 De numerieke waarde van de invloed van opperwater

Omtrent de invloed van het groter of kleiner zijn van de opperwaterafvoer van de Rijn op stormvloedstanden in het gebied der benedenrivieren geeft tabel 2.3 nadere gegevens.

Tabel 2.3. Invloed van hogere Rijnaflower op gewoon hoogwater en stormvloeden

	Invloed van elke 1000 m <sup>3</sup> /sec grotere afvoer te Lobith op de hoogte van:			Aantal cm waarmede de topstanden van de stormvloed 1953 zouden zijn verhoogd indien de Rijnaflower had bedragen:		
	gewoon hoogwater	stormvloed bij grenspeil	stormvloed 1953	2400 m <sup>3</sup> /sec (normaal)	4800 m <sup>3</sup> /sec als bij de stormvloed 1906	7950 m <sup>3</sup> /sec als op 30 januari 1941
	1	2	3	4	5	6
Rotterdam	3 cm	2,5 cm	2 cm	2 cm	6 cm	13 cm
Krimpen a/d Lek	7	6	5	4	16	32
Culemborg	6,5	4,5	2,5	—	—	—
Dordrecht	8	7	6	5	20	38
Werkendam	16	12	8	6	25	50
Herwijnen	5,5	3,5	1,5	—	—	—
Moerdijk	3	2,5	2	2	6	13

In kolom 1 wordt gegeven de verhoging, die het gemiddeld hoogwater in de vermelde plaatsen ondergaat voor elke 1000 m<sup>3</sup>/sec grotere opperwaterafvoer. Daar de rivieren bewesten Dordrecht getijrivieren zijn is die invloed gering in verhouding tot de hoger gelegen plaatsen aan de bovenrivieren.

Bij waterstanden op de hoogte van grenspeil is de invloed van het opperwater iets kleiner. De reductie is percentsgewijs kleiner, naarmate de plaats dichter bij zee ligt.

Bij gebrek aan meerdere stormvloeden, zo hoog als 1953, zijn niet voldoende gegevens beschikbaar om een gemiddelde waarde te kunnen vaststellen. Op grond van de cijfers van kolom 1 en 2 kan men door extrapolatie besluiten tot de waarden van kolom 3, die geacht kunnen worden te gelden voor een stormvloed als 1953.

Toegepast op de situatie van 1 februari 1953 betekent dit, dat de topstanden lager waren dan bij een normale winter-Rijnaflower van 2400 m<sup>3</sup>/sec als vermeld in kolom 4. De cijfers van Culemborg en Herwijnen zijn hier, evenals in kolom 5 en 6 niet vermeld, omdat ze geen betekenis hebben.

Kolom 5 geeft aan hoeveel de waterstanden hoger zouden zijn geweest, indien de stormvloed 1953 zou zijn samengevallen met de opperwaterafvoer van 4800 m<sup>3</sup>/sec als bij de stormvloed van 1906. Dit is te Rotterdam in de orde van grootte van 5 cm geweest, voor de IJssel (monding halverwege Rotterdam

en Krimpen aan de Lek) 10 cm, voor de Beneden-Lek nabij Krimpen 15 cm en voor Noord en Dordtse Kil 10 à 20 cm.

Kolom 6 geeft de verhogingen, die de standen van de stormvloed 1953 zouden ondergaan onder invloed van een opperwaterafvoer van 7950 m<sup>3</sup>/sec (zie 2.1.7). De betekenis van de lage opperwaterafvoer in 1953 komt hiermede wel helder tot uitdrukking.

### 2.1.9 Vergelijking met opperwaterafvoer bij andere stormvloeden

Ter vergelijking van de toestand op de benedenrivieren op 1 februari met die bij andere stormvloeden zijn gegevens overgelegd in tabel 2.4 en fig. 2.9.

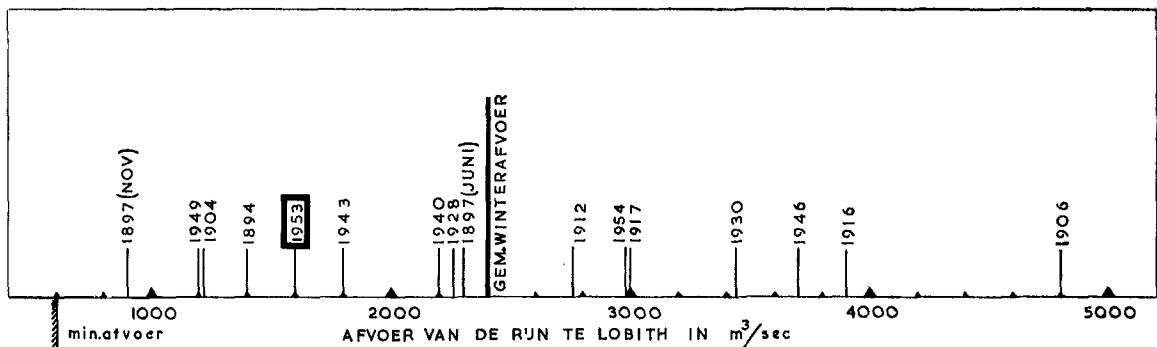


Fig. 2.9. De opperwaterafvoer bij 16 stormvloeden, die, hetzij te Hellevoetsluis, hetzij te Dordrecht, tot de hoogste behoren sinds 1890

In fig. 2.9 is op een horizontale schaal de afvoer van de Rijn uitgezet in m<sup>3</sup>/sec. Links bevindt zich de minimum afvoer van 600 m<sup>3</sup>/sec. De gemiddelde winterafvoer van 2400 m<sup>3</sup>/sec is door een zware verticale lijn gemarkeerd.

Voor 16 stormvloeden, die hetzij te Dordrecht, hetzij te Hellevoetsluis, tot de hoogste behoren sinds 1890, is de grootte van de opperwaterafvoer bepaald. De geselecteerde 16 stormvloeden zijn op de betreffende afvoer geplaatst. Men ziet, dat juist de helft dezer grote stormvloeden samenvalt met afvoeren, groter dan de gemiddelde winterafvoer en de helft met afvoeren, kleiner dan de gemiddelde winterafvoer. De grootste Rijnaafvoer in deze reeks is die, samenvallend met de storm van 1906, zijnde 4800 m<sup>3</sup>/sec. De bekende stormvloed van 1916, die in het gebied der benedenrivieren ernstig is geweest, is tweede van rechts in de vermelde serie.

De stormvloed 1953 viel als nr. 5 van onderaf in deze reeks samen met de vrij kleine Rijnaafvoer van 1600 m<sup>3</sup>/sec.

Tabel 2.4 geeft de getalswaarden van deze 16 stormvloeden.

Kolom 1 geeft de datering, 2 en 3 de hoogten, 4 geeft de afwijking van de hoogte te Dordrecht ten opzichte van de met een betrekkinglijn uit Hellevoetsluis af te leiden hoogte. Deze cijfers variëren globaal tussen + 25 en - 25 cm.

Kolom 5 geeft de afvoer van de Rijn.

De invloed van de afwijking van de afvoeren van het normale bedrag van 2400 m<sup>3</sup>/sec (volgens tabel 2.3 voor Dordrecht bij stormvloeden 6 cm per 1000 m<sup>3</sup>/sec) is gegeven in kolom 6. De spreiding in de cijfers van kolom 4 wordt door de opperwaterinvloed, als aangegeven in kolom 6, ten dele verklaard. De overblijvende toevallige afwijkingen, kolom 7, variëren nog tussen - 17 en + 17 cm.

Kolom 8 geeft de zwaarste 6 stormvloeden volgens rangnummer, kolom 9 de grootste 6 Rijnaafvoeren naar rangnummer. Het peil 1953 te Dordrecht zijnde 373+ kan dus geacht worden te zijn samengesteld als volgt:

peil, gemiddeld corresponderende met Hellevoetsluis volgens betrekkinglijn N.A.P. + 380 cm	
wegens lager opperwaterafvoer dan normale winterafvoer	- 5 cm
toevallige invloeden	- 2 cm
gemeten te Dordrecht	N.A.P. + 373 cm



Tabel 2.4. Invloed opperwater bij de 16 stormvloedens sinds 1890, die hetzij te Hellevoetsluis, dan wel te Dordrecht tot de hoogste standen behoren

Dag	Jaar	Hellevoet-	Afwijking		Afvoer Rijn m <sup>3</sup> /sec	Invloed	Overblijvend storm- verschil	Rangnr.	Rangnr. naar grootte afvoer Rijn
		sluis cm + N.A.P.	Dordrecht cm + N.A.P.	Dordrecht l.o.v. betr. lijn		afvoer Rijn te Dordrecht		van de storm- vloed <sup>2)</sup>	
1		2	3	4	5	6	7	8	9
23 dec.	1894	346	321	— 12	1400	— 6	— 6	4	
19 juni	1897 <sup>1)</sup>	297	296	1	2300	— 1	2		
29 nov.	1897	305	290	— 11	900	— 9	— 2		
30/31 dec.	1904	317	287	— 24	1200	— 7	— 17		
12 mrt.	1906	335	327	2	4800	14	— 12	5	1
11 nov.	1912	315	302	— 7	2750	2	— 9		
13 jan.	1916	333	343	20	3900	9	11	3	2
2 dec.	1917	297	303	8	3000	4	4		5
26 nov.	1928	330	327	6	2250	— 1	7	6	
23 nov.	1930	294	302	9	3450	6	3		4
6 dec.	1940	302	315	16	2200	— 1	17		
7 april	1943	303	295	— 5	1800	— 3	— 2		
23 febr.	1946	285	310	23	3700	8	15		3
1 mrt.	1949	303	293	— 7	1200	— 7	0		
1 febr.	1953	410	373	— 7	1600	— 5	— 2	1	
23 dec.	1954	345	340	8	3000	5	3	2	6

1) Zomerstorm.

2) Naar gemiddelde van Hellevoetsluis en Dordrecht.

Een betrekkinglijn geeft een vast verband aan tussen de waterstanden, optredende aan twee stations. De waarnemingen liggen echter steeds rondom zulk een betrekkinglijn gespreid. Allerlei oorzaken leiden daartoe. De mate van spreiding wordt door de cijfers van tabel 2.4 kolom 7 aangegeven. Zo goed als er een toevallige verlaging is geweest van 2 cm, zo kan er ook optreden een verhoging van meerdere cm, kolom 7 vermeldt 17, 15 en 11 cm. Kiezen wij een geringe toevallige verhoging van slechts 7 cm, dan wordt als mogelijke stormvloedstand te Dordrecht gevonden, wanneer tevens een opperwaterafvoer wordt ingevoerd als optrad op 30 januari 1941:

peil, gemiddeld corresponderende met Hellevoetsluis N.A.P. + 380 cm  
 invloed opperwater (bij 7950 m<sup>3</sup>/sec) 33 cm  
 toevallige invloeden, ten nadele werkende 7 cm

hypothetisch peil te Dordrecht

N.A.P. + 420 cm

Dit is bijna 0,5 m hoger dan de waterstand geweest is.

### 2.1.10 Samentreffen van storm en getij

Een stormvloed komt, althans in Nederland, alleen tot stand door het samentreffen van de door de storm opgewekte opstuwing met het normale astronomische hoogwater. Met welke hoogwaters deze stormvloed samenviel, wordt verduidelijkt door fig. 2.10.

In het onderste gedeelte is een grafiek gegeven van het verloop van het astronomische hoogwater langs de kust. Elk hoogwater loopt in ongeveer 10 uur van Vlissingen naar Delfzijl. De hoogwaters volgen elkander op met een tussenruimte van 12 uur 25 min. In het bovenste gedeelte is een grafiek gegeven van het verloop van de windsnelheden (uurgemiddelden) en de maximum stoot per uur te Hoek van Holland met de bijbehorende windrichtingen.

Wanneer de waterstand door de wind wordt opgestuwd tot boven wat genoemd wordt het grenspeil (2.2.6), dan wordt die vloed een stormvloed genoemd. In fig. 2.10 zijn de betreffende gedeelten met een dikke lijn aangeduid.

Er zijn 3 hoogwaters tot boven het bedoelde grenspeil opgestuwd. Zij zijn aangeduid met I, II en III.

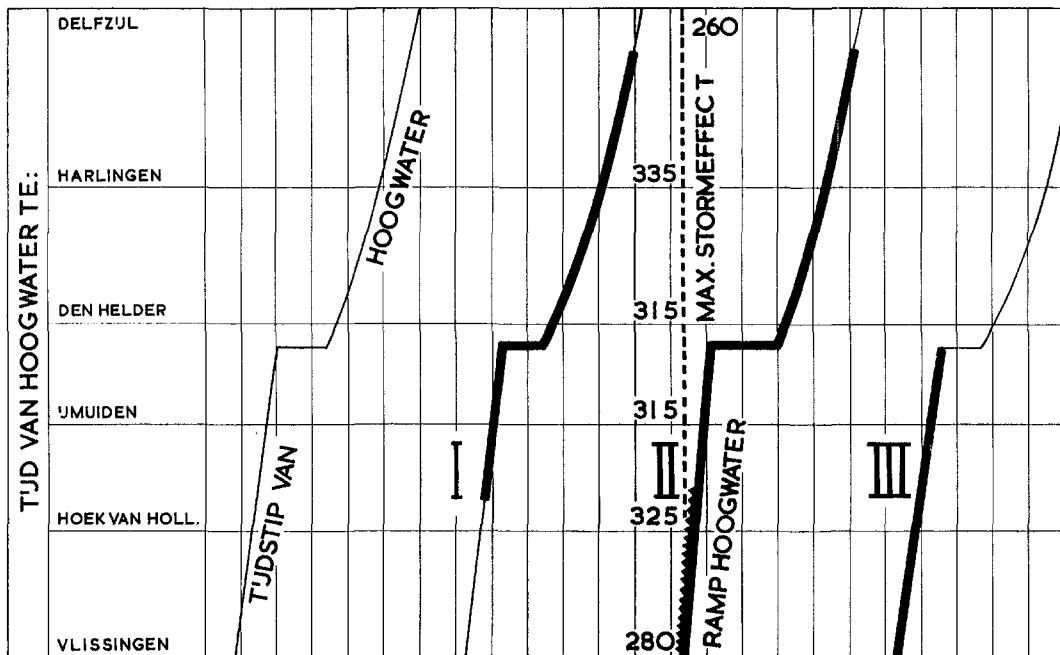
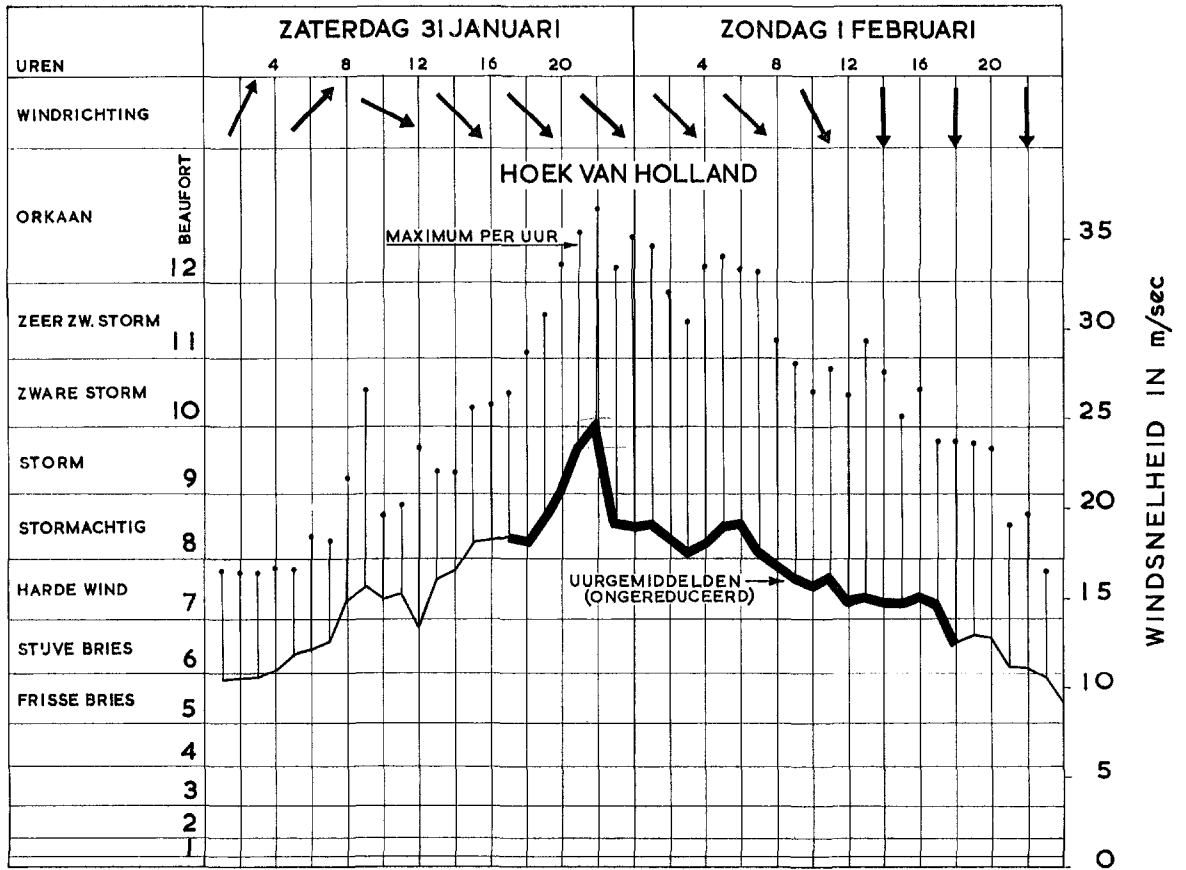


Fig. 2.10. Het samentreffen van de stormvloed met de regelmatige reeks van astronomische hoogwaters. Door de storm zijn de hoogwaters I, II en III over het zwaar getekende gedeelte opgezet tot boven het „grenspeil” (zie 2.2.6). De geblokte lijn geeft het moment van optreden van het maximum stormeffect aan

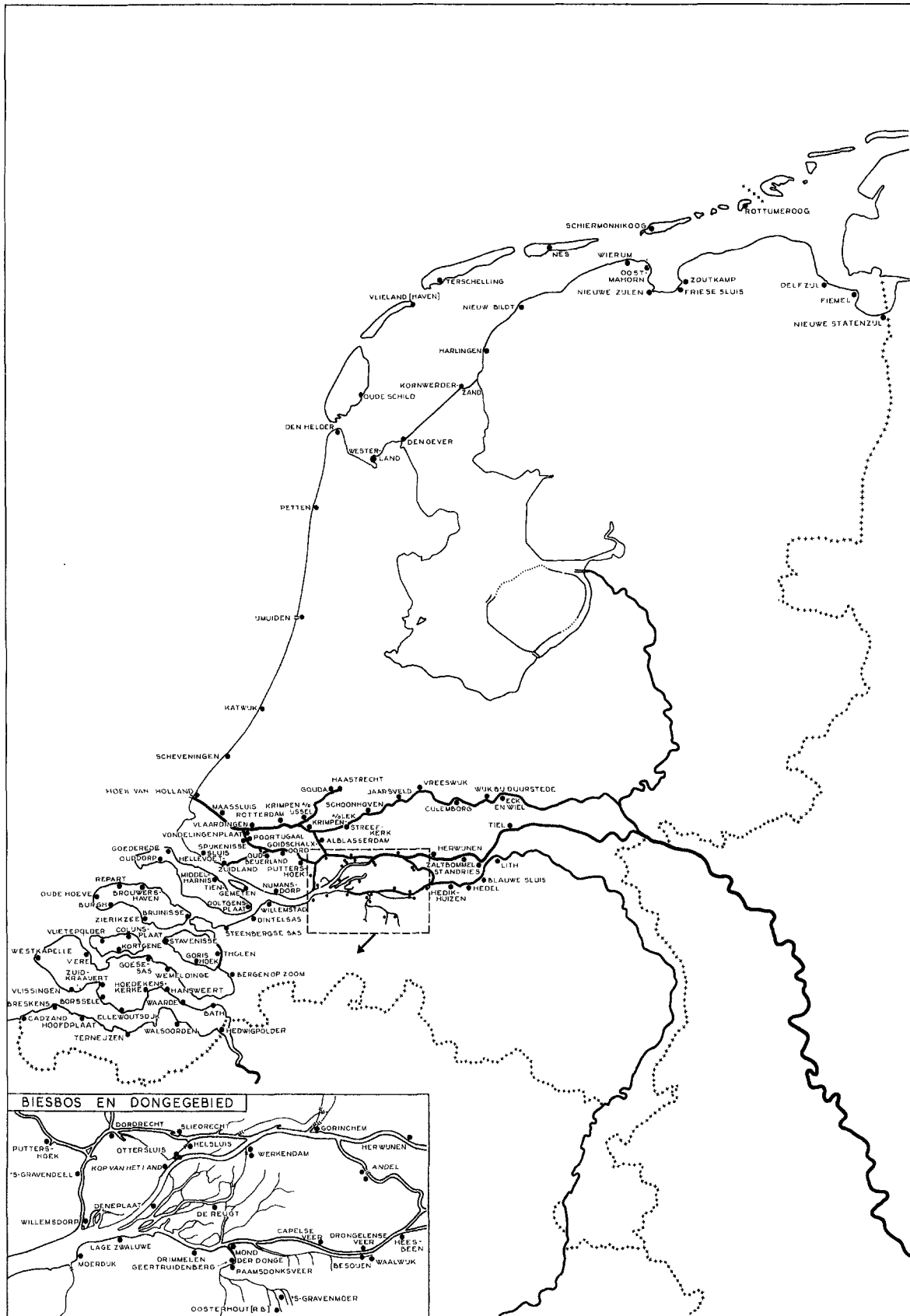


Fig. 2.11. Situatie van de peelschalen in het getijgebied

Het eigenlijke ramphoogwater is voor het zuidwestelijke gedeelte het met een zaagtand geaccentueerde hoogwater II. Het was het hoogwater van 1 februari 3 à 4 uur. Datzelfde hoogwater bereikte het noorden des lands om 10 à 12 uur. De storm was toen al zo ver afgenomen, dat de daarbij optredende hoogten niet meer catastrofaal waren. Het hoogwater I viel samen met het toenemen van de storm. In het zuiden was het tijdstip nog te vroeg om tot hoge standen te leiden. Toen dit hoogwater I om 20 à 22 uur de Waddenzee bereikte, was de storm intussen zover aangegroeid, dat in dit gebied op verscheidene plaatsen de hoogste standen van deze stormvloed zijn opgetreden.

Mede is in de figuur aangegeven het tijdstip van de maximale opstuwing ontleend aan de gegevens van 2.3.4. De kromme van de windsnelheid is voor het gedeelte, dat door de drie stormvloeden I, II en III wordt bestreken, eveneens dik getekend.

## 2.2 De waterstanden

### 2.2.1 De geregistreerde stormvloedkrommen

Van de 122 in fig. 2.11 voorkomende peilschalen zijn er 59 schrijvend. Ten gevolge van de uitzonderlijke omstandigheden werd niet op alle punten volledige registratie verkregen en wel als nader in tabel 2.5, kolom 5, met de letters p, q, r, s is gespecificeerd. Daarbij beduidt:

p. registratie volledig	34 peilschalen	} goed 44
q. top afgesneden, overigens volledig	10 peilschalen	
r. registratie gestoord	13 peilschalen	
s. instrument geheel of gedeeltelijk vernield	2 peilschalen	

59

Tabel 5.2. Waterhoogten, opgetreden tijdens de stormvloed van 1953

Waarnemingspunt	Gem.	Astr.	Storm- vloed	Aard der waar- neming	Hoogste waterstand		Stormvloed 1953 hoger dan				
	H.W. 1941- 1950	H.W. volgens getijtafel			Grens- peil	1953	zonder 1953	Hoogst bekende stand	Grens- peil	Astr. hoogte „opzet”	Gem. H.W.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Westerschelde</b>											
Hedwigpolder	245	246	395	543	s C	—	—	—	148	297	298
Bath	245	247	405	560	C	1906	483	77	155	313	315
Walsoorden	229	233	375	525	C	1906	460	65	150	292	296
Waarde	224	227	370	515	D	1906	470	45	145	288	291
Hansweert	218	222	365	507	p A	1906	460	47	142	285	289
Hoedekenskerke	212	212	355	490	D	1906	439	51	135	278	278
Terneuzen	206	214	355	496	p A	1906	427	69	141	282	290
Ellewoutsdijk	199	202	345	475	B	1906	410	65	130	273	276
Borsele	192	197	335	470	D	1877	402	68	135	273	278
Hoofdplaat	196	205	345	485	D	1906	430	55	140	280	289
Zuidkraaijert	190	196	340	470	B	1906	410	60	130	274	280
Vlissingen	188	195	327	455	p A	1906	392	63	128	260	267
Breskens	196	204	335	480	B	1906	415	65	145	276	284
Cadzand	188	193	340	475	B	1906	415	60	135	282	287
Westkapelle	169	172	305	435	D	1906	375	60	130	263	266
<b>Oosterschelde</b>											
Bergen op Zoom	194	187	365	517	B	1906	485	32	152	330	323
Tholen	187	183	360	481	B	1928	450	31	121	298	294
Gorishoek	180	164	340	470	B	1906	434	36	130	306	290
Wemeldinge	166	158	330	468	p A	1906	432	36	138	310	302
Goese Sas	157	155	315	465	B	1906	408	57	150	310	308
Kortgene	156	152	300	454	C	1906	390	64	154	302	298
Vere	153	143	300	450	B	1825	382	68	150	307	297
Stavenisse	150	142	305	450	D	1906	397	53	145	308	300
Zierikzee	138	130	290	432	p A	1906	382	50	142	302	294
Colijnsplaat	142	141	285	445	D	1906	380	65	160	304	303
Vlietpolder	143	137	285	435	D	—	—	—	150	298	292
Burghsluis	136	128	275	420	D	1825	365	55	145	292	284

Waarnemingspunt	Gem.	Astr.	Storm- vloed 1953	Aard der waar- neming	Hoogste		Stormvloed 1953 hoger dan				
	H.W.	H.W.			waterstand		Hoogst		Astr.		Gem.
	1941- 1950	volgens getijtafel			Grens- peil	jaar	hoogte	bekende stand	Grens- peil	„opzet”	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>Grevelingen enz.</b>											
Ooltgensplaat	132	118	305	440	D	—	—	—	135	332	308
Dintelsas	135	130	320	455	p A	—	—	—	135	325	320
Steenbergse Sas	145	137	320	465	q A	1825	382	83	145	328	320
Bruinisse	147	135	315	450	q A	1906	391	59	135	315	303
Ouddorp	124	117	275	420	B	1894	370	50	145	303	296
Brouwershaven	125	118	275	425	q A	1825	375	50	150	307	300
Repart	119	113	265	418	B	1894	345	73	153	305	299
Oude Hoeve (Renesse)	124	110	250	410	D	1906	332	78	160	300	286
<b>Haringvliet enz.</b>											
Willemstad	129	120	300	435	r C	1928	366	69	135	315	306
Numansdorp	126	116	295	430	D	1928	375	55	135	314	304
						1897)					
Tiengemeten	122	115	300	435	D	1928)	364	71	135	320	313
Middelharnis	108	100	275	417	C	1894	342	75	142	317	309
Hellevoetsluis	103	94	265	410	s C	1894	346	64	145	316	307
Goedereede	103	96	260	405	D	1894	340	65	145	309	302
<b>Noordzeekust</b>											
Hoek van Holland	90	81	242	385	r B	1894	328	57	143	304	295
Scheveningen	91	95	260	397	q A	1894	353	44	137	302	306
Katwijk	88	90	265	405	r D	1825	369	36	140	315	317
IJmuiden	83	80	230	385	r B	1894	340	45	155	305	302
Petten	—	—	215	350	D	1863	308	42	135	—	—
Den Helder	49	35	215	325	q B	1954	289	36	110	290	276
<b>Waddenzee</b>											
Oude Schild	53	57	230	332	r B	1954	302	30	102	275	279
Vlieland (haven)	74	76	250	316	p A	1954	310	6	66	240	242
Terschelling	75	77	245	318	p A	1954	302	16	73	241	243
Nes	90	100	270	320	B	1906	356	n	50	220	230
Schiermonnikoog	94	100	280	325	B	1906	400	n	45	225	231
Rottumeroog	98	106	310	350	B	1916	420	n	40	244	252
Westerland	58	43	245	370	1)	1954	337	33	125	327	312
Den Oever	61	47	255	370	p A	1954	355	15	115	323	309
Kornwerderzand	78	84	275	373	p A	1954	386	n	98	289	295
Harlingen	82	90	273	366	p A	1954	369	n	93	276	284
Nieuw-Bildt	90	95	270	360	B	1954	370	n	90	265	270
Oostmahorn	94	105	300	318	p A	1906	420	n	18	213	224
Nieuwe Zijlen	100	107	300	330	B	1944	430	n	30	223	230
Zoutkamp	102	108	310	341	p A	1825	445	n	31	233	239
Delfzijl	116	126	334	327	p A	1825	460	n	-7	201	211
Fiemel	127	—	360	350	B	—	—	n	-10	—	223
Nieuwe Statenzijl	132	142	370	370	p A	1877	541	n	0	228	238
<b>Maas, Bergse Maas, Amer</b>											
Lith (dorp)	166	200	—	407	p A	1926	775	n	—	207	241
Sint-Andries (Maas)	156	189	—	403	D	1926	724	n	—	214	247
Blauwe sluis	145	180	—	400	B	1926	651	n	—	220	255
Hedel	133	168	—	395	p A	1926	574	n	—	227	262
Hedikhuisen	125	157	—	390	B	1926	520	n	—	233	265
Andel (Maas)	127	145	285	370	B	1926	465	n	85	225	243
Heesbeen	120	138	275	376	p A	1926	464	n	101	238	256
Drongelense Veer	118	134	265	374	C	1926	386	n	109	240	256
Capelse Veer	115	120	260	370	C	1926	318	52	110	250	255
Mond der Donge	127	117	260	378	B	1916	314	64	118	261	251
Drimmelen	127	115	265	380	D	1916	320	60	115	265	253
Lage Zwaluwe	131	120	285	400	D	1916	353	47	115	280	269

1) HWI is 363B; HW II is niet waargenomen, doch gelijkgesteld aan Den Oever

Waarnemingspunt	Gem. H.W. 1941- 1950	Astr. H.W. volgens getijtafel	Grens- peil	Storm- vloed 1953	Aard der waar- neming	Hoogste waterstand zonder 1953		Stormvloed 1953 hoger dan			
	1	2				3	4	5	6	7	8
<b>Biesbos</b>											
Werkendam (binnen)	—	—	260	390	r D	1889	301	89	130	—	—
De Reugt	—	—	275	390	D	1928	325	65	115	—	—
Ottersluis (binnen)	—	—	280	390	D	1916	350	40	110	—	—
Helsluis (binnen)	—	—	280	390	D	1916	348	42	110	—	—
<b>Dongebied<sup>2)</sup></b>											
Oosterhout (Rode brug)	—	—	240	259 <sup>2)</sup>	B	1944	253	—	—	—	—
's-Gravenmoer (Hoge brug)	—	—	235	253 <sup>2)</sup>	B	1949	256	—	—	—	—
Raamsdonksveer (Willemsbrug)	—	—	245	266 <sup>2)</sup>	B	1951	258	—	—	—	—
Waalwijk (Stoomgemaal)	—	—	230	271 <sup>2)</sup>	B	1916	263	—	—	—	—
Besoyen (ophaalbrug)	—	—	235	270 <sup>2)</sup>	D	1916	263	—	—	—	—
<b>Waal, Boven- en Nieuwe Merwede, Hollands Diep</b>											
Sint-Andries (Waal)	311	330	—	475	p A	1926	878	n	—	145	164
Zaltbommel	243	250	—	446	p A	1926	752	n	—	196	203
Herwijnen	195	190	—	421	p A	1926	599	n	—	231	226
Andel (Waal)	175	165	310	410	B	1926	520	n	100	245	235
Gorinchem	167	157	305	404	p A	1926	476	n	99	247	237
Werkendam (buiten)	153	147	290	398	r D	1926	360	38	108	251	245
Ottersluis (buiten)	—	—	280	400	B	1916	350	50	120	—	—
Kop van 't Land	140	138	280	401	r C	1916	345	56	121	263	261
Deneplaat	135	126	285	397	r C	1928	341	56	112	271	262
Moerdijk	128	120	290	410	p A	1928	371	39	120	290	282
<b>Beneden-Merwede, Oude Maas, Brielse Maas, Noord, Kil, Spui</b>											
Helsluis (buiten)	139	131	280	390	B	1916	348	42	110	259	251
Sliedrecht	138	130	285	385	q A	1916	348	37	100	255	247
Dordrecht	130	120	275	373	p A	1916	343	30	98	253	243
Puttershoek	125	120	275	375	q A	1916	340	35	100	255	250
Goidschalxoord	115	105	265	380	q A	1928	318	62	115	275	265
Poortugaal	112	101	260	378	C	1928	306	72	118	277	266
Spijkenisse	101	92	255	367	p A	1916	320	47	112	275	266
Vondelingenplaat	100	91	250	377	p A	—	—	—	127	286	277
Ablasserdam	121	109	270	371	q A	1916	350	21	101	262	250
's-Gravendeel	127	117	275	385	q A	1916	344	41	110	268	258
Willemsdorp	121	120	285	405	r C	1928	352	53	120	285	284
Oud-Beijerland	114	105	265	388	B	1916	335	53	123	283	274
Zuidland	113	104	275	405	B	1928	333	72	130	301	292
<b>Lek, Nieuwe Maas, Rotterdamse Waterweg</b>											
Culemborg	197	196	—	421	p A	1926	693	n	—	225	224
Vreeswijk	157	155	—	400	p A	1926	579	n	—	245	243
Jaarsveld	138	132	—	392	B	1926	490	n	—	260	254
Schoonhoven	123	111	270	382	p A	1926	347	35	112	271	259
Streefherk	118	106	265	378	p A	1916	340	38	113	272	260
Krimpen a/d Lek	118	108	260	371	r B	1916	335	36	111	263	253
Rotterdam	109	99	255	375	p A	1916	331	44	120	276	266
Vlaardingen	102	91	250	371	p A	1916	322	49	121	280	269
Maassluis	92	83	240	375	r C	1894	325	50	135	292	283

<sup>2)</sup> De hoogte van de kaden (N.A.P. + 250 à 260 cm) bepaalt de maximale hoogte van elke stormvloed

Waarschuwingpunt	Gem. H.W. 1941- 1950	Astr. H.W. volgens getijtuifel	Grens- peil	Storm- vloed 1953	Aard der waar- neming	Hoogste waterstand zonder 1953 jaar	hoogte	Stormvloed 1953 hoger dan			
	1	2	3	4	5	6	7	Hoogst bekende stand	Grens- peil	Astr. hoogte „opzet”	Gem. H.W.
<b>Hollandse IJssel</b>											
Haastrecht	130	121	275	378	B	1916	330	48	103	257	248
Gouda	126	115	275	375	p A	1916	334	41	100	260	249
Krimpen a/d IJssel	116	106	260	372	r D	1894	301	71	112	266	256

- A = geregistreerde stand met inachtneming van p, q  
 B = visuele waarneming  
 C = uit vloedmerk bepaald  
 D = afgeleid uit diagram, fig. 2.22  
 p = registratie volledig  
 q = top afgesneden, overigens volledig  
 r = registratie gestoord  
 s = instrument geheel of gedeeltelijk vernield  
 n = hoogste stand 1953 lager dan kolom 7

De stations met peilschrijver zijn cursief gedrukt

Van de geregistreerde curven zijn in de figuren 2.12 tot en met 2.21 de krommen van 51 peilschalen volledig gereproduceerd. Zij zijn als volgt gegroepeerd.

Figuur 2.12 *Noordzeekust*, Vlissingen, Hoek van Holland, Scheveningen, IJmuiden, Den Helder.

Figuur 2.13 *Westerschelde*, Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Antwerpen.

Figuur 2.14 *Oosterschelde*, Zierikzee, Wemeldinge.

Figuur 2.15 *Grevelingen*, Brouwershaven, Bruinisse, Steenbergse Sas, Dintelsas.

Figuur 2.16 *Haringvliet*, Amer, Hellevoetsluis, Willemstad, Moerdijk, Heesbeen, Hedel, Lith.

Figuur 2.17 *Oude Maas*, *Merwede*, *Waal*, Spijkenisse, Goidschalvoord, Puttershoek, Sliedrecht, Kop van 't Land, Gorinchem, Herwijnen, Zaltbommel, Sint Andries, Tiel.

Figuur 2.18 *Noord-Dordtse Kil*, 's-Gravendeel, Dordrecht, Alblasserdam.

Figuur 2.19 *Waterweg*, *Lek*, Hoek van Holland, Vondelingenplaat, Vlaardingen, Rotterdam, Streefkerk, Schoonhoven, Vreeswijk, Culemborg, Wijk bij Duurstede.

Figuur 2.20 *Waddenzee*, Den Oever, Kornwerderzand, Harlingen, Oostmahorn, Zoutkamp, Delfzijl, Nieuwe Statenzijl.

Figuur 2.21 *Wadden-eilanden*, Oude Schild, Vlieland, Terschelling.

Deze figuren zijn afgedrukt op blz. 111 t/m blz. 120.

De op deze figuren mede opgenomen astronomische getijkrommen en de stormeffectkrommen komen nader in 2.3.2 ter sprake. Omtrent de getijkrommen zelf kan het volgende worden opgemerkt. – Het verloop van de stormvloed blijkt het duidelijkst uit fig. 2.18 van Noord-Dordtse Kil. Bij het ochtend-hoogwater van 31 januari is van de storm nog niets merkbaar. Het laagwater midden op de dag is reeds 0,5 à 1 m hoger dan normaal. Dan volgt in de avond het hoogwater I. Dit is reeds 1 à 1,5 m boven normaal. Dit komt bij menige harde en stormachtige wind voor en heeft op zichzelf niets verontrustends.

Na dit hoogwater I treedt echter weinig of geen daling in. Integendeel, na 4 uren lang op een zelfde peil te zijn gebleven zet om ongeveer 21 uur een verdere stijging in, hoewel op dit moment het water het krachtigst behoorde te vallen. Dit kan als een alarmerende toestand worden gekenschetst. De waterstand blijft daarna stijgen tot de hoogste stand in de vroege ochtend. Daarna neemt de storm af en het derde hoogwater nadien is weer ongeveer normaal.

– In fig. 2.19 wordt dit zelfde beeld teruggevonden voor de Waterweg. Op de Lek wordt het tussenliggende laagwater geheel uitgevlakt en is er een ononderbroken stijging gedurende ongeveer 18 uur (1½ getij).

- Op de Zuidhollandse rivieren bleef de waterspiegel op zijn grootste hoogte ongewoon lang op nagevoeg constant niveau. Te Rotterdam gedurende 3 uren aaneen op N.A.P. + 370 à 375 cm.
- De registratie te Hoek van Holland werd 2 uren voor het bereiken van de grootste hoogte afgebroken. Het verloop van de kromme kon evenwel met behulp van betrouwbare visuele waarnemingen om de 15 minuten, verricht aan de sluis te Rozenburg, worden gecompliceerd.
- Op de Waddenzee, fig. 2.20 en 2.21, is het hoogwater van zaterdagmiddag nog vrijwel onbeïnvloed. Het daaropvolgende laagwater is reeds 1 m boven zijn normale hoogte. Het in de late avond optredende hoogwater is in fig. 2.10 hoogwater I genoemd. De stormvloed is dan nog in zijn opkomst. Zijn grootste kracht bereikt hij als het in het noorden laagwater is. Bij optreden van hoogwater II is de stormvloed reeds afnemend. De hoogten zijn vrijwel dezelfde als bij hoogwater I. Het duidelijkst is dit te zien in fig. 2.21.
- Deze stormvloed heeft geen snelle stijgingen van de zeespiegel gegeven, zoals tabel 2.6 toont.

Tabel 2.6. Stijging van de zeespiegel bij de stormvloed van 1 februari 1953 vergeleken met regelmatig voorkomende astronomische stijgingen

	<i>Bij stormvloed 1 februari 1953</i>		<i>Regelmatig voorkomende astronomische stijgingen</i>	
	<i>max. stijging van laagwater tot hoogwater</i>	<i>max. stijging gedurende 1 uur</i>	<i>van LW tot HW bij gem. getij</i>	<i>max. per uur bij springtij</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Vlissingen	4,80 m	1,60 m	4,90 m	1,60 m
Hansweert	5,50 m	2,10 m	5,20 m	1,80 m
Hoek van Holland	2,40 m	1,15 m	2,00 m	0,90 m
Harlingen	3,45 m	1,15 m	2,30 m	0,75 m

Uit kolom 1 blijkt, dat de grootste stijgingen voorkwamen op de Westerschelde. In de cijfers 4,80 en 5,50 m schuilt echter niets abnormaals. Bij de springtijden komt dit ook bij geringe windinvloeden reeds bij herhaling voor (vgl. kolom 3). Kolom 2 geeft enkele cijfers van de maximale stijging gedurende 1 uur. Ook deze cijfers hebben weinig opvallends en zij wijzen niet op het ophanden zijn van een hoge stormvloedstand. Met alleen deze cijfers ter beschikking zou men zelfs niet tot een stormvloed concluderen.

- De getijkrommen Hoek van Holland, Scheveningen, en andere, vertonen na hoogwater I wel enige stijgingen en dalingen. In 2.3.2 wordt hieraan nadere aandacht geschonken. Overigens geldt, dat de getijkrommen in verhouding tot die bij sommige andere stormen (o.a. die van december 1954) een rustig karakter vertonen. Er zijn weinig of geen buistoten, zoals die bij sommige stormvloeden veelvuldig voorkomen.

- Door ooggetuigen is gerapporteerd omtrent „zeer snel stijgen” van de waterstanden, waarbij gebruik werd gemaakt van het woord vloedgolf. Deze visuele indrukken zijn door geen enkele peilschaalregistratie bevestigd. Een indruk van snelle stijging kan zijn ontstaan door de superpositie van de algemene stijging met langzame deïningsgolven en extra verheffingen door plaatselijke windstoten. Visueel zijn deze elementen moeilijk te scheiden en waarnemingen, gedaan bij nacht en ontij, in een zware orkaan, hebben soms geringe betekenis. De stijging van de waterspiegel verliep in verhouding tot andere stormvloeden eerder regelmatig en betrekkelijk rustig.

- Onder aanwijsbaar directe invloed van over een dijk of door een gat stromend water stond de peilschaal te Mond der Donge. De kaden in het Dongegebied zijn gelegen op een hoogte van ongeveer N.A.P. + 260 cm. Bij waterstanden boven dit peil ontstaat een verhang in de Donge, waardoor de peilschaal op de tijdelijke opstellingsplaats te Geertruidenberg achterblijft bij de waterstand op de Amer. De kromme van Mond der Donge is hier niet gereproduceerd omdat hij geen informatieve betekenis heeft.

### 2.2.2 De hoogste stormvloedstanden

De maximale waterhoogten, afgelezen op de in 2.2.1 besproken krommen of visueel afgelezen op vaste peilschalen, zijn vermeld in tabel 2.5.



Onder de „hoogste waterstand”, opgenomen in kolom 4, wordt verstaan de hoogste gemiddelde waterstand, zonder golfbeweging of golfloop en ook zonder de niet langer dan enige vijftallen minuten standhoudende buien en de daardoor veroorzaakte extra buistoten of Seebären (zeebeuringen).

Ter documentatie van de herkomst der in kolom 4 vermelde hoogste standen, zijn zij ingedeeld in vier groepen, die in kolom 5 zijn aangegeven door:

- A. geregistreerde standen;
- B. visuele standen, die ongewijzigd zijn aangehouden;
- C. standen, waarvan de hoogte werd bepaald met daarvoor geëigende vloedmerken, b.v. in gebouwen;
- D. standen, waarvan de hoogte is afgelezen op het diagram, fig. 2.22 (zie 2.2.3).

De standen D zijn dus niet waargenomen. Hun nauwkeurigheid is gelijk aan die van fig. 2.22. Afwijkingen van meer dan 5 cm zijn niet waarschijnlijk. Individueel kan de nauwkeurigheid groter zijn dan van sommige visueel waargenomen standen.

### 2.2.3 Regionale samenhang der hoogste standen

Een grafische voorstelling der hoogste standen in regionaal verband geeft het verloop der maximale waterstanden op de zeearmen en langs de kust.

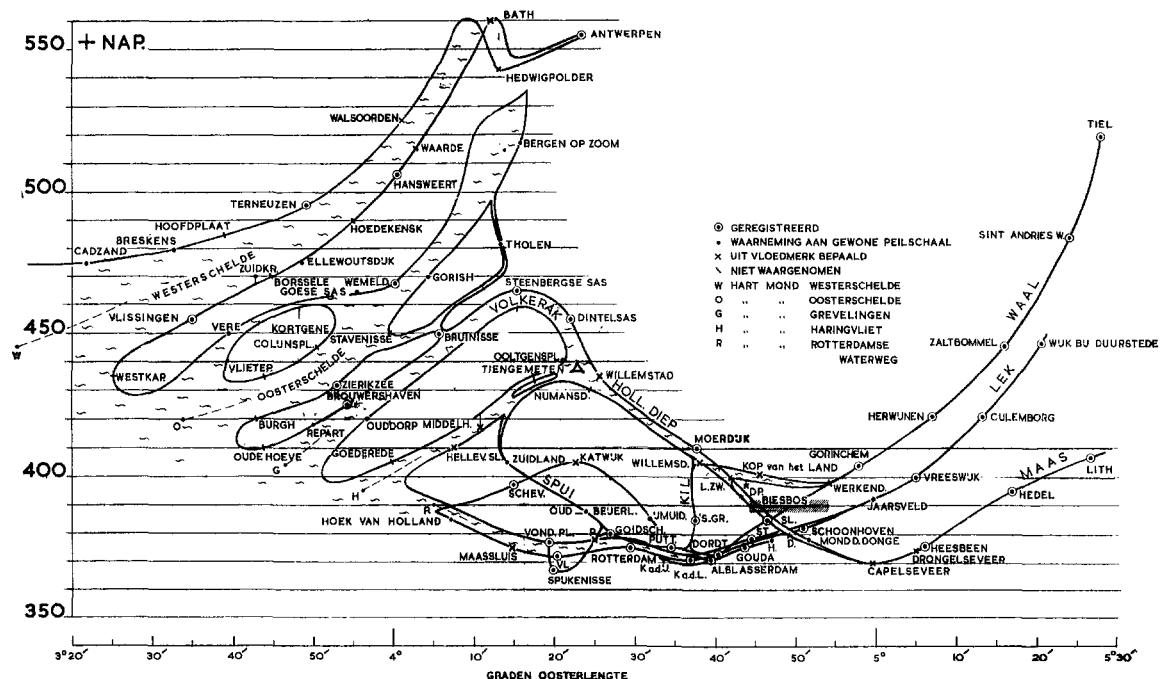


Fig. 2.22. Hoogste stormvloedstanden 1 februari 1953 in geografisch verband. (Toegepaste afkortingen. D = Drimmelen; DP = Deneplaat; 'sGra = 's-Gravendeel; H = Haastrecht; KadL = Krimpen a.d. Lek; KadIJ = Krimpen a.d. IJssel; LZW = Lage Zwaluwe; P = Poortugaal; Putt = Puttershoek; Sl = Sliedrecht; St = Streefkerk; Vl = Vlaardingen; Vond.pl = Vondelingenplaat)

In fig. 2.22 zijn verticaal de hoogste standen aangegeven ten opzichte van N.A.P.; horizontaal zijn de stations op geografische lengte uitgezet. Men verkrijgt op deze wijze een semi-geografische uitbeelding van de opgetreden standen. Daarbij is uiteraard van de invloed van plaatselijke toestanden op de peilschaalwaarden als hoog of laag voorland, richting van de oever op de wind e.d. afgezien. Het is overigens nauwelijks te verwachten, dat de strikt lokale invloeden als de oriëntatie van de dijk, hoogte en uitgestrektheid van voorland e.d. 5 à 10 cm zullen overschrijden. Als hulp bij het samenstellen van deze figuur voor de stormvloed 1953 is gebruik gemaakt van overeenkomstige figuren van andere stormvloeden. De grote regelmaat van de verkregen figuren geeft een belangrijke steun aan het formeren van die voor de stormvloed 1953. Onder meer kan daaruit worden afgeleid, dat lokale invloeden meestal

van ondergeschikt belang zijn. Voorts konden enkele uitvallende waarden als zodanig worden onderkend en terzijde gesteld. Dit is er min of meer een bewijs voor, dat de bedoelde locale invloeden inderdaad bijkomstig zijn ten aanzien van het algemeen patroon. Een nadere beschouwing leert het volgende:

- Op de vier grote zeearmen lopen de waterstanden in landwaartse richting sterk op.
- Er blijken grote en regelmatige verschillen te bestaan tussen de maximale waterstanden aan de zuidelijke oevers en die aan de noordelijke oevers.
- De verschillen in hoogte tussen de zuidelijke en noordelijke oevers der grote zeearmen verlopen regelmatig. Zij bedragen dicht bij de monding op:

de Westerschelde	40 cm
de Oosterschelde	30 cm
de Grevelingen	15 cm
het Haringvliet	10 cm
de Rotterdamse Waterweg	5 cm

- Telkenmale worden de hogere standen gevonden aan de zuidelijke oevers. De oorzaken daarvan kunnen zijn opwaaiing overdwars door de noordwestelijke windrichting en de draaiing van de aarde. Bij een breedte  $B$ , een snelheid  $V$  m/sec, een hoeksnelheid van de aarde  $\omega$  en een geografische breedte  $\varphi$  is het dwarsverval ten gevolge van de kracht van Coriolis:  $\frac{2 \omega V B \sin \varphi}{g} m$ .

Men komt met deze formule tot dwarsvervallen in de orde van grootte van  $1/3$  of  $1/4$  deel van de uit fig. 2.22 op te meten bedragen, zodat de belangrijkste oorzaak gelegen is in de wind, dus in een aanzienlijke opwaaiing overdwars.

- De vier grote zeearmen vertonen een vrijwel evenwijdig oplopen der stormvloedhoogten naar het oosten toe. Dit in oostelijke richting oplopen bestaat uit drie factoren, nl.:

1. De voor de afmetingen van deze zeearmen geldende trechterwerking voor de getijbeweging.
2. De versterking daarvan ten gevolge van het stormeffect.
3. Het windeffect op de zeearmen zelf.

Onder trechterwerking wordt verstaan het ten gevolge van de traagheidskrachten omhooglopen van de waterstanden tegen het gesloten einde van een zeearm of baai, waarvan de lengte in zeker verband moet staan met de golfenlengte van het verschijnsel. De eerste factor levert reeds 40% van het oostwaartse oplopen.

- De Waterweg onderscheidt zich van de vier grote zeearmen, doordat de waterstanden hier niet omhoog lopen, doch omlaag. Dit wijst er op, dat het doorstromingsprofiel klein is in verhouding tot de waterbergende oppervlakte van havens en achterliggende rivieren en de weerstandskrachten overheersen ten opzichte van de traagheidskrachten. Het gunstige gevolg hiervan is, dat de rivieren rondom Rotterdam en Dordrecht in een kuil liggen met een „peil 1953”, dat globaal 60 cm lager ligt dan wanneer de Waterweg een volledige zeearmontwikkeling had, b.v. overeenkomende met het Haringvliet.

- Als toevoergeulen naar de kuil zien wij Scheur en Hollands Diep, alsmede Spui en Kil.
- Het Biesbosgebied ligt eveneens laag, nl. op N.A.P. + 390 cm doch daarmee wel 10 à 20 cm hoger dan het rivierengebied rondom Rotterdam en Dordrecht.

- Het Hollands Diep vormt de verbindingsgeul tussen Krammer en Haringvliet enerzijds en de Biesbos anderzijds. Er is hier een sterk naar binnen gericht verval, waarbij de tophoogten met 2 cm/km afnemen. Op de vier zeearmen nemen de tophoogten in oostelijke richting juist toe met 2 cm/km. Een denkbeeldige voortzetting van het Haringvliet tot Geertruidenberg als volledig ontwikkelde zeearm en zonder overstromingsgebieden zou, in analogie met de vier grote zeearmen, een waterstand geven aan het landeinde, die 1 m hoger is dan de thans opgetreden standen.

De waterstanden, opgetreden op punten waar zich geen peilschalen bevinden, kunnen in fig. 2.22 door interpolatie worden afgelezen.

In fig. 2.23 is het verloop van de waterstanden langs de kust gegeven. Voor het zuidwesten zijn de waterstanden vermeld, die volgens fig. 2.22 zijn opgetreden in de lijn van de kust in het hart van de zeearm en aldaar aangeduid met de letters W, O, G, H, R. Deze standen zijn een 10 à 20 cm lager dan die aan de eerste peilschaal op die zeearm. Alleen aan de Waterweg, zie punt R, is de stand aan de kustlijn hoger.

### 2.2.3

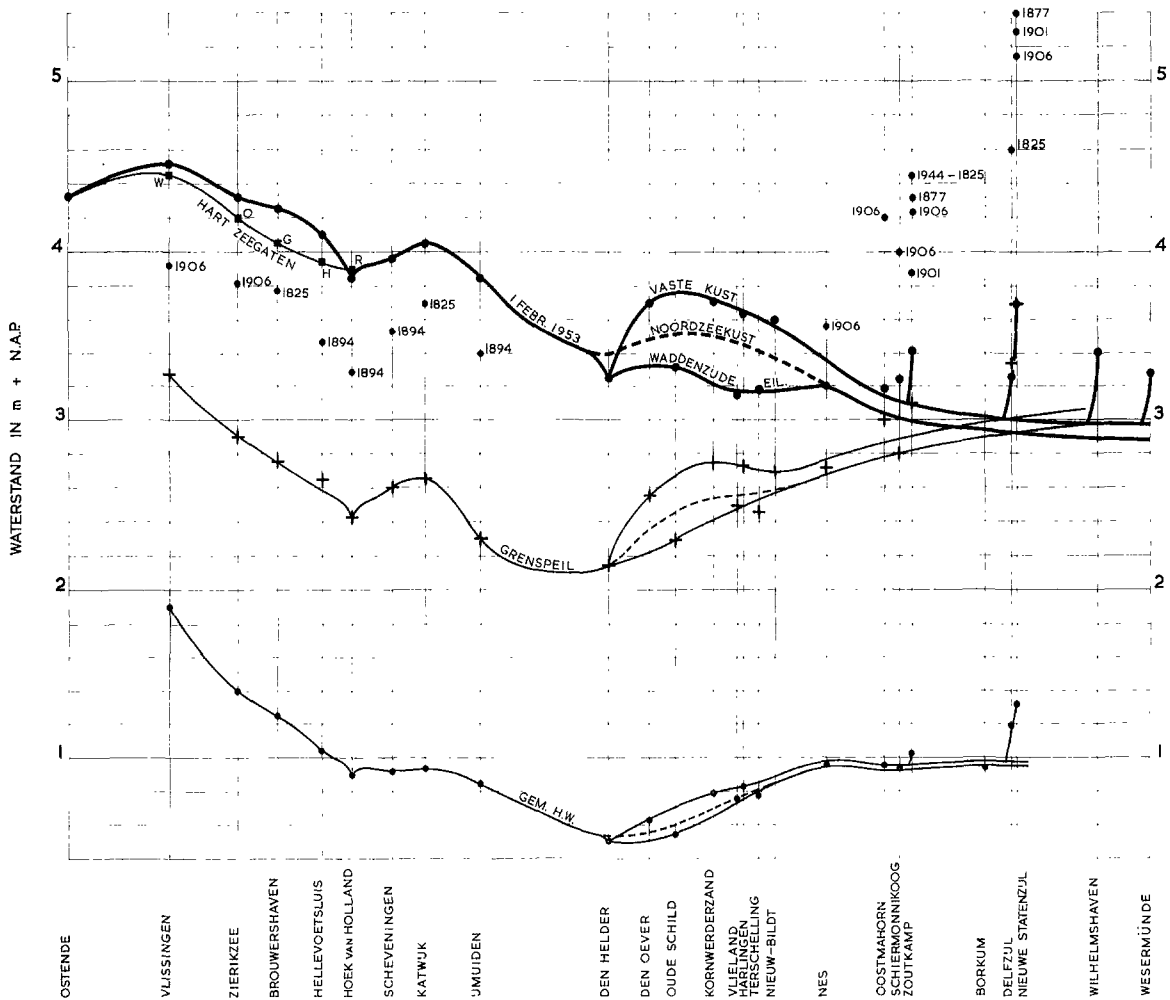


Fig. 2.23. Verloop van de verbindingslijn der hoogste waterstanden langs de kust

Ten noorden van Den Helder is het verloop meer samengesteld. Men vindt hier een lijn „vaste kust”, die juist tegen de Afsluitdijk een top vertoont omstreeks N.A.P. + 370 à 380 cm, vervolgens vrij snel in oostelijke richting daalt en even voorbij de Lauwerszee beneden het grenspeil ligt.

Verder is aangegeven de lijn der waterstanden langs de binnenzijde der Waddeneilanden. Deze lijn ligt aanzienlijk lager, voor het gedeelte Texel en Vlieland rond 50 cm. Voorts is aangegeven het veronderstelde verloop van de hoogste standen aan de zeezijde der eilanden. Hiervan zijn geen waarnemingen beschikbaar. De lijn moet aansluiten aan die van de Noordhollandse kust. Voor de vier grote eilanden is een verschil tussen binnen- en buitenzijde der eilanden aannemelijk. Voor de platen en eilanden oostelijk van Ameland is er geen reden om een hoogteverschil tussen binnen- en buitenzijde van enige betekenis te verwachten. De lijnen van buitenzijde eilanden en binnenzijde eilanden zullen hier dus vrijwel samenvallen. De lijn voor de vaste kust kan worden getekend door de waarnemingen Den Oever, Kornwerderzand, Harlingen en Nieuw-Bildt. Meer oostelijk zijn geen waarnemingen beschikbaar. Aangenomen kan worden dat de lijn, die hier de binnen-, zowel als buitenzijde der kleine eilanden aangeeft, lager ligt dan die voor de vaste kust en wel omdat er een niet geheel te verwaarlozen additionele opwaaiing over de 10 km brede, ondiepe kuststrook zal zijn opgetreden.

De lijn „vaste kust” moet evenwel lager blijven dan de waarnemingen van Zoutkamp, Delfzijl, enz. welke telkens aanzienlijk hoger liggen vanwege additionele opwaaiing op Lauwerszee, Eemsmond en een eventuele trechterwerking.

Door al deze overwegingen is het patroon van de lijn „Noordzeekust” reeds in hoofdtrekken bepaald.

Ook is nog overwogen, dat dit patroon in overeenstemming moet zijn met de lijnen van dit gedeelte van de kust, die in fig. 2.24 zijn getekend van de opzet en van het maximum stormeffect.

Indien het getekende verloop juist is, heeft er in de zeegaten een verval gestaan op het moment van het maximum hoogwater van rond 30 cm. Uit analoge diagrammen van normaal hoogwater (zie fig. 2.23 laagste kromme) en voor de opzet (zie fig. 2.24) volgt dat dit bedrag bestaat voor 5 cm uit normaal astronomisch verval en voor 25 cm uit verval in de opzet (2.2.5).

De situatie op de Waddenzee ten tijde van hoogwater en ter hoogte van Harlingen kan worden gekarakteriseerd door de volgende cijfers:

Tabel 2.7. Invloed van zeegaten en Waddenzee op de stormvloedstanden in de Waddenzee

	<i>Opzet</i>	<i>Astronomisch</i>	<i>Totaal</i>
Noordzeekust	266 cm	80 + N.A.P.	346 + N.A.P.
Verlies in de zeegaten	— 25	— 5	— 30
Toeneming op de Waddenzee	+ 35	+ 15	+ 50
Aan de vaste kust (Harlingen)	276 cm	90 + N.A.P.	366 + N.A.P.

In fig. 2.23 zijn mede aangegeven de hoogste stormvloedén vóór 1953; dit zijn 1825 - 1877 - 1894 - 1906 - 1944. In tabel 2.5 zijn in kolom 6 en 7 vermeld de zonder 1953 als hoogste bekendstaande waterstanden en in kolom 8 hoeveel 1953 hoger is geweest. In het gehele zuidwesten is de stormvloed 1953 hoger geweest en wel met bedragen, die in het rampgebied variëren van 50 tot 70 cm. Dit houdt in dat deze stormvloed enige decimeters hogere standen bracht, dan waarop oudere waterbouwkundige constructies in het algemeen plegen berekend te zijn. Het op grote schaal falen der zeeweringen moet in eerste instantie worden toegeschreven aan de hoogte van de stormvloed.

#### 2.2.4 Storende invloed van doorbraken op de gemeten waterstanden?

De vraag kan worden gesteld of niet ten gevolge van dijkdoorbraken het in fig. 2.22 gegeven patroon is verwrongen.

– In de Brabantse Biesbos, nl. te Waalwijk en Besoyen, werden bij het hoogwater III hogere standen waargenomen (zie tabel 2.22) dan bij hoogwater II. In deze gebieden werd nl. het hoogwater II door de uitgebreide inundaties inderdaad aanmerkelijk verzwakt. Het na die inundaties komende hoogwater III gaf daardoor hogere standen.

– Van alle zearmen en benedenrivieren is de kans op enige invloed van inundaties of te lage dijken wel het grootst geweest voor:

de Eendracht;

de Oude Maas;

de Hollandse IJssel.

Voor de peilschaal te Tholen, aan de smalle Eendracht met in deze omgeving ernstige doorbraken, kan met het oog op fig. 2.22 een eventuele verlaging ten hoogste enige cm hebben bedragen. Van de Oude Maas is niet bekend, wanneer precies de dijkdoorbraken zijn opgetreden. Bij reconstructie in modelproeven blijkt te Dordrecht en Puttershoek een verlaging van 10 cm wel mogelijk. Of deze verlaging in feite is opgetreden, is onbekend. Voor de Hollandse IJssel worden enige stormvloedstanden gegeven in tabel 2.8.

De hoogte van de dijkkruien van de Hollandse IJssel bedroeg in 1953 ongeveer N.A.P. + 380 cm. De gemeten waterstanden op 1 februari 1953 zijn nagenoeg dezelfde. Het water heeft over de gehele lengte van deze rivier met de kruin gelijk gestaan. Uiteraard is er dan ook over de gehele lengte veel golfoverslag geweest. Men zou nu kunnen menen, dat de waterstand daardoor in Gouda dezelfde was

Tabel 2.8. Topstanden langs de Hollandse IJssel in cm + N.A.P.

<i>Plaats</i>	<i>1916</i>	<i>1953</i>	<i>1954</i>
Rotterdam	331	375	320
Gouda	334	375	322

als te Rotterdam, omdat het niet meer hoger stijgen kón. Het meerdere toegevoerde water zou over de dijkkruinen zijdelings zijn afgevoerd. Vergelijken wij echter de standen 1953 met die van 1916 en 1954, dan ziet men eenzelfde onderlinge verhouding, terwijl er toen, bij de zoveel lagere waterstanden, beslist geen zijdelings afvloeien is geweest. Berekent men de mogelijke hoeveelheden water, die bij standen van 1953 over de dijkkruinen en door beginnende doorbraken zijdelings kunnen zijn afgevoerd, dan vindt men inderdaad zo kleine bedragen, dat zij geen bijdrage tot enige verlaging kunnen hebben opgeleverd.

– Uit een zorgvuldig onderzoek is gebleken, dat aan geen der andere peilschalen ook maar de geringste invloed was te bespeuren van nabij of verderaf gelegen doorbraken. Ter verklaring daarvan kan gelden, dat ten tijde van de stormvloed zelf de doorbraken nog maar in een eerste stadium waren, zodat de hoeveelheden zijdelings afgevoerd water zo gering waren, dat daarvan geen verlaging van de waterstanden op de zearmen het gevolg kan zijn geweest.

### 2.2.5 De opzetten

Onder „opzet” wordt verstaan: waargenomen hoogwater min voorspeld hoogwater, ongeacht verschil in tijd tussen die beide. Deze waarden zijn vermeld in tabel 2.5, kolom 10. Is de feitelijke waterstand ter plaatse het meest belangrijke getal, de opzet geeft het meest belangrijke getal ter typering van in de hoogste waterstand begrepen storminvloed. In het bijzonder leent zich deze grootheid goed om de regionale invloed van de storm op de waterstanden te doen uitkomen.

Fig. 2.24 toont het verloop van de opzet langs de kust. De opzet van hoogwater I is in het zuidwesten nog maar klein, van Zierikzee tot voorbij IJmuiden 1,20 à 1,40 m, doch neemt dan zeer snel toe tot 2,40 m te Den Helder en heeft een maximum te Den Oever met bijna 3 m. Daarna loopt de opzet regelmatig terug en is in de Duitse Bocht nog slechts 1,5 m.

Het hoogwater II vertoont een bijna constante opzet van rond 3 m van Brouwershaven tot voorbij Texel. Het maximum van de vrije kust is op omstreeks 3,10 m te stellen. Op de Waddenzee is het maximum 3,23 m te Den Oever.

Naar het oosten neemt ook deze opzet regelmatig af en is in de Duitse Bocht weer 1,5 m. Dat de lijn van de opzet bij Vlissingen en Ostende sterk terugloopt kan worden toegeschreven aan de lekwerking van het Kanaal (zie 2.2.9).

Voorts is nog aangegeven de grootte van de opzet van het hoogwater III. Deze bereikt in het zuidwesten geen groter waarden dan 1,75 m.

Fig. 2.25 toont het verloop van de opzet van hoogwater II in het rampgebied. Langs de verticale as staat de opzet, langs de horizontale de lengtegraad. De volgende punten vragen hier afzonderlijke vermelding:

- Het bijzonder homogeen karakter van de stormvloedstanden. Voor het gehele gebied zijn de opzetten gelegen tussen 250 en 330 cm. De figuur vertoont een dakvorm. Rondom de aslijn van elk dier helften is de spreiding der individuele waarden slechts 15 cm of rond 6%.
- Het aflopen van de tak naar links kan voor een deel worden toegeschreven aan de afzuigende werking van het Kanaal.
- Een olopemde tendens van de linkerhelft ontstaat mede ten gevolge van de trechterwerking en de additionele opwaaiing op de zearmen zelf.
- Het aflopen van de rechterhelft is gevolg van de grote weerstanden en relatief grote komberging van de wateren oostelijk van de lijn Bergen op Zoom–Maassluis.

De details van fig. 2.25 zijn van weinig betekenis, voorzover zij kunnen worden onderscheiden bewijzen ze de grote regelmaat, die in het patroon van de waterhoogten te bespeuren valt. Hierop is echter in ander verband uitvoerig gewezen (zie figuren 2.22 en 2.27).

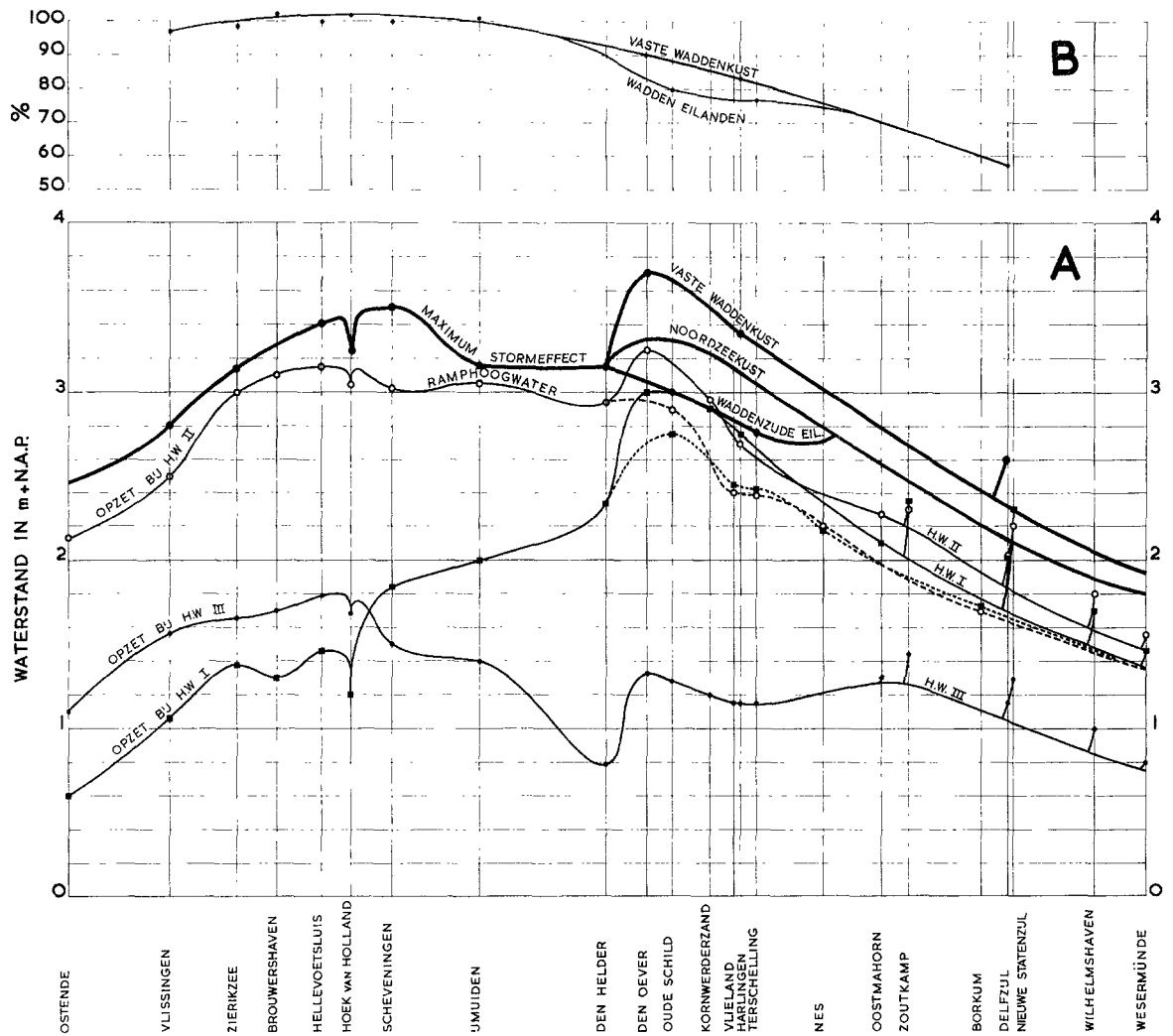


Fig. 2.24. De opzet van hoogwater I, II en III en het maximum stormeffect langs de kust

## 2.2.6 Overschrijding van het grenspeil

### *Aantal hoogwaters boven grenspeil*

In vroeger eeuwen werd een stormvloed alleen als zodanig vermeld of geboekstaafd, indien hij schade bracht.

Tot het leren kennen van het karakter van stormvloeden is uiteraard behoefte aan een meer objectief criterium voor classificatie.

Als zodanig is ingevoerd de mate waarin het grenspeil wordt overschreden.

Het grenspeil is bij definitie de hoogte, die gemiddeld slechts eenmaal in de twee jaren wordt overschreden.

Zoals de diepten van zeearten volgens afspraak worden aangegeven ten opzichte van het reductievlak, genaamd L.L.W.S. zo worden de hoogten van stormvloeden aangegeven ten opzichte van het grenspeil.

Dit peil wordt niet door enig natuurgebeuren bepaald, doch berust op een afspraak, nl. om van „stormvloed” te spreken, wanneer het peil, dat een frequentie 0,5/jaar heeft, wordt overschreden.

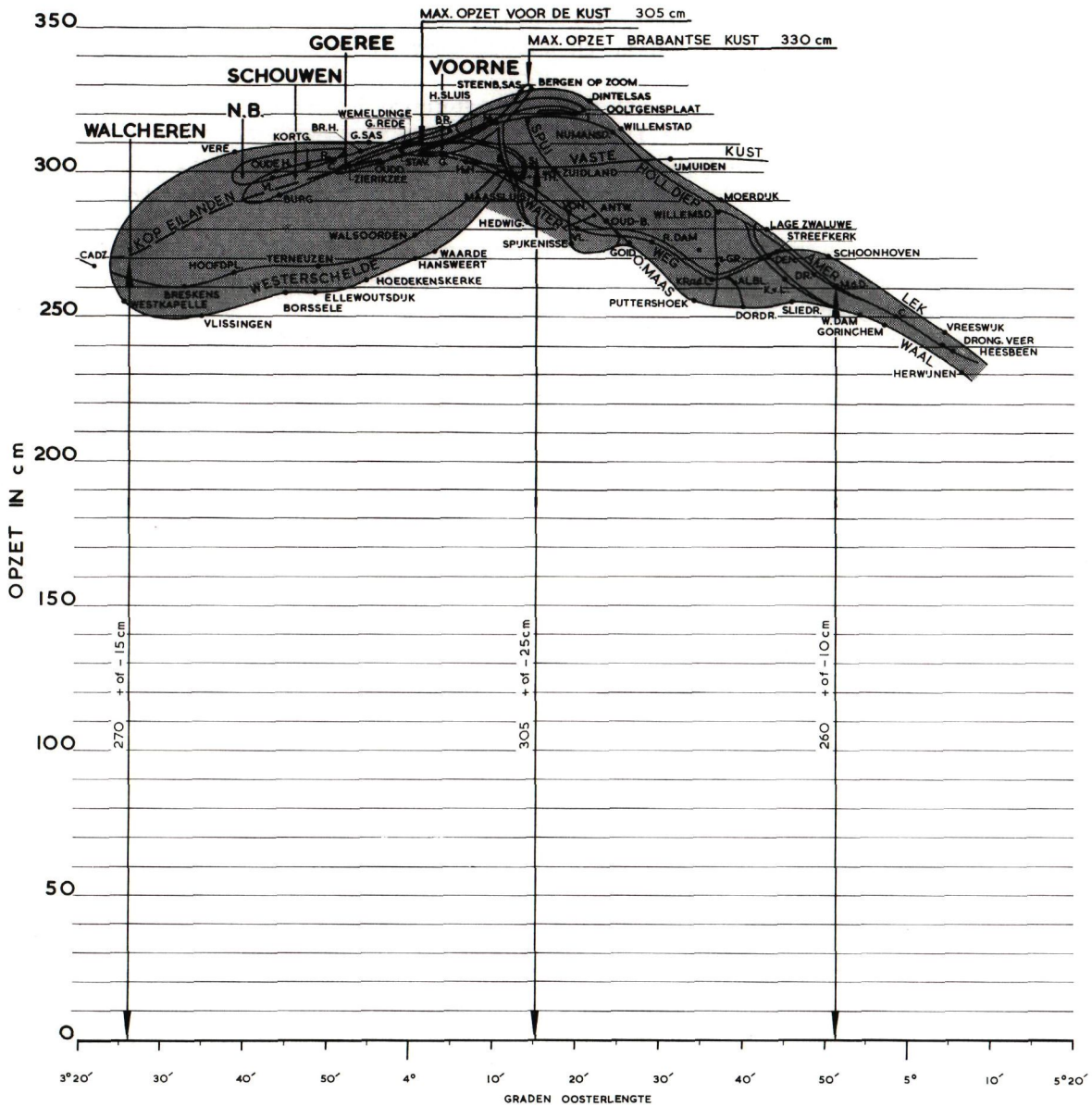


Fig. 2.25. De opzet van hoogwater II in Zuidwest-Nederland

De hoogten van het grenspeil boven het horizontale N.A.P.-vlak (zie tabel 2.5, kolom 3) vertonen aanmerkelijke verschillen.

Het laagste cijfer is 215 te Den Helder en Petten, het hoogste 405 te Bath.

Fig. 2.23 toont het verloop langs de kust. Het is hoog in het zuiden en in het noorden en heeft een minimum ongeveer bij Petten.

Globaal genomen ligt het grenspeil in Zuidwest-Nederland en langs de gesloten kust 1,5 m boven gemiddeld hoogwater.

In het noorden loopt het verschil met hoogwater op tot 2 m aan de Eemsmond.

Elk punt van het grenspeilvlak heeft volgens de gegeven definitie een kans van 0,5 per jaar om overschreden te worden.

Voor de gehele kust is de overschrijdingskans ongeveer 1,0 per jaar, en wel doordat overschrijding nu eens hier, dan eens daar plaats vindt.

Het zijn alleen de stormen, die de zeespiegel hoog genoeg kunnen opzetten om het grenspeil ergens aan de kust te overschrijden. Alleen wanneer één of meer hoogwaters tot boven grenspeil worden opgestuwd, wordt gesproken van „stormvloed”.

Over het tijdvak 1901-1950 zijn er aan de kust 44 stormvloeden waargenomen, omvattende in totaal 48 hoogwaters (tabel 2.22, zie blz. 121).

Er is niet precies elk jaar een stormvloed. In 1/3 deel der jaren is er geen enkele, in 2/3 deel is er één, soms twee. Komt er bij een stormvloed slechts één hoogwater boven grenspeil, dan kan de naam „stormvloed” op tweevoudige wijze worden verstaan, nl. ten eerste als een soort vloed, zoals er ook hoge vloeden en springvloeden zijn, doch ook als een uitwerking van de storm, zoals er stormschade kan zijn.

Komen er echter meer hoogwaters boven grenspeil, dan zouden er volgens de eerste interpretatie 2 of 3 stormvloeden zijn, tegenover volgens de tweede interpretatie slechts 1 stormvloed. Uiteraard dient aan de tweede interpretatie te worden vastgehouden, dus aan de oceanografisch-meteorologische eenheid. Om aan te geven, dat er 2 of 3 hoogwaters achtereen boven grenspeil kwamen, wordt van een tandemstormvloed gesproken. Bij hoge uitzondering (dec. 1954) volgen twee depressies elkaar onmiddellijk op, waarbij eveneens twee (of meer) hoogwaters bóven grenspeil komen. Er is in zulk een geval wél sprake van gescheiden stormvloeden. Het is niet mogelijk om van de oudere stormvloeden vast te stellen of series van 1, 2, 3 of 5 stormvloeden eventueel tot gescheiden depressies hebben behoord.

Tabel 2.9 geeft voor het tijdvak 1874 t/m 1953 de volgende waarnemingen.

Tabel 2.9. Het voorkomen van opeenvolgende hoogwaters boven grenspeil

<i>Aantal hoogwaters boven grenspeil</i>	<i>Aantal malen in 80 jaar</i>
1	63 waaronder 1894, 1904, 1928
2	4 nl. 1906, 1917, 1936, 1943
3	1 nl. 1953
5	1 nl. 1895
69 stormvloeden in 80 jaar met 79 HW's boven grenspeil	

Uit dit overzicht blijkt, dat het overgrote deel der stormvloeden slechts één hoogwater tot boven grenspeil opzet.

Op in totaal 69 stormvloeden behoorden er slechts 6 tot het type tandemstormvloed of nog geen 10%. Drie of meer hoogwaters boven grenspeil kwamen slechts 2 maal voor, nl. 1895 met 5 en 1953 met 3. De overschrijdingen bij de stormvloed van 1895 waren niet groter dan enige dm. Het optreden van een tandemstormvloed is in zoverre van belang, dat een opeenvolging van 2 of meer boven grenspeil komende hoogwaters aanleiding kan geven tot onevenredige uitbreiding der schade, zoals dit in het geval 1953 wordt gedemonstreerd.

Verder blijkt uit de genoemde 6 tandemstormvloeden met 2 of 3 hoogwaters boven grenspeil, dat nu eens het eerste hoogwater het hoogst is, zoals b.v. 1906 en 1943, dan eens het tweede, zoals 1936. Ook komt voor, dat in één gedeelte van de kust het eerste hoogwater 't hoogst is en in een ander gedeelte het tweede hoogwater, zoals bij de stormvloed 1953. Hieruit volgt, dat de duur van de stormvloed, bepaald naar het aantal hoogwaters boven grenspeil, niet zeer nauw samenhangt met de hoogte. Te allen tijde kan het eerste hoogwater het hoogste zijn, zoals ook hieruit blijkt, dat de stormvloeden met een hoog rangnummer als 1894, 1904, 1928 slechts bestaan uit 1 hoogwater boven grenspeil.

De duur van de stormvloed, bepaald naar het aantal hoogwaters boven grenspeil, kan echter wel van bijzondere betekenis worden geacht met betrekking tot de beschadigingen. Immers, een begin van beschadiging, ontstaan bij het eerste getij, zal bij een daaropvolgend hoog getij een onevenredige verergering ondergaan.

Er volgt thans een beschrijving van de topografie van hoogwater I, II en III afzonderlijk.

#### *Hoogwater I ten opzichte van grenspeil*

De ervaring wijst uit, dat het karakter van de stormvloed, zijn topografie, het gebied waar hij het sterkst is, scherp tot uiting komt in een kaartje dat aangeeft de overschrijdingen van het grenspeil. Ook



verschafft de topografie ten opzichte van grenspeil een overzicht, dat zich direct laat correleren met de ervaringen, opgedaan aan de zeeeringen. Fig. 2.26 geeft het verloop van hoogwater I boven grenspeil. In Zuidwest-Nederland is dit alleen het geval in het landeinde van Westerschelde en Oosterschelde en in het gebied van de Brabantse Biesbos.

Langs de kust is het hoogwater I tussen Katwijk en Rottumeroog boven grenspeil gestegen. Het maximum valt tussen Den Helder en Den Oever met de overschrijdingen van 97, 118 en 109 cm. Oostelijk van dit maximum lopen de overschrijdingscijfers snel terug en zijn reeds vóór de monding van de Eems nul.

Ter beoordeling van deze cijfers kan niet worden teruggerepen op vroegere stormvloed in dit gebied, omdat ten gevolge van de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 een ingrijpende wijziging in de toestand is gebracht. Wel kan worden vergeleken met de verheffingen boven grenspeil, elders in Nederland opgetreden vóór de stormvloed 1953.

Een directe vergelijking der verheffingen boven grenspeil bij verschillende stormvloed leert, dat deze in noordelijke richting regelmatig toenemen. Bij goede benadering is de verhouding der grootte gelijk aan de opzet van het grenspeil boven gemiddeld hoogwater.

Dat is, betrokken op 1,00 voor Hoek van Holland voor:

Vlissingen	0,90
Hoek van Holland	<b>1,00</b>
Den Helder	1,09
Harlingen	1,25
Delfzijl	1,42

Op grond van deze verhoudingen kunnen de bedragen, waarmee in de westelijke Waddenzee het grenspeil aldaar door hoogwater I is overschreden, worden gereduceerd tot een overeenkomstig bedrag te Hoek van Holland. Deze berekening is weergegeven in tabel 2.10.

Tabel 2.10. Omrekening van de hoogte van hoogwater I in de westelijke Waddenzee tot equivalente waarden voor Hoek van Holland

Waarnemingsstation	Gem. H.W. 1941-1950	grenspeil	grenspeil - gem. HW (2-1)	verhouding t.o.v. Hoek van Holland	1953 HW I	boven grenspeil (5-2)	equivalente overschrijding te Hoek van Holland (6.4)	equivalente stand te Hoek van Holland kolom 7 + 2.2 rangnummer sinds 1853	gelijk aan of hoger dan 328 + te Hoek van Holland	frequentie van de equivalente stand te Hoek van Holland (8)	waterstanden, overeenkomende met 45+- te Brouwershaan O 53	HW I lager dan O 53 (12-5)	
	1												2
<i>Hoek van Holland</i>	90	242	152	1,00									
Den Helder	49	215	166	1,09	312	97	89	331	1	.	2,3.10 <sup>-2</sup>	395	— 85
Oude Schild	53	230	177	1,16	<b>332</b>	102	88	330	1	.	2,3.10 <sup>-2</sup>	410	— 80
Vlieland	74	250	176	1,16	<b>316</b>	66	57	299	3		6,8.10 <sup>-2</sup>	420	— 105
Terschelling	75	245	170	1,12	<b>318</b>	73	65	307	2		5,0.10 <sup>-2</sup>	420	— 100
Nes	90	270	180	1,18	<b>320</b>	50	42	284	7		12,0.10 <sup>-2</sup>	455	— 135
Westerland	58	245	187	1,23	363	118	96	<b>338</b>	1	.	1,8.10 <sup>-2</sup>	465	— 100
Den Oever	61	255	194	1,27	364	109	86	328	1	.	2,7.10 <sup>-2</sup>	475	— 110
Kornwerderzand	78	275	197	1,30	<b>373</b>	98	75	317	2		3,8.10 <sup>-2</sup>	480	— 105
<i>Harlingen</i>	82	273	191	1,26	<b>366</b>	93	74	316	2		3,8.10 <sup>-2</sup>	470	— 105
Nieuw-Bildt	90	270	180	1,18	<b>360</b>	90	76	318	2		3,8.10 <sup>-2</sup>	455	— 95
Oostmahorn	94	300	206	1,35	<b>318</b>	18	13	255	25		33,0.10 <sup>-2</sup>	485	— 165
Delfzijl	116	334	218	1,43	327	—7	—5	237	45		60,0.10 <sup>-2</sup>	540	— 215

De vetgedrukte standen zijn hoger dan die van het HW II, zie tabel 2.12

Kolom 1 bevat het gemiddeld hoogwater, kolom 2 het grenspeil, kolom 3 de opzet van het grenspeil. Deze opzet loopt regelmatig op van zuid naar noord.

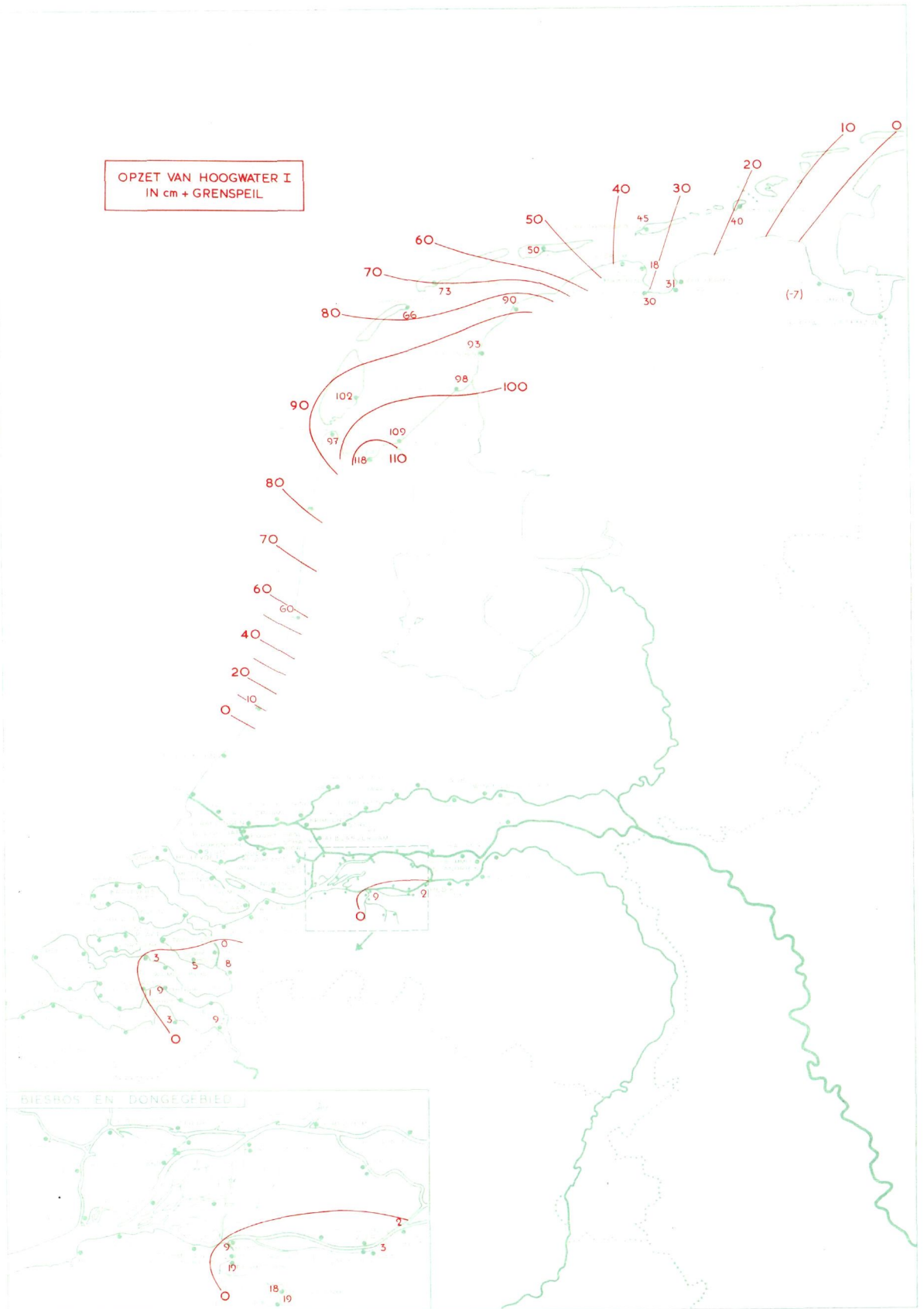


Fig. 2.26. De overschrijding van het grenspeil door hoogwater I

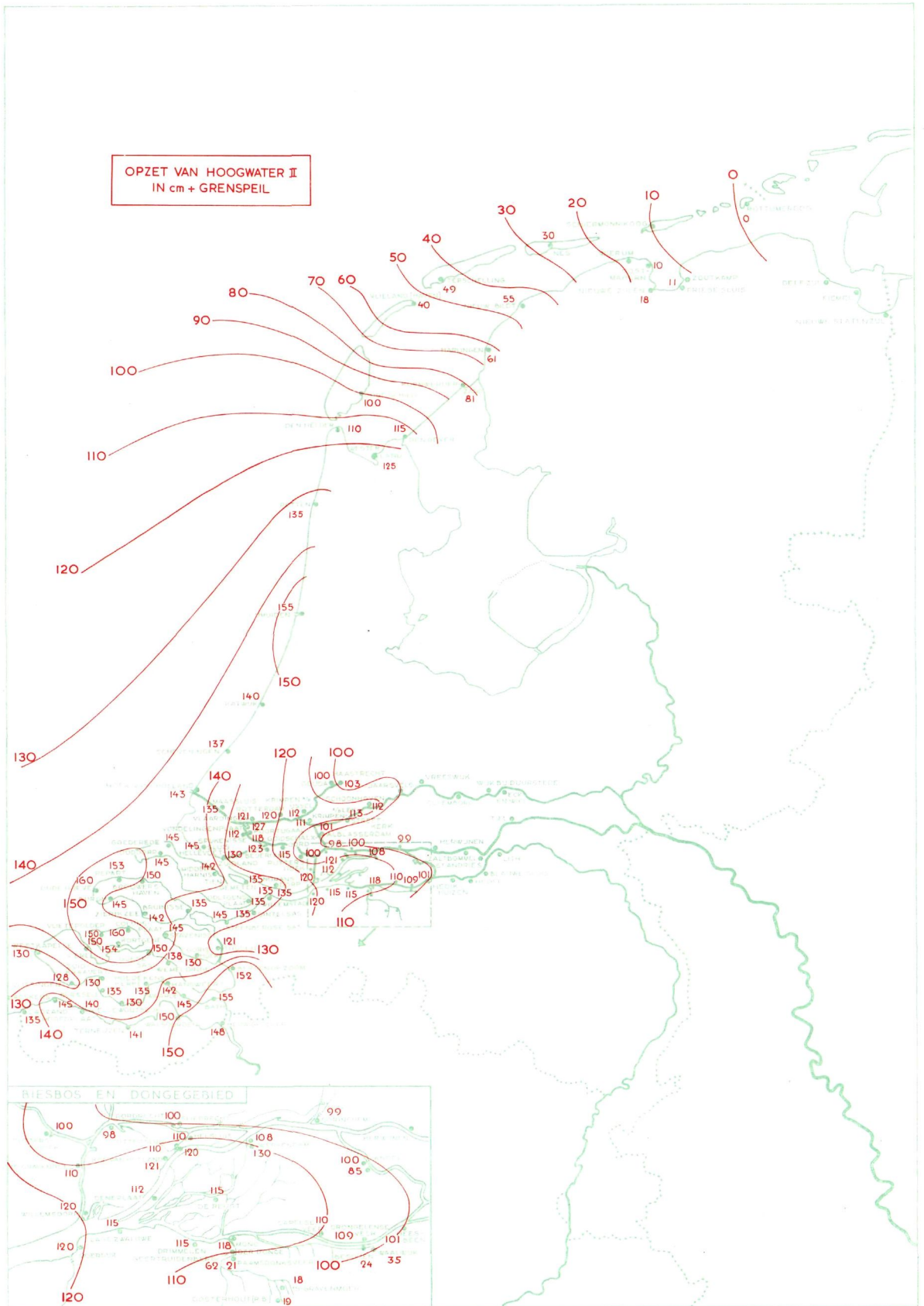


Fig. 2.27. De overschrijding van het grenspeil door hoogwater II

Wordt de opzet van het grenspeil Hoek van Holland 1,00 gesteld, dan wordt deze factor in de overige plaatsen als aangegeven is in kolom 4.

De hoogten van hoogwater I zijn weergegeven in kolom 5. De maximum hoogten van deze stormvloed zijn vet gedrukt. Kolom 6 geeft de overschrijdingen van grenspeil. Na reductie met de verhoudingsfactoren van kolom 4 wordt de equivalente overschrijding van grenspeil te Hoek van Holland gevonden: kolom 7. Optelling van deze getallen bij het grenspeil te Hoek van Holland geeft de overeenkomstige stormvloedhoogte te Hoek van Holland: kolom 8.

Op vier plaatsen, nl. Den Helder, Oude Schild, Westerland en Den Oever is de hoogste equivalente stand gelijk of hoger geweest, tot 10 cm toe, dan de hoogste stand van 1894 te Hoek van Holland, zijnde N.A.P. + 328. Meer naar het noorden, langs de eilanden gaande, neemt de hoogte snel af.

Langs de Afsluitdijk wordt de stormvloedhoogte in absolute zin (kolom 5) eerst nog hoger tot Kornwerderzand, doch in relatieve zin (kolom 8) neemt de hoogte langs de Afsluitdijk naar het oosten gaande af. De tot Hoek van Holland herleide waarde neemt af van de topstand + 338 te Westerland tot 318 te Nieuw Bildt, zodat de Afsluitdijk en Friese westkust nog waren blootgesteld aan een stormvloed, die relatief genomen, slechts 1 dm minder hoog was dan die van 1894 te Hoek van Holland. Voorbij Nieuw Bildt neemt de stormvloed snel in betekenis af.

Het rangnummer voor de hoogte van de stormvloed, teruggebracht tot de equivalente hoogte te Hoek van Holland als gegeven in kolom 8, over een eeuw van waarneming, is vermeld in kolom 9. In de gehele westelijke Waddenzee gelden de rangnummers 1 of 2. In de westelijke Waddenzee trad dus reeds terstond bij dit eerste hoogwater een stormvloed op in grootte gelijk of iets sterker dan de zwaarste tot vóór 1953 bekende stormvloed te Hoek van Holland.

Uit de voor Hoek van Holland bekende frequentielijn (fig. 2.44) kan worden afgelezen, dat gemiddeld een 2 à 3 maal per eeuw een nog sterkere stormvloed zal optreden. In kolom 11 zijn de betreffende frequenties voor elke peilschaal nader aangegeven. Uiteraard geven zij slechts een orde van grootte aan, aangezien er in de berekening onzekerheden schuilen.

Door de reductie der opzetten blijkt, dat de relatief zwaarste stormaanval niet plaats vond tegen de Afsluitdijk, doch tegen Texel-Oost en tegen de Noordhollandse kust van Den Helder tot Den Oever. Het relatieve maximum werd gemeten te Westerland en trof dus de Amstelmeerdijk. Ook fig. 2.26 toont duidelijk, waar het maximum gelegen was.

Het centrum van de stormvloed 1953 was gelegen te Brouwershaven. Aldaar was de overschrijding van het grenspeil 150 cm. Hiermede komt overeen een overschrijdingsfrequentie  $3,3 \cdot 10^{-3}$  (zie 2.2.10). De hiermede overeenkomende standen in het noorden zijn in kolom 12 vermeld.

In kolom 13 is aangegeven het bedrag, dat de waterstanden in het noorden des lands lager zijn dan dit punt O '53. Dit is voor de Afsluitdijk en de westelijke Friese kust 100 cm. De stormvloed was dus in de westelijke Waddenzee weliswaar gelijk aan of iets sterker dan 1894 te Hoek van Holland, doch hij was 100 cm lager dan de stormvloedhoogte, die overeenkomt met de in het rampgebied opgetreden stand in 1953.

Deze cijfers maken het duidelijk, waarom er in de westelijke Waddenzee geen calamiteiten zijn voorgekomen.

#### *Hoogwater II ten opzichte van grenspeil*

De topografie van hoogwater II is weergegeven op fig. 2.27. Het grenspeil is hier overschreden in geheel Zuidwest-Nederland, langs de duinenkust, de westelijke Waddenzee en de noordelijke Waddenzee ongeveer tot aan de Lauwerszee.

De lijnen van gelijke verhoging vertonen een bijzonder regelmatig beeld. Het grootste gedeelte van het rampgebied is juist boven de 140 cm overschrijding gelegen. Tegen de Brabantse wal zijn er verhogingen tot even boven 150 cm. De uiterste zuidwesthoek blijft beneden 140, kennelijk als gevolg van de lekwerking van het Nauw van Calais.

Op Zuidhollands gebied dalen de overschrijdingen regelmatig van 140 op 100. Beoosten de lijn 100 heeft de stormvloed geen betekenis meer. Langs de kust strekt zich de lijn van overschrijdingen bóven 130 uit tot nabij Petten.

Het gebied langs de Zeeuwse en Zuidhollandse zeearmen, omsloten door de lijnen 140, komt in grote trekken overeen met de meest getroffen gebieden, terwijl verder binnenwaarts reeds bij lagere peilen, tot 110 cm boven grenspeil, calamiteiten optraden.



Fig. 2.28. De overschrijding van het grenspeil door hoogwater III

Uit deze gegevens kan men een aanwijzing putten dat niet incidentele tekorten aan de zeeeringen een doorslaggevende rol hebben gespeeld, maar dat de dijken in het algemeen niet bestand zijn gebleken tegen een dergelijke overschrijding van de hoogte waarop zij geconstrueerd waren.

Door de in 1940 ingestelde stormvloedcommissie waren reeds enkele richtlijnen gegeven voor de waterhoogten, waarop de dijken in zuidwestelijk Nederland berekend zouden moeten zijn. In de praktijk was daarmee nog slechts over zeer beperkte lengte – bij nieuwe dijk aanleg – rekening gehouden, zodat men kan zeggen dat de dijken in het algemeen nog – zoals gebruikelijk was – waren aangepast aan de hoogte van de laatst voorgekomen hoogste stormvloed, uiteraard rekening houdende met golfoploop en onder inlassing van een zekere veiligheidsmarge. Het is daarom interessant in tabel 2.11 een vergelijking te zien tussen de in 1953 opgetreden standen en de hoogste standen, die zonder dat jaar aan de in de tabel genoemde stations werden waargenomen. Daarbij dient dan tevens te worden overwogen dat de overschrijding in 1953 aanzienlijk was en geruime tijd – enkele uren – aanhield.

Tabel 2.11. Peilen, waartegen het Nederlandse dijkwezen niet bestand bleek te zijn

	<i>Dijken, geconstrueerd op de hoogste stand tot 1953</i>	<i>Dijken, bezweken bij de opgetreden stand 1953</i>	<i>Overschrijding van de hoogste stand</i>
	1	2	3
Hansweert	460 (1906)	507	47 cm
Zierikzee	382 (1906)	432	50 cm
Brouwershaven	375 (1825)	425	50 cm
Hoek van Holland	328 (1894)	385	57 cm
Alblasserdam	350 (1916)	371	21 cm

Een dijk in goede conditie moge dan al bescherming bieden tegen de waterstand, waarop hij is geconstrueerd, een overschrijding daarvan met slechts luttele dm, als aangegeven in kolom 3, voerde tot vernielingen op grote schaal.

De grote verheffing van 140 cm + grenspeil strekt zich ook uit van de Hoek tot nabij Petten. Zulks doet verstaan de zware aanval op de duinen in het Westland en Scheveningen en op die bij Callantsoog.

Voorbij Den Helder neemt de overschrijding van grenspeil snel en regelmatig af. Toch treden ook bij dit tweede hoogwater in de westelijke Waddenzee wederom hoge standen op.

De overschrijdingen waren:

Den Helder	110 cm
Oude Schild	100 cm
Westerland	125 cm
Den Oever	115 cm

Dit tweede hoogwater is dus, wederom in dezelfde westelijke hoek, vrijwel even hoog als het eerste. Een onderzoek naar de relatieve grootte van deze overschrijdingen levert het volgende. In tabel 2.12 zijn de overschrijdingen van grenspeil op dezelfde wijze als in tabel 2.10 omgezet in equivalente waarden voor Hoek van Holland.

De opgetreden standen zijn vermeld in kolom 1. Voor elk station is de hoogste stand van deze stormvloed wederom vet gedrukt. Kolom 2 geeft de verheffingen boven grenspeil, omgerekend tot equivalente verheffingen te Hoek van Holland in kolom 3. De corresponderende stand te Hoek van Holland kolom 4 is gelijk grenspeil (242) + de waarden van kolom 3.

Op vier plaatsen is de equivalente waarde van deze stormvloed dus gelijk aan of hoger dan de hoogste eeuwstand 328 + te Hoek van Holland. Dit geschiedt op dezelfde plaatsen als bij het eerste hoogwater op 31 januari met nog enige cm's grotere hoogten.

Kolom 7 geeft de ook in tabel 2.10 vermelde peilen O '53 en kolom 8 met welk bedrag het HW II bij O '53 ten achter is gebleven. Tussen Den Helder en het Amstelmeer loopt dit bedrag op van 70 tot 95 cm. Langs de Afsluitdijk loopt dit bedrag verder op tot 125 cm. Langs de westelijke Friese kust bleef de waterstand 135 cm achter bij die, overeenkomend met het rampgebied. Hoewel het hoogwater II te Den Helder, Westerland en Den Oever hoger was dan het hoogwater I was toch over de gehele westelijke Waddenzee genomen het hoogwater II gemiddeld 25 cm lager dan hoogwater I.

Tabel 2.12. Hoogwater II in de westelijke Waddenzee. Omrekening tot equivalente waarden voor Hoek van Holland.

Waarnemings- station	HW II 1953	Boven grenspeil	Equivalente overschr. te Hoek van Holland	Corr. stand te H.v.H. 242 + kolom 3	Gelijk of hoger dan 328 + te H.v.H. (hoogst bekende stand te H.v.H.)	Rang- nummer over 100 jaar	Waterstan- den, over- eenkomende met 425 + te Brou- wershaven O '53	HW II lager O '53
Den Helder	325	110	101	343	•	1	395	— 70
Oude Schild	330	100	86	328	•	1	410	— 80
Vlieland	290	40	34	276		8	420	— 130
Terschelling	294	49	44	286		8	420	— 125
Nes	300	30	26	268		12	455	— 155
Westerland	370	125	102	344	•	1	405	— 95
Den Oever	370	115	90	332	•	1	475	— 105
Kornwerderzand	356	81	62	304		2	480	— 125
Harlingen	334	61	48	290		8	470	— 135
Nieuw-Bildt	325	55	46	288		8	455	— 130

De vetgedrukte standen zijn hoger dan die van HW I, zie tabel 2.10

#### Het hoogwater III ten opzichte van grenspeil

Fig. 2.28 geeft de topografie van het derde stormvloedhoogwater. Het hoogwater komt boven grenspeil in geheel Zuidwest-Nederland en langs de kust tot IJmuiden. De bedragen variëren tussen 0 en 40 cm, met in het hart van het rampgebied overwegend 30 cm. Dit betekent te Brouwershaven een stormvloedhoogte 305 +, een hoogte, die in 100 jaar tijds 17 maal werd overschreden. Te Zierikzee was hoogwater III 310 +, welke stand in 100 jaar 30 maal werd overschreden.

Dit derde hoogwater is dus op zich zelf beschouwd, eveneens nog een zware stormvloed, die gemiddeld slechts eens in de 3 à 6 jaar wordt overtroffen. Doch de voornaamste betekenis ligt hierin, dat na het ramphoogwater in hetzelfde gebied een nog zo zwaar getij volgde. Dit is voor de verdere voltooiing van vele doorbraken noodlottig geworden.

#### Topografisch overzicht

In fig. 2.29 is een samenvattend overzicht gegeven van de intensiteiten, waarmee de stormvloed zich manifesteerde.

Naar afnemende intensiteit zijn 7 gebieden onderscheiden, aangeduid door de ingeschreven letters A tot en met G.

- A. Dit geeft globaal het gebied waar de stormvloed het felst heeft gewoed met standen 130 à 150 cm boven grenspeil (Grevelingen en Oosterschelde).
- B. Dit betreft de streek, waar de vloedhoogten 10 à 20 cm lager bleven en de schaden iets minder ernstig waren.
- C. In het westelijk gedeelte van C veroorzaakte de stormvloed weliswaar zeer hoge standen, doch deze waren hier lager dan bij het hoogopperwater van 1926.
- D. Langs de gesloten kust waren de standen relatief bijna even hoog als in A en B, doch de duinenrij heeft daartegen standgehouden.
- E. In de westelijke Waddenzee waren de hoogten 50 à 80 cm lager dan in A. Doch aangezien sinds de afsluiting in 1932 in dit gebied nog geen zwaardere stormvloeden waren voorgekomen, gaf 1953 hier voor het eerst hoge standen. Deze werden bij de stormvloeden van 22 en 23 december 1954, overeenkomende met die van 1894 en 1916, geëvenaard en op sommige punten overtroffen.
- F. De stormvloed was hier 100 à 150 cm lager dan in A en lager dan een reeks van stormvloeden waaronder 1825, 1855, 1877, 1901, 1906, 1944.

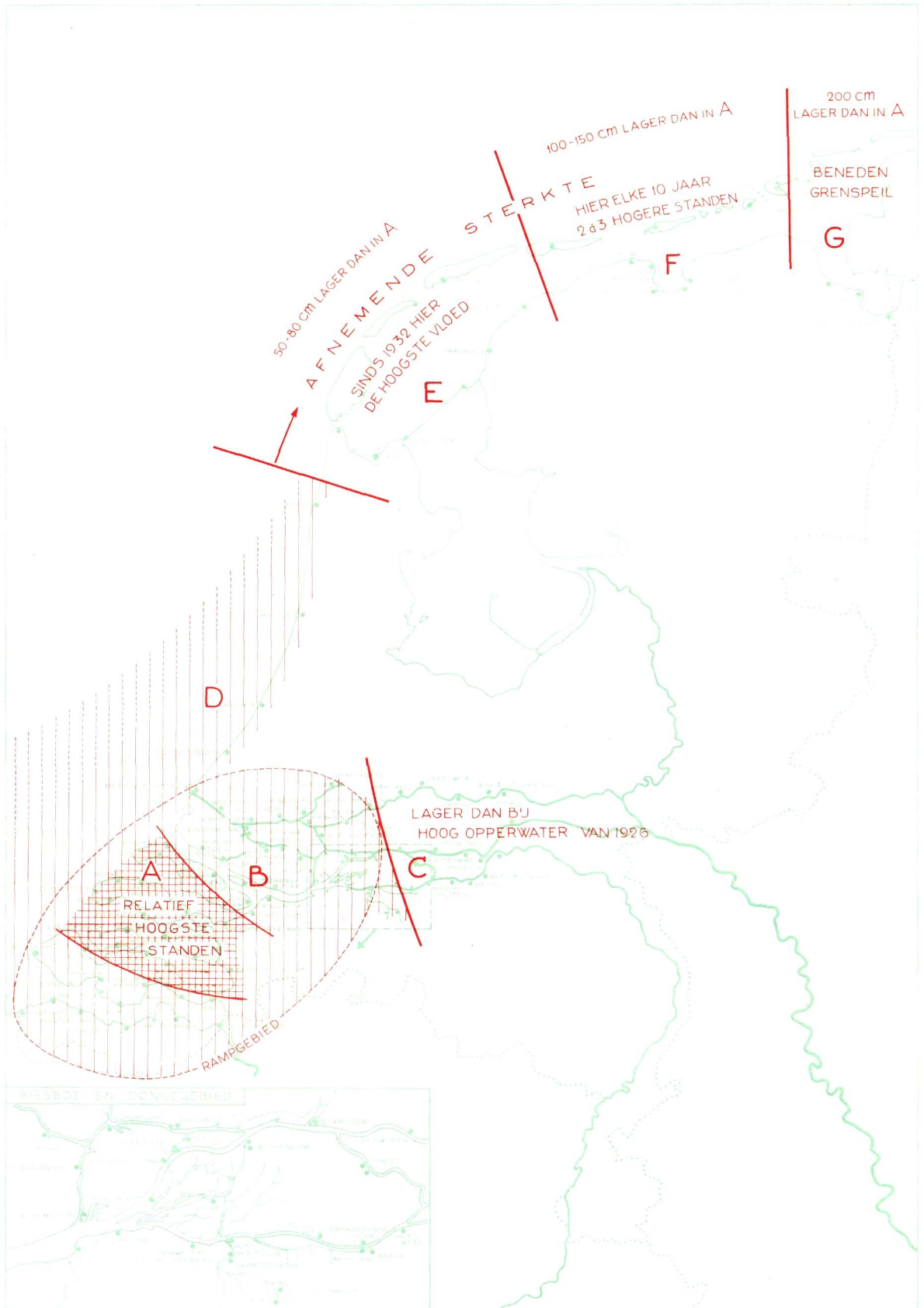


Fig. 2.29. Plaatsbeschrijving van de stormvloed

2.2.6



- G. De waterstanden bleven beneden het grenspeil, 1953 was hier geen stormvloed meer.  
De gebieden E, F, G tonen een snel naar het oosten afnemende hevigheid aan.

### 2.2.7 Beweging van de stormvloed op de Noordzee

Men dient hetgeen zich voor de Nederlandse kust en op de Nederlandse zeearmen heeft voorgedaan, te zien als onderdeel van een stormvloed, die op de Noordzee tot ontwikkeling kwam en in zijn uitwerking een belangrijk gedeelte van de Noordzee trof. Hiervoor zij verwezen naar 1.0.2.

Volgens de daar gegeven beschrijving is er dus een gedeelte van de Noordzee aan te wijzen, waarin

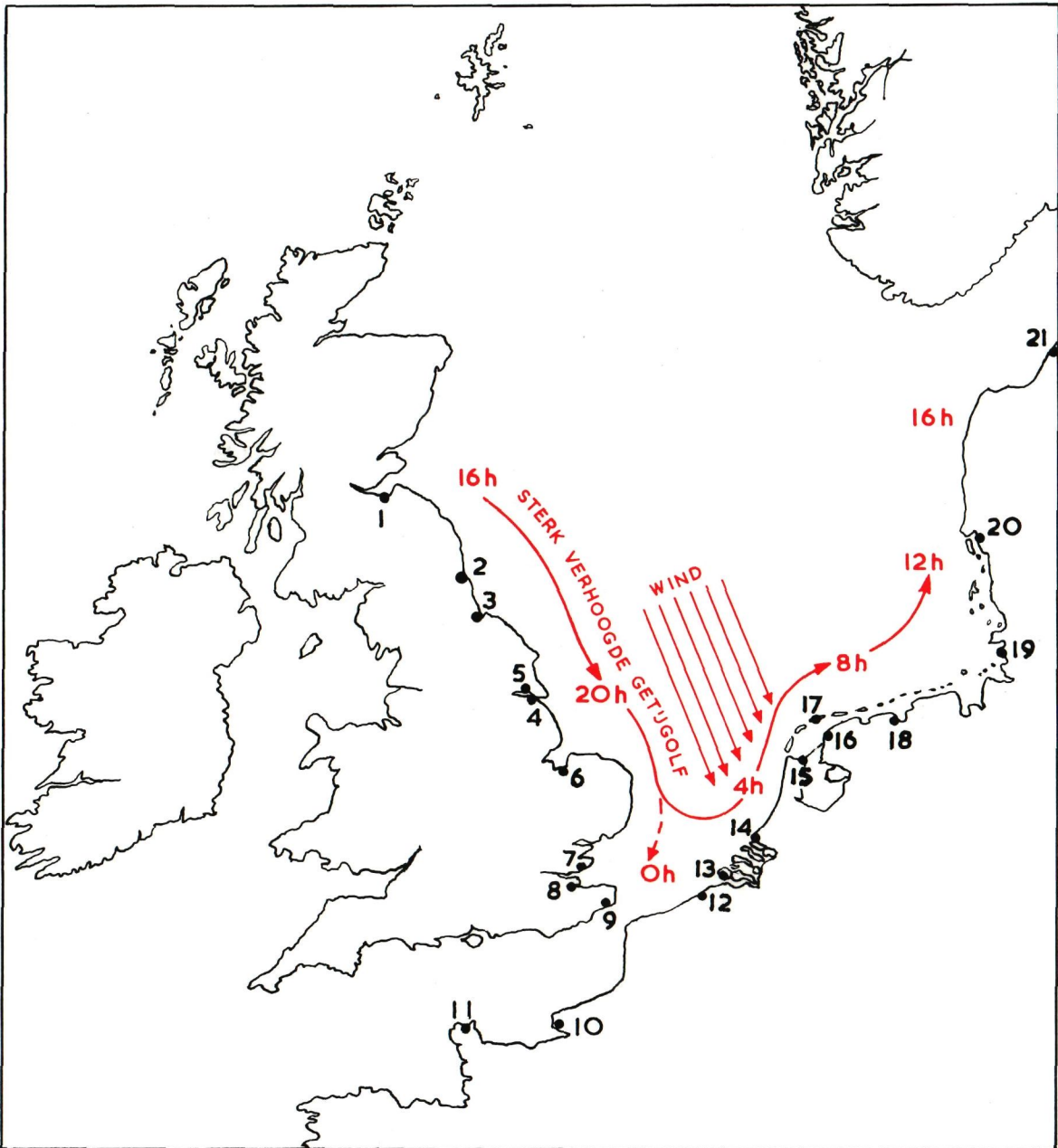


Fig. 2.30. Situatie van de peilschalen 1 tot 21 aan de Noordzeekusten (zie voor de namen fig. 2.31) en schematische aanduiding van de baan van het sterk verhoogd getij (het ramphoogwater)

in successie de storm het zeeniveau in beweging heeft gezet. Op deze wijze ontstond er een geaccumuleerd stormeffect, waarbij de opstuwing van de voorafgaande 6 uren over een meer noordelijk gelegen zone werd opgeteld bij het effect in de daarop volgende zone.

### TJEDEN VAN H.W. OP 31 JANUARI EN 1 FEBRUARI 1953

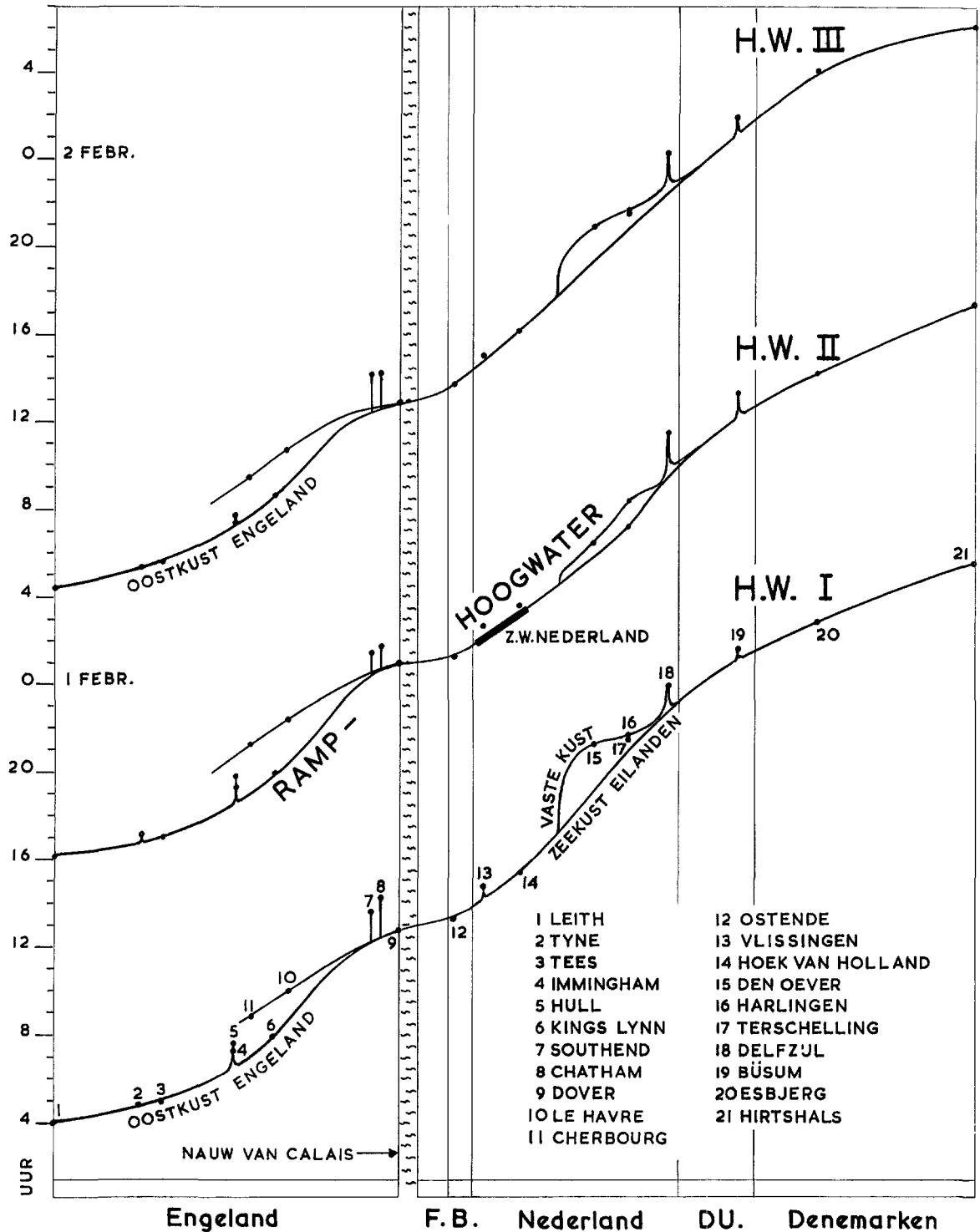


Fig. 2.31. Tijdstippen van hoogwater I, hoogwater II en hoogwater III op 31 januari-1 februari 1953 ter plaatse van de peilschalen 1 tot 21. Het hoogwater heeft ruim 24 uur nodig om van Leith (1) naar Hirtshals (21) te lopen.

Het is dus aanvankelijk vooral het westelijk gedeelte van de Noordzee waarin de stormvloed wordt opgewekt, terwijl eerst op het hoogtepunt van de storm de gehele Noordzee onder zijn invloed komt te staan.

Deze schets van de generatie van de stormvloed is in overeenstemming met de waarnemingen der waterhoogten langs de Engelse, Belgische, Duitse en Deense kust.

Fig. 2.30 geeft de situatie van de Noordzee met de 21 peilschalen, die voor het overzicht worden gebruikt.

Zoals geschiedt door elk normaal hoogwater, dat zich op de Noordzee beweegt, treedt ook het water van een stormvloed uit de Atlantische Oceaan deze ruimte binnen rond de kust van Schotland, volgt de oostkust van Engeland, steekt de Noordzee over ter breedte van de Waddenkust.

Een klein gedeelte volgt zijn weg nog tot in de zuidelijke Noordzee, steekt de Straat van Dover over, zich daarbij met de getij-impuls, die via het Kanaal komt, verenigende, loopt vervolgens langs de Nederlandse kust, de Duitse bocht en de Deense kust, als schematisch in fig. 2.30 is aangegeven.

De tijdstippen, waarop het hoogwater van de dagen 31 januari en 1 februari de peilschalen 1 t/m 21 passeerde, zijn in fig. 2.31 grafisch voorgesteld.

Men ziet hier, dat het hoogwater ruim 24 uren nodig heeft om van de peilschaal Leith (1) tot Hirtshals (21) te lopen.

De abscis in deze figuur is de gestrekte weergave van een gestyleerde kustlijn, te beginnen bij Edinburgh, peilschaal Leith, langs Englands oostkust naar het zuiden, bij Dover en Calais het Kanaal over en vervolgens langs de Nederlandse kust, de Duitse Bocht naar de noordpunt van Denemarken.

### 2.2.8 De hoogte van de zeespiegel op het moment van hoogwater te Brouwershaven op 1 februari 3 uur

In fig. 2.32 vindt men een afbeelding van de hoogte van de zeespiegel op het moment van hoogwater te Brouwershaven op 1 februari 3 uur. Te Leith is het hoogwater juist gepasseerd, in de Washbaai is het laagwater, te Brouwershaven weer hoogwater, laagwater aan de Waddenzee, hoogwater in de Duitse Bocht. Deze plastische uitbeelding heeft dus betrekking op de horizontale doorsnede aangebracht in fig. 2.31 op het tijdstip 1 februari 3 h.

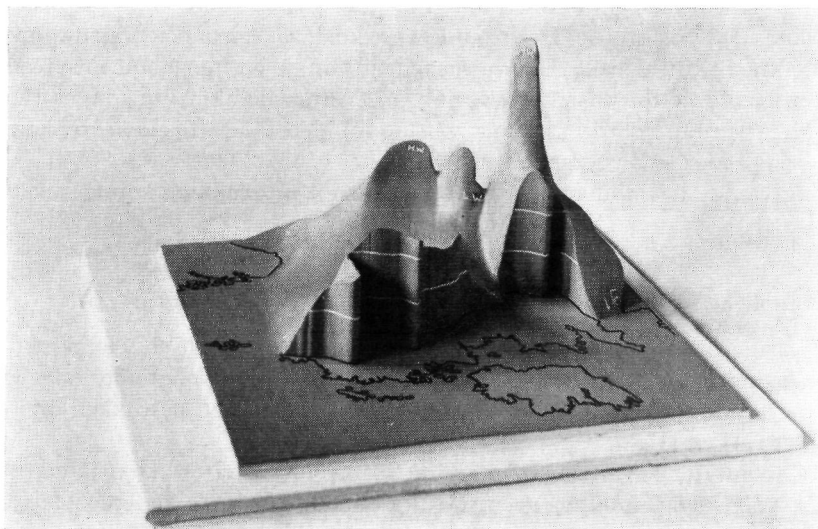


Fig. 2.32. Plastiek van de hoogte van de zeespiegel, ten opzichte van het gemiddeld zeeniveau op het tijdstip van hoogwater te Brouwershaven, 1 februari 3 h.

Het laagwater aan de Washbaai ligt juist ter hoogte van gemiddeld zeeniveau, dat aan de Waddenzee ligt op 2 m + (vergelijk fig. 2.21).

Tussen de letters HW voor Wilhelmshaven en LW voor de westelijke Waddeneilanden vertoont de

plastiek een secundaire top. Dit is geen hoogwater, doch de sterke verhoging van het laagwater op de Waddenzee van Den Oever tot Harlingen.

De plastiek doet ook zien dat er een enorm verval heeft gestaan door het Nauw van Calais naar het laagwater, dat zich op dat moment ongeveer te Cherbourg bevond.

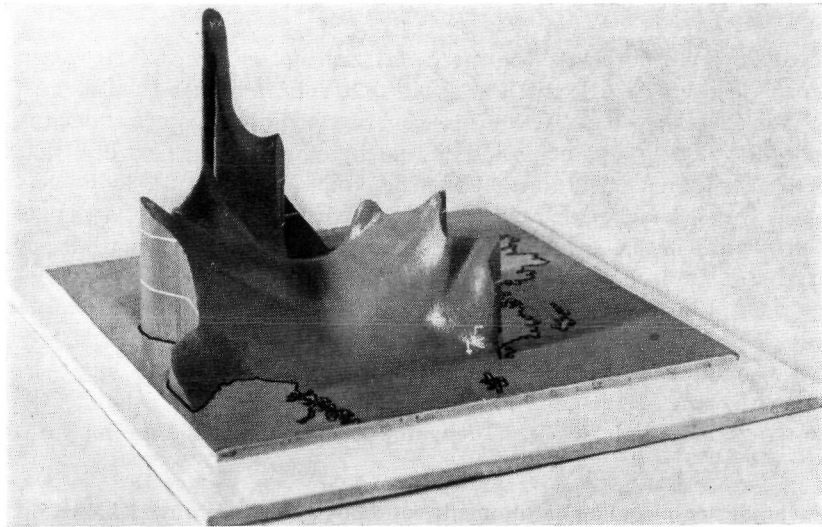


Fig. 2.33. Plastiek van fig. 2.32, gezien uit de richting Noorwegen. Op de Noordzee is rechts te zien het hoogwater tegen Englands oostkust, op de achtergrond links het bijzonder hoge ramphoogwater te Brouwershaven en iets meer naar voren links het hoogwater te Wilhelmshaven

Van de hoogte van de zeespiegel in het midden van de Noordzee staan geen gegevens ter beschikking. De door de stormvloed opgewekte stroom, die zich volgens 2.2.7 langs de Engelse oostkust beweegt en daarna langs de Nederlandse, Duitse en Deense kust, zal een aanzienlijk dwarsverval opwekken ten gevolge van de kracht van Coriolis. Voor een snelheid van 50 cm/uur komt men reeds tot een dwarsverval van midden Noordzee tot kust van circa 60 cm. Vermoedelijk zal dus bij stormvloed de waterstand in het midden van de Noordzee weinig van de middenstand afwijken. Het is niet uitgesloten, dat er een relatief laag gedeelte is voorgekomen.

De modelering van de trog, die op fig. 2.33 duidelijk tot uitdrukking komt, is naar deze inzichten uitgevoerd.

### 2.2.9 De opzet van de drie stormvloedhoogwaters langs de kust der Noordzee

De langs de kusten der Noordzee opgetreden verhogingen zijn grafisch voorgesteld in fig. 2.34. De abscis is dezelfde als in fig. 2.31. In verticale richting is uitgezet de hoogte der hoogwaters boven het astronomisch getij van die dag, dus de opzet. De bij deze stormvloed betrokken drie hoogwaters zijn weer aangeduid met I, II en III.

De opzet van hoogwater I, van omstreeks 4 uur tot 14 uur op zaterdag 31 januari de Engelse oostkust passerende, is volgens fig. 2.34 nog geen 50 cm groot. Doch aan de andere zijde van het Kanaal is dit reeds 70 cm.

De verhoging neemt snel toe en bereikt een maximum van 3,25 m in het gebied van de Waddenzee. Verder oostwaarts gaande neemt de verhoging weer sterk af.

Wij gaan nu eerst na het hoogwater III dat optrad toen de storm reeds in de neergang was. Dit derde hoogwater is langs de Engelse kust globaal 1 m hoger dan de astronomische hoogte. De opzet langs de oostzijde van het Kanaal is reeds aanzienlijk minder dan bij het ramphoogwater. Dit hoogwater bereikt een top omstreeks Hoek van Holland van 1,60 m boven astronomisch getij. Naar het oosten gaande valt de verhoging tot nul terug.

Het tweede hoogwater is overal het ramphoogwater. Te Leith was de verhoging nog slechts 75 cm; deze loopt op tot ongeveer 2 m voor de Theemsmonding. Bij een afgesloten Nauw van Calais zou de waterstand misschien een verloop hebben gehad als hier veronderstellenderwijs is aangegeven door de bloklijn G. Het verloop door het Nauw van Calais heen wordt gevonden door het punt Vlissingen met het punt Dieppe te verbinden. In het Nauw van Calais zelf is de verlagende werking dus omstreeks 1,5 m geweest. Te Vlissingen is hiervan nog 50 à 75 cm merkbaar. Vervolgens bereikt de opzet van hoogwater

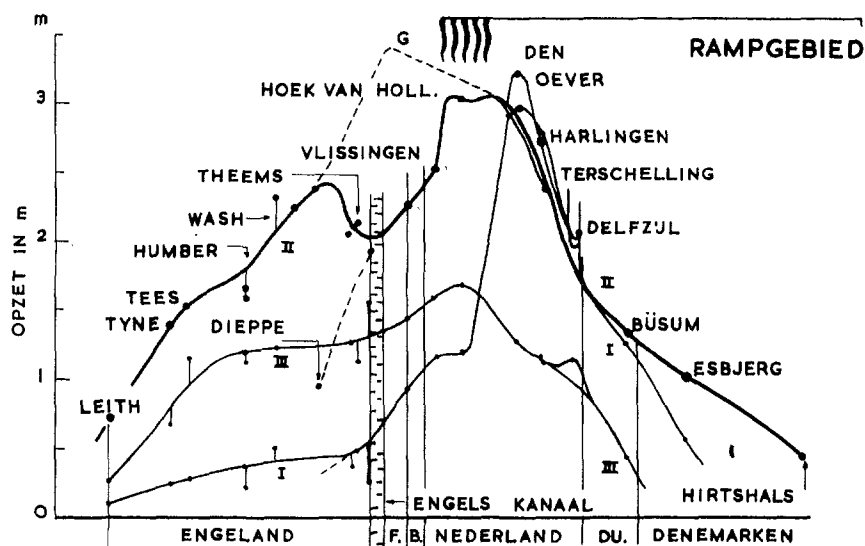


Fig. 2.34. De opzetten van de hoogwaters, I, II en III langs de kust van de Noordzee

II een uitgesproken maximum voor de Nederlandse kust, ongeveer van Brouwershaven tot IJmuiden, waar de opzet 3,05 m bedroeg. Voorbij Den Helder valt de opzet snel terug, is voor de Eemsmoeding al de helft en loopt tot een onbeduidend bedrag af aan de noordpunt van Denemarken.

Dat de opzetcuren van hoogwater I, II en III alle min of meer dezelfde hoofdvorm vertonen met een maximum juist voor de Nederlandse kust is begrijpelijk, aangezien de wind gedurende de gehele storm in dezelfde hoek heeft gestaan, te weten: tijdens HW I tussen W en WNW, tijdens HW II ongeveer NW en tijdens HW III NW-N.

Ten einde zich de opzetten langs de kusten van de Noordzee beter voor ogen te kunnen stellen, is een plastiek vervaardigd, waarin de in fig. 2.34 gegeven opzetten verticaal zijn uitgezet op een plattegrond van de Noordzee.

De figuren 2.35, 2.36 en 2.37 geven foto's van deze ruimtelijke voorstelling. Voor goed begrip wordt er op gewezen, dat deze plastiek niet een momentopname van de zeespiegel geeft. In de eerste plaats zijn de astronomische getijhoogten afgetrokken. In de tweede plaats traden de hier ruimtelijk voorgestelde opzetten niet simultaan op, doch in opeenvolging en wel, zoals fig. 2.31 dit nader aangeeft, in een tijdsverloop van ruim 24 uur de kust van Leith over Dover-Calais tot Denemarken langs lopende.

Het zich ontwikkelen en manifesteren van deze stormvloed stelle men zich als volgt voor. De eerste fase is die van aandrijving van het water in de westelijke helft van de Noordzee door de noordwester storm, die alleen deze westelijke helft betreft als aangegeven in fig. 1.23.

Nadat de driftstroom de bodem van de zak, als hoedanig men de Noordzee kan zien, had bereikt en opgetoerd was tegen de Nederlandse kusten, moest het water weer terugstromen. Onder invloed van de aardrotatie geschiedde dit afwijkend naar rechts dus via de oostelijke helft van de Noordzee, langs

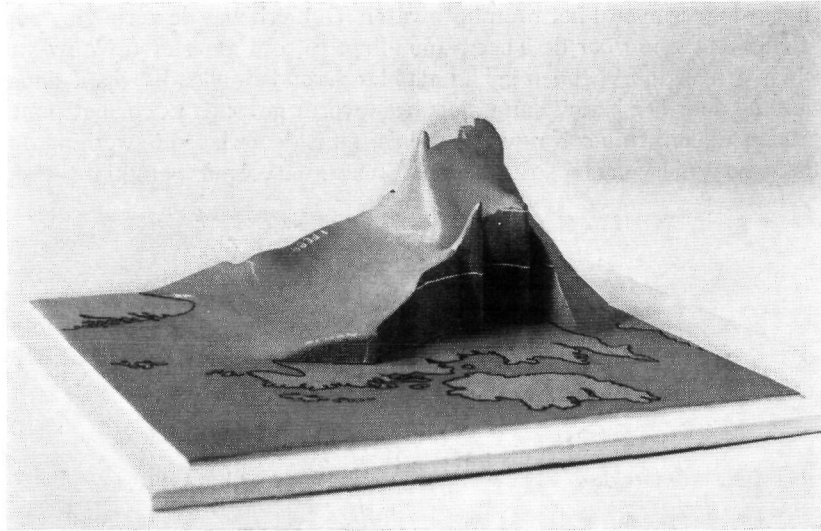


Fig. 2.35. Plastische voorstelling van de opzet van het ramphoogwater boven het astronomische hoogwater, gezien in oostelijke richting. Men ziet het regelmatig oplopen van de opzet langs de Engelse oostkust van de waarde nul nabij Edinburgh tot ongeveer 2 m nabij Dover. In de Wash-baai loopt de opzet sterk omhoog.

Sleeswijk-Holstein en Denemarken. De verhogingen, die dus eerst langs de Engelse oostkust optraden, kwamen aan het einde van de storm voor aan de Duitse Bocht en de westkust van Denemarken.

De maquette brengt ten aanzien van de bereikte verhogingen de volgende punten naar voren:

- Er is een nullijn, lopende ongeveer van Aberdeen precies oost naar Frederikshaven aan de noordpunt van Denemarken (fig. 2.35, 2.36). Het zeeniveau ten zuiden van deze lijn is onder invloed van de storm verhoogd.
- De verhogingen, tegen de Engelse oostkust annex aan de zuidgaande stroom gedurende het opkomen

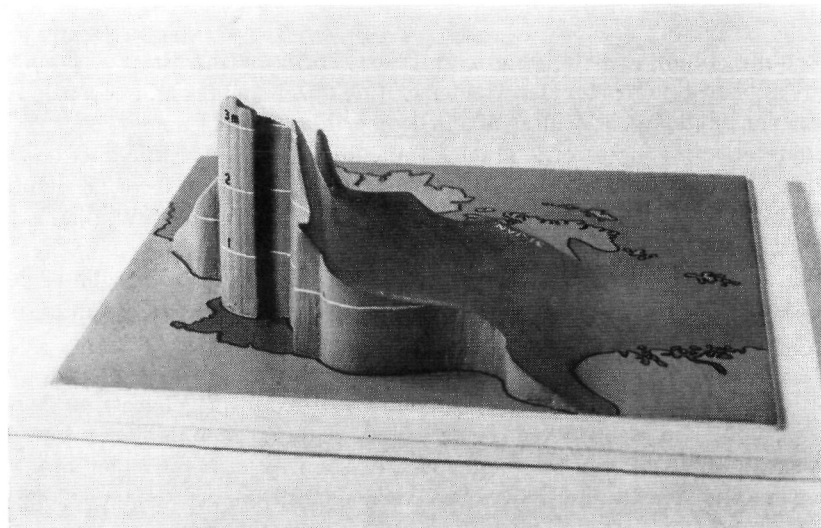


Fig. 2.36. Plastische voorstelling van de opzet van het ramphoogwater boven het astronomische hoogwater, gezien in westelijke richting. Hier ziet men het regelmatig afnemen van de stormvloedverhoging langs de Duitse Bocht en Deense kust. Tegen de Waddenkust loopt de opzet plotseling sterk omhoog. De horizontale lijnen stellen voor 1, 2 en 3 m opzet. De betreffende cijfers markeren juist het rampegebied.

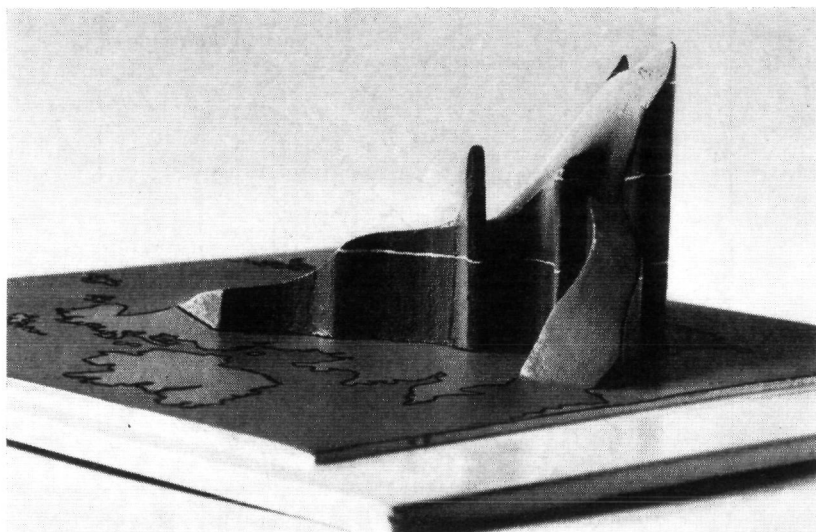


Fig. 2.37. Plastische voorstelling van de opzet van het ramphoogwater boven het astronomisch hoogwater, gezien in noordoostelijke richting. Uit deze richting ziet men hoeveel hoger de opzetten zijn tegen de Nederlandse kusten dan aan de Engelse kust. Ook hier ziet men het aflopen via het Kanaal.

van de storm, fig. 2.35, zijn van dezelfde grootte als die tegen de Sleeswijkse en Deense kust aan het einde van de storm, fig. 2.36. Zowel voor Engeland als voor Denemarken is het Corioliseffect meer oorzaak van de verhogingen aan de kust dan de directe opwaaiing.

– De verhoging langs de Engelse kust (fig. 2.35) loopt regelmatig op tot voorbij de Theemsbaai; van extra trechterwerking in de zuidelijke Noordzee is echter tengevolge van de afzuigende werking van het Nauw van Calais niets meer merkbaar.

– Tegen de Nederlandse kust is de verhoging onevenredig veel groter; vrijwel het dubbele van het bedrag, dat men zou vinden bij rechtlijnig doortrekken van het vlak van verhoging boven de (grote) Noordzee. Hiervoor zijn de volgende redenen aan te wijzen:

a. De wind stond in ons land ongeveer loodrecht op de kust, wat noch in Engeland, noch in de Duitse Bocht of Denemarken het geval was.

b. Juist als de stormvloedgolf de Nederlandse kusten passeert is het effect daarvan op zijn hevigst.

c. De diepte van de Noordzee is in het zuidelijk gedeelte het kleinst. Het is geenszins uitgesloten, dat de invloeden van het ondiepe bankengebied vrij kort voor de kust een relatief grote rol spelen.

– Door het Kanaal heen loopt de opzet weer tot nul terug (fig. 2.35 en 2.37). Het model illustreert de sterke daling van de opzet in zuidwestelijke richting van Hoek van Holland via Vlissingen en Ostende.

– Opvallend is het steile oplopen van de opzet bij de Waddeneilanden (fig. 2.36) in vergelijking met die op de Noordzee ten noorden daarvan. Hier wordt over een afstand van enige tientallen kilometers aan de opzet van de Noordzee nog 1 à 1,5 m toegevoegd zulks terwijl toch bij de stormvloed 1953 de windkrachten in het noorden niet meer bijzonder groot waren.

Indien deze ruimtelijke uitbeelding de situatie van 1953 voor de Waddenzee wel ongeveer goed weergeeft dan zou dit er een aanwijzing voor zijn, dat kortstondige doch extreme windsterkten, als b.v. die van 4 februari 1944, inderdaad uitzonderlijk hoge standen kunnen geven, verre boven die van 1953 uitgaande.

– De doorgangen via Helsdeur, Vliestroom e.d. zijn blijkbaar te nauw om de Waddenzee nagenoeg tot Noordzeepeil op te vullen. Doch achter de eilanden ontstond op de ondiepe Waddenzee een flinke additionele opwaaiing, waardoor bijv. tegen de Afsluitdijk een opzet van 3,25 m werd bereikt.

– Gewezen dient nog te worden op de trechterwerking in Wash en Theems, die op de figuren 2.35 en 2.37 goed zichtbaar wordt. Op de Nederlandse zeearmen treedt een dergelijke verhoging van de opzet in landwaartse richting in veel geringere mate op, zulks als gevolg van hun kortere lengte en geringere diepte.

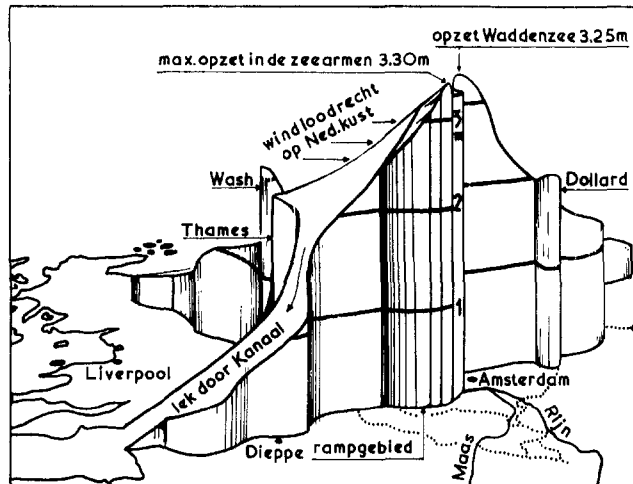


Fig. 2.38. Aanduiding van enige markante punten in de plastiek van de opzet van het ramphoogwater, gezien in noordelijke richting

### 2.2.10 Overeenkomstige 1953-standen langs de kust

Uit het voorgaande is gebleken, dat de stormvloed op zijn hevigst was voor de kop van Schouwen en dat in de omgeving van Grevelingen en Oosterschelde de relatief sterkste verhogingen van de waterstanden plaats vonden.

Uiteraard is dit een toevalligheid. De ervaring leert, dat de relatief hoogste standen bij een bepaald hoogwater nu in dit, dan in een ander gedeelte van het kustgebied kunnen vallen. Zo was 1906 het hevigst op Westerschelde en Dollard, 1944 op een kleine kuststrook bij de Lauwerszee, 1916 op de benedenrivieren en de vroegere Zuiderzee.

De vraag doet zich voor, wat de stormvloedhoogten elders aan de kust zouden zijn geworden, indien aldaar een stormvloed, „gelijkwaardig” aan 1953 zou zijn opgetreden.

Het antwoord op deze vraag zal tevens aangeven hoeveel de standen elders in Nederland relatief zijn achtergebleven bij die in zuidwest Nederland, hetgeen een punt van fundamenteel belang is voor het juist verstaan van deze stormvloed.

De betreffende peilen worden aangegeven als „overeenkomstige 1953-standen” of O'53. Als punt van uitgang is genomen de stormvloedstand 425 + te Brouwershaven, die de relatief hoogste stand is opgetreden bij de stormvloed 1953. Om hiermede corresponderende standen te berekenen zijn 6 methoden toegepast nl.

- betrekkinglijnen tussen de stormvloedstanden
- peilen van gelijke frequentie, afgelezen op overschrijdingslijnen
- vergelijking der opzetten
- vergelijking der maximum stormeffecten
- naar evenredige verhoging boven grenspeil
- berekening van additionele opwaaiing of opwaaiingsverschillen.

De uitkomsten dezer methoden lopen niet sterk uiteen. De voorkeur is er aan gegeven om onder gelijkwaardige of overeenkomstige standen te verstaan stormvloeden met dezelfde overschrijdingsfrequenties. Zij worden aangeduid als O '53 standen.

Als punt van vergelijking is genomen de overschrijdingswaarde van de stormvloedhoogte N.A.P. + 425 cm te Brouwershaven, zijnde  $3.3 \cdot 10^{-8}$ /jr. De hiervoor vastgestelde peilen zijn vermeld in tabel 2.13.

De tabel vermeldt voorts de in feite opgetreden hoogste stand en het verschil tussen deze opgetreden stand en de O '53 stand. Uit deze kolom blijkt, dat in geheel Zeeland de werkelijk opgetreden standen bijna precies overeenkomen met de kenmerkende stand N.A.P. + 425 cm te Brouwershaven. Men treft enig achterblijven aan in het oostelijk einde van de Oosterschelde. Mogelijk dat voor Tholen enige verlaging is opgetreden door inundaties (zie 2.2.4).



Tabel 2.13. O '53 (waterstanden van dezelfde frequentie als 425 + te Brouwershaven, zijnde de relatief hoogste stand, opgetreden bij de stormvloed 1953)

*Hoogwater in cm + N.A.P.*

<i>Meetplaats</i>	<i>Opgetreden in 1953</i>	<i>O '53 (correspon- derend met 425 + te Br.)</i>	<i>1953 t.o.v. O '53</i>
Hedwiggpolder	543	545	-- 2
Bath	560	560	0
Hansweert	507	515	-- 8
Terneuzen	496	485	+ 11
Vlissingen	455	455	0
Breskens	480	475	+ 5
Cadzand	475	470	+ 5
Westkapelle	435	435	0
Bergen op Zoom	517	530	-- 13
Tholen	481	515	-- 34
Wemeldinge	468	475	-- 7
Vere	450	445	+ 5
Stavenisse	450	450	0
Zierikzee	432	435	-- 3
Colijnsplaat	445	435	+ 10
Vlietepolder	435	430	+ 5
Burghsluis	420	420	0
Ooltgensplaat	440	440	0
Dintelsas	455	455	0
Steenbergse Sas	465	465	0
Bruinisse	450	450	0
Brouwershaven	425	425	0
Repart	418	405	+ 13
Oude Hoeve	410	400	+ 10
Moerdijk	410	425	-- 15
Willemstad	435	445	-- 10
Middelharnis	417	420	-- 3
Hellevoetsluis	410	415	-- 5
Goedereede	405	410	-- 5
Dordrecht	373	375	-- 2
Puttershoek	375	380	-- 5
Goidschalxoord	380	385	-- 5
Spijkenisse	367	375	-- 8
Rotterdam	375	380	-- 5
Vlaardingen	371	380	-- 9
Maassluis	375	385	-- 10
Hoek van Holland	385	395	-- 10
Scheveningen	397	420	-- 23
Katwijk	405	430	-- 25
IJmuiden	385	400	-- 15
Den Helder	325	395	-- 70
Oude Schild	332	410	-- 78
Vlieland	316	420	-- 104
Terschelling	318	420	-- 102
Nes	320	455	-- 135
Westerland	363	465	-- 102
Den Oever	370	475	-- 105
Kornwerderzand	373	480	-- 107
Harlingen	366	470	-- 104
Nieuw-Bildt	360	455	-- 95
Oostmahorn	318	485	-- 167
Delfzijl	327	540	-- 213

Voorts is de opzet door de wind in dit gebied relatief kleiner geweest ten gevolge van de naar verhouding niet zo grote windkrachten over de zeearmen zelf. Op Grevelingen-Krammer-Volkerak is praktisch alles even hoog als N.A.P. + 425 cm te Brouwershaven. Doch langs het Haringvliet is er een toenemende achterstand in oostelijke richting. Op de Zuidhollandse rivieren is de achterstand globaal 10 cm. Langs de vaste kust loopt de achterstand op van 10 cm te Hoek van Holland tot 70 cm te Den Helder. Op de westelijke Waddenzee is die 100 cm en neemt in oostelijke richting toe tot 213 cm te Delfzijl.

Van de Waddenzeecijfers is reeds een uitvoerige bespreking gegeven in 2.2.6.

Wat Delfzijl betreft zij gewezen op de O '53 stand van N.A.P. + 540 cm. De tot nu toe de hoogst geldende stand was de stormvloed van 1825 met een hoogwaterstand N.A.P. + 460 cm. De genoemde O '53 stand is dus 80 cm hoger gelegen dan 1825. Van deze stormvloed 1825 is bekend, dat hij bijzonder ernstig was, zowel in het noorden als in het zuidwesten des lands. Vergelijking tussen 1825 en 1953 voor het centrum van het rampgebied 1953 laat de volgende verschillen zien:

	1825	1825 was 1/m 1952 de hoogste	1953	1953 hoger dan 1825
Zierikzee	370 +	op 12 cm na	432 +	62 cm
Brouwershaven	375 +	hoogste	425 +	50 cm
Vere	382 +	hoogste	450 +	68 cm
Goese Sas	407 +	op 1 cm na	465 +	58 cm
				gemiddeld 60 cm

Globaal genomen is 1953 in dit gebied dus 60 cm hoger dan 1825.

In Delfzijl is het tijverschil 23% groter en ligt het grenspeil 45% hoger boven het normale hoogwater. Gelet op deze verhoudingen is gemakkelijk de fysische realiteit van de overschrijding van O '53 te Delfzijl met 80 cm van de tot nu toe aldaar als hoogst geldende stand te onderkennen.

## 2.3 Stormeffect

### 2.3.1 Wat te verstaan onder stormeffect

Tot hiertoe is uitvoerig aandacht geschonken aan de opzet en in het bijzonder aan de maximale opzet, die zich bij de stormvloed 1953 manifesteerde. Intussen is deze waarde geenszins voldoende om de stormvloed te karakteriseren.

Immers, de opzet is in sterke mate afhankelijk van het tijdstip van de storm ten opzichte van de cyclus van de getijbeweging. Een verschuiving van de storm van enkele uren kan tot aanmerkelijke verschillen in stormvloedstanden leiden, al naar gelang de grootste uitwerking van de storm met een hoogwater, dan wel met een laagwater samenvalt. Men kan dus een stormvloed niet voldoende beschrijven met alleen de maximale opzet.

Een meer algemene beschrijving kan worden gegeven door een kromme, die aangeeft het verloop van de verheffing van de zeespiegel door de storm. Deze door de stormkrachten opgewekte verheffing toch, die met een kleine waarde of nul begint, oploopt tot een hoogtepunt en weer terugvalt tot nul is oorzaak, dat de hoogwaters tijdens de stormvloed abnormale hoogten bereiken.

Om deze verheffing van de zeespiegel uit de waarnemingen af te leiden staan onder andere de navolgende 2 methoden ter beschikking:

- A. de geregistreerde krommen opgebouwd te denken uit de navolgende 3 componenten:
  - a. het getij, zoals het zich zou hebben gemanifesteerd bij afwezigheid van de storm;
  - b. het stormeffect, zoals dit zich zou hebben gemanifesteerd in de Noordzee zonder getijbeweging;
  - c. de wisselwerkingseffecten, die tot ontwikkeling kwamen door het samentreffen van stormeffect b en getij a.
- B. de tweede methode is de geregistreerde krommen opgebouwd te denken uit de navolgende 2 componenten:
  - a. het getij, zoals het zich aan ons voordoet, nl. ten gevolge van de stormvloed verkleind, vervroegd of vervormd;

### 2.3.1

b. het stormeffect, zoals zich dit aan ons voordoet, dus in grootte, vorm en verloop in de tijd en ruimte ten deze beïnvloed door het getij van deze dag en de wijze van samentreffen.

Om de eerste werkwijze toe te passen kan gebruik worden gemaakt van het theoretische astronomische getij, hetwelk nauwkeurig kan worden berekend. Doch voor het kunnen hanteren van de wisselwerkingseffecten zou beschikt moeten worden over een dieper inzicht in het bewegingsmechanisme, dan op dit moment het geval is. Zou dit inzicht ter beschikking staan, dan zou uit de waarnemingen kunnen worden afgeleid het onder A b bedoelde stormeffect van de stormvloed 1953. Dit te kennen zou in zoverre van belang zijn, dat wij dan in staat zouden zijn willekeurige combinaties met andere getijmanifestaties te onderzoeken en ook meer nauwkeurig de uitwerking van de windkrachten op de zee te onderzoeken.

Deze werkwijze A zal zodra zij gehanteerd kan worden, voeren tot een verdiept inzicht in de diverse deelfactoren, die een stormvloed samenstellen. Vooralsnog is het om verschillende redenen evenwel nog niet mogelijk deze methode toe te passen.

Wel kan men het onder A a bedoelde getij van de waarnemingen aftrekken en aldus de som van A b en A c bepalen. Dit residu is voor het karakteriseren van de stormvloed niet wel bruikbaar. Wel kan het als materiaal voor verdere analyses dienen.

De methode B biedt het voordeel dat de beschikbare waarnemingen direct bewerkbaar zijn zonder dat een gedetailleerde kennis van het bewegingsmechanisme vereist is. De splitsing tussen de onder B a en B b bedoelde componenten is daarbij gebaseerd op het verschil in karakter tussen het getij als een min of meer periodiek fluctuerend verschijnsel en het stormeffect als een min of meer vloeiend voorbijgaand verschijnsel.

Deze splitsing is, strikt genomen, niet eenduidig. In de praktijk geeft dit evenwel geen grote moeilijkheden. Bij een diepergaande analyse levert de methode B echter wel bezwaren op en kan de methode A niet gemist worden.

De bewerking volgens methode B heeft praktisch het voordeel van grotere aanschouwelijkheid. Het is dan ook het onder B b bedoelde stormeffect, dat ter karakterisering van de storm 1953 hier is gebruikt. Aan de hand van fig. 2.39 wordt de bewerking nader toegelicht.

### 2.3.2 De bepaling van het stormeffect

Zou er op 1 februari geen storm zijn geweest, dan zouden de waterstanden aan de diverse peilmeetstations het „normale” astronomisch gefixeerde verloop hebben gehad. In fig. 2.39 A is dit met de letter G voor Hansweert aangegeven.

Ten gevolge van de storm verheft zich de zeespiegel tot het niveau S in fig. 2.39 B, waarmee het stormeffect wordt aangegeven in de hier bedoelde zin. De werkelijk geregistreerde waterstand R slingert om de lijn S op dezelfde wijze als het astronomische getij G slingert om de constante gemiddelde zeespiegel Z. In de lijn S mogen geen daagse en halfdaagse componenten, voor zover die tot de normale getijbeweging behoren, worden toegelaten. Verder is bij het bepalen van de kromme S uit de geregistreerde kromme R gestreefd:

- naar een zo gestrekt mogelijk verloop;
- naar een verloop, dat mede in de registratie van naburige peilmeetstations wordt teruggevonden.

Door op deze wijze S te bepalen worden daarin verschillende elementen van de waterbeweging, die wel tot de uitwerking van de storm gerekend moeten worden, niet opgenomen. Dit zijn:

- de windgolven, welke overigens door passende dempingsconstructies niet tot de peilschrijver kunnen doordringen;
- de buistoten en bui-oscillaties. Dit zijn fluctuaties in de momentele gemiddelde zeespiegel ten gevolge van de buigheid van de storm.

Windrichting, windkracht en luchtdruk zijn aan voortdurende fluctuaties onderhevig. De zeespiegel reageert hierop met overeenkomstige extra schommelingen, die soms eenmalig zijn, dan weer bestaan uit semi-periodieke reeksen. De quasi perioden variëren van enkele minuten tot soms meer dan een uur. De amplituden liggen soms in de orde van grootte van verscheidene dm's.

De identiteit van deze buistoten blijft op de zeearmen vaak gehandhaafd. Doch langs de kust gemeten is hun uitgestrektheid nimmer zo groot, dat zij aan naastvolgende peilmeetstations gelijktijdig

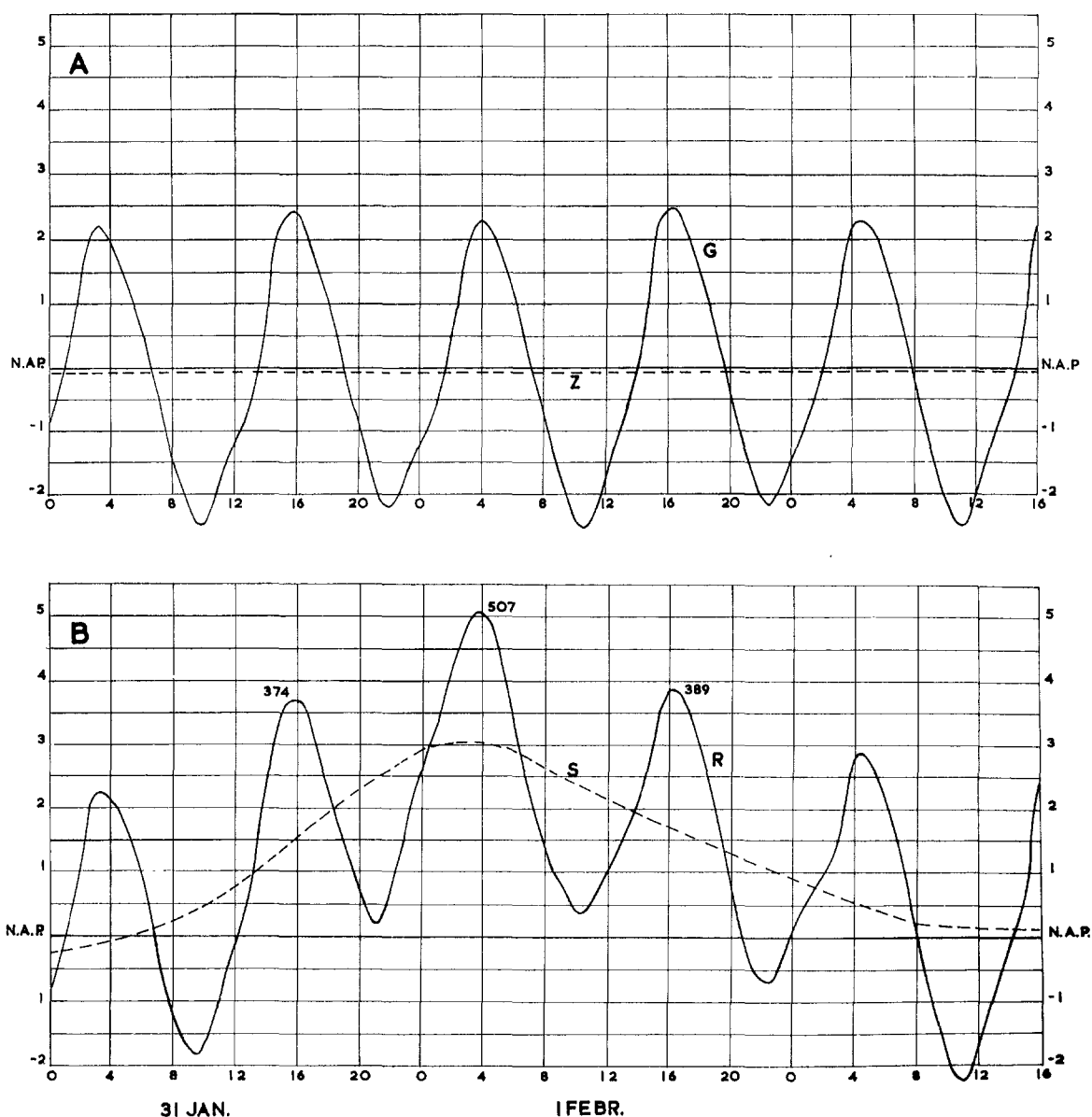


Fig. 2.39. Normale en door de storm gestoorde waterstanden te Hansweert

geregistreerd worden. (Tijdens de stormvloed 1953 waren de buistoten van geringe betekenis in vergelijking met andere stormvloeden);

– het effect van extra storingen en secundaire depressies, voor zover die slechts merkbaar zijn in één enkel peilmeetstation.

De kromme S, op deze wijze geconstrueerd, levert het verloop in de tijd van wat hier is genoemd het *stormeffect*.

Het stormeffect is dus het verloop in de tijd van de verheffing van de zeespiegel ten opzichte van de feitelijke getijbeweging, waarbij plaatselijke additionele details buiten beschouwing zijn gelaten en op de continuïteit in ruimte en tijd de nadruk valt.

Het stormeffect S is niet identiek te achten aan de hierboven onder A b bedoelde opwaaiing, die een storm zou teweegbrengen bij afwezigheid van getijbeweging. Het is denkbaar dat de totale amplitude dan een iets andere waarde zou hebben verkregen.

Ook kan men de kromme S niet vereenzelvigen met het theoretisch begrip opwaaiing of stuw. De

waarde S immers is bepaald uit de aan de peilmeetstations geregistreeerde kromme R en dus mede gevormd door de factoren als de duur van de storm, voorgeschiedenis, dynamische factoren van de waterbeweging, de topografie van geulen en banken, kusteffecten enz.

### 2.3.3 De getijbeweging tijdens de stormvloed

Door het stormeffect S te bepalen op de in 2.3.2 aangegeven wijze wordt een goed beeld verkregen van de invloed van de storm op de zeespiegel. De lijn R slingert rondom de lijn S ten gevolge van de getijbeweging, buistoten en andere locale meteorologische detailinvloeden.

De getijbeweging is niet dezelfde als die, welke zou zijn opgetreden bij afwezigheid van de storm. Hoewel de getijverwekkende krachten van zon en maan uiteraard onafhankelijk van de meteorologische condities functioneren is toch het resultaat daarvan in belangrijke mate afhankelijk van de toestand van de zee. Ze is namelijk beïnvloed door de storm in die zin, dat door de veranderde waterdiepte en de door de windkrachten opgewekte stroming, de wrijving en de Corioliskrachten niet onaanzienlijk wijzigen.

De wijziging die de getijbeweging ondergaat, wordt in fig. 2.40 getoond voor Hansweert.

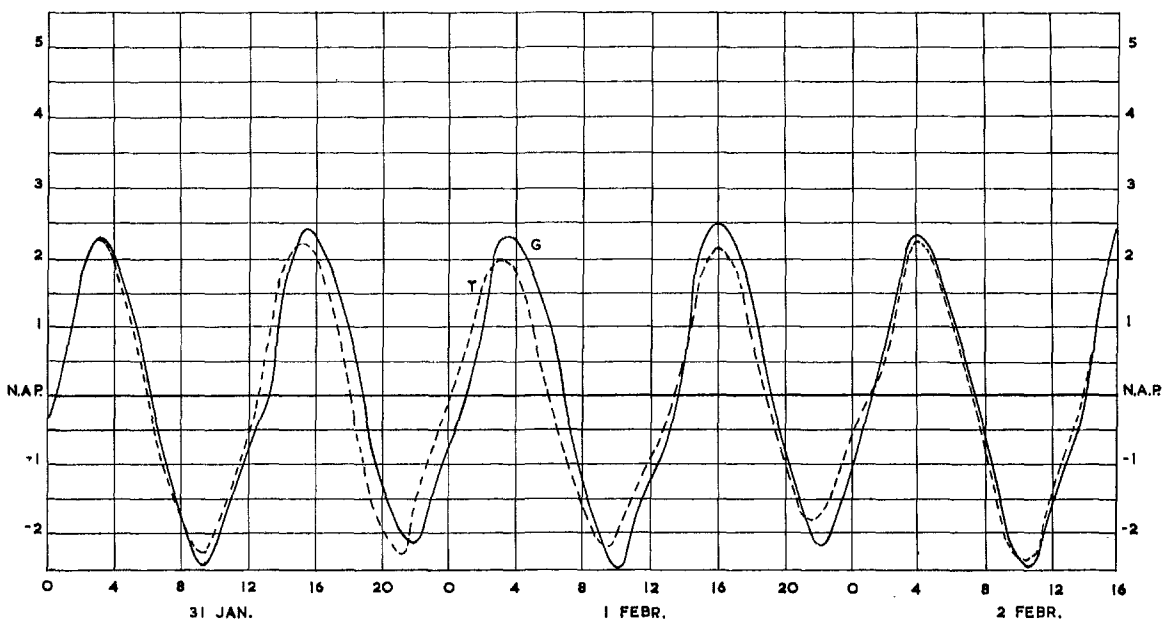


Fig. 2.40. „Normale” astronomische getijbeweging G en getijbeweging T, tijdens de stormvloed 1953

In deze figuur is G de normale astronomische getijbeweging bij afwezigheid van storm, T de getijbeweging, die door de storm is gewijzigd. Men ziet in deze figuur drie gescheiden aspecten tot uiting komen: nl. vervroeging, verzwakking en vervorming.

*Vervroeging.* Voor normale omstandigheden kunnen de tijdstippen van HW en LW worden ontleend aan de getijtafels. Tijdens stormvloed is in onze ondiepe kustwateren de voortplantingssnelheid van de getijbeweging merkbaar groter, zodat de getijden vroeger optreden. Ook oefent de storm een kracht uit op het zeeoppervlak en veroorzaakt een driftstroom in de richting van de kust, waardoor de getijvoortplantingssnelheid wordt vergroot. Strikt genomen zijn de getijtafels voor deze toestand niet geldig.

De vervroeging wordt des te groter naarmate grotere lengten ondiep water worden doorlopen.

Op de zeearmen wordt de vervroeging ten dele gecompenseerd door de vertragende werking, die ontstaat doordat bij stormvloed meer buitengronden onderlopen dan bij normale vloed. Voorts kan de vervroeging worden gecamoufleerd of versterkt door vervormingen van de getijkop door buistoten, meteorologische storingen, hydraulische details e.d.

In feite is de vervroeging niet scherp te bepalen en sterk wisselend in grootte.

Voor de stormvloed 1953 werden gevonden de volgende vervroegingen:

	<i>Vervroeging van het stormvloedhoogwater in minuten</i>
Vlissingen	30
Hansweert	45
Zierikzee	60
Willemstad	60
Alblasserdam	120
Hoek van Holland	0
Schoonhoven	120
Harlingen	100
Delfzijl	80

*Verzwakking.* Een bij alle stormvloedden voorkomend verschijnsel is, dat de laagwaters hoger blijven en de hoogwaters naar verhouding achter blijven.

Het getij wordt verzwakt. Voor de stormvloed 1953 wordt gevonden:

Tabel 2.14. Verzwakking van de getijbeweging

<i>Waarnemingspunt</i>	<i>Getijrijzing (zonder storm)</i>	<i>Reductie door storm</i>	
		<i>in cm</i>	<i>in %</i>
Vlissingen	410	20	5
Hansweert	466	30	6
Zierikzee	291	5	2
Wemeldinge	344	15	4
Brouwershaven	246	10	4
Dintelsas	240	25	10
Hellevoetsluis	184	10	5
Willemstad	206	30	15
Spijkenisse	152	25	16
Gorinchem	130	40	31
's-Gravendeel	180	45	25
Alblasserdam	168	45	27
Hoek van Holland	155	20	13
Schoonhoven	115	20	17
Den Oever	146	25	17
Harlingen	150	55	37
Delfzijl	234	30	13
Oude Schild	122	0	0
Terschelling	142	20	14

De oorzaken van deze verzwakking kunnen niet zonder uitvoerige analyse der verschijnselen worden aangewezen. Er zij op gewezen, dat een vergroting der stromen de wrijvingsverliezen kan doen toenemen, doch de vergrote waterdiepten kunnen ook afneming der wrijvingsverliezen geven. Voorts ondervindt de zee extra krachten in de periode van het getij doordat de wind inwerkt op een zeeoppervlak, waarvan de stroomrichting periodiek verandert en nabij de kusten ook sterk in diepte varieert.

De windkrachten moduleren dus de bestaande getijbeweging en in beginsel moet de mogelijkheid worden opgehouden dat uit deze wisselwerking in sommige gedeelten van het windvak en in sommige gedeelten van de storm versterking van het getij resulteert. In de wiskundige analyse worden verschillende termen gevonden, die tot een vergroting van de getijbeweging leiden. Voor de stormvloed 1953 wordt evenwel alleen getijverzwakking geconstateerd. Langs de kust bedraagt de reductie ongeveer 4%. Naar binnengaande neemt deze toe tot ongeveer 15% in het gebied rondom Dordrecht en verder de rivier opgaande zelfs tot 31% (Gorinchem), tabel 2.14.

De reductie voor de buitenzijde van de Waddeneilanden is onbekend, aan de binnenzijde van de eilanden bedraagt zij ongeveer 10% en langs de Afsluitdijk en de vaste kust van Friesland rond 15%, te Harlingen 37% en te Delfzijl 13%.

Men ziet, dat er een reductie van de getijbeweging is opgetreden, variërende van 0 tot 5 dm. Overal is de reductie het kleinst aan de kust en groter naar binnen toe. Houdt men er rekening mede, dat de meest zeewaarts gelegen peilmeetstations alle toch reeds een 5 of 10 km binnen de eigenlijke kustlijn gelegen zijn, dan volgt uit de gegeven cijfers, dat het bedrag der reductie in de kustlijn slechts weinig van nul afwijkt.

Aan de noordwestelijke begrenzing van de westelijke Waddenzee is de reductie gering, aan de oostelijke begrenzing groot. Dit komt overeen met hetgeen op de zeearmen plaats vindt. Dat de reductie aan de binnenzijde der Waddeneilanden zo klein blijkt te zijn kan een gevolg ervan zijn, dat een reductie door het toenemen der wrijvingskrachten min of meer wordt gecompenseerd door de vergroting van het toestromingsprofiel der zeegaten.

In kolom 3 zijn de reducties uitgedrukt in % t.o.v. de oorspronkelijke astronomische waarden. Zij geven aanleiding tot de volgende systematische groepering:

in de kustlijn (geëxtrapoleerd)	0 à 5%
op een afstand van 20 km in de zeearmen	15%
nog verder oostwaarts oplopend tot	20 à 30%
buitenzijde Waddeneilanden	0%
binnenzijde Waddeneilanden	0 à 10%
vaste landkust Waddenzee	15 à 35%

*Vervorming.* Onder normale omstandigheden wordt de vorm van de getijkromme in een ondiep kustgebied mede bepaald door de topografie van geulen, banken en kombergingsgebieden. Deze vormelementen hebben een zekere oriëntering ten opzichte van de gemiddelde zeespiegel en daardoor ten opzichte van de getijkromme. Tijdens stormvloed komen die vormelementen samen te vallen met een ander deel van de getijkromme en op relatief andere tijdstippen. Het gevolg hiervan is een sterke secundaire vervorming van de getijkromme. Door de stormeffectkromme een zo gestrekt mogelijk verloop te geven bereikt men, dat deze vervormingen van de getijkromme niet op rekening van het stormeffect worden gebracht. Opgemerkt zij hierbij, dat de vervormingen gekoppeld zijn aan de diepte van de zee en aan de vorm van de getijkromme. Men vindt ze in beginsel bij andere stormen weer terug. De buistoten echter treden willekeurig op in de tijd.

Het is evident, dat men deze drie aspecten gescheiden dient te houden. Elk dezer aspecten draagt op onafhankelijke wijze bij tot de omzetting van de getijbeweging  $G$  in de getijbeweging  $T$  (fig. 2.40). Men doet uiteraard verkeerd, om het uiteindelijke resultaat als een grootheid op zichzelf te beschouwen, los van de drie genoemde aspecten. Zo veroorzaakt de vervroeging in fig. 2.40 een beeld, dat men ook door invoering van een verticaal getij met zekere fase en amplitude zou kunnen denken te zijn ontstaan. Achter zulk een rekenkundige grootheid staat echter geen fysische realiteit, hetgeen achter de vervroeging wel staat.

### 2.3.4 Gestyleerd verloop stormeffect stormvloed 1953

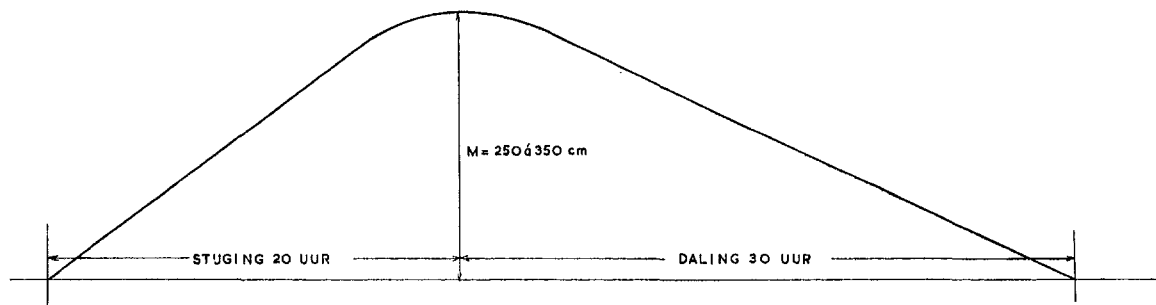


Fig. 2.41. Gestyleerd verloop van het stormeffect

De stormeffectkrommen beantwoorden vrij nauwkeurig aan het in fig. 2.41 geschetste gestyleerde type. Dit is een vrijwel rechtlijnige stijging gedurende 20 uur tot de top bereikt wordt. Na de top, die een

afgeronde vorm vertoont, neemt het stormeffect vrijwel lineair af in 30 uur. De grootste waarde van het stormeffect  $M$  is genoemd het maximale stormeffect. Het verloop daarvan langs de kust wordt in 2.3.9 behandeld.

De stormeffectkromme toont een gelijkmatige stijging van (max.) 350 cm in 20 uur tijds. Dit is een stijgsnelheid van 17,5 cm/uur. Deze snelheid is van ondergeschikte betekenis in vergelijking met de stijgsnelheden, die bij de normale getijbeweging behoren. Tabel 2.15 geeft hierover nadere inlichtingen.

Tabel 2.15. Vergelijking van de normale stijgsnelheid van het getij met die van de getijbeweging op 1 febr. 1953

	<i>Normale maximum stijgsnelheid bij springtij</i>	<i>Maximum stijgsnelheid op 1 febr. 1953</i>	<i>Toename van het stormeffect</i>
Vlissingen	170 cm/u	150 cm/u	17,5 cm/u
Hoek van Holland	90 cm/u	90 cm/u	

In het rampgebied is de stijgsnelheid van het getij als maximum globaal 7 x zo groot als die van het stormeffect en van LW tot HW nog globaal 3 maal. De getijstromen moesten dus voor de komvulling 3 à 7 maal grotere hoeveelheden water aanvoeren dan de driftstromen. In het algemeen zal het stromingsbeeld dus bepaald zijn gebleven door de getijbeweging.

### 2.3.5 Nadere bespreking der stormeffecten

Bepaald zijn de stormeffecten voor de volgende 22 peilschaalstations (zie de figuren op blz. 111 t/m 120):

- Fig. 2.12 *Noordzeekust*. Vlissingen, Hoek van Holland, Scheveningen, IJmuiden, Den Helder.
- Fig. 2.13 *Westerschelde*. Vlissingen, Hansweert.
- Fig. 2.14 *Oosterschelde*. Zierikzee, Wemeldinge.
- Fig. 2.15 *Grevelingen, etc.* Brouwershaven, Dintelsas.
- Fig. 2.16 *Haringvliet*. Hellevoetsluis, Willemstad.
- Fig. 2.17 *Oude Maas, Merwede*. Spijkenisse, Gorinchem.
- Fig. 2.18 *Noord, Dordtse Kil*. 's-Gravendeel, Alblasterdam.
- Fig. 2.19 *Waterweg, Lek*. Hoek van Holland, Schoonhoven.
- Fig. 2.20 *Waddenzee*. Den Oever, Harlingen, Delfzijl.
- Fig. 2.21 *Waddeneilanden*. Oude Schild, Terschelling.

In de figuren 2.12 t/m 2.21 zijn de stormeffectkrommen ingetekend, zoals zij als uitkomst van de berekening werden verkregen. De bijgeschreven getallen moesten dienovereenkomstig in cm worden aangegeven. In de tekst en verdere figuren echter zijn de waarden van het maximum stormeffect afgerond op 5 cm. Deze afronding is toegepast om de onzekerheid, welke in de berekening schuilt, b.v. alleen al door het niet voldoende bepaald zijn der astronomische krommen, tot uitdrukking te brengen. Hoewel deze onzekerheid groter is dan 5 cm, is geen verdere afronding toegepast, daar een willekeurig naar elkaar toebrengen of een willekeurig spreiden der verkregen uitkomsten het gevolg zou zijn. Voor beschouwing in onderling verband zou verdere afronding weer nieuwe onzekerheden hebben ingevoerd.

De krommen geven aanleiding tot de volgende opmerkingen:

– Langs de kust van Vlissingen tot Den Helder, fig. 2.12, is het stormeffect bijzonder regelmatig en homogeen, overal een zelfde verloop, praktisch dezelfde grootte en nagenoeg gelijktijdigheid.

De grootte varieert van 280 cm in Vlissingen over een grootste waarde van 350 cm in Scheveningen tot 315 cm in Den Helder. Het tijdstip van het maximum stormeffect is langs dit gehele kustgedeelte vrijwel hetzelfde. Alleen in Scheveningen valt dit tijdstip 2 uur eerder. De kromme vertoont hier trouwens een enigszins afwijkend verloop vergeleken bij de andere stations, namelijk een hoger oplopen bij stijging en een eerder bereiken van het maximum. Mogelijk spelen hier additionele opwaaiing tegen de gesloten kust en eventueel een plaatselijk iets afwijkende weersstructuur en daaruit voortvloeiende buistoot een rol.



– Het stormeffect op de Zeeuwse en Zuidhollandse stromen, weergegeven in de figuren 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18 en 2.19, loopt bijzonder regelmatig en homogeen.

Een overzicht van het maximum stormeffect is gegeven in tabel 2.16.

Tabel 2.16. Maximum stormeffect voor de Zeeuwse en Zuidhollandse stromen

<i>Waarnemingspunt</i>	<i>Maximum stormeffect in cm</i>
Vlissingen	280
Hansweert	305
Zierikzee	315
Wemeldinge	330
Brouwershaven	320
Dintelsas	360
Hellevoetsluis	340
Willemstad	355
Spijkenisse	325
Gorinchem	310
's-Gravendeel	330
Alblasserdam	320
Hoek van Holland	325
Schoonhoven	315

Van de kust naar binnen gaande, neemt het stormeffect overal (behalve op de Waterweg) toe. Dit is te zien als gevolg van de trechterwerking en van additionele opwaaiing op de zeearmen zelf.

– Tabel 2.17 geeft een overzicht van de maximum stormeffecten voor de Waddenzee (fig. 2.20) en de Waddeneilanden (fig. 2.21). Opmerkelijk is hier weer het bijzonder regelmatige en homogene verloop.

Tabel 2.17. Maximum stormeffect voor de Waddenzee en de Waddeneilanden

	<i>Maximum stormeffect in cm</i>
Den Oever	370
Harlingen	335
Delfzijl	260
Oude Schild	295
Terschelling	275

Het grootste stormeffect treedt op bij Den Oever met 370 cm.

### 2.3.6 De tijdstippen van het maximum stormeffect ten opzichte van het windverloop en het astronomisch getij

De tijdstippen, waarop het stormeffect zijn maximum waarde bereikte zijn in de figuren 2.12 t/m 2.21 af te lezen. Voor de kustplaatsen Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden, Den Helder, Harlingen en Delfzijl zijn die tijdstippen in hun onderlinge samenhang aangegeven in fig. 2.10. Kenmerkend is, dat het maximum vrijwel langs de gehele kust gelijktijdig optreedt.

Vergelijking met de diagrammen der windsnelheden (figuren 1.25 en 1.26) toont aan, dat het maximum 4 à 5 uren later is opgetreden dan het optreden der grootste windsnelheden langs de kust. Een dergelijk tijdsverschil wordt ook bij andere stormvloed en gevonden. Dit houdt in, enerzijds dat de bijdrage tot het totale stormeffect van de plaatselijke en momentane windkrachten in de nabijheid van de

kust min of meer beslissend is voor de top van de stormeffectkromme. Anderzijds dat de fase van het astronomisch getij daarbij weinig of geen rol speelt.

Fig. 2.10 geeft mede een beeld van het verloop van het moment van het maximum stormeffect tegenover het verloop van het tijdstip van het astronomisch hoogwater en laagwater. In het zuiden valt dit samen met het tijdstip van astronomisch hógwater. In het noorden valt het maximum vrijwel samen met láágwater.

Het tijdstip van maximum stormeffect ten opzichte van het astronomisch getij is nader in fig. 2.42 aangegeven.

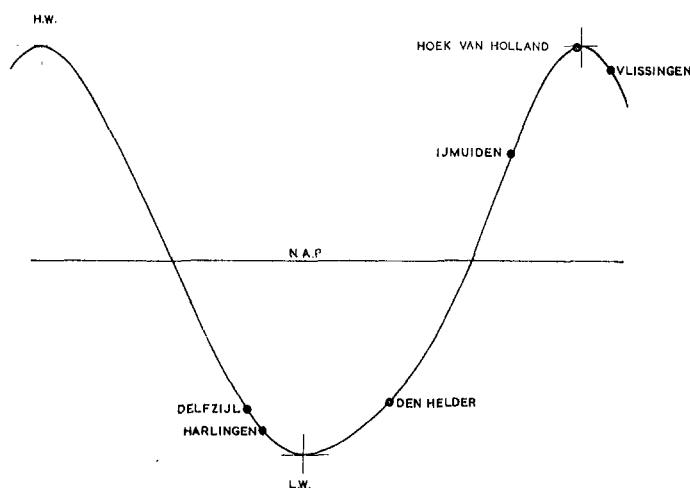


Fig. 2.42. Tijdstip van maximum stormeffect ten opzichte van het astronomisch getij

In deze figuur is te zien, dat de maximum stormeffecten in Zuidwest-Nederland vrijwel samenvielen met astronomisch hoogwater. In Vlissingen viel het zelfs even na het hoogwater. In Den Helder valt het maximum bij opkomend getij slechts kort na het laagwater, in Harlingen en Delfzijl nog vóór het laagwater.

### 2.3.7 De grootte van het maximum stormeffect

Het verloop der maximale stormeffecten langs de kust is in de reeds behandelde fig. 2.24 grafisch voorgesteld. De lijn loopt van ongeveer 240 cm bij Ostende tot een maximumwaarde van 350 cm bij Scheveningen en neemt daarna geleidelijk af tot 260 cm in Delfzijl.

Te Hoek van Holland is er een inzinking van omstreeks 20 cm, tengevolge van de afzuiging van de Waterweg. In Scheveningen treedt langs de gesloten kust het grootste stormeffect op van 350 cm. Van Scheveningen tot Den Helder neemt het stormeffect af tot 315 cm.

Ten oosten van Den Helder splitst de lijn zich in drieën. De bovenste lijn geeft het verloop langs de vaste kust. De grootste waarde is hier 370 cm bij Den Oever. De middelste lijn welke door gebrek aan gegevens niet vastligt, geeft het veronderstelde verloop langs de Noordzeezijde van de eilanden. Een aanwijzing voor dit lijngedeelte is gelegen in de richting van de lijn van de opzet van hoogwater I en II. Voorts zal de lijn van het stormeffect niet abrupt bij Ameland van richting veranderen.

De onderste lijn geldt voor de Waddenzijde van de eilanden. Het verschil tussen de buiten- en binnenzijde bedraagt plaatselijk 30 cm. Er zou dus op het moment van hoogwater nog een verval in de zeegaten Eierlandse Gat, Vliestroom en Borndiep zijn geweest van 30 cm.

Volgens het aangenomen verloop is de maximum waarde aan de buitenzijde van Texel 330 cm. Op de Waddenzee zelf bedraagt de additionele opwaaing volgens fig. 2.24 ongeveer 60 cm. Dat wil zeggen,

dat het totale stormeffect te Den Oever, alwaar het grootste stormeffect over geheel Nederland genomen is opgetreden, uit de volgende componenten was samengesteld:

stormeffect buitenzijde Texel (geschat)	330 cm
achterstand Waddenzee (door Marsdiep)	—20 cm
additionele opwaaiing Waddenzee	60 cm
stormeffect te Den Oever	370 cm

Van het totale stormeffect te Den Oever komt dus 85% van de Noordzee en 15% van de Waddenzee zelf.

Ter plaatse van de kleinere, meer oostelijk gelegen eilanden en platen is er geen verschil tussen binnen- en buitenzijde merkbaar. Het in de tekening gestelde verschil van 20 à 30 cm tussen de Noordzeekust en de vaste kust moet hier worden gezien als de additionele opwaaiing over de ongeveer 20 km brede Waddenzee.

Om de lijn „vaste Waddenkust” ter plaatse van de Eemsmonding te kunnen tekenen is aangenomen, dat het stormeffect te Delfzijl 20 cm groter is dan in de kustlijn. (Zulks op grond van analogie met de opzet, fig. 2.24.)

De lijn „vaste Waddenkust” loopt derhalve ongeveer 20 cm lager dan het punt van Delfzijl. De lijn van de „Noordzeekust”, zijnde de buitenzijde der Waddeneilanden, loopt nog weer 20 cm daar beneden.

### 2.3.8 Het geografisch maximum van het maximum stormeffect

Uit de cijfers vermeld in tabel 2.16 en 2.17 blijkt, dat het stormeffect binnenwaarts toeneemt, hetgeen kan worden toegeschreven aan additionele opwaaiing en aan trechterwerking. Op de zeearmen vinden wij een maximum aan de Brabantse kust nl. 360 cm te Dintelsas. Voorts op de Waddenzee tegen de Afsluitdijk te Den Oever een bedrag van 370 cm.

Het valt op, dat het stormeffect onmiddellijk aan de kust het grootst is geweest, enerzijds tegen Texel, anderzijds tegen het Westland. Dit kan er op wijzen, dat de richtingsverandering van de gebogen kust ten opzichte van de windrichting een rol heeft gespeeld. Zoals bekend is de windrichting steeds van bijzonder belang en dus voor een gedeelte ook omgekeerd, de richting van de kust. De invloed van een kleine deviatiehoek  $\alpha$  op de opwaaiing bij een gegeven strijklengte is niet bekend. Wordt als eerste benadering een evenredigheid met  $\cos \alpha$  aangenomen, dan kan worden berekend, hoe groot het maximum stormeffect zou zijn geweest, indien de kustlijn gestrekt was geweest van Hoek van Holland tot Texel. Gevonden wordt:

Tabel 2.18. Het maximum stormeffect voor de kust gecorrigeerd tot loodrecht stormeffect

waarnemingsstation	Opgetreden maximum stormeffect in cm	$\frac{1}{\cos \alpha}$	Tot loodrecht gecorr. stormeffect in cm
Hellevoetsluis	340	1,00	340
Scheveningen	350	1,00	350
IJmuiden	315	1,07	337
Den Helder	315	1,12	353
Texel (uit fig. 2.24)	330	1,00	330

De waarden in de derde kolom zijn onderling praktisch gelijk. Het komt gerechtvaardigd voor als karakteristieke waarde van het maximum stormeffect voor deze stormvloed aan de kust aan te houden het gemiddelde van deze 5 waarden, afgerond 340 cm.

Fig. 2.43 geeft het geografisch verloop gestyleerd weer. Van Hellevoetsluis tot Texel, over een afstand van 180 km, is de karakteristieke waarde van maximum stormeffect 340 cm. Ten zuiden van Hellevoetsluis loopt deze waarde terug als gevolg van lek door het Kanaal. In het noorden loopt de lijn terug ten gevolge van het naderen tot de baan van de depressie.

De waarde van 325 cm te Hoek van Holland ligt ten opzichte van deze gestyleerde lijn 15 cm te laag.

Dit kan worden toegeschreven aan: toestromingsverval naar de nauwe monding; snelheidshoogte ter plaatse van de peilschrijver; dwarsverval door de aswenteling der aarde (kracht van Coriolis).

In het voorgaande is geconstateerd, dat langs een aanzienlijk deel van de westkust, nl. van Goeree tot Texel, het maximum stormeffect hetzij reëel, hetzij potentieel ongeveer 340 cm is geweest. De ligging van de diverse punten van dit kustgedeelte ten aanzien van de topografie van het Noordzeebekken, de strijklengte, het Kanaal, de Duitse bocht e.d. zijn echter nogal uiteenlopend, zodat een stormeffect van

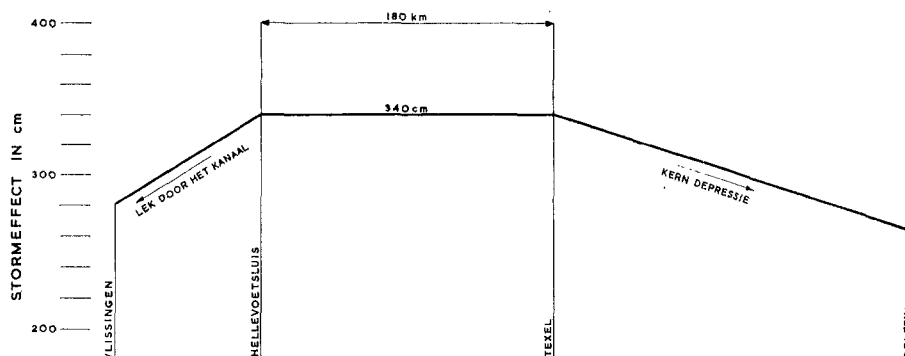


Fig. 2.43. Gestyleerd verloop van het maximum stormeffect langs de kust

340 cm in het ene deel van de kust gemakkelijker, dus vaker, wordt bereikt dan in het andere. Ter completering van het inzicht wordt daarom hier overgelegd een schetsmatige berekening van de stormeffecten aan een 13-tal stations langs de kust, die in eerste benadering een zekere gelijkwaardigheid ten aanzien van de kansen van optreden zouden kunnen hebben als 340 cm te Hellevoetsluis.

Hiertoe is uitgegaan van het verschil tussen grenspeil en HW (kolom 3 in tabel 2.19). Deze bedragen zijn uitgedrukt in % t.o.v. Hellevoetsluis; kolom 4, vervolgens is naar deze evenredigheid het met 340 cm equivalente stormeffect berekend: kolom 5. De werkelijk opgetreden stormeffecten zijn vermeld in kolom 6. In kolom 7 is gegeven de verhouding in % van het opgetreden stormeffect tot het equivalente stormeffect.

Tabel 2.19 Equivalente stormeffecten gaande langs de kust van zuid naar noord

Waarnemingsstation	H.W.	Grenspeil in cm	Grenspeil minus H.W. in cm	Waarden van	Maximum	Opgetreden maximum stormeffect in cm	Stormeffect in % t.o.v. Hellevoetsluis (6:5)
	1941-1950 in cm			kolom 3 uitgedrukt in % t.o.v. Hellevoetsluis	stormeffect in cm over- eenkomende met 340 cm te Hellevoetsluis		
	1	2	3	4	5	6	7
Vlissingen	188	327	139	86	290	280	97
Zierikzee	138	290	152	94	320	315	98
Brouwershaven	125	275	150	93	315	320	102
Hellevoetsluis	103	265	162	100	340	340	100
Hoek van Holland	90	242	152	94	320	325	102
Scheveningen	92	260	168	104	350	350	100
IJmuiden	83	230	147	91	310	315	102
Den Helder	49	215	166	102	345	315	91
Oudeschild	53	230	177	109	370	295	80
Den Oever	61	255	194	120	410	370	90
Harlingen	82	273	191	118	400	335	84
Terschelling	75	245	170	105	355	275	77
Delfzijl	116	334	218	135	460	260	57

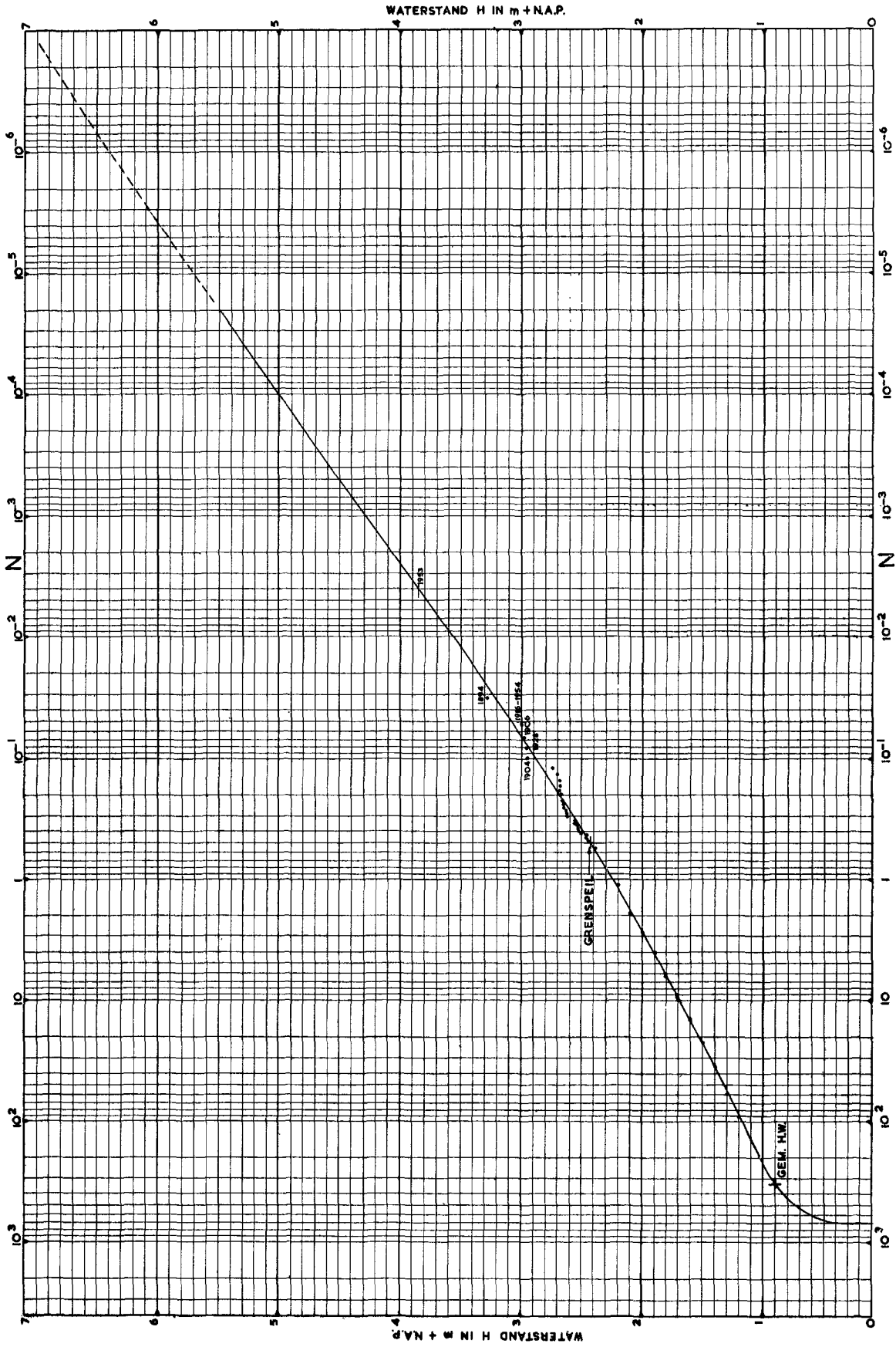


Fig. 2.44. Overschrijdingslijn van hoogwater en stormvloeden te Hoek van Holland

Een grafische voorstelling van deze waarden van kolom 7 vindt men in fig. 2.24 B. Deze kromme vertoont een zeer regelmatig, gebogen verloop. Iets lager bij Vlissingen en aflopend naar Delfzijl. Het maximum bevindt zich ook hier weer, evenals voor de overschrijdingswaarden, in de omgeving van Brouwershaven tot Scheveningen. Opmerkelijk is, dat deze procentenlijn een zo regelmatig verloop toont, veel regelmatig dan de twee, die het verloop van het stormeffect zelf aangeven. Deze lijn is min of meer onafhankelijk geworden van de topografische bijzonderheden en geeft een goed inzicht in het verloop van de stormvloed van zuid naar noord.

Uiteraard geeft deze berekening slechts een eerste benadering. Er kunnen factoren werkzaam zijn, die de werkelijkheid van deze evenredigheid doen afwijken. Toch is het alleszins waarschijnlijk, dat de stormeffecten naar het noorden en oosten toenemen in de orde van grootte van de aldus berekende waarden. Als grootste getal staat in de tabel vermeld Delfzijl 460 cm. Dit is 35% hoger dan de uitgangswaarde 340 cm te Hellevoetsluis. Een zelfde resultaat wordt gevonden indien men van de O'53-waarden (tabel 2.13) zou uitgaan. Men vindt dan bijvoorbeeld:

	<i>HW</i>	<i>O '53</i>	<i>O '53-HW</i>	<i>verhouding</i>
Hellevoetsluis	103	415	312	100%
Delfzijl	116	540	424	136%

De O'53-stand te Delfzijl ligt dus 36% hoger boven gemiddeld H.W. dan te Hellevoetsluis.

### 2.3.9 De frequentie van 1953

Stormvloeden behoren tot de natuurverschijnselen, die in eindeloze wisselvalligheid van hevigheid, duur, uitgebreidheid en opeenvolging optreden. Het is voor verschijnselen van dergelijk karakter gebruikelijk zich een voorstelling te maken van de gehele scala van mogelijke gevallen door het samenstellen van overschrijdingskrommen.

De belangrijkste frequentiekromme is uiteraard die van de bereikte stormvloedstanden. Fig. 2.44 geeft deze kromme voor Hoek van Holland, samengesteld uit waarnemingen van 90 jaar. De waterhoogten worden langs de verticale as afgelezen. Langs de horizontale as wordt afgelezen het aantal malen, dat een bepaald peil te Hoek van Holland per jaar wordt overschreden. Deze aantallen, frequenties genaamd, zijn om praktische redenen uitgezet op een logaritmische schaal. De kromme is getrokken door de punten gemiddeld hoogwater op 90 +, frequentie  $\frac{706}{2}$  (706 is het theoretische aantal hoogwaters per jaar), grenspeil (242 + bij frequentie 0,5) en door de stormvloeden van 1862 tot en met 1951. De standen boven grenspeil zijn individueel behandeld en bij de hoogste 7 is het jaartal bijgeschreven.

Tabel 2.20. Frequenties van enige stormvloeden te Hoek van Holland

<i>Stormvloed te</i>	<i>Hoogte</i>	<i>Frequentie</i>
<i>Hoek van Holland</i>		
1953	385 +	0,004 (1/250)
1894	328 +	0,025 (1/40)
1954	300 +	0,065 (1/15)
1916	300 +	0,065 (1/15)
1906	297 +	0,070 (1/14)
1904	296 +	0,071 (1/14)
1928	296 +	0,071 (1/14)

Tot ongeveer het peil  $300 +$  ligt de frequentielijn vast. Het hogere gedeelte is door extrapolatie verkregen. Zorgvuldig onderzoek heeft aangetoond, dat de frequentielijn van gemiddeld hoogwater tot ongeveer  $300 +$  een buiging omhoog vertoont. Voor de extrapolatie zijn tot nu toe geen gedetailleerde aanwijzingen te ontleen aan wiskundige of oceanografische beschouwingen. Wel staat vast dat in de hogere waarden een geleidelijke zij het zeer geringe afbuiging naar rechts moet plaatsvinden, zonder dat evenwel een bepaalde stand mag worden gesteld, die niet zou kunnen worden overschreden. Alvorens echter tot een buiging te kunnen komen, zal de lijn eerst een zeer gestrekt buigpunt, d.w.z. recht of nagenoeg recht gedeelte moeten vertonen. Deze lijn loopt met een zeer flauwe kromming omhoog tot ongeveer  $10^{-2}$ , vervolgens recht tot ongeveer  $10^{-5}$  en daarna met een flauwe kromming minder snel omhoog. Gevonden worden voor de hoogste stormvloed de frequenties, zoals die in tabel 2.20 zijn gegeven.

Deze cijfers gelden uiteraard alleen voor Hoek van Holland. Zo was bijvoorbeeld de stormvloed 1906 in Zeeland en Groningen relatief hoger en had daar dus een kleinere frequentie.

Het karakter van de stormvloed 1953 blijkt uit de belangrijk kleinere frequentie in vergelijking met de overige stormvloed van de laatste 90 jaar. Een frequentie 0,004 betekent, dat de stand van 1953 in 1000 jaar tijds normaal 4 keer wordt overschreden, de hydrografische toestand en situatie dezelfde blijvende.

De frequenties van de stormvloedhoogte 1953 aan andere peilschalen langs de kust zijn grafisch weergegeven in fig. 2.45.

De lijn door deze waarnemingen loopt regelmatig en vertoont een maximum voor het eiland Schouwen. Ook uit het frequentieonderzoek blijkt dus, dat de zwaarste aanval van de stormvloed ter plaatse van Schouwen viel. De frequentie is hier 0,0033.

De hoogten, bereikt in 1953 langs de kustplaatsen, zijn reeds grafisch weergegeven in fig. 2.23. Wor-

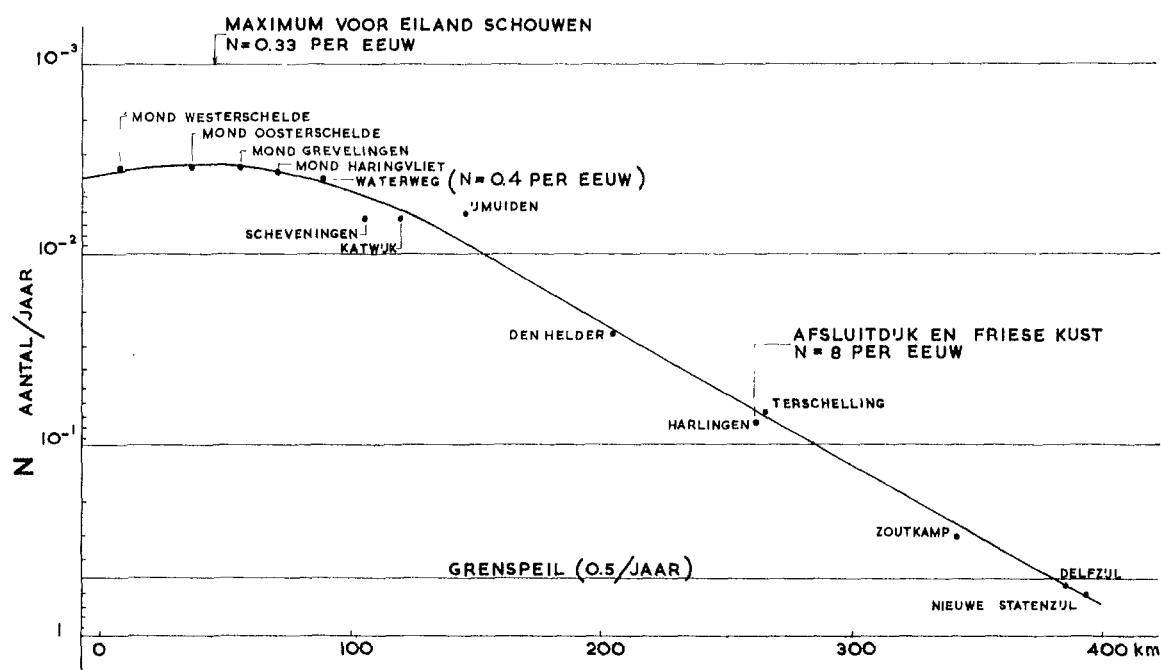


Fig. 2.45. De overschrijdingsfrequentie van de stormvloed 1953 langs de kust

den de frequenties van fig. 2.45 met behulp van fig. 2.44 omgezet in waterstanden te Hoek van Holland, dan ontstaan, omdat zij aan dezelfde schaal zijn gemeten, onderling vergelijkbare hoogten. Tabel 2.21 geeft deze hoogten weer.

Tabel 2.21. Stormvloedhoogten 1953 langs de Nederlandse kust gereduceerd tot waterstanden van dezelfde frequentie te Hoek van Holland

	<i>Frequentiepeil 1953</i>	<i>Waterstand met dezelfde frequentie te Hoek van Holland</i>
Westerschelde	1 : 285	390 +
Oosterschelde	1 : 285	390 +
Grevelingen	1 : 310	392 +
Haringvliet	1 : 285	390 +
Waterweg	1 : 250	385 +
IJmuiden	1 : 170	375 +
Den Helder	1 : 40	330 +
Harlingen	1 : 17	302 +
Delfzijl	1 : 2	242 +

Westerschelde, Oosterschelde en Haringvliet hadden een stormvloed, overeenkomende met Hoek van Holland 390 +, de Waterweg zelf 385 +, Den Helder 330 + en Harlingen 302 +. Deze cijfers zijn nagenoeg gelijklopend aan die, in 2.2.6 afgeleid uit de overschrijdingen van het grenspeil.



III

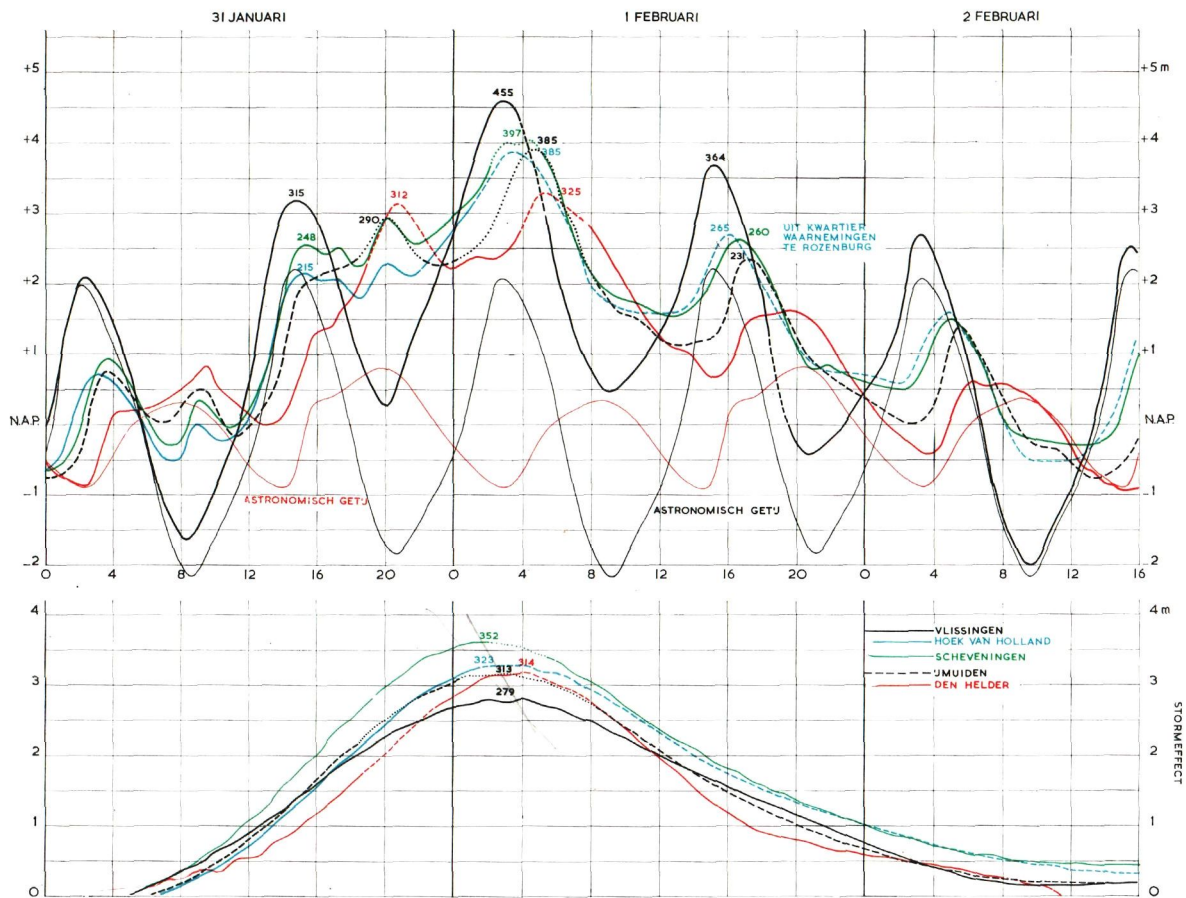


Fig. 2.12. Noordzeekust, geregistreerde waterstanden en stormeffect

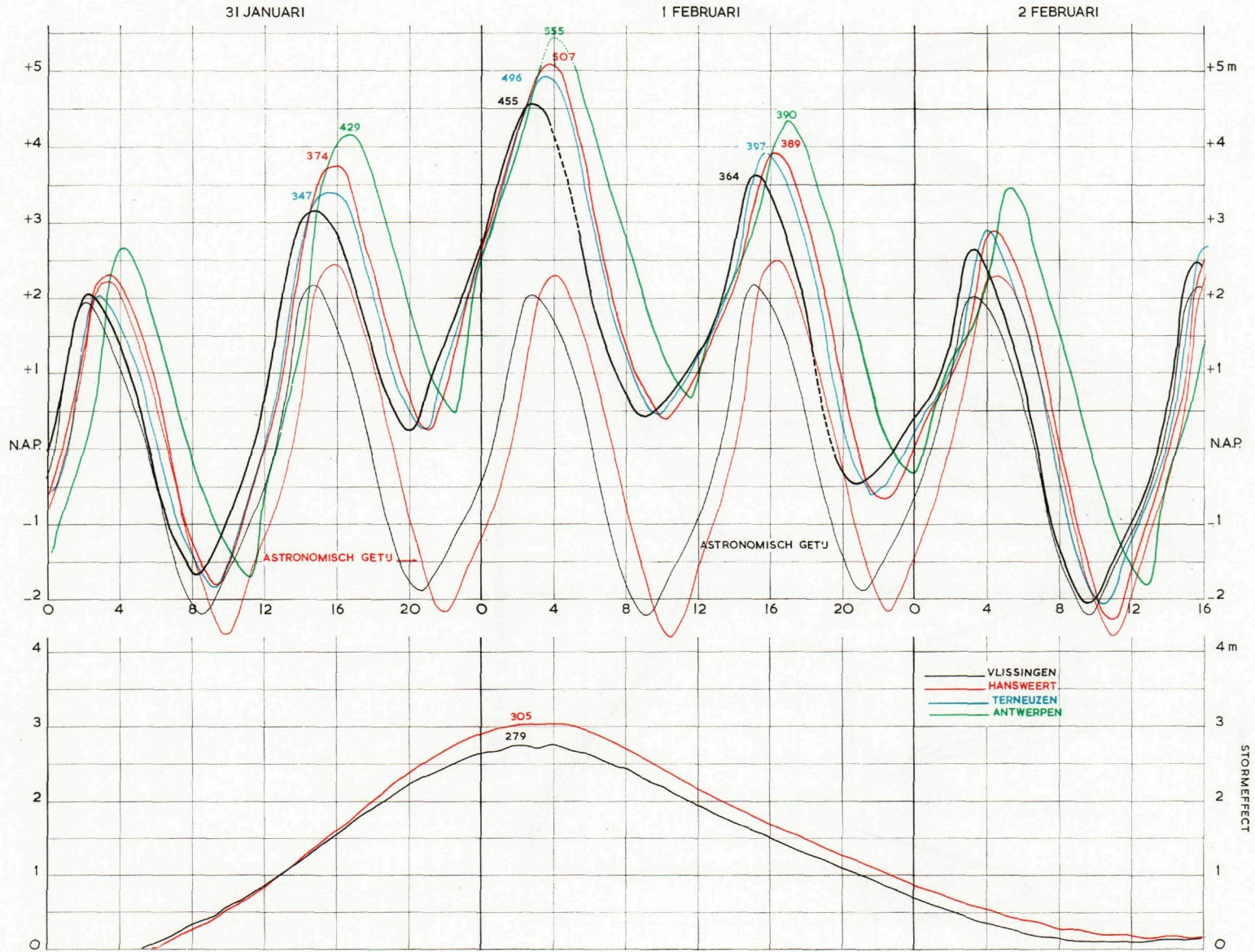


Fig. 2.13. Westerschelde, geregistreerde waterstanden en stormeffect

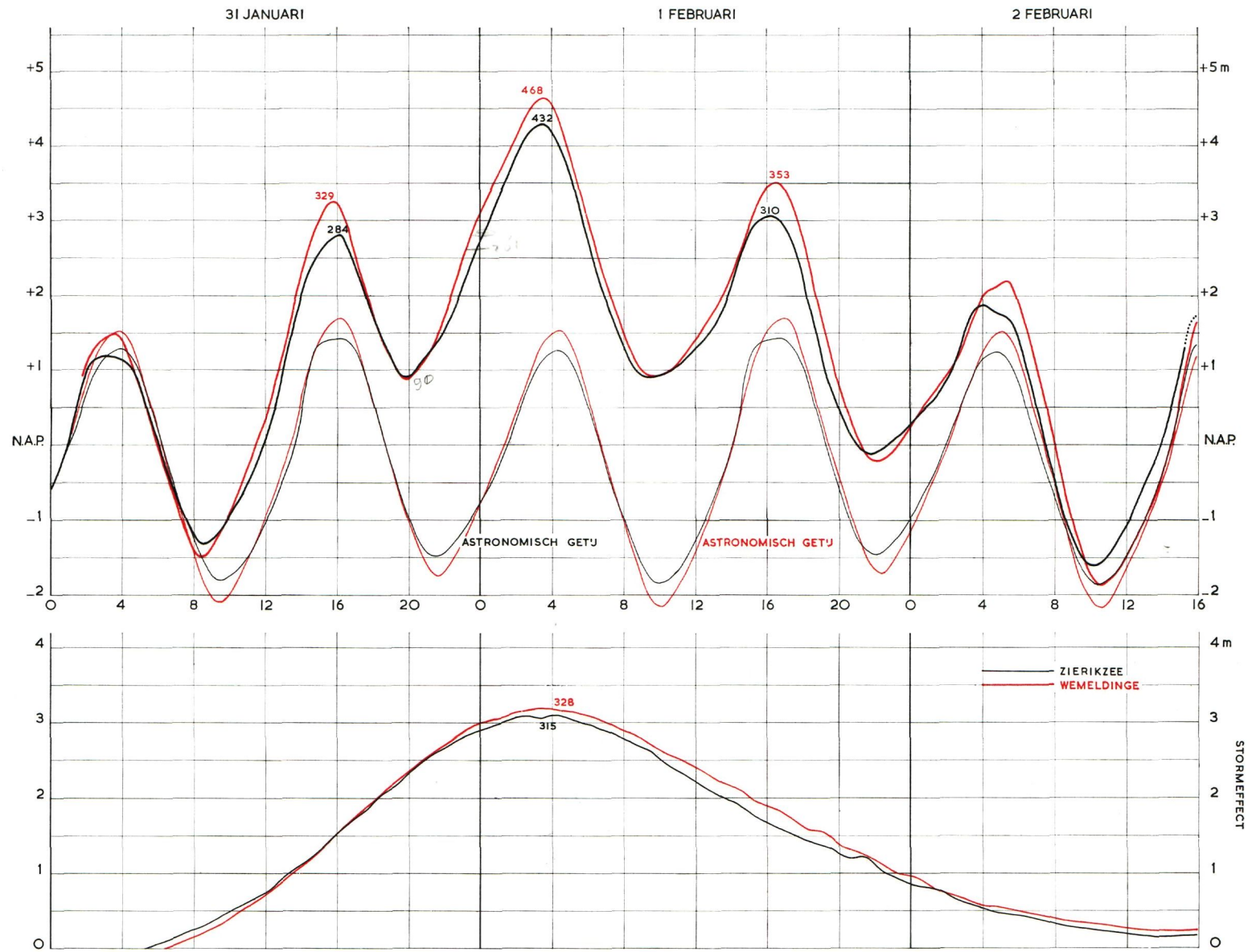


Fig. 2.14. Oosterschelde, geregistreerde waterstanden en stormeffect

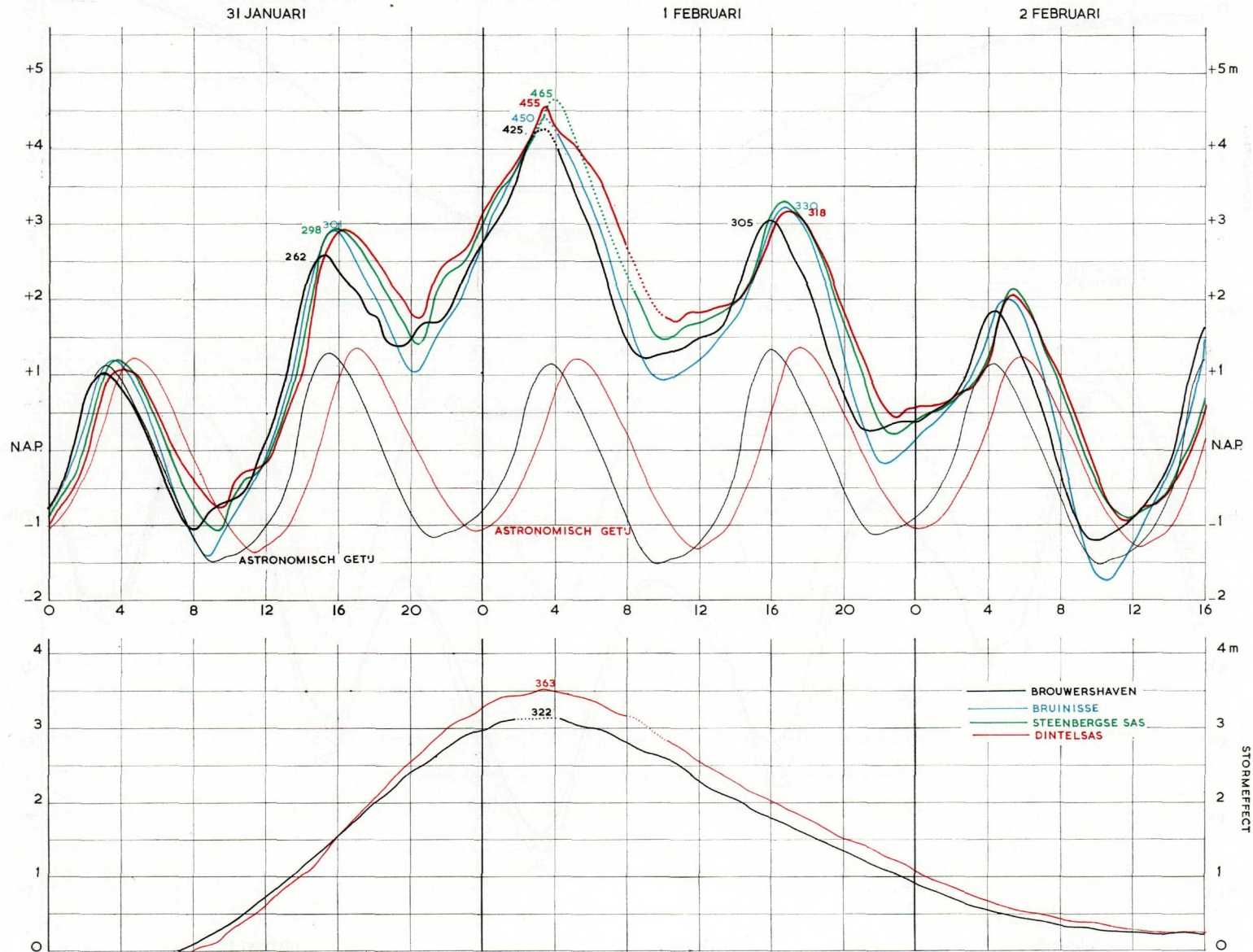


Fig. 2.15. Grevelingen, geregistreeerde waterstanden en stormeffect

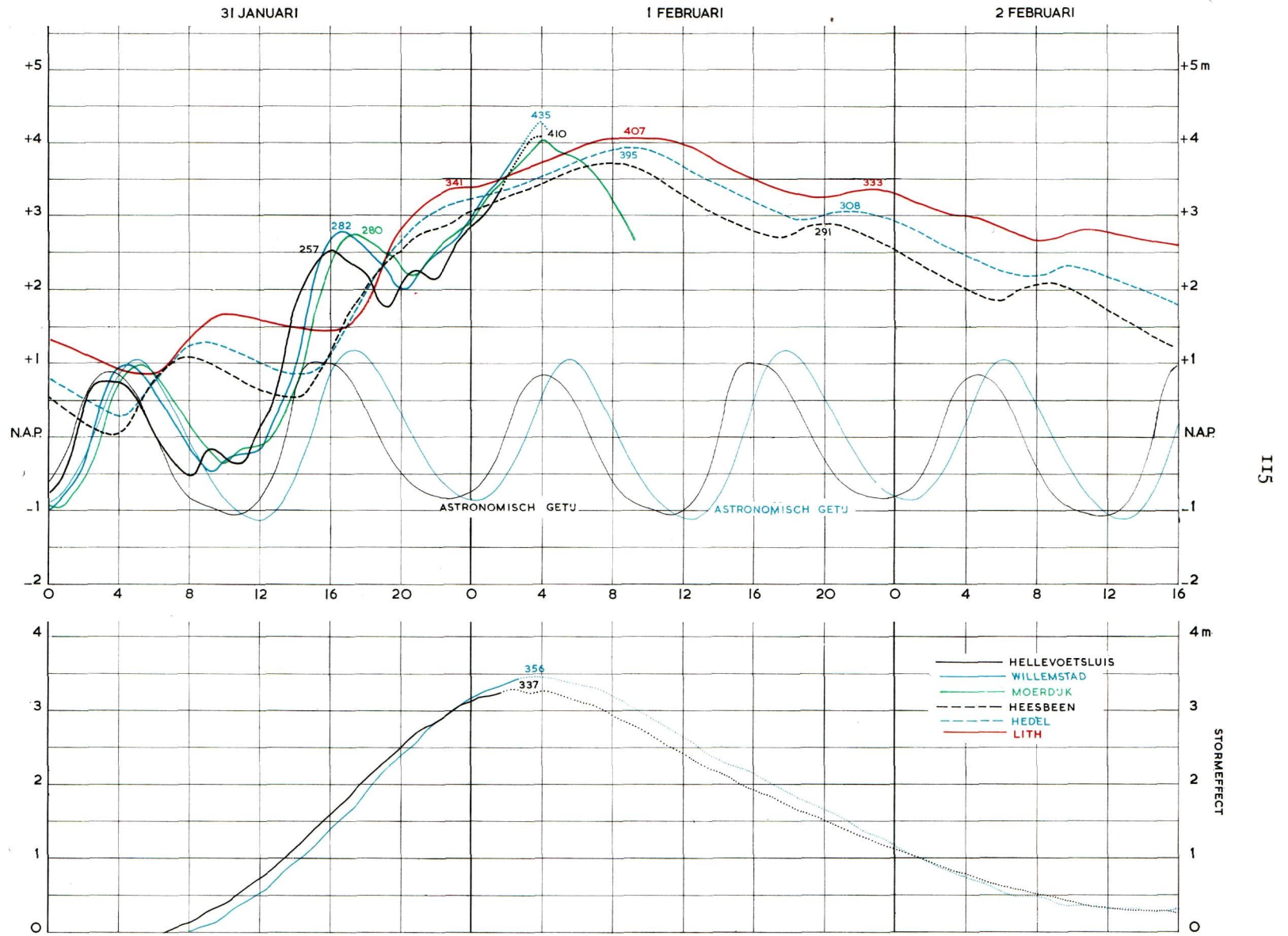


Fig. 2.16. Haringvliet, Amer, Maas, geregistreeerde waterstanden en stormeffect

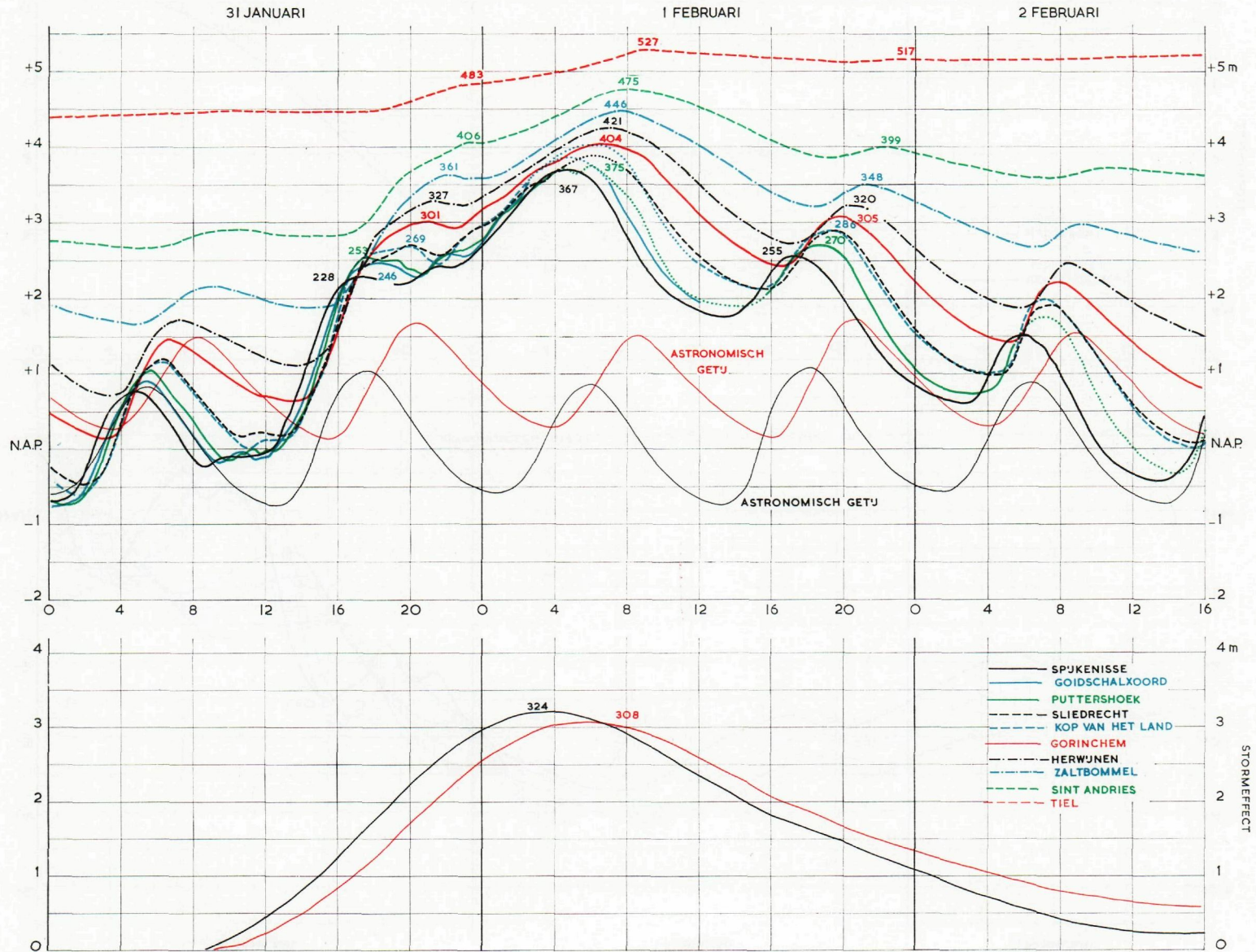


Fig. 2.17. Oude Maas, Merwede, Waal, geregistreerde waterstanden en stormeffect

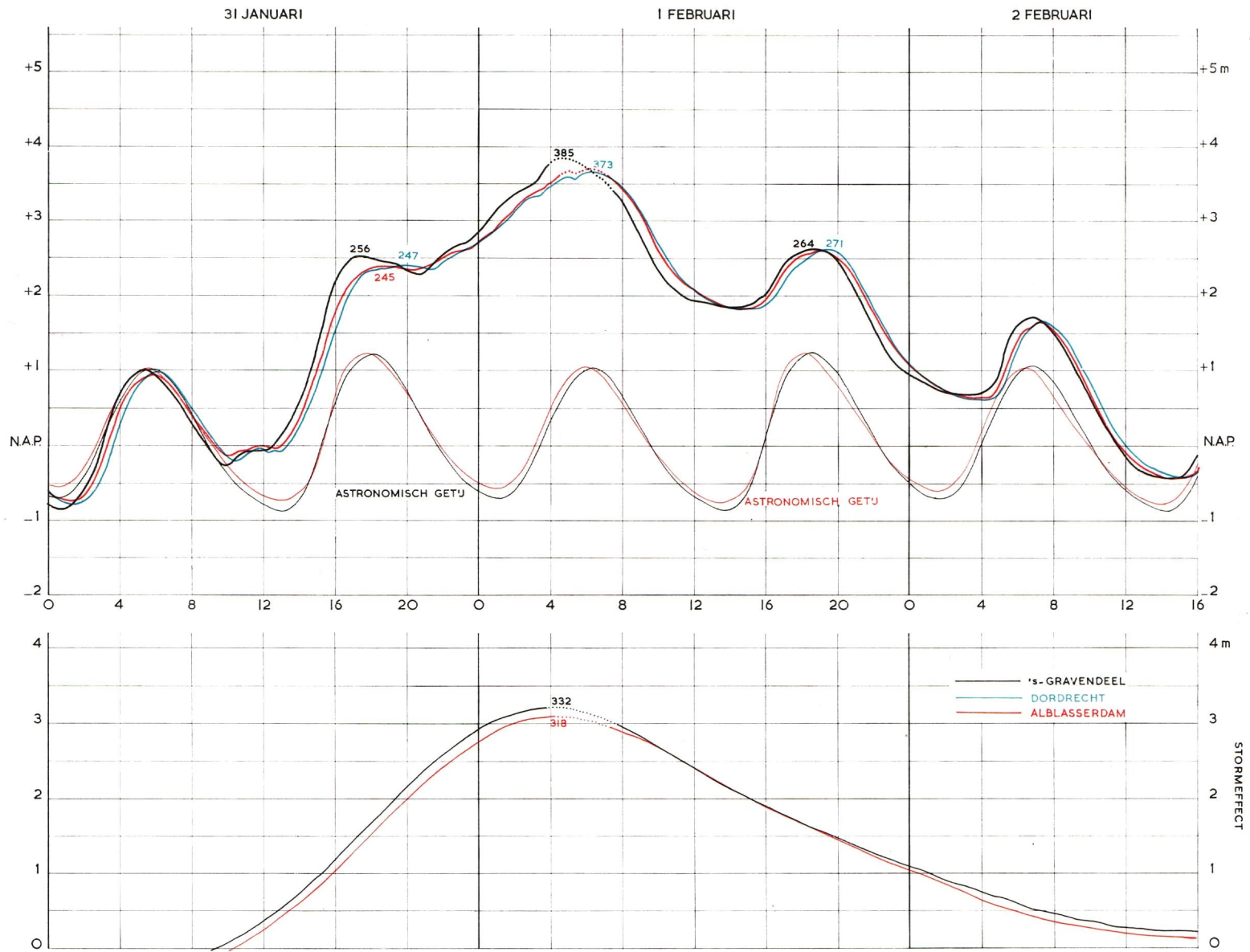


Fig. 2.18. Noord, Dordtse Kil, geregistreerde waterstanden en stormeffect

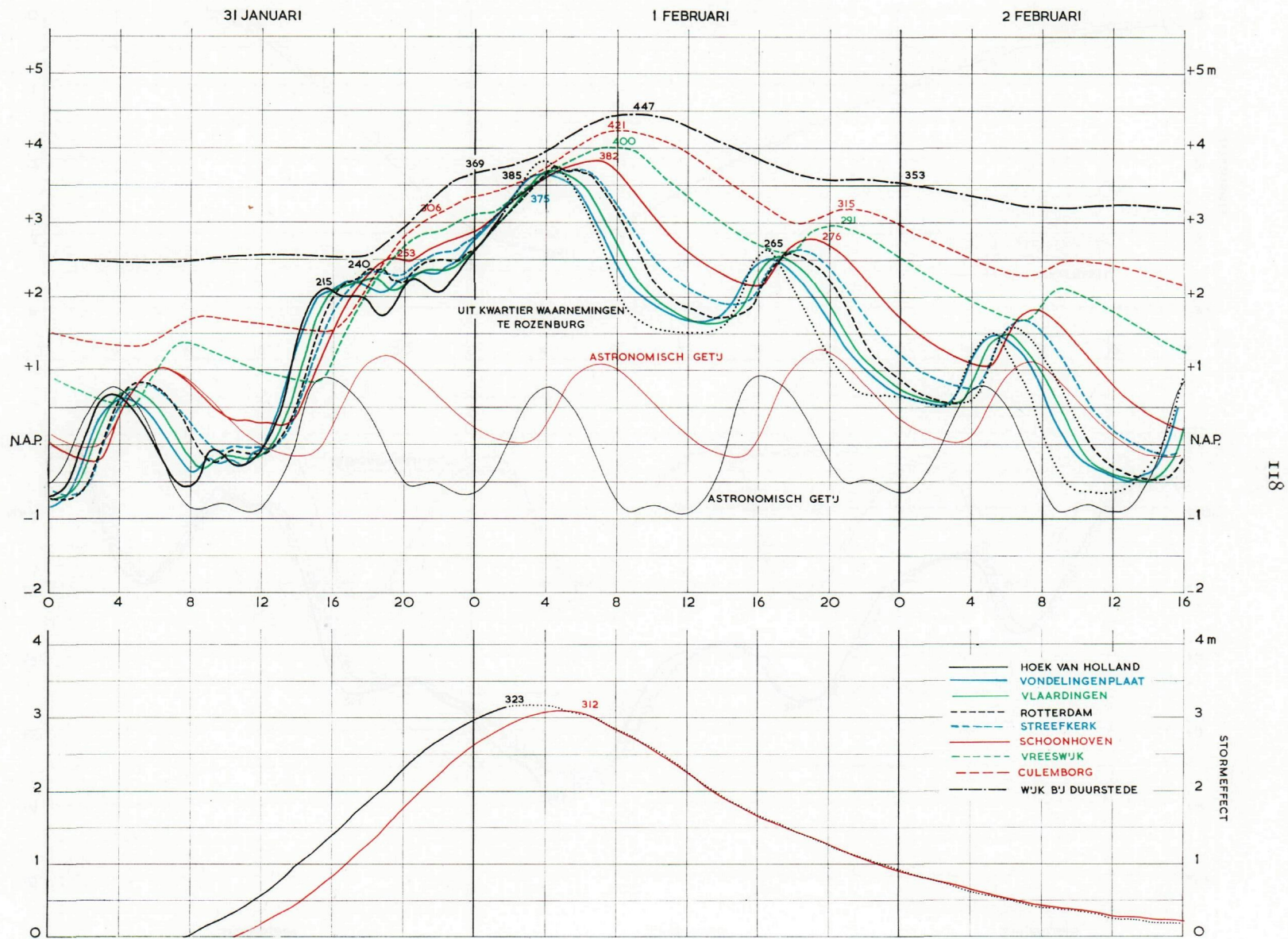


Fig. 2.19. Rotterdamse Waterweg, geregistreeerde waterstanden en stormeffect



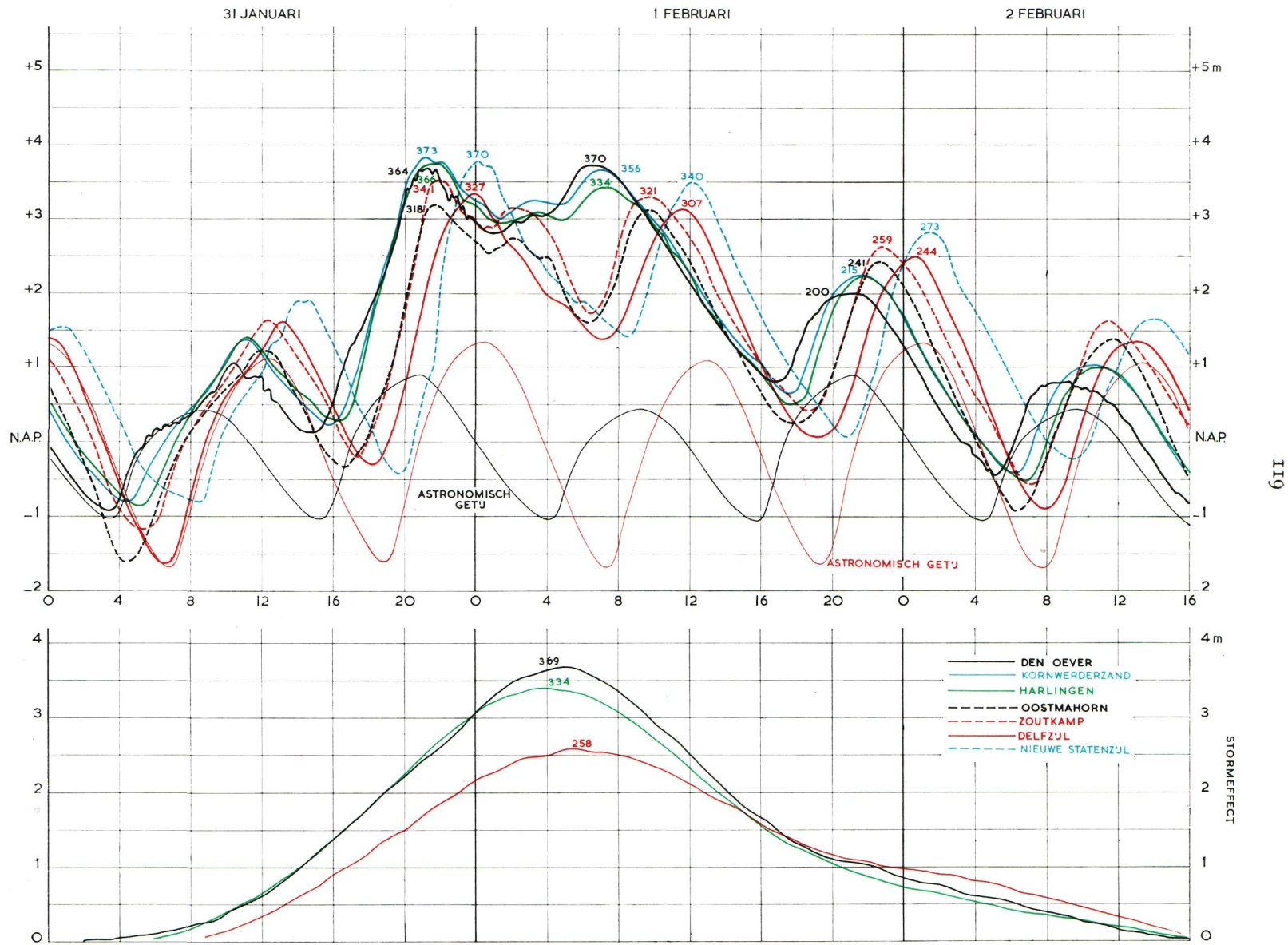


Fig. 2.20. Waddenzee, geregistreerde waterstanden en stormeffect

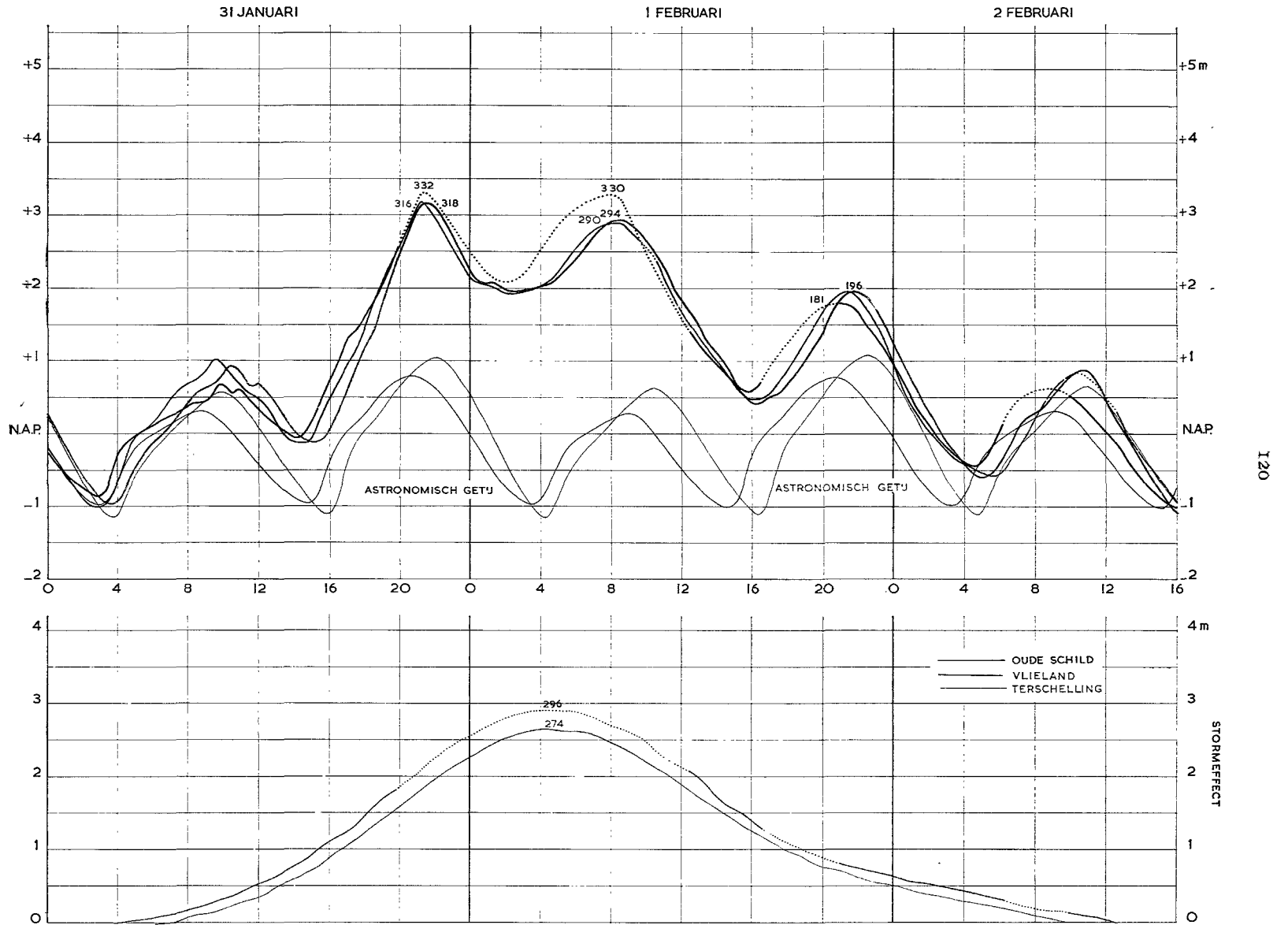


Fig. 2.21. Waddeneilanden, geregistreerde waterstanden en stormeffect

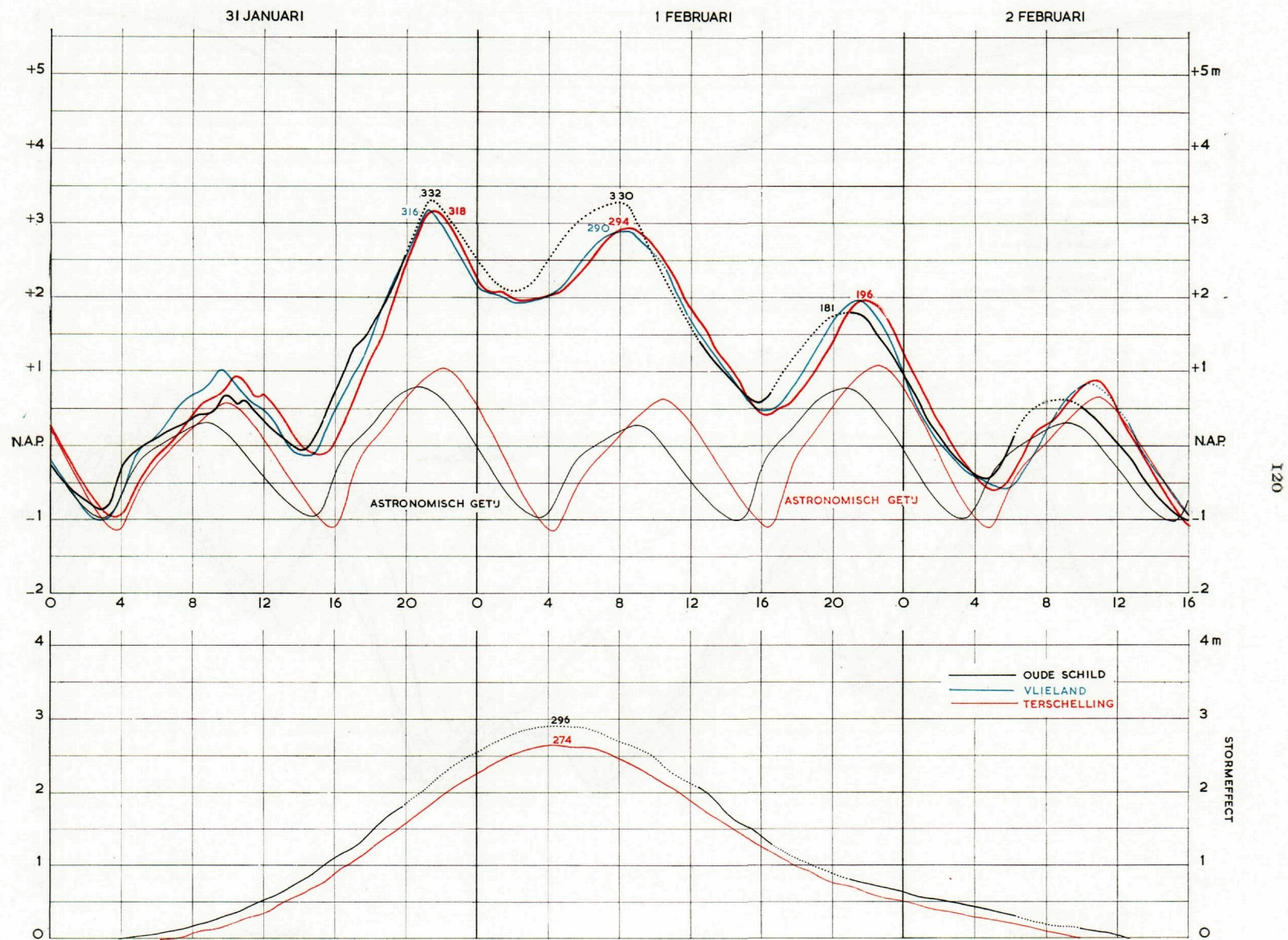


Fig. 2.21. Waddeneilanden, geregistreerde waterstanden en stormeffect

TABEL 2.22

OVERZICHT VAN ALLE BEKENDE STORMVLOEDEN  
VAN 1825 t/m 1954

De tabel bevat in chronologische volgorde alle stormvloeden, waarvan waarnemingen bekend zijn.

Verklaring der cijfertypen en tekens:

Vet (442) hoogste stand.

Groot (408) stand boven het grenspeil.

Klein (205) stand beneden het grenspeil.

• opgetreden op de eerste dag, vermeld in de kop van de kolom.

\* opgetreden op de tweede dag, vermeld in de kop van de kolom.

— onzekerheid omtrent opgetreden stand.

a in dit gebied overheerst het opperwater de invloeden vanuit zee; voor deze plaatsen is de hoogste stand hoger dan de hoogste stormvloedstand.

In vele gevallen is de hoogte afgerond op 0 en 5 cm, omdat een nauwkeuriger opgave weinig waarde heeft. Immers ten gevolge van buien e.d. geeft de als zodanig zuiver afgelezen peilschaalstand geen scherp beeld van de uitwerking van de storm. Er schuilt een toevalselement in, dat wellicht op 10 à 20 cm gesteld kan worden. Een afronding is echter niet altijd aangebracht, en wel omdat:

1. het opzettelijk afronden van afgelezen of ontvangen hoogten niet bevorderlijk is voor het betrachten van accuratesse door de waarnemers en het bureaupersoneel;
2. de in cm gegeven getallen soms het karakter van herkenningmiddel dragen.

Veel schijnbaar nauwkeurige getallen zijn ontstaan door omrekeningen tot N.A.P. Een sterk voorbeeld is Schiermonnikoog, waar van 1894 tot 1914 de waarnemer de standen opgaf in halve meters boven volzec. Door de correctie van 106 cm tot N.A.P. werden de hoogten 406, 356, 406, 456, 306, 256.

De namen van de meetpunten, waar een peilschrijver staat opgesteld, zijn onderstreept.

Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste storm- vloedstand	Jaar	4 febr. 1825	1) 1/2 jan. 1855	20 dec. 1862	20/21 jan. 1863	3/4 dec. 1863	1/2 dec. 1867	22 nov. 1873
<b>Westerschelde</b>										
Hedwigpolder . . . . .	395	543	1953	—	—	—	—	—	—	—
Bath . . . . .	405	560	1953	—	—	391	• 397	299 *	384 *	369
Walsoorden . . . . .	375	525	1953	—	—	381	386	281	361 *	340
Waarde . . . . .	370	515	1953	—	—	—	—	—	—	—
Hansweert . . . . .	365	507	1953	—	—	376	381	276	386 *	—
Hoedekenskerke . . . . .	355	490	1953	—	—	—	—	—	—	—
Terneuzen . . . . .	355	496	1953	—	382	358	• 353	273 *	352 *	321
Ellewoutsdijk . . . . .	345	475	1953	—	320	347	• 342	262 *	342 *	307
Borssele . . . . .	335	470	1953	—	—	—	—	—	—	312
Hoofdplaat . . . . .	345	485	1953	—	—	—	—	—	—	305
Zuidkraaijert . . . . .	340	470	1953	—	—	—	—	—	—	—
Vlissingen . . . . .	327	455	1953	—	330	356	• 326	266 *	343 *	323
Breskens . . . . .	335	480	1953	—	320	331	• 321	241 *	331 *	324
Cadzand . . . . .	340	475	1953	—	—	—	—	—	—	—
Westkapelle . . . . .	305	435	1953	—	—	—	—	—	—	295
<b>Oosterschelde</b>										
Bergen op Zoom . . . . .	365	517	1953	447	334	394	• 405	340	396 *	368
Tholen . . . . .	360	481	1953	—	333	391	406	316	361 *	381
Gorishoek . . . . .	340	470	1953	—	325	358	387	305	370	336
Wemeldinge . . . . .	330	468	1953	—	—	364	394	254	371 *	326
Goese Sas . . . . .	315	465	1953	407	327	347	357	252	342 *	323
Kortgene . . . . .	300	454	1953	—	—	—	—	—	—	—
Vere . . . . .	300	450	1953	382	—	350	305	256	360	290
Stavenisse . . . . .	305	450	1953	—	—	—	—	—	—	307
Zierikzee . . . . .	290	432	1953	370	280	320	325	250	310	288
Colijnsplaat . . . . .	285	445	1953	—	305	325	330	245	330	270
Vlietepolder . . . . .	285	435	1953	—	—	—	—	—	—	280
Burghsluis . . . . .	275	420	1953	365	280	295	290	225	305	283
<b>Grevelingen enz.</b>										
Ooltgensplaat . . . . .	305	440	1953	—	—	—	—	—	—	—
Dintelsas . . . . .	320	455	1953	349	276	326	321	301	336	—
Steenbergse Sas. . . . .	320	465	1953	382	—	—	—	—	—	—
Bruinisse . . . . .	315	450	1953	—	270	326	322	253	—	308
Ouddorp . . . . .	275	420	1953	—	—	—	—	—	—	—
Brouwershaven . . . . .	275	425	1953	375	—	327	285	248	325	282
Repart . . . . .	265	418	1953	—	280	322	280	218	300	—
Oude Hoeve (Renesse) . . . . .	250	410	1953	—	—	—	—	—	—	—

1) Van tussen 1825 en 1855 opgetreden stormvloeden zijn geen waarnemingen bekend

1874	20 mrt.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1874	22 okt.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1874	9 dec.	—	389	434	359	314	404	349	—	—	409	—	—	349	349	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1874	30/31 jan.	—	398	398	318	—	358	323	—	—	388	—	—	314	314	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1878	8 mrt.	—	383	418	323	—	373	328	—	—	393	—	—	333	333	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1878	14/15 okt.	—	368	413	314	285	357	330	358	—	393	—	—	322	309	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1881	19 febr.	—	347	—	307	—	342	315	—	—	372	—	—	309	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1881	14/15 okt.	—	339	408	319	265	359	318	345	—	364	—	—	310	292	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1881	19 febr.	—	332	392	307	—	337	307	—	—	352	—	—	297	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1882	6 mrt.	—	322	402	292	—	337	289	331	283	322	—	—	271	265	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1882	19 febr.	—	325	—	295	—	355	305	—	—	325	—	—	280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1882	6 mrt.	—	329	—	315	—	377	302	—	—	342	—	—	292	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1882	19 febr.	—	331	385	300	230	346	295	345	297	338	—	—	282	269	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1882	6 mrt.	—	323	—	298	—	346	301	—	—	326	—	—	280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1882	19 febr.	—	—	395	289	200	347	286	343	298	322	—	—	276	274	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1883	11/12 mrt.	—	310	—	270	—	320	250	—	—	290	—	—	240	235	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1883	4 dec.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1883	4 dec.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1883	12 dec.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1883	12 dec.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1883	24 jan.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1884	26/27 okt.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1884	26/27 okt.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1889	9 febr.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1889	9 febr.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1894	12/13 febr.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste stormvloedstand	Jaar	22/23 dec. 1894	29/30 dec. 1894	23 jan. 1895	5/6 dec. 1895	6 dec. 1895	6/7 dec. 1895	7 dec. 1895	7/8 dec. 1895
<b>Westerschelde</b>											
Hedwigpolder . . . . .	395	543	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Baah . . . . .	405	560	1953	439	379	337	345	361	395	379	399
Walsboorden . . . . .	375	525	1953	398	338	318	313	—	343	—	348
Waarde . . . . .	370	515	1953	433	348	318	328	—	378	—	373
Hansweert . . . . .	365	507	1953	409	340	316	316	323	354	338	364
Hoedekenskerke . . . . .	355	490	1953	394	318	304	298	—	338	—	354
Temuzen . . . . .	355	496	1953	394	316	298	288	313	342	317	348
Ellewoutsdijk . . . . .	345	475	1953	387	307	277	287	—	327	—	342
Borssele . . . . .	335	470	1953	—	—	—	—	—	—	—	332
Hoofdplaat . . . . .	345	485	1953	395	315	290	280	—	330	—	345
Zuidkraaiert . . . . .	340	470	1953	—	323	288	293	—	328	—	323
Vlissingen . . . . .	327	455	1953	367	302	276	278	310	325	300	333
Breskens . . . . .	335	480	1953	381	291	266	269	—	321	—	333
Gadzand . . . . .	340	475	1953	385	292	258	260	291	306	279	330
Westkapelle . . . . .	305	435	1953	340	244	214	229	—	254	—	274
<b>Oosterschelde</b>											
Bergen op Zoom . . . . .	365	517	1953	424	360	—	310	—	376	—	360
Tholen . . . . .	360	481	1953	420	337	319	304	—	354	—	354
Gorishoek . . . . .	340	470	1953	404	326	302	283	—	341	—	336
Wemeldinge . . . . .	330	468	1953	398	314	294	278	283	330	308	336
Goese Sas . . . . .	315	465	1953	393	—	—	—	—	—	—	317
Kortgene . . . . .	300	454	1953	375	281	296	256	—	286	—	306
Veré . . . . .	300	450	1953	359	269	259	230	267	291	268	317
Stavenisse . . . . .	305	450	1953	—	299	281	251	—	304	—	322
Zierikzee . . . . .	290	432	1953	371	279	276	251	265	296	277	304
Golijnsplaat . . . . .	285	445	1953	365	270	275	240	—	280	—	285
Vliepolder . . . . .	285	435	1953	—	270	260	230	—	290	—	295
Burghsluis . . . . .	275	420	1953	358	258	258	243	—	273	—	293
<b>Grevelingen enz.</b>											
Oolgensplaat . . . . .	305	440	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Dintelas . . . . .	320	455	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Steenbergse Sas . . . . .	320	465	1953	377*	300	296	260	280	305	304	310
Bruinisse . . . . .	315	450	1953	379*	293	281	258	281	311	302	315
Ouddorp . . . . .	275	420	1953	370*	255	260	230	—	265	—	275
Brouwershaven . . . . .	275	425	1953	359	256	262	230	254	266	260	290
Repart . . . . .	265	418	1953	345	256	261	221	—	261	—	261
Oude Hoeve (Rensse) . . . . .	250	410	1953	312	—	—	—	—	—	—	282

Zomerstorm 19 juni 1897	29 nov. 1897	2/3 febr. 1898	13 jan. 1899	27/28 jan. 1901	26 jan. 1902	21/22 nov. 1903	8 nov. 1904	30/31 dec. 1904	7 jan. 1905	12/13 mrt. 1906	13 mrt. 1906	23 nov. 1908	13 nov. 1909	30 sept./ 1 okt. 1911
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
420	430	314	430	374	404	—	395	—	—	483	—	405	350	405
385	400	—	—	350	365	—	360	—	—	460	—	385	334	351
400	413	—	—	359	375	—	372	—	—	470	—	391	331	370
391	409	292	400	355	369	370	371	401	340	460	—	383	330	370
380	395	—	—	348	352	—	340	—	—	439	—	370	307	345
359	397	274	356	333	358	362	348	385	317	427	365	356	309	340
350	385	—	—	330	345	—	340	—	—	410	—	355	305	320
335	385	—	—	330	—	—	—	—	—	398	—	345	295	310
—	410	—	—	320	350	—	340	—	—	430	—	350	310	325
340	390	—	—	320	360	—	355	—	—	410	—	345	320	320
327	375	• 250	332	306	329	343	329	365	306	392	339	342	300	307
330	380	—	—	315	340	—	330	—	—	415	—	354	305	320
313	378	• 243	308	292	332	343	324	360	294	415	351	340	299	293
270	325	—	—	276	286	291	—	—	—	375	—	300	250	275
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	393	—	—	334	362	—	366	—	—	485	—	400	298	452
402	395	—	—	325	355	—	350	—	—	440	—	385	310	420
390	375	—	—	302	350	—	336	—	—	434	—	372	293	402
380	368	272	360	298	334	320	328	388	329	432	298	364	284	392
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	408	—	348	270	380
320	350	—	—	280	300	—	300	—	—	390	—	330	270	340
302	347	243	292	281	311	318	296	346	278	370	283	330	270	324
369	334	—	—	287	310	—	298	—	—	397	—	330	268	—
332	338	245	308	273	288	294	285	352	292	382	278	325	255	338
330	345	—	—	285	280	—	275	—	—	380	—	315	260	320
315	340	—	—	270	285	—	280	—	—	340	—	300	250	310
315	320	—	—	285	275	—	270	—	—	345	—	303	255	273
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
368	353	274	339	299	322	311	308	360	312	380	310	339	269	380
348	346	260	327	288	313	302	308	364	310	391	305	340	270	354
300	310	—	—	260	280	275	270	335	265	340	—	300	235	—
304	323	242	283	268	280	276	274	334	276	333	272	303	241	304
270	315	—	—	260	270	—	250	—	—	332	—	282	225	277
292	312	—	—	242	—	—	—	—	—	332	—	—	—	267



Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste storm- vloedstand	Jaar	11 nov. 1912	18 sept. 1914	11/12 nov. 1914	13/14 jan. 1916	25 nov. 1917	25/26 nov. 1917	2 dec. 1917	19 dec. 1919
<b>Westerschelde</b>											
Hedwigpolder . . . . .	395	543	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Bath . . . . .	405	560	1953	420	357	—	440	385	—	405	342
Walsoorden . . . . .	375	525	1953	380	335	—	405	360	—	365	320
Waarde . . . . .	370	515	1953	385	338	—	415	356	—	372	318
Hansweert . . . . .	365	507	1953	382	326	290	410	360	375	366	320
Hoedekenskerke . . . . .	355	490	1953	371	320	—	420	320	—	348	302
Terneuzen . . . . .	355	496	1953	354	310	286	395	335	359	353	300
Ellewoutsdijk . . . . .	345	475	1953	340	300	—	401	310	—	340	293
Borssele . . . . .	335	470	1953	340	285	—	340	320	—	310	285
Hoofdplaat . . . . .	345	485	1953	345	310	—	355	300	—	340	270
Zuidkraaijert. . . . .	340	470	1953	354	310	—	370	315	—	340	285
Vlissingen . . . . .	327	455	1953	336	288	258	353	300	• 332	329	266
Breskens. . . . .	335	480	1953	343	299	—	361	304	• 341	325	271
Cadzand . . . . .	340	475	1953	350	276	257	339	290	• 325	330	255
Westkapelle . . . . .	305	435	1953	310	250	—	350	265	—	295	240
<b>Oosterschelde</b>											
Bergen op Zoom . . . . .	365	517	1953	411	322	—	410	332	388	342	328
Tholen . . . . .	360	481	1953	380	310	295	414	358	384	362	320
Gorishoek . . . . .	340	470	1953	362	295	275	385	330	370	340	290
Wemeldinge . . . . .	330	468	1953	351	284	281	380	316	355	328	283
Goese Sas . . . . .	315	465	1953	338	270	248	360	300	330	320	273
Kortgene . . . . .	300	454	1953	320	265	—	350	280	315	300	265
Vere . . . . .	300	450	1953	307	252	262	344	280	• 318	306	252
Stavenisse . . . . .	305	450	1953	338	268	—	355	298	312	295	268
Zierikzee . . . . .	290	432	1953	326	259	256	347	284	320	300	253
Colijnsplaat . . . . .	285	445	1953	325	245	—	330	270	• 300	290	250
Vlietepolder . . . . .	285	435	1953	290	250	—	350	280	• 300	280	250
Burghsluis . . . . .	275	420	1953	290	235	—	330	260	• 300	280	240
<b>Grevelingen enz.</b>											
Ooltgensplaat . . . . .	305	440	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Dintelsas . . . . .	320	455	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Steenberge Sas. . . . .	320	465	1953	347	270	261	380	330	329	323	283
Bruinisse . . . . .	315	450	1953	330	268	259	356	310	327	317	273
Ouddorp . . . . .	275	420	1953	300	235	220	320	260	—	290	240
Brouwershaven . . . . .	275	425	1953	296	236	228	334	262	292	289	249
Repart . . . . .	265	418	1953	280	235	—	310	240	• 280	260	235
Oude Hoeve (Renesse) . . . . .	250	410	1953	—	—	—	287	—	—	—	—

18/19 jan. 1921	1 nov. 1921	6/7 nov. 1921	31 dec. 1921	2/3 jan. 1922	10 okt. 1926	26 nov. 1928	12/13 dec. 1929	23 nov. 1930	28 nov. 1932	19/20 okt. 1935	18 okt. 1936	27/28 okt. 1936	1 dec. v.m. 1936	1 dec. n.m. 1936
—	—	—	—	—	—	—	—	—	405	286	366	380 *	408	417
—	388	—	355	—	385	468	—	475	418	292	380	382 *	410	426
—	364	—	332	—	—	439	—	448	384	—	355	—	381	401
—	360	—	329	—	—	437	—	440	383	—	352	—	380	398
335	351	360	320	304 *	347	425	316	415	376	273	346	350 *	370	391
—	345	—	315	—	—	392	—	430	—	—	346	—	355	390
315	337	344	315	293 *	322	400	305	413	360	258	343	348	368	390
—	335	355	312	—	300	390	—	380	—	—	334	—	—	375
—	326	—	310	—	290	380	—	390	350	—	326	330	350	370
—	334	—	319	—	—	389	—	394	366	—	336	—	363	380
—	345	—	320	—	—	400	—	380	—	—	320	340	380	385
290	322	324	300	283 *	307	374	281	370	336	237	324	322	342	366
—	329	—	303	—	—	380	—	387	348	—	330	—	—	380
—	317	318	292	281 *	288	380	—	400	350	—	325	—	—	355
270	290	300	300	—	—	370	—	325	333	199	305	294	—	340
340	350	380	322	—	375	450	—	445	—	—	340	—	—	395
—	340	—	316	300 *	370	450	312	430	362	—	343	—	—	380
—	331	—	—	278 *	340	410	292	400	354	—	327	—	—	369
304	316	341	298	269 *	337	400	289	395	343	246	316	319 *	345	360
—	300	335	—	—	328	385	—	390	328	—	306	308 *	332	345
—	290	—	280	—	—	380	—	355	300	—	295	—	—	340
266	295	307	265	250 *	280	350	253	343	315	—	293	—	—	336
—	300	—	—	—	—	370	268	326	—	—	285	—	—	330
282	281	312	266	246 *	296	364	266	350	306	236	280	282 *	300	312
—	275	290	—	—	270	350	—	340	315	—	260	—	—	305
270	275	310	260	—	—	336	250	336	311	—	272	—	—	317
—	260	—	—	—	255	320	240	325	276	—	268	—	—	320
280	253	310	270	240 *	289	362	262	326	282	256	272	278 *	302	318
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
293	296	343	296	259 *	310	370	275	363	—	—	299	312 *	328	343
285	295	328	268	255 *	308	370	272	353	316	248	302	307 *	325	343
250	260	—	250	—	—	330	250	290	280	220	270	270 *	285	305
254	268	296	245	236 *	268	328	240	300	280	211	266	267	285	306
—	250	—	235	—	260	320	230	305	270	—	267	—	—	305
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	235	260	230	265

Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste storm- vloedstand	Jaar	4/5 dec. 1936	29 jan. 1938	3 april 1938	6/7 dec. 1940	29/30 dec. 1942	7/8 april 1943	8 april 1943	26 jan. 1944
<b>Westerschelde</b>											
Hedwigpolder . . . . .	395	543	1953	319	379	407	390	342	420	385	437
Bath . . . . .	405	560	1953	313	375	421	394	—	425	—	445
Walsoorden . . . . .	375	525	1953	—	351	377	—	—	405	—	407
Waarde . . . . .	370	515	1953	—	345	372	350	—	390	—	410
Hansweert . . . . .	365	507	1953	297	340	361	355	318	385	352	408
Hoedekenskerke . . . . .	355	490	1953	—	325	350	345	—	374	—	400
Terneuzen . . . . .	355	496	1953	290	325	363	340	306	366	358	387
Ellewoutsdijk . . . . .	345	475	1953	—	315	340	335	—	345	—	375
Borssele . . . . .	335	470	1953	—	306	330	320	310	350	—	365
Hoofdplaat . . . . .	345	485	1953	—	310	346	—	—	334	—	375
Zuidkraaijert . . . . .	340	470	1953	—	325	340	325	—	320	—	—
Vlissingen . . . . .	327	455	1953	271	302	337	306	285	320	330	358
Breskens . . . . .	335	480	1953	—	304	345	—	—	321	—	375
Cadzand . . . . .	340	475	1953	—	308	320	—	—	325	—	380
Westkapelle . . . . .	305	435	1953	—	275	310	290	273	280	291	—
<b>Oosterschelde</b>											
Bergen op Zoom . . . . .	365	517	1953	—	360	370	—	324	440	319	410
Tholen . . . . .	360	481	1953	—	360	381	—	—	417	—	400
Gorishoek . . . . .	340	470	1953	—	320	350	380	—	400	—	370
Wemeldinge . . . . .	330	468	1953	285	321	340	334	302	404	304	363
Goese Sas . . . . .	315	465	1953	277	308	318	322	295	385	295	360
Kortgene . . . . .	300	454	1953	—	280	320	—	285	375	—	345
Vere . . . . .	300	450	1953	—	270	310	294	268	370	—	328
Stavenisse . . . . .	305	450	1953	—	292	296	322	—	360	—	340
Zierikzee . . . . .	290	432	1953	252	282	276	302	269	370	274	324
Colijnsplaat . . . . .	285	445	1953	—	280	280	—	—	365	—	300
Vlietepolder . . . . .	285	435	1953	—	265	275	310	—	360	—	328
Burghsluis . . . . .	275	420	1953	—	252	270	300	—	300	—	310
<b>Grevelingen enz.</b>											
Ooltgensplaat . . . . .	305	440	1953	248	296	276	326	260	365	270	328
Dintelsas . . . . .	320	455	1953	—	310	290	335	276	388	292	338
Steenbergse Sas. . . . .	320	465	1953	265	322	313	338	278	379	295	344
Bruinisse . . . . .	315	450	1953	272	306	304	322	284	359	290	340
Ouddorp . . . . .	275	420	1953	240	265	250	295	240	286	—	305
Brouwershaven . . . . .	275	425	1953	238	258	243	295	262	314	275	309
Repart . . . . .	265	418	1953	—	250	243	—	—	280	—	—
Oude Hoeve (Renesse) . . . . .	250	410	1953	215	230	—	246	—	251	—	—

4/5 febr. 1944	13/14 mrt. 1944	19 jan. 1945	23/24 febr. 1946	1 mrt. 1949	26/27 okt. 1949	28/29 nov. 1951	31 jan. 1953	1 febr. v.m. 1953	1 febr. n.m. 1953	16 jan. 1954	22 dec. v.m. 1954	23 dec. n.m. 1954	24 dec. v.m. 1954
377	365 *	397	371	442	394	390	404	<b>543</b>	420	343	352	430	371
—	—	400	—	460	410	373	404	<b>560</b>	422	353	352	440	373
—	—	380	—	428	380	364	378	<b>525</b>	400	330	330	415	347
—	—	375	—	—	—	—	—	<b>515</b>	—	334	328	415	345
347	335 *	370	350	412	368	359	374	<b>507</b>	389	328	322	403	340
—	—	365	—	403	365	351	356	<b>490</b>	384	318	318	395	330
331	324 *	350	320	407	360	350	347	<b>496</b>	397	304	314	386	330
—	—	340	—	390	351	342	336	<b>475</b>	386	302	305	374	320
316	—	335	—	385	340	—	320	<b>470</b>	385	292	300	365	310
310	—	345	—	393	350	—	330	<b>485</b>	375	300	298	370	320
—	—	—	—	390	350	—	330	<b>470</b>	372	299	297	360	300
300	306 *	326	295	382	334	327	315	<b>455</b>	364	285	295	356	306
315	—	335	—	395	358	335	325	<b>480</b>	375	290	295	355	305
325	—	330	—	400	329	360	315	<b>475</b>	368	275	292	365	310
—	—	—	—	360	300	—	270	<b>435</b>	320	268	264	322	280
345	350	392	395	435	371	343	373	<b>517</b>	390	335	340	431	352
—	335	350	—	413	360	—	360	<b>481</b>	376	328	333	420	350
—	320	345	—	401	345	322	345	<b>470</b>	370	310	325	400	335
315	305	335	348	382	323	310	329	<b>468</b>	353	295	315	398	316
308	294	326	342	365	308	297	318	<b>465</b>	345	288	300	390	308
300	275	290	—	380	301	—	290	<b>454</b>	344	278	300	360	300
275	282	290	—	365	295	302	282	<b>450</b>	342	260	276	333	286
—	—	305	—	350	310	287	302	<b>450</b>	325	290	300	375	305
284	270	280	290	347	298	279	284	<b>432</b>	310	274	282	355	285
295	260	275	295	340	260	—	278	<b>445</b>	317	270	275	354	280
280	258 *	290	300	350	275	270	265	<b>435</b>	315	270	270	335	280
—	230	270	—	350	270	260	255	<b>420</b>	300	265	260	325	276
301 *	269	—	—	333	280	263	274	<b>440</b>	—	263	310	385	315
312 *	288	—	355	356	291	284	294	<b>455</b>	318	282	320	400	326
312 *	292	333	350	362	306	294	298	<b>465</b>	333	285	315	385	323
305	290	320	324	363	299	296	301	<b>450</b>	330	282	297	362	307
245	248	260	—	310	261	270	266	<b>420</b>	305	255	265	328	265
270	257	280	289	307	270	270	262	<b>425</b>	305	258	267	332	272
—	247	270	—	297	256	255	243	<b>418</b>	310	240	254	325	271
—	—	—	—	330	265	240	239	<b>410</b>	—	241	—	—	—

Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste storm- vloedstand	Jaar	4 febr. 1825	1) 1/2 jan. 1855	20 dec. 1862	20/21 jan. 1863	3/4 dec. 1863	1/2 dec. 1867	22 nov. 1873
<b>Haringvliet enz.</b>										
Willemstad . . . . .	300	435	1953	354	267	316	306	296	316	298
Numansdorp . . . . .	295	430	1953	—	—	—	—	—	—	—
Tiengemeten . . . . .	300	435	1953	—	—	—	—	—	—	—
Middelharnis . . . . .	275	417	1953	—	—	—	—	—	—	—
Hellevoetsluis . . . . .	265	410	1953	307	213	273	263	273	289 *	253
Goedereede . . . . .	260	405	1953	307	251	273	256	261	291 *	249
<b>Noordzeekust</b>										
Hoek van Holland . . . . .	242	385	1953	—	—	—	—	—	266 *	256
Scheveningen . . . . .	260	397	1953	—	—	—	—	—	—	—
Katwijk . . . . .	265	405	1953	369	343	293	273	243	290	293
IJmuiden (haven) . . . . .	230	385	1953	—	—	—	—	—	—	240
Den Helder (185) <sup>2)</sup> . . . . .	215	325	1953	247	213	226	203	215 *	196	163
<b>Waddenzee</b>										
Oude Schild (205) <sup>2)</sup> . . . . .	230	332	1953	245	—	220	200	197	195	—
Vlieland (haven) (235) <sup>2)</sup> . . . . .	250	316	1953	284	274	249	269	194	219	—
Terschelling (235) <sup>2)</sup> . . . . .	245	318	1953	295	260	275	255	222	240	—
Ameland (Nes) . . . . .	270	356	1906	—	340	340	350	290	—	—
Schiermonnikoog . . . . .	280	400	1906	—	—	—	—	—	—	—
Rottumeroog . . . . .	310	420	1916	—	—	—	—	—	—	—
Westerland (215) <sup>2)</sup> . . . . .	245	370	1953	—	—	—	—	—	—	—
Den Oever (215) <sup>2)</sup> . . . . .	255	370	1953	235	194	201	194	192	—	—
Kornwerderzand . . . . .	275	386	1954	—	—	—	—	—	—	—
Harlingen (240) <sup>2)</sup> . . . . .	273	369	1954	293	263	273	278	268 *	250 *	—
Nieuw-Bildt (255) <sup>2)</sup> . . . . .	270	370	1954	—	—	—	—	—	—	191
Oostmahorn . . . . .	300	420	1906	—	—	—	—	—	—	—
Nieuwe Zijlen . . . . .	300	430	1944	401	375	346	331	371	301	—
Friese Sluis . . . . .	310	446	1944	399	379	351	335	400	—	—
Zoutkamp . . . . .	310	445	1825	445	395	340	345	385	327 *	267
Delfzijl . . . . .	334	460	1825	460	405	350	362	410	320 *	271
Fiemel . . . . .	360	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nieuwe Statenzijl . . . . .	370	541	1877	509	474	394	409	489	366 *	336

<sup>1)</sup> Van tussen 1825 en 1855 opgetreden stormvloeden zijn geen waarnemingen bekend.

<sup>2)</sup> Grenspeil vóór 28 mei 1932, afsluiting Zuiderzee.

20 mrt. 1874	22 okt. 1874	9 dec. 1874	30/31 jan. 1877	8 mrt. 1878	14/15 okt. 1881	19 febr. 1882	6 mrt. 1883	11/12 mrt. 1883	4 dec. 1883	12 dec. 1883	24 jan. 1884	26/27 okt. 1884	9 febr. 1889	12/13 febr. 1894
276	257	256	306	259	295	271	284	244	287	339	286	268	338	261
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	343	—	—	—	—	—	—	360	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
245	—	259	311	257	264	243	269	221	267	314	252	251	309	240
239	—	259	296	—	234	239	253	—	—	281	241	—	286	—
216	—	236	291	—	246	186	216	—	—	271	206	—	276	215
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
243	—	229	265	242	263	235	273	• 169	245	300	253	255	273	240
205	—	190	• 220	—	—	—	240	• 170	225	285	200	240	263	215
145	183	123	• 204	180	198 *	159	142	• 107	149	213	163	190	204	167
—	—	—	• 211	189	195	170	145	—	144	205	165	—	193	—
—	—	—	• 219	209	204	212	171	• 134	157	232	168	211 *	183	188 *
—	—	—	• 237	—	225	—	—	—	—	243	—	—	194	188 *
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	330	—	—	200	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	216	—
—	—	—	• 360	—	—	—	—	—	—	360	—	—	240	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	214	—	187	—	—	—	—	—	—	—	196	156
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180	220	—	• 288	230	252	210	174	• 140	164	274	249	233 *	212	208 *
236	251	—	• 345	251	290	271	—	—	171	311	211	—	171	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	226	—
—	—	—	• 416	—	342	—	—	—	—	392	—	—	246	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	414	—	—	230	—
317	317	—	• 433	335	379	330	247	• 212	212	411	280	299 *	263	297
333	355	—	• 425	353	381	347	225	201	225	383	247	310 *	248	338
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
403	386	—	• 541	401	398	363	288	225	265	413	306	317 *	247	391

Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste storm- vloedstand	Jaar	22/23 dec. 1894	29/30 dec. 1894	23 jan. 1895	5/6 dec. 1895	6 dec. 1895	6/7 dec. 1895	7 dec. 1895	7/8 dec. 1895
<b>Haringvliet enz.</b>											
Willemstad . . . . .	300	435	1953	362 *	280	291	239	269	298	292	305
Numansdorp . . . . .	295	430	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Tiengemetten . . . . .	300	435	1953	—	—	—	—	—	—	—	305
Middelharnis . . . . .	275	417	1953	342 *	—	—	—	—	—	—	297
Hellevoetsluis . . . . .	265	410	1953	346 *	248	282	213	247	270	257	295
Goedereede . . . . .	260	405	1953	340	231	265	205	—	250	—	265
<b>Noordzeekust</b>											
Hoek van Holland . . . . .	242	385	1953	328	217	262	204	230	240	218	268
Scheveningen . . . . .	260	397	1953	353	—	—	—	—	—	—	280
Katwijk . . . . .	265	405	1953	343	243	290	216	249	261	241	280
IJmuiden (haven) . . . . .	230	385	1953	340 *	230	274	200	222	247	214	244
Den Helder (185) <sup>1)</sup> . . . . .	215	325	1953	248 *	202	169	185	187	209	210	220
<b>Waddenzee</b>											
Oude Schild (205) <sup>1)</sup> . . . . .	230	332	1953	254	—	—	—	190	—	205	—
Vlieland (haven) (235) <sup>1)</sup> . . . . .	250	316	1953	287 *	224	164	223	213	231	228	224
Terschelling (235) <sup>1)</sup> . . . . .	245	318	1953	286	226	161	237	215	238	237	233
Ameland (Nes) . . . . .	270	356	1906	330	—	—	—	—	319	297	—
Schiermonnikoog . . . . .	280	400	1906	350	—	—	—	—	—	356	—
Rottumeroog . . . . .	310	420	1916	380	—	—	—	—	340	—	—
Westerland (215) <sup>1)</sup> . . . . .	245	370	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Den Oever (215) <sup>1)</sup> . . . . .	255	370	1953	233	190	124	—	188	198	213	206
Kornwerderzand . . . . .	275	386	1954	—	—	—	—	—	—	—	—
Harlingen (240) <sup>1)</sup> . . . . .	273	369	1954	269 *	235	156	234	229	269	260	252
Nieuw-Bildt (255) <sup>1)</sup> . . . . .	270	370	1954	271 *	—	155	—	220	—	290	—
Oostmahorn . . . . .	300	420	1906	316 *	—	—	—	—	—	351	—
Nieuwe Zijlen . . . . .	300	430	1944	368	—	—	—	—	—	352	—
Friese Sluis . . . . .	310	446	1944	372	—	—	—	—	—	368	—
Zoutkamp . . . . .	310	445	1825	371 *	305	209	326 *	305	338	364	328
Delfzijl . . . . .	334	460	1825	385 *	319 *	202	342 *	303	354 *	353	317 *
Fiemel . . . . .	360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nieuwe Statenzijl . . . . .	370	541	1877	427 *	359 *	230	387	340	395	395	355

<sup>1)</sup> Grenspeil voor 28 mei 1932, afsluiting Zuiderzee.

Zomerstorm 19 juni 1897	29 nov. 1897	2/3 febr. 1898	13 jan. 1899	27/28 jan. 1901	26 jan. 1902	21/22 nov. 1903	8 nov. 1904	30/31 dec. 1904	7 jan. 1905	12/13 mrt. 1906	13 mrt. 1906	23 nov. 1908	13 nov. 1909	30 sept./ 1 okt. 1911
350	324	264	319	285	295	289	286	339	294	357	286	310	246	359
—	—	—	—	280	290	288	280	335	293	360	—	—	240	365
364	—	—	—	290	—	297	289	351	306	362	—	313	248	363
—	—	—	—	262	—	—	—	—	—	335	—	—	—	325
297	305	248	273	259	257	260	250	317	278	335	250	286	215	305
280	300	—	—	245	260	250	249	318	272	320	—	235	216	300
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
252	268	228	226	219	238	237	218	296	250	297	230	266	191	243
279	269	250	246	238	241	244	238	303	288	315	219	278	204	259
269	265	241	260	237	253	247	247	305	278	324	231	280	207	247
222	212	225	226	224	213	221	215	265	256	285	238	246	183	167
135	176	189	159	188	147	168	156	203 *	188	204	172	168	148	88
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127	—	178	152	192	—	179	—	—	193	213	137	—	157	—
138	176	197	175	218	201	192	201	228 *	224	256	168	205	184	74 *
141	—	183	182	235	209	199	—	228 *	234	275	175	209	196	55
—	—	—	—	310	—	—	—	—	—	<b>356</b>	—	—	—	—
—	—	—	—	350	—	—	—	—	—	<b>400</b>	—	—	—	—
—	—	—	—	380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
98	174	175	151	180	160	186	165	207	198	200	159	178	—	64
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
134	195	229	184	259	213	219	217	230 *	236	275	190	210	240	65 *
145	—	245	180	311	240	240	—	—	270	310	195	—	255	—
—	231	272	—	—	286	276	—	346	325	<b>420</b>	235	—	290	—
—	262	306	238	372	302	294	302	388	340	426	—	—	—	186
—	257	306	—	398	304	300	308	380	340	435	—	—	—	—
164	257	305	241	388	304	308	302	372	340	424	250	308	319	156 *
179	274	333	228	453	318	322	317	348	353	451 *	241	307	271	139 *
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
178	322	350	260	531	363	372	340 *	438	405	516 *	279	346	326	149 *



Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste storm- vloedstand	Jaar	11 nov. 1912	18 sept. 1914	11/12 nov. 1914	13/14 jan. 1916	25 nov. 1917	25/26 nov. 1917	2 dec. 1917	19 dec. 1919
<b>Haringvliet enz.</b>											
Willemstad . . . . .	300	435	1953	338	262	240	362	314	311	318	284
Numansdorp . . . . .	295	430	1953	335	234	238	352	—	—	—	—
Tiengemetten . . . . .	300	435	1953	332	247	242	357	—	—	—	—
Middelharnis . . . . .	275	417	1953	—	—	—	340	—	—	—	—
Hellevoetsluis . . . . .	265	410	1953	315	232	225	333	272	288	297	266
Goederede . . . . .	260	405	1953	288	192	210	324	—	—	—	—
<b>Noordzeekust</b>											
Hoek van Holland . . . . .	242	385	1953	262	204	214	300	232	244	254	239
Scheveningen . . . . .	260	397	1953	304	214	221	320	248	256	274	257
Katwijk . . . . .	265	405	1953	323	218	240	325	249	260	300	266
IJmuiden (haven) . . . . .	230	385	1953	305	192	234	291	220	222	306	235
Den Helder (185) <sup>1)</sup> . . . . .	215	325	1953	166	153	183 *	175 *	171	189	218	185
<b>Waddenzee</b>											
Oude Schild (205) <sup>1)</sup> . . . . .	230	332	1953	155	155	187 *	205 *	152	190	209	180
Vlieland (haven) (235) <sup>1)</sup> . . . . .	250	316	1953	163	183	200 *	221	161	210	224	194
Terschelling (235) <sup>1)</sup> . . . . .	245	318	1953	151	201	214 *	233	169	224	234	199
Ameland (Nes) . . . . .	270	356	1906	—	290	267	320	225	245	315	—
Schiermonnikoog . . . . .	280	400	1906	176	320	275	346	226	236	366	—
Rottumeroog . . . . .	310	420	1916	—	370	305	420	260	—	350	—
Westerland (215) <sup>1)</sup> . . . . .	245	370	1953	—	—	—	—	—	—	—	170
Den Oever (215) <sup>1)</sup> . . . . .	255	370	1953	151	148	167 *	211 *	149	202	215	177
Kornwerderzand . . . . .	275	386	1954	—	—	—	—	—	—	—	—
Harlingen (240) <sup>1)</sup> . . . . .	273	369	1954	155	248	224 *	273	192	227	272	202
Nieuw-Bildt (255) <sup>1)</sup> . . . . .	270	370	1954	158	270	245	290	190	235	260	210
Oostmahorn . . . . .	300	420	1906	—	315	—	375	—	—	350	—
Nieuwe Zijlen . . . . .	300	430	1944	188	330	294 *	372	268	272	382	—
Friese Sluis . . . . .	310	446	1944	184	350	302 *	400	278	272	384	—
Zoutkamp . . . . .	310	445	1825	182	348	302 *	396	278	272	385	250
Delfzijl . . . . .	334	460	1825	197	366	313 *	432	254	259	382	247
Fiemel . . . . .	360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nieuwe Statenzijl . . . . .	370	541	1877	212	430	347 *	506	294	291	443	281

<sup>1)</sup> Grenspeil voor 28 mei 1932, afsluiting Zuiderzee.

jan.18/19 1921	1 nov. 1921	6/7 nov. 1921	31 dec. 1921	2/3 jan. 1922	10 okt. 1926	26 nov. 1928	12/13 dec. 1929	23 nov. 1930	28 nov. 1932	19/20 okt. 1935	18 okt. 1936	27/28 okt. 1936	1 dec. v.m. 1936	1 dec. n.m. 1936
287	264	317	270	244 *	297	366	271 *	335	286	247	293	290 *	306	323
283	255	—	263	240 *	297	375	260 *	318	281	245	279	291 *	306	316
292	267	—	274	250 *	304	364	264 *	339	274	253	289	291 *	312	328
272	252	300	253	—	282	332	250 *	304	268	232	262	258 *	286	296
267	252	295	248	227 *	273	330	241	294	258	225	254	255 *	278	289
250	243	285	235	227 *	255	309	225	285	252	206	247	246 *	259	292
225	222	263	222	220 *	240	296	222	253	233	210	242	237 *	253	274
248	226	275	253	220 *	277	315	241	268	246	230	254	256 *	276	286
268	250	270	250	230 *	300	295	226	260	240	242	260	260 *	285	300
226	208	214	231	196	285	274	192 *	264	229	212	234	241 *	257	256
190 *	156	159	178	183	217	205	160 *	184	182	229 *	197	195	228	205
180 *	163	164 *	177	183	219	210	165 *	190	200	242 *	218	224	261	233
211 *	202	173 *	205	208	247	231	179 *	224	220	243 *	244	249	280	248
213 *	219	185 *	219	224	257	240	183 *	235	219	249 *	249	262	274	251
258 *	280	220 *	260	300	296	280	250	270	250	250 *	270	260	290	270
—	300	266 *	286	—	305	295	260	290	265	230 *	275	260	330	300
325 *	—	275 *	—	—	335	320	340	345	275	255	345	295	345	325
177 *	145	158 *	164	164	239	227	170 *	210	212	242 *	227	226	284	249
184 *	157	169 *	174	177	208	221	180 *	211	222	250 *	246	238	295	260
—	—	—	—	—	—	—	—	—	241	270 *	282	280	322	273
244 *	227	225 *	222	246	268	256	219	257	246	279 *	282	280	319	278
263 *	265	240 *	245	255	260	275	250	260	240	—	280	260	300	—
—	—	—	—	—	335	325	292	308	286	252 *	311	280	340	307
—	320	275 *	302	322	355	324	295	315	285	250	309	282	355	310
—	330	287	305	332	350	336	330	332	280	258 *	320	300	342	314
322 *	331	288	306	332	362	333	327	328	278	257 *	326	298	352	317
310 *	354	274 *	325	338 *	351	345	368	345	278	263 *	345	308	350	305 *
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	385	340 *
362 *	381	286 *	365	395 *	400	399	442	401	312	271 *	390	331	397	346 *

Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste storm- vloedstand	Jaar	4/5 dec. 1936	29 jan. 1938	3 april 1938	6/7 dec. 1940	29/30 dec. 1942	7/8 april 1943	8 april 1943	26 jan. 1944
<b>Haringvliet enz.</b>											
Willemstad . . . . .	300	435	1953	250	304	278	328	265	361	276	322
Numansdorp . . . . .	295	430	1953	251	302	272	335	250	360	270	330
Tiengemeten . . . . .	300	435	1953	261	309	278	332	272	354	274	325
Middelharnis . . . . .	275	417	1953	244	275	258	300	251	328	246	307
Hellevoetsluis . . . . .	265	410	1953	237	266	248	302	246	303	243	290
Goedereede . . . . .	260	405	1953	227	250	239	284	250	302	255	292
<b>Noordzeekust</b>											
Hoek van Holland . . . . .	242	385	1953	224	236	221	265	220	268	220	267
Scheveningen . . . . .	260	397	1953	244	267	237	280	240	305	225	288
Katwijk . . . . .	265	405	1953	250	268	240	300	240	305	232	280
IJmuiden (haven) . . . . .	230	385	1953	225	237	214	260	220	282	197	273
Den Helder (185) <sup>1)</sup> . . . . .	215	325	1953	209	240	181	251	210	222	128	211
<b>Waddenzee</b>											
Oude Schild (205) <sup>1)</sup> . . . . .	230	332	1953	228 *	249	200	255	228	241	123	240
Vlieland (haven) (235) <sup>1)</sup> . . . . .	250	316	1953	234 *	257	220	249	224	230	138	256
Terschelling (235) <sup>1)</sup> . . . . .	245	318	1953	240 *	260	220	248 *	232 *	238	145	257
Ameland (Nes) . . . . .	270	356	1906	240 *	280	235	260	255 *	260	180	285
Schiermonnikoog . . . . .	280	400	1906	260 *	300	260	—	290 *	300	—	310
Rottumeroog . . . . .	310	420	1916	275 *	325	290	—	275 *	325 *	—	—
Westerland (215) <sup>1)</sup> . . . . .	245	370	1953	226	258	209	264	252	275	144	242
Den Oever (215) <sup>1)</sup> . . . . .	255	370	1953	234	273	217	272 *	262	275	150	253
Kornwerderzand . . . . .	275	386	1954	250 *	292	249	306 *	275	285	156	278
Harlingen (240) <sup>1)</sup> . . . . .	273	369	1954	259 *	294	250	305 *	272 *	280	160	281
Nieuw-Bildt (255) <sup>1)</sup> . . . . .	270	370	1954	—	270	—	—	270 *	—	150	280
Oostmahorn . . . . .	300	420	1906	260 *	308	279	261 *	305 *	300	160	292
Nieuwe Zijlen . . . . .	300	430	1944	257 *	304	293	255	330 *	—	190	306
Friese Sluis . . . . .	310	446	1944	—	306	306	—	342 *	338	180	310
Zoutkamp . . . . .	310	445	1825	252 *	315	305	297	338	339	—	—
Delfzijl . . . . .	334	460	1825	271 *	320	317	290	284 *	353 *	186	320
Fiemel . . . . .	360	—	—	300 *	340	320 *	—	—	—	—	—
Nieuwe Statenzijl . . . . .	370	541	1877	295 *	348	339 *	334	315 *	385 *	224	351

<sup>1)</sup> Grenspeil voor 28 mei 1932, afsluiting Zuiderzee.

4/5 febr. 1944	13/14 mrt. 1944	19 jan. 1945	23/24 febr. 1946	1 mrt. 1949	26/27 okt. 1949	28/29 nov. 1951	31 jan. 1953	1 febr. v.m. 1953	1 febr. n.m. 1953	16 jan. 1954	22 dec. v.m. 1954	23 dec. n.m. 1954	24 dec. v.m. 1954
303 *	274	310	330	332	284	271	282	<b>435</b>	310	278	311	382	327
310 *	260	—	—	330	286	273	—	<b>430</b>	—	276	315	382	330
305 *	274	—	332	329	279	278	—	<b>435</b>	302	268	312	375	312
276 *	255	293	305	317	267	259	263	<b>417</b>	279	251	288	356	300
266	249	283	285	303	256	249	257	<b>410</b>	283	246	280	345	290
262 *	254	—	—	307	249	257	229	<b>405</b>	265	235	270	320	275
238	230	246	256	270	223	228	215	<b>385</b>	265	218	252	300	270
257	265	252	282	300	252	245	248	<b>397</b>	260	255	275	335	290
244	268	270	278	300	240	248	275	<b>405</b>	—	254	286	330	285
209 *	255	240	255	240	216	222	290	<b>385</b>	231	226	277	295	230
187	209	230	204	194	194	164	312	<b>325</b>	157	201	289	277	180
224	228	246	210	220	208	184	<b>332</b>	330	181	210	302	292	182
236	240	236	208 *	220	220	199	<b>316</b>	290	197	229	310	297	187
241	250	240	211 *	232	220	199	<b>318</b>	294	196	236	302	298	190
300	290	270	230	280	247	248	<b>320</b>	300	—	260	350	320	220
390	305	—	—	—	240	265	<b>325</b>	—	—	—	380	315	255
—	—	—	—	—	270	300	<b>350</b>	310	—	280	380	—	—
264	259	295	231	287	224	223	<b>363</b>	<b>370</b>	202	226	345	337	216
266	261	295	237 *	290	227	211	<b>364</b>	<b>370</b>	200	235	355	340	208
295	284	300	255	290	255	239	<b>373</b>	356	215	274	<b>386</b>	370	224
292	282	294	241 *	270	248	230	<b>366</b>	<b>334</b>	215	278	<b>369</b>	366	221
300	290	270	—	275	—	—	<b>360</b>	<b>325</b>	—	278	<b>370</b>	365	230
400	302	280	247 *	308	246	253	<b>318</b>	310	241	276	380	341	250
<b>430</b>	318	295	—	370	—	277	<b>330</b>	318	260	283	395	358	259
<b>446</b>	330	—	—	—	—	—	—	—	—	301	407	361	266
—	—	309	271 *	376	262	—	<b>341</b>	321	259	—	—	—	—
448	315 *	301 :	285 *	301	252 *	269	327	307	244	311	393	320	267
—	—	—	—	390	—	—	350	325	—	330	430	345	290
531	359 *	347 :	333 *	396	271 *	316	370	340	273	356	461	355	300

Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste storm- vloedstand	Jaar	4 febr. 1825	1) —	1/2 jan. 1855	20 dec. 1862	20/21 jan. 1863	3/4 dec. 1863	1/2 dec. 1867	22 nov. 1873
<b>Maas, Bergse Maas, Amer</b>											
Lith (dorp) . . . . .	a —	407	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Sint-Andries (Maas) . . . . .	a —	403	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Blauwe Sluis . . . . .	a —	400	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Hedel . . . . .	a —	440	1883	—	—	—	—	—	331	—	—
Hedikhuizen . . . . .	a —	415	1878	—	—	—	—	—	330	—	—
Andel (Maas) . . . . .	a 285	370	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Heesbeen . . . . .	a 275	376	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Drongelense Veer . . . . .	a 265	374	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Hagoort . . . . .	265	327	1916	—	—	—	—	—	—	—	—
Capelse Veer . . . . .	260	370	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Mond der Donge . . . . .	260	378	1953	306	—	—	—	—	—	—	—
Drimmelen . . . . .	265	380	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Lage Zwaluwe . . . . .	285	400	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Moerdijk . . . . .	290	410	1953	335	—	245	312	302	312	307	276
<b>Biesbos</b>											
Werkendam (binnen) . . . . .	260	390	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
De Reugt . . . . .	275	390	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Ottersluis (binnen) . . . . .	280	390	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Helsluis (binnen) . . . . .	280	390	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Dongebied</b>											
Oosterhout (Rode Brug) . . . . .	240	259	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
's-Gravenmoer (Hoge Brug) . . . . .	235	256	1949	—	—	—	—	—	—	—	—
Raamsdonksveer . . . . . (Willemsbrug)	245	268	1954	—	—	—	—	—	—	—	—
Waalwijk (stoomgemaal) . . . . .	230	271	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Besoijen (ophaalbrug) . . . . .	235	270	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Waal, Boven- en Nieuwe Merwede, Hollands Diep</b>											
Sint-Andries (Waal) . . . . .	a —	604	1916	—	—	—	—	—	—	—	—
Zaltbommel . . . . .	a —	565	1855	—	—	565	375	386	363	—	—
Herwijnen . . . . .	a —	431	1878	—	—	—	—	—	—	—	—
Andel (Waal) . . . . .	a 310	410	1953	379	—	376	293	318	303	—	—
Gorinchem . . . . .	a 305	404	1953	347	—	354	316	317	304	296	—
Werkendam (buiten) . . . . .	290	398	1953	354	—	306	311	316	286	291	—
Ottersluis (buiten) . . . . .	280	400	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Kop van 't Land . . . . .	280	401	1953	—	—	—	—	—	—	—	—
Deneplaat . . . . .	285	397	1953	—	—	—	287	297	302	291	—
Moerdijk . . . . .	290	410	1953	335	—	245	312	302	312	307	276
Willemstad . . . . .	300	435	1953	354	—	267	316	306	296	316	298

1) Van tussen 1825 en 1855 opgetreden stormvloedden zijn geen waarnemingen bekend.



Waarnemingspunten	Grenspeil	Hoogste storm- vloedstand	Jaar	22/23 dec. 1894	29/30 dec. 1894	23 jan. 1895	5/6 dec. 1895	6 dec. 1895	6/7 dec. 1895	7 dec. 1895	7/8 dec. 1895
<b>Maas, Bergse Maas, Amer</b>											
Lith (dorp) . . . . .	a	—	407	1953	—	—	—	—	—	—	—
Sint-Andries (Maas) . . . . .	a	—	403	1953	—	—	—	—	—	—	—
Blauwe Sluis . . . . .	a	—	400	1953	—	—	—	—	—	—	—
Hedel . . . . .	a	—	440	1883	384	359	—	290	290	331	344 347 *
Hedikhuizen . . . . .	a	—	415	1878	355	—	—	—	—	332	—
Andel (Maas) . . . . .	a	285	370	1953	—	—	—	—	—	—	—
Heesbeen . . . . .	a	275	376	1953	340	—	—	—	—	320	—
Drongelense Veer . . . . .	a	265	374	1953	—	—	—	—	—	—	—
Hagoort . . . . .		265	327	1916	—	—	—	—	—	—	—
Capelse Veer . . . . .		260	370	1953	284	—	—	—	—	—	—
Mond der Donge . . . . .		260	378	1953	276 *	232	236	211	228	245	255 263
Drimmelen . . . . .		265	380	1953	295	—	—	—	—	—	267
Lage Zwaluwe . . . . .		285	400	1953	348	—	—	—	—	—	—
Moerdijk . . . . .		290	410	1953	353 *	276	286	245	268	300	298 305
<b>Biesbos</b>											
Werkendam (binnen) . . . . .		260	390	1953	261	—	228	219	228	254	257 263
De Reugt . . . . .		275	390	1953	—	—	—	—	—	—	—
Ottersluis (binnen) . . . . .		280	390	1953	319	—	—	—	—	—	296
Helsluis (binnen) . . . . .		280	390	1953	318	—	—	—	—	—	—
<b>Dongebied</b>											
Oosterhout (Rode Brug) . . . . .		240	259	1953	192	—	—	—	—	—	—
's-Gravenmoer (Hoge Brug) . . . . .		235	256	1949	—	—	—	—	—	161	—
Raamsdonksveer . . . . . (Willemsbrug)		245	268	1954	—	—	—	—	—	—	—
Waalwijk (stoomgemaal) . . . . .		230	271	1953	—	—	—	—	—	—	—
Besoijen (ophaalbrug) . . . . .		235	270	1953	—	—	—	—	—	—	—
<b>Waal, Boven- en Nieuwe Merwede, Hollands Diep</b>											
Sint-Andries (Waal) . . . . .	a	—	604	1916	—	—	—	—	—	—	—
Zaltbommel . . . . .	a	—	565	1855	370 *	370	—	304	314	356	369 368
Herwijnen . . . . .	a	—	431	1878	356 *	330	395	270	282	325	333 328
Andel (Waal) . . . . .	a	310	410	1953	322	—	—	—	—	—	—
Gorinchem . . . . .	a	305	404	1953	337 *	290	326	247	260	303	310 308
Werkendam (buiten) . . . . .		290	398	1953	326 *	276	297	—	253	—	299 306
Ottersluis (buiten) . . . . .		280	400	1953	319	—	—	—	—	—	296
Kop van 't Land . . . . .		280	401	1953	320 *	257	278	235	252	282	287 296
Deneplaat . . . . .		285	397	1953	335 *	—	—	—	254	—	285 289
Moerdijk . . . . .		290	410	1953	353 *	276	286	245	268	300	298 305
Willemstad . . . . .		300	435	1953	362 *	280	291	239	269	298	292 305

Zomerstorm 19 juni 1897	29 nov. 1897	2/3 febr. 1898	13 jan. 1899	27/28 jan. 1901	26 jan. 1902	21/22 nov. 1903	8 nov. 1904	30/31 dec. 1904	7 jan. 1905	12/13 mrt. 1906	13 mrt. 1906	23 nov. 1908	13 nov. 1909	30 sept./ 1 okt. 1911
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
325	281	274	358	323	317	302	226	266 *	266	432	—	245	233	231 *
315	264	—	340	315	—	291	—	—	275	369	363	—	—	225
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
312	230	—	—	305	—	288	—	—	—	340	331	240	226	231 *
270	260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
264	260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
246	266	233	295	261	270	240	213	260 *	237	285	263	261	225	283
282	273	—	—	271	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
328	300	—	—	—	—	—	—	—	—	324	—	—	—	—
343	320	271	318	298	294	290	287	326	291	337	279	313	247	359
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
236	251	231	250	261	230	233	231	257	229	257	255	240	226	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	290	—	—	—	—	—	335	—	—	—	286
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	329	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	152	—	—	—	—	—	175	—	—	—	172
—	—	—	—	126	—	—	—	—	—	161	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	220	—	—	—	—	—	235	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	311	323	343 *
407	309	288	394	342	354	330	289	326 *	304	509	496	292	277	315 *
351	301	266	352	321	307	293	276	300 *	283	415	389	274	260	306 *
—	—	—	—	296	—	—	—	—	—	370	—	—	—	285
324	290	251	325	304	279	275	262	298 *	270	357	315	276	245	293 *
313	290	—	315	299	—	270	—	—	264	342	295	266	235	280
—	—	—	—	290	—	—	—	—	—	335	—	—	—	286
302	289	248	296	288	266	267	256	286 *	259	326	277	270	235	291
324	296	—	—	283	—	272	267	—	272	322	270	285	235	317
343	320	271	318	298	294	290	287	326	291	337	279	313	247	359
350	324	264	319	285	295	289	286	339	294	357	286	310	246	359