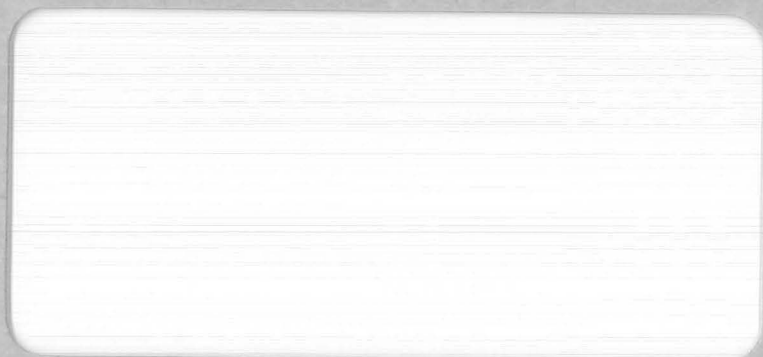


**MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN  
BESTUUR DER WATERWEGEN  
ANTWERPSE ZEEDIENSTEN**



DE Overschrijdingskromme van de  
HOOGWATERSTANDEN  
TE ANTWERPEN

In de tienjaarlijkse overzichten van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken worden sinds het decennium 1941/50 frequentiegegevens over de hoog- en laagwaterstanden te Antwerpen opgenomen. In tabelvorm wordt het aantal standen opgegeven lager dan de aangegeven hoogte.

Met het oog op het bepalen van de overschrijdingslijn voor de hoogwaters te Antwerpen werden deze gegevens herwerkt. In tabel 1 zijn voor de zeven voorbije decennia het aantal hoogwaters opgenomen gelijk aan of hoger dan de aangegeven hoogte. De tabel begint met een waterstand van NKD + 3,50 m omdat beneden deze waterstand praktisch geen hoogwaters meer voorkomen. Het aantal hoogwaters per decennium bedraagt inderdaad 7057 of 7058. Men bemerkt dus dat slechts weinig hoogwaters de hoogte NKD + 3,50 m niet bereikten.

Vanaf NKD +4 m wordt <sup>met</sup> stappen van 10 cm gewerkt tot en met NKD +6 m.

Tabel 2 is een voortzetting van tabel 1 voor hoogwaters hoger dan NKD +6 m.

Uit beide tabellen blijkt dat voor alle beschouwde waterstanden het aantal hoogwaters dat gelijk is aan of hoger dan een bepaalde hoogte, toeneemt in functie van de tijd. Deze toename wordt vooral belangrijk vanaf waterstanden hoger dan NKD +5 m. Bovendien is de toename niet continu. Dit wordt geïllustreerd door fig. 1 waarop het aantal getijden gelijk aan of hoger dan een bepaalde hoogte in functie van de tijd is weergegeven. Men bemerkt voor waterstanden lager dan NKD +5,6 m een sterke stijging van het decennium 1901/10 naar het decennium 1911/20 en van 1951/60 naar 1961/70, een lichte toename van het decennium 1911/20 naar het decennium 1921/30, en vrijwel een gelijkmatige stijging tussen 1921/30 en 1951/60. Voor een waterstand NKD +5,5 m begint de stijging pas vanaf het decennium 1931/40. Voor waterstanden hoger dan NKD +5,6 m en lager dan NKD +6,6 m is de toename van het aantal hoogwaters hoger dan of gelijk aan het beschouwde peil veel gelijkmatiger: een geringe toename in het begin van de beschouwde periode 1901/70 en een snellere toename naar het einde van deze periode.

Bovendien bemerkt men (zie vooral fig. 2) dat deze snellere toename later optreedt naarmate de beschouwde waterstand hoger is. Voor waterstanden hoger dan NKD +6,6 m is een toename zoals hierboven beschreven nog wel enigszins waarneembaar doch twijfelachtiger gelet op het kleine aantal hoogwaters hiervan.

Voor de geconstateerde toename van de frequentie waarmede een bepaalde waterstand wordt overschreden is geen duidelijke verklaring te geven. Deze toename zal zeker verband houden met de in de loop van de beschouwde periode opgetreden verhoging van het gemiddeld hoogwater te Antwerpen, zoals blijkt uit navolgend staatje.

Hoogwater te Antwerpen (m + NKD)

1901/10	1911/20	1921/30	1931/40	1941/50	1951/60	1961/70
4,80	4,91	4,93	4,98	4,98	5,04	5,15

Deze verhoging is o.a. een gevolg van de relatieve zeespiegelrijzing die op  $0,30 \times 70/100 = 0,21$  m kan worden gesteld.

Tabel 2 is uitgebreid met de periode 1971/76. Hieruit blijkt dat het aantal getijden dat een bepaalde hoogte (hoger dan NKD +6 m) bereikte sterk nadert of zelfs groter is dan het overeenstemmende aantal voor de periode 1961/70. Dit wijst o.m. op het stormachtig karakter van het lopend decennium. Betreft men hierbij het jaar 1977 (zeven stormvloeden !) dan wordt deze conclusie nog versterkt.

Uit het bovenstaande blijkt dus duidelijk dat het aantal keren dat een hoogwaterstand een bepaalde hoogte bereikt of overschrijdt, een toenemende tendens vertoont vanaf 1900 tot heden en dat deze tendens sinds het laatste en het lopende decennium nog vergroot. M.a.w. de kans per jaar dat een bepaalde waterstand wordt overschreden (overschrijdingsfrequentie per jaar) is stijgend. In volgende staat is het verloop van deze frequentie voor enkele waterstanden weergegeven.

## Overschrijdingsfrequentie per jaar :

water- stand m +NKD	1901/10	1911/20	1921/30	1931/40	1941/50	1951/60	1961/70
5	211	297	319	359	383	399	471
5,5	29	40,7	40	41	75	86	131
6	3,2	3	4,2	4,2	5,1	8,4	14,7
6,5	0,5	0,5	0,3	0,6	0,8	0,7	1,4

In Nederland definieert men een stormvloed als het grenspeil, bepaald als het peil dat 1 keer in de 2 jaar wordt overschreden, (dus 0,5 x per jaar). Uit bovenstaande staat blijkt dus dat voor de decennia 1901/10 en 1911/20 het grenspeil op de Zeeschelde NKD +6,5 m zou bedragen. In het decennium 1921/30 lag het grenspeil lager, doch vanaf 1931/40 is het stijgend en bereikt in 1961/70 praktisch het peil NKD +6,7 m.

Men kan de beschouwde periode 1901/70 in twee delen verdelen nl. de periode 1901/30 waarin het baggerwerk op de Zeeschelde nog relatief beperkt was tot 1 à 2 Mm<sup>3</sup>/jaar, en de periode 1931/70 waarin het baggerwerk toeneemt van 3 à 4 Mm<sup>3</sup> naar 6 à 7 Mm<sup>3</sup>/jaar in de jaren 60 en verder naar 8 à 12 Mm<sup>3</sup>/jaar.

Voor deze twee perioden zijn de tabellen 3 en 4 opgemaakt analoog als tabellen 1 en 2 met toevoeging van de overschrijdingsfrequentie/jaar (f). In de tabellen 3 en 4 zijn naast de waarden voor de genoemde periode tevens de waarden voor de totale periode 1901/70 opgenomen. Men bemerkt dat de hoogste overschrijdingsfrequenties optreden in de periode 1931/70.

Uit het bovenstaande blijkt dus dat om te komen tot het opstellen van een kromme die de overschrijdingsfrequentie per jaar geeft van de hoogwaterstanden het wenselijk is een periode te kiezen welke voldoende lang is en waarin de vastgestelde tendens (vergroting van

de frequentie) is weergegeven. Als periode werd gekozen de 15 jarige periode 1961/75 (1975 inbegrepen). In tabel 5 zijn voor de jaren 1971 t/m 1975 en voor de perioden 1971/75, 1961/70 en 1961/75 het aantal hoogwaters opgenomen hoger dan de aangegeven hoogte (vanaf NKD +5,10; het gemiddeld hoogwater is voor de periode 1961/70 NKD +5,15 m), evenals de jaarlijkse overschrijdingsfrequentie  $f^*$ . De frequenties  $f$  werden op half logaritmisch papier uitgezet voor de hoogten NKD +5,4 m t/m NKD +6,9 m. Om het verdere verloop van de overschrijdingslijn te bepalen werd aan de waterstand NKD +9,05 m een overschrijdingsfrequentie van 1/10000 toegekend.

Dit is in overeenstemming met het basispeil voor de Westerschelde bepaald door de Rijkswaterstaat (zie deel 4 rapport Deltacommissie blz. 84).

De berekende punten zoals hierboven genoemd werden door een vloeiende lijn verbonden, welke dan door een gebroken rechte werd aangesloten met het punt (NKD +9,05m en  $f = 1/10000$ ).

De bekomen overschrijdingslijn is afgebeeld op fig. 3. Aan de buitengewone stormvloed van 1.2.53 (hoogwaterstand te Antwerpen NKD +7,85 m) wordt meestal een frequentie van 3 op 1.000 jaar toegekend. Dit punt valt niet op de getekende lijn. Hiervoor is een dubbele verklaring mogelijk nl. de frequentie moet groter zijn en de stormvloedstand te Antwerpen is verlaagd door overloop.

Met een frequentie van 1 maal in de 200 à 250 jaar (aangegeven door SNEYERS in "La tempête et le débordement de la mer du 1e fevrier 1953" Koninklijk Meteorologisch Instituut van België. Bijdrage n° 11). zou een waterstand overeenkomen van NKD + 8 m. Het is mogelijk dat deze waterstand door overloop ter plaatse van Antwerpen en afwaarts hiervan, verlaagd is geworden tot de gemeten stand NKD +7,85 m. In de omgeving van NKD +8 m mag dus worden aangenomen dat de overschrijdingslijn een goed verloop heeft. De buitengewone stormvloeden van 3.1.76 en 15.11.77 hebben volgens de overschrijdingslijn respectievelijk een frequentie van ongeveer 1 keer in de 25 jaar en 1 keer in de 18 jaar. Dezelfde stormvloeden hebben volgens de overschrijdingslijn voor Vlissingen (zie Deel 4 Rapport Deltacommissie) een frequentie van ongeveer 1 keer in de 33 jaar en 1 keer in de 17 jaar. Er is dus een goede overeenstemming tussen de frequenties voor Vlissingen

\* voor de periode 1961/75

en Antwerpen voor de buitengewone stormvloed van 15.11.77; voor deze van 3.1.76 is de overeenstemming minder goed. Bedenkt men hierbij echter dat er geen eenduidig verband is tussen stormvloedstand te Vlissingen en te Antwerpen, dan mag men besluiten dat ook in het gebied rond NKD +7,20 à 7,50 m de overschrijdingslijn een goed verloop heeft.

Het bovenstaande over de stormvloeden van 3.1.76 en 15.11.77 toont toch ook aan dat aan een overschrijdingslijn geen absolute, doch slechts een betrekkelijke waarde mag worden toegekend.

Gelet op het bovenstaande mag men dus aannemen dat de opgestelde overschrijdingslijn voor de hoogwaterstanden te Antwerpen als afgebeeld op fig. 3 kan worden aanvaard.

In tabel 6 zijn voor een reeks overschrijdingsfrequenties de overeenstemmende stormvloedstanden opgenomen afgeleid uit fig. 3. Hieruit blijkt dat een waterstand NKD +8 m een overschrijdingsfrequentie ( $f$ ) heeft van 1 keer in de 250 jaar, een waterstand NKD +7 m (buitengewone stormvloed) een overschrijdingsfrequentie van 1 keer in de 5 jaar, en een waterstand NKD +6,50 m (stormvloed ! ) twee keer per jaar kan worden overschreden. Het grenspeil, gedefinieerd als het peil dat 1 keer in de twee jaar wordt overschreden, is dus NKD +6,78 m.

x

x                      x

De overschrijdingslijn werd opgesteld in 1976 en houdt dus geen rekening met de opgetreden waterstanden in 1976 en 1977. Zou men dit wel doen dan zou de lijn tussen NKD +6,00 m en NKD +7,00 m een hoger verloop vertonen en zou de aansluiting naar het punt (NKD +9,05 m en  $f = 10^{-4}$ ) eveneens anders verlopen. Ik ben echter de mening toegedaan dat men deze werkwijze niet mag volgen, wat niet belet dat men na afloop van het lopende decennium de opgemaakte overschrijdingslijn toch kan herzien.

januari 1978

De Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen  
en Wegen,

ir. J. THIEUNIS.

TABEL 1

## FREQUENTIES VAN HOOGWATERSTANDEN TE ANTWERPEN

Aantal hoogwaters gelijk aan of hoger dan de aangegeven hoogte

hoogte m +NKD	1901/10	1911/20	1921/30	1931/40	1941/50	1951/60	1961/70
3,50	7.044	7.053	7.053	7.055	7.055	7.056	7.053
4,00	6.932	6.975	6.981	7.004	6.988	6.989	7.014
4,10	6.836	6.896	6.920	6.952	6.934	6.953	6.992
4,20	6.673	6.798	6.828	6.877	6.851	6.892	6.954
4,30	6.435	6.643	6.628	6.765	6.723	6.789	6.879
4,40	6.107	6.401	6.468	6.610	6.562	6.641	6.761
4,50	5.627	6.044	6.185	6.354	6.292	6.402	6.614
4,60	5.605	5.577	5.771	5.970	5.916	6.075	6.364
4,70	4.498	5.073	5.293	5.526	5.521	5.695	6.087
4,80	3.294	4.446	4.696	4.985	4.996	5.175	5.707
4,90	2.867	3.684	4.005	4.350	4.435	4.605	5.214
5,00	2.110	2.974	3.188	3.588	3.825	3.991	4.714
5,10	1.489	2.191	2.279	2.772	3.041	3.301	4.078
5,20	985	1.553	1.614	2.008	2.310	2.581	3.357
5,30	640	1.024	1.072	1.398	1.663	1.868	2.617
5,40	434	644	656	912	1.147	1.302	1.954
5,50	294	407	401	410	750	857	1.306
5,60	185	239	253	371	459	568	866
5,70	119	151	163	233	272	357	551
5,80	80	88	103	141	155	234	339
5,90	56	47	65	77	84	127	218
6,00	32	30	42	42	51	84	147

TABEL 2

## FREQUENTIE VAN HOOGWATERSTANDEN TE ANTWERPEN

Aantal hoogwaters gelijk aan of hoger dan de aangegeven hoogte

hoogte m +NKD	1901/10	1911/20	1921/30	1931/40	1941/50	1951/60	1961/70	1971/76
7,90						0		
7,80						1		
7,70						1		
7,60						1		
7,50						1		
7,40			0			1		0
7,30			1			1		1
7,20	0		1		0	1		1
7,10	1	0	2		1	2	0	2
7,00	1	1	2		2	2	1	2
6,90	1	1	2	0	3	2	3	3
6,80	2	1	2	1	3	2	4	8
6,70	2	2	2	2	4	4	4	8
6,60	4	3	2	5	6	6	11	11
6,50	5	5	3	6	8	7	14	16
6,40	9	7	4	12	8	12	23	21
6,30	9	9	6	15	13	27	40	31
6,20	16	15	14	19	21	37	61	58
6,10	21	21	22	28	30	59	89	84
6,00	32	30	42	42	51	84	147	118

T A B E L 3

## FREQUENTIES VAN HOOGWATERSTANDEN TE AMSTERDAM

Aantal hoogwaters gelijk aan of hoger dan de aangegeven hoogte

hoogte m +NKD	1901/30	f	1931/70	f	1901/70	f
3,50	21.150	705	20.219	705	49.369	706
4,00	20.888	696	27.995	700	48.383	698
4,10	20.652	688	27.931	698	48.583	694
4,20	20.299	676	27.574	689	47.873	684
4,30	19.706	657	27.196	680	46.902	670
4,40	18.976	632	26.574	664	45.550	651
4,50	17.356	595	25.662	642	43.518	622
4,60	16.453	548	24.325	608	40.778	583
4,70	14.864	495	22.829	571	37.693	538
4,80	12.436	414	20.363	522	33.299	476
4,90	10.553	352	18.607	465	29.160	417
5,00	8.272	276	16.118	403	24.390	348
5,10	5.959	199	13.192	330	19.151	274
5,20	4.152	138	10.256	256	14.408	206
5,30	2.736	91	7.546	189	10.282	147
5,40	1.734	58	5.315	133	7.049	101
5,50	1.102	36,7	3.323	83	4.425	63
5,60	677	22,6	2.264	57	2.941	42
5,70	433	14,4	1.413	35,3	1.846	26,3
5,80	271	9	869	21,7	1.140	16,3
5,90	168	5,6	506	12,7	674	9,6
6,00	104	3,4	324	8,3	428	6,1

f : overschrijdingsfrequentie per jaar

TABEL 4

## FREQUENTIES VAN HOOGWATERSTANDEN TE ANTWERPEN

Aantal hoogwaters gelijk aan of hoger dan de aangegeven hoogte

hoogte m +NKD	1901/30	f	1931/70	f	1901/70	f
7,90			0		0	
7,80			1		1	
7,70			1		1	
7,60			1		1	
7,50			1		1	
7,40	0		1		1	
7,30	1		1		2	
7,20	1		1		2	
7,10	3		3		6	
7,00	4		5		9	
6,90	4	0,13	8	0,20	12	0,17
6,80	5	0,17	10	0,25	15	0,21
6,70	6	0,20	14	0,35	20	0,29
6,60	9	0,30	28	0,70	37	0,53
6,50	13	0,43	35	0,99	48	0,69
6,40	20	0,67	55	1,38	75	1,07
6,30	24	0,80	95	2,38	119	1,70
6,20	45	1,50	138	3,45	183	2,61
6,10	64	2,13	206	5,15	270	3,86
6,00	104	3,47	324	8,10	429	6,11

f : overschrijdingsfrequentie per jaar

TABEL 5

## FREQUENTIES VAN HOOGWATERSTANDEN TE ANTWERPEN

Aantal hoogwaters gelijk aan of hoger dan de aangegeven hoogte

hoogte m +NKD	1971	1972	1973	1974	1975	1971/75	1961/70	1961/75	f* 1961/75
5,10	377	388	401	472	450	2.088	4.078	6.166	411,07
5,20	296	322	356	411	387	1.772	3.357	5.129	341,93
5,30	220	258	284	343	328	1.433	2.617	4.050	270,00
5,40	151	183	213	270	271	1.088	1.954	3.042	202,80
5,50	102	115	156	203	200	776	1.306	2.082	138,80
5,60	66	67	104	140	129	506	866	1.372	91,46
5,70	40	40	68	89	82	319	551	870	58,00
5,80	17	29	49	56	60	211	339	550	36,66
5,90	9	23	34	42	40	148	218	366	24,40
6,00	5	17	22	31	25	100	147	247	16,46
6,10	4	12	16	23	18	73	89	162	10,80
6,20	3	7	12	15	12	49	61	110	7,33
6,30	1	3	7	8	4	23	40	63	4,20
6,40	1	3	6	4	2	16	23	39	2,60
6,50	1	1	6	3	1	12	14	26	1,73
6,60	1	1	4	1	-	7	11	18	1,20
6,70	-	-	4	1	-	5	4	9	0,60
6,80	-	-	4	1	-	5	4	9	0,60
6,90	-	-	1	1	-	2	3	5	0,33
7,00	-	-	1	-	-	1	1	2	0,133
7,10	-	-	1	-	-	1	0	1	0,0667

\* f = overschrijdingsfrequentie per jaar.

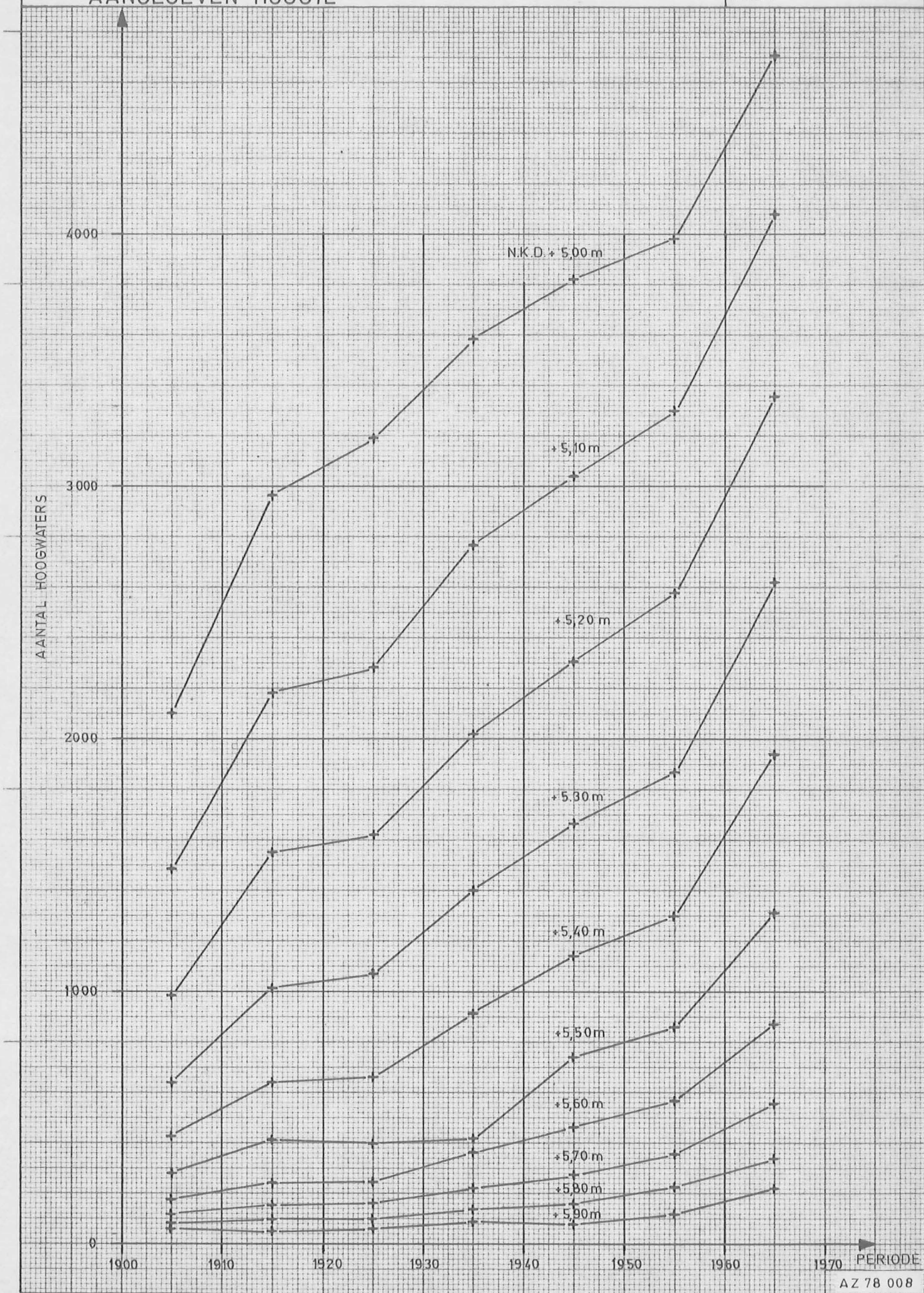
TABEL 6

## OVERSCHRIJDINGSFREQUENTIES VAN STORMVLOEDSTANDEN TE ANTWERPEN

Overschrijdings- frequentie per jaar	Overschrijdings- frequentie per 100 jaar	Stormvloedstand m + NKD
$10^{-4}$	0,01	9,05
$4 \times 10^{-4}$	0,04	8,68
$10^{-3}$	0,10	8,42
$4 \times 10^{-3}$	0,40	8,03
$1 \times 10^{-2}$	1	7,78
$4 \times 10^{-2}$	4	7,40
$10^{-1}$	10	7,16
$2 \times 10^{-1}$	20	7,00
$5 \times 10^{-1}$	50	6,78
1	100	6,63
2	200	6,48

EVOLUTIE VAN HET AANTAL HOOGWATERS TE ANTWERPEN HOGER DAN OF GELIJK AAN DE AANGEGEVEN HOOGTE

FIG. 1



EVOLUTIE VAN HET AANTAL HOOGWATERS TE ANTWERPEN HOGER DAN OF GELIJK AAN DE AANGEGEVEN HOOGTE

FIG. 2

