

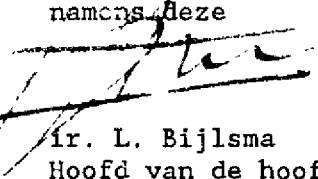


De ontwerppeilen, waarop de waterkeringen thans worden gedimensioneerd en/of getoetst, zijn in het algemeen lager dan die uit het rapport van de Deltacommissie. Met name is dat het geval voor de westelijke Waddenzee, waar destijds door de Deltacommissie, als gevolg van de korte bruikbare meetreeksen door het afsluiten van de Zuiderzee, aannamen moesten worden gedaan. In het licht van de huidige kennis waren deze aan de conservatieve kant.

In het rapport wordt tevens aangegeven hoe de stijging van het gemiddelde hoogwater als gevolg van zeespiegelrijzing en getijverandering in rekening wordt gebracht door middel van toeslagen.

Mocht u naar aanleiding van dit rapport vragen of opmerkingen hebben, dan kunt u contact op te nemen met drs. M.E. Philippart, ir. D. Dillingh of ir. A. van Urk van mijn dienst. Voor meerdere exemplaren kunt u zich wenden tot de RIKZ-bibliotheek te Den Haag.

Hoogachtend,
De Hoofdingenieur-directeur,
namens deze



Ir. L. Bijlsma
Hoofd van de hoofdafdeling Advies en Beleidsanalyse



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Aan
Zie verzendlijst

Contactpersoon

ir. D. Dillingh/ir. A. van Urk

Datum

5 september 1995

Ons kenmerk

RIKZ/AB 956792

Project

TCRAND

Onderwerp

toezending rapport basispeilen

Doorkiesnummer

070-3114526/344

Bijlage(n)

Uw kenmerk

Geachte mevrouw/ mijnheer,

Het is mij een genoegen u een exemplaar aan te bieden van het rapport RIKZ-95.008 "De basispeilen langs de Nederlandse kust - ruimtelijke verdeling en overschrijdingslijnen". Het rapport vormt de afronding van een uitvoerige studie onder de gemeenschappelijke noemer "De basispeilen langs de Nederlandse kust".

Medio 1993 kwam het onderzoek naar de basispeilen voor enkele belangrijke stations langs de Nederlandse kust gereed. Dit onderzoek is beschreven in de rapporten "De basispeilen langs de Nederlandse kust": DGW-93.023, Statistisch onderzoek, DGW-93.025, Fysisch onderzoek en DGW-93.026, Eindverslag. Het betrof met name de stations Vlissingen, Hoek van Holland, Den Helder, West-Terschelling en Delfzijl. Een voor de hand liggend vervolg hierop is het actualiseren van de basis- en ontwerppeilen, alsmede de overschrijdingslijnen voor alle overige peilmeetstations langs de gehele Nederlandse kust. Het resultaat daarvan treft u aan in het bijgevoegde rapport.

Vestiging Den Haag
Postbus 20907, 2500 EX Den Haag
Bezoekadres Kortenaerkade 1

Telefoon 070-3114311
Telefax 070-3114321

De basispeilen langs de Nederlandse kust

de ruimtelijke verdeling en overschrijdingslijnen

rapport RIKZ-95.008

auteurs: M.E. Philippart
D. Dillingh
S.T. Pwa

bijdrage van: A.E.R. Bavelaar
C. van der Male
M. Soerdjballi
P.F. Heinen
J. Doekes
W. Storm

datum: mei 1995



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Samenvatting

Met dit rapport wordt het onderzoek "De basispeilen langs de Nederlandse kust" afgesloten.

In dit laatste deel worden zowel grafisch als in tabelvorm de basis- en ontwerppellen gegeven voor iedere locatie langs de Westerschelde, de Zeeuwse kust, de Hollandse kust, de Waddenkust, de Waddenzee en de Eems-Dollard.

Tevens worden voor de peilmeetstations in het betrokken gebied de overschrijdingsfrequentielijnen gegeven, zowel grafisch als mathematisch. Ze hebben alle betrekking op de toestand van 1985.

Het rapport beschrijft hoe de resultaten tot stand zijn gekomen en geeft een aanwijzing voor het gebruik van de waarden na 1985 in de vorm van een toeslag.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
2.	Basispeilen	7
3.	Ruimtelijke verdeling basis- en ontwerppeilen	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Algemene aanpak	10
3.3	Onderbouwing van de resultaten.	12
3.4	Uitkomsten van het onderzoek	14
3.5	Ruimtelijk verloop van de nieuwe peilen	15
4.	De overschrijdingslijnen	19
4.1	De wijze van vaststellen	19
4.2	Toelichting op de overschrijdingslijnen	20
4.3	De wiskundige formulering	21
4.4	Zeespiegelstijging en getijverandering	23
4.5	Invloed verdieping Westerschelde op maatgeven- de peilen	25
	Literatuurlijst	27
	Lijst van figuren	29
	Lijst van tabellen	31
	Lijst van bijlagen	33
	Figuren	35
	Tabellen	57
	Bijlagen	81
	Aanhangsel	113

1. Inleiding

Medio 1993 is het onderzoek naar de basispeilen in enkele hydrologisch belangrijke getijstations langs de Nederlandse kust afgerond. De basispeilen geven de stormvloedstanden weer die een overschrijdingsfrequentie hebben van eens per 10.000 jaar oftewel een kans van 1% per eeuw. De hydrologisch belangrijke getijstations (de hoofdstations) zijn Vlissingen, Hoek van Holland, Den Helder, Harlingen en Delfzijl. In het onderzoek is tevens het station West-Terschelling, dat geen hoofdstation is, opgenomen. Dit was gewenst in verband met een actueel veiligheidsvraagstuk van dit eiland tijdens de eindfase van het onderzoek.

De basispeilen voor deze stations zijn inmiddels door de minister vastgesteld. Een voor de hand liggend vervolg hierop is het actualiseren van de basis- en ontwerppeilen alsmede de overschrijdingslijnen langs de gehele Nederlandse kust. Met dit onderzoek is het Rijksinstituut voor Kust en Zee medio 1993 van start gegaan. Wat de werkwijze betreft is enerzijds aansluiting gezocht met de geregistreerde waterstanden in de peilmeetstations zelf, anderzijds met de modelmatig bepaalde samenhang van de basispeilen langs de kust. Vaste punten hierin zijn de inmiddels vastgestelde basispeilen in de hoofdstations. In het voorliggende rapport zal verslag worden gedaan van dit onderzoek en de uitkomsten hiervan.

In het navolgende zal een korte samenvatting van het onderzoek naar de basispeilen in de hoofdstations worden gegeven (hoofdstuk 2). Vervolgens zal dieper worden ingegaan op het vervolgonderzoek naar de maatgevende peilen (hoofdstuk 3). Tot slot volgt een verhandeling over de bepaling en het gebruik van de overschrijdingsfrequentielijnen van hoogwaterstanden (hoofdstuk 4).

2. Basispeilen

Mede aanleiding tot het onderzoek is de aanbeveling in het eindrapport van de Deltacommissie (1960) het onderzoek naar de hoogte van de basispeilen voort te zetten wanneer meer waarnemingsmateriaal beschikbaar is. In 1984 is een hernieuwd statistisch onderzoek van start gegaan dat ten doel had de overschrijdingsfrequentielijnen van de hoogwaterstanden zoals door de Deltacommissie vastgesteld, te actualiseren. Dit onderzoek is uitgevoerd door een werkgroep waarin het Centrum voor Wiskunde en Informatica (het vroegere Mathematisch Centrum), het KNMI en de Rijkswaterstaat zitting hadden (lit.[1]). Voor de belangrijke peilmeetstations in de Westerschelde is pas in een latere fase een statistische analyse verricht. De resultaten van deze analyse staan niet in literatuur [1] vermeld, maar zijn in literatuur [11] beschreven.

De beginselen van de veiligheidstheorie van de Deltacommissie, met name de definitie van het basispeil en van de veiligheid van de verschillende kustgebieden, hebben in het onderzoek niet ter discussie gestaan. Het onderzoek concentreerde zich grotendeels op de statistische uitwerking van recente meetreeksen; de uitwerking is daarbij aangepast aan de nieuwste statistische inzichten. Dit houdt enerzijds in dat de waarnemingen op een meer statistisch gefundeerde wijze zijn geselecteerd, waarbij de homogeniteit van het waarnemingsmateriaal en de verwijdering van de auto-correlatie centraal stonden. Anderzijds zijn verschillende statistische methoden gebruikt en geëvalueerd. De voorkeur is gegeven aan de zogenaamde verdelingsvrije methode (VVM-0) omdat hierin a priori geen bepaalde verdeling hoeft te worden aangenomen waaraan de waarnemingen zelf moeten voldoen.

Conform de werkwijze van de Deltacommissie is de statistische analyse aangevuld met een onderzoek naar de fysische samenhang van de stormvloedstanden langs de Nederlandse kust. Een nieuw element in deze analyse, die door het Rijksinstituut voor Kust en Zee in 1992 is uitgevoerd, is de inzet van fysisch-mathematische modellen; hiermee kan de waterbeweging worden gesimuleerd onder tot nu toe niet voorgekomen meteorologische condities (zie lit.[2]). Deze condities zijn verkregen door windvelden van reeds opgetreden zware stormen in tijd, duur en intensiteit te variëren. Op deze wijze is een verzameling van waterstanden langs de kust verkregen die reiken tot hoger dan de basispeilen.

De modelsimulaties hadden ten doel de waterstandsrelatie tussen Hoek van Holland en de andere onderzochte getijstations te bepalen. Deze relaties worden weergegeven door de zogenaamde betrekkinglijnen (zie lit.[2]). Door uit te gaan van het basispeil te Hoek van Holland, dat op basis van statistisch onderzoek alleen is bepaald, konden de basispeilen in de andere getijstations bepaald worden. Hierbij werden de betrekkinglijnen aangesloten op de waarnemingen (via de waterstand met een overschrijdingsfrequentie van eens per 10 jaar).

Hoek van Holland als referentiestation ligt voor de hand enerzijds gezien de min of meer centrale ligging van dit station langs de Nederlandse kust, anderzijds omdat de andere hoofdstations invloed ondervinden van de aanwezigheid van estuaria, intergetijdegebieden en het Kanaal. In het onderzoek van de Deltacommissie was Hoek van Holland ook een centrale rol toebedeeld.

In overleg met het KNMI is tevens voor een tweede serie fictieve windvelden de waterbeweging gesimuleerd; ditmaal is de positie gevarieerd van het windveld dat tot de stormramp van 1953 heeft geleid. Met een eenvoudiger bewerking dan de voorgaande zijn wederom uit relaties met Hoek van Holland schattingen verkregen van het basispeil in de andere hoofdstations. De statistische en fysische analyses hebben geresulteerd in onderling verschillende schattingen van het basispeil in de beschouwde getijstations. Er bestaan echter geen aanwijzingen dat de uitkomsten van één der analyses kan worden genegeerd. Een zo volledig mogelijke afweging is daarom gemaakt van alle beschikbare informatie, zowel vanuit de statistiek van de afzonderlijke meetreeksen als vanuit de fysische relaties van stormvloedstanden langs de kust. De uitkomsten van de verschillende analyses zijn gewonnen aan de hand van geschatte onzekerheden in deze uitkomsten en de lengte van de reeksen. De resultaten van de weging zijn opgenomen in de navolgende tabel. In juni 1993 heeft de minister de geactualiseerde waarden van de basispeilen vastgesteld. In een later stadium is deze methode toegepast voor de stations IJmuiden (lit.[6]), Terneuzen en Hansweert (lit.[10]).

tabel 2.1

Basispeilen: volgens de Deltacommissie
en geactualiseerd (1985)

Station	Basispeilen Deltacommissie NAP + [cm]	Basispeilen 1985 NAP + [cm]
Delfzijl	640	615
Harlingen	580	500
West Terschelling	530	430
Den Helder	505	440
IJmuiden	515	510
Hoek van Holland	500	500
Vlissingen	565	545
Terneuzen	590	600
Hansweert	615	625

De bijgestelde basispeilen gelden voor de situatie in het jaar 1985, vandaar de extensie "1985". In verband met hoogwaterstijging na 1985 dienen de peilen derhalve telkens te worden geactualiseerd naar het jaar waarop de toetsing of het ontwerp van een waterkering betrekking heeft. Dit wordt in hoofdstuk 4 verder toegelicht.

3. Ruimtelijke verdeling basis- en ontwerppeilen

3.1 Inleiding

De bijgestelde basispeilen in de hoofdstations vormen de basis voor het vaststellen van de maatgevende peilen en overschrijdingsfrequentielijnen langs de gehele Nederlandse kust. Aansluitend op het onderzoek naar de basispeilen is hiermee medio 1993 een begin gemaakt. Hierbij is een viertal deelgebieden onderscheiden:

- * *het Waddengebied en de Eems-Dollard*, een ruimtelijk gevarieerd gebied waarvan de fysische eigenschappen duidelijk afwijken van de rest van de Nederlandse zee kust. Het gebied vereist dan ook aandacht door de complexe verdeling van de basispeilen en ontwerppeilen.
- * *de Hollandse kust tussen Hoek van Holland en Den Helder*. Dit deel van de Nederlandse kust wordt ook wel de gesloten kust genoemd.
- * *de Noordzeekust langs de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden* (in het vervolg ook wel het Deltagebied genoemd). Kenmerkend voor dit deelgebied zijn de afsluitingen van de zeearmen na 1960 die grote invloed hebben gehad op de waterbeweging en waterstanden; hierdoor zijn de beschikbare meetreeksen te kort voor een statistische bewerking. De sluitingsstrategie van de stormvloedkering in de Oosterschelde vereist aandacht.
- * *de Westerschelde en de Zeeuws-Vlaamse kust*, een fysisch complex deelgebied waar verdiepingen en veranderingen van de komberging ten gevolge van menselijke ingrepen in het verleden de waterstanden sterk beïnvloed hebben. In het vervolg wordt dit gebied als de Westerschelde aangeduid.

In het vervolgonderzoek zijn per deelgebied de basis- en ontwerppeilen bepaald.

In de tekst wordt regelmatig de term 10^{-1} of 10^{-4} "kwantiëlschatting" gebruikt. Hiermee wordt in dit rapport de schatting bedoeld van de waterstand met een overschrijdingsfrequentie van respectievelijk 10^{-1} per stormseizoen en 10^{-4} per stormseizoen. Deze kwantiëlen worden zowel uit de statistiek van een afzonderlijke meetreeks als uit fysische waterstandsrelaties afgeleid.

3.2 Algemene aanpak

basispeilen in uitvoerpunten van het model

Voor de werkwijze in de verschillende deelgebieden geldt het volgende gemeenschappelijke kenmerk. Aan de peilen langs de gehele kust liggen de basispeilen ten grondslag van de negen peilmeetstations Delfzijl, West-Terschelling, Harlingen, Den Helder, IJmuiden, Hoek van Holland, Vlissingen, Terneuzen en Hansweert.

De ruimtelijke invulling van de peilen vond plaats op basis van de betrekkingen van waterstanden tussen een groot aantal stations zoals deze afgeleid zijn met behulp van het fysische modelonderzoek. In dit onderzoek zijn modelmatig per deelgebied 9 (voor het Deltagebied en de Westerschelde 11) verschillende stormen gesimuleerd waarmee voor een groot aantal peilmeetstations en andere modeluitvoerpunten de waterstandsrelaties zijn bepaald. Voor de westelijke Waddenzee (inclusief West-Terschelling), de gesloten Hollandse kust en de Noordzeekust langs de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden zijn de relaties ten opzichte van Hoek van Holland bepaald. Voor de oostelijke Waddenzee gold het peilmeetstation West-Terschelling als referentie, voor de Westerschelde is Vlissingen als referentie gebruikt. De stations West Terschelling en Vlissingen zijn echter uit de relatie met Hoek van Holland bepaald. Evenals in het voorgaande fysisch onderzoek zijn de gevonden fysische relaties aangesloten op de waarnemingen via het 10^{-1} -kwantiel. Dit sluit aan op de grondgedachte dat modelsimulaties aanvullende informatie leveren over de waterstandsrelatie in het frequentiebereik waar waarnemingen ontbreken. Deze aansluiting is goed te bepalen voor de peilmeetstations waar waarnemingen van hoogwaterstanden beschikbaar zijn. Voor de andere uitvoerlocaties in het model waar geen peilmeetstation ligt zijn de aansluitingen geïnterpoleerd op basis van de aansluitingen bij de omliggende peilmeetstations. Uit de op deze manier verkregen betrekkinglijnen volgen bij aflezing van het reeds vastgestelde basispeil bij Hoek van Holland, West-Terschelling dan wel Vlissingen de 10^{-4} kwantiel-schatting voor een groot aantal andere locaties.

basispeilverdeling langs de gehele kust

Op tussengelegen locaties langs de kust waar geen uitvoerpunten in het model zijn gedefinieerd en daarmee geen vergelijkbare hoeveelheid modelresultaten beschikbaar waren, zijn de 10^{-4} kwantielen geschat via interpolatie. Deze interpolatie verschilt per gebied; in de Waddenzee blijken de 10^{-4} kwantielen redelijk in een ruimtelijk plat vlak te liggen. Op basis hiervan kon op ieder willekeurig punt langs de Friese en Groningse kust een schatting van het 10^{-4} kwantiel worden gemaakt (lit.[5]). Voor de gesloten Hollandse kust en de Noordzeekust langs de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden is het verloop herleid uit de stormvloedpeilverdeling van een representatieve storm die de waterstandsrelaties tijdens basispeilomstandigheden goed weergeeft tussen de uitvoerpunten in het model (lit.[6] respectievelijk [7]). In de Westerschelde waren voldoende modeluitvoerpunten zodat een ruimtelijke interpolatie direct uitgevoerd kon worden (lit.[8],[9] en [10]).

Voor de vijf hoofdstations en IJmuiden, West-Terschelling, Terneuzen en Hansweert konden de 10^{-4} kwantielen uit de ruimtelijke verdeling worden vergeleken met de eerder vastgestelde basispeilen. Op basis van de verschillen is de ruimtelijke verdeling van het 10^{-4} kwantiel aangepast zodat de 10^{-4} kwantielen in de genoemde peilmeetstations overeen kwamen met de vastgestelde basispeilen. Ook deze aanpassing is in de bovengenoemde werkdocumenten beschreven.

ontwerppeilen bij de peilmeetstations

Naast de basispeilen zijn ook de ontwerppeilen bepaald. Dit heeft als volgt plaats gevonden. Op basis van de basispeilen (10^{-4} kwantielen) en de uit de waarnemingen afgeleide $5 \cdot 10^{-1}$ en 10^{-1} -kwantielen kunnen voor de peilmeetstations de overschrijdingsfrequentielijnen worden samengesteld (zie hoofdstuk 4). Uit deze overschrijdingslijnen kunnen de verschillende ontwerppeilen voor de peilmeetstations worden afgeleid.

ontwerppeilverdeling langs de gehele kust

Voor het ontwerp of de toetsing van een waterkering is de verdeling van het ontwerppeil langs de gehele kust van belang. Daarom zijn voor verschillende ontwerppeilfrequenties de kwantielen in alle uitvoerlocaties afgeleid volgens dezelfde methode als bij de basispeilen gebruikt is.

In de Waddenzee en de Eems-Dollard is aan de hand van isolijnen de verdeling bepaald van de kwantielen met de frequenties 10^{-4} (ontwerppeil van de meest noordelijke polders van Noord-Holland en de gesloten kust), $2,5 \cdot 10^{-4}$ (ontwerppeil Wieringen, Texel, de Friese en Groningse kust, Deltagebied, Westerschelde en de Zeeuws Vlaamse kust) en $5 \cdot 10^{-4}$ (ontwerppeil van de overige Waddeneilanden). Zodoende is het volledig verloop van het ontwerppeil langs de kust bekend. De verdelingen van de kwantielen zijn weergegeven in de figuren 1,3 en 4 voor de Waddenzee en de Eems-Dollard. Voor de gesloten Hollandse kust is in figuur 5 het verloop van het basispeil (dat hier gelijk is aan het ontwerppeil) weergegeven. Van het Deltagebied is in figuur 6 en 7 het ruimtelijk verloop van het basispeil respectievelijk het ontwerppeil ($2,5 \cdot 10^{-4}$ -kwantiel) weergegeven. Voor de Westerschelde en de Zeeuws Vlaamse kust is in figuur 8 het verloop van het basispeil en in figuur 9 van het ontwerppeil ($2,5 \cdot 10^{-4}$ -kwantiel) weergegeven.

3.3 Onderbouwing van de resultaten.

Naast de voorgenomde berekeningen is verder modelonderzoek verricht ter onderbouwing van de gevonden resultaten. In het navolgende zal hier kort op worden ingegaan. In de werkdocumenten per deelgebied (lit.[5] t/m [10]) wordt hier uitgebreider op ingegaan.

Voor de Waddenzee is de waterstand voor het hele gebied in kaart gebracht in de periode waarin een hoogwater van één bepaalde storm zich door het gebied verplaatst. Hieruit volgde dat de eilanden alleen in de beginfase van de opbouw van de opzet een verlagende invloed hebben op de waterstanden pal achter de eilanden. Op het beeld dat verkregen is door in één overzicht alle (op verschillende tijdstippen optredende) maximale waterstanden te plotten, blijkt dat de gebieden achter de eilanden nauwelijks achterblijven bij de overige gebieden. Er volgt een gelijkmatige groei van hoogste peilen van noordwest naar zuidoost waarin vrijwel geen patroon van dieptes, ondieptes en eilanden te onderscheiden is.

Ter onderbouwing van de gevonden ruimtelijke verdeling van de basispeilen aan de gesloten Hollandse kust zijn met uniforme windvelden uit verschillende windrichtingen de opzetten berekend met een waterbewegingsmodel waarbij de getijbeweging buiten beschouwing is gelaten. De windrichtingen varieerden van 265° tot 360° met een interval van 15°. De opzetten die hieruit volgden, zijn gewogen op basis van de fractieverdeling van de windrichtingen uit de stormkalender, dit om tot één karakteristieke opzetverdeling te komen. Vervolgens is het opzetverloop langs de kust aangepast zodat bij het gemiddeld hoogwater het basispeil in Hoek van Holland wordt bereikt. Hierdoor ontstaat er een verdeling van waterstanden die te vergelijken is met de gevonden basispeilverdeling. Deze resultaten blijken goed overeen te komen met de gevonden basispeilen.

De uitkomsten in het Delta-kustgebied zijn op verschillende manieren onderbouwd. In de representatieve storm die gebruikt is voor interpolatie tussen de hoofdstations Hoek van Holland en Vlissingen zijn enkele variaties in de opgetreden windsnelheid en windrichting aangebracht zodanig dat de wind noordwestelijker en krachtiger werd. Deze variaties in windsnelheid en -richting blijken weinig invloed op de interpolatie te hebben zodat gesteld kan worden dat de resultaten niet sterk afhankelijk zijn van de vorm van de storm.

Tevens zijn er nog twee stormen gesimuleerd waarbij de getijwerking was uitgeschakeld. Het betrof hier een zuiver westen- en noordwestenwind. Deze simulaties leverden twee opzetverlopen voor de twee windrichtingen waartussen de maatgevende superstorm zal liggen. Dit beeld, dat niet beïnvloed wordt door de getijdebeweging maar waarin ook geen getij-opzet interactie is verwerkt, paste goed bij de gevonden resultaten.

Een extra aandachtspunt in dit onderzoek is het effect op de waterstanden als gevolg van het sluiten van de Oosterscheldekering. Met het kuststrookmodel zijn sluitingen bij storm gesimuleerd en bij alleen astronomisch getij. Bij normaal getij blijkt dat vlak voor de kering, bij het station Roompot Buiten, het hoogwater met 47 centimeter toeneemt als gevolg van het sluiten van de kering. Dit effect is echter vrij lokaal zoals blijkt uit figuur 10 waarin het sluiteffect voor een aantal kuststations is weergegeven. In de simulaties met storm zijn verschillende sluitingsstrategieën beschouwd: de kering is altijd dicht, de kering sluit plotseling bij een waterstand van 3 meter boven NAP en een geleidelijke sluiting rond de 3 meter die 2 uur in beslag neemt. De resultaten bij de verschillende sluitscenario's wijken niet veel van elkaar af. In figuur 11 is het resultaat van de optie 'kering altijd gesloten' genomen omdat hierbij geen translatiegolven in het model ontstaan die de uitkomsten verstoren. Opvallend is dat bij een extreme storm de effecten van het sluiten minder groot zijn dan bij rustig weer, namelijk slechts 23 centimeter ten opzichte van 47 centimeter bij astronomisch getij.

In het onderzoek naar de maatgevende peilen in de Westerschelde is net als in de Waddenzee gebruik gemaakt van een maximaal waterstandsveld dat opgetreden is bij de simulatie van één bepaalde storm. Sterke ondieptes zoals de Hooge Platen en het Land van Saeftinge geven een locale verhoging in de maximale stand. Verder volgt ook hieruit dat de isolijnen van gelijke waterstand voor een deel meedraaien met de bochten in de Westerschelde hetgeen ook bij normale getijomstandigheden plaatsvindt en dus grotendeels verklaard wordt door het onderliggende getij.

3.4 Uitkomsten van het onderzoek

In de tabellen 3.1 t/m 3.4 (achter in dit document) zijn de uitkomsten van het onderzoek opgenomen voor de huidige peilmeetstations; de bijgestelde basis- en ontwerppeilen hebben de extensie "1985" meegekregen, dit ter onderscheid van de waarden vastgesteld door de Deltacommissie.

In de tabellen zijn ook de oude waarden van de Deltacommissie opgenomen. Er ontbreken enkele stations waarvoor de Deltacommissie wel basis- en ontwerppeilen heeft afgegeven; deze komen in het huidige netwerk van peilmeetstations niet meer voor. Daarentegen zijn aan de Noordzeezijde van de Waddeneilanden nu wel peilmeetstations aanwezig, welke in de tabellen zijn opgenomen. De ontwerppeilen zijn door de Deltacommissie afgeleid uit de basispeilen door een zogenaamde economische reductie in rekening te brengen. Nadien zijn de ontwerppeilen vertaald in een stormvloedpeil met een zekere overschrijdingsfrequentie. In het onderzoek zijn de waarden volgens de laatstgenoemde definitie berekend. Voor de peilmeetstations zijn tevens de overschrijdingsfrequentielijnen bepaald (zie hoofdstuk 4). In de tabellen zijn voor een aantal overschrijdingsfrequenties de bijbehorende waterstanden gegeven.

Tabel 3.5 geeft voor alle beschouwde peilmeetstations een overzicht van waterstanden behorende bij een groter aantal overschrijdingsfrequenties. De vastgestelde basis- en ontwerppeilen zijn allemaal afgerond op een veelvoud van 5 cm.

In de tabellen 3.6 t/m 3.22 wordt de verdeling van het ontwerppeil langs de kust in stappen van 5 [cm] opgegeven. Er is voor gekozen de peilen te laten verspringen ter hoogte van een strand- of dijkpaal dan wel een markante locatie zoals een kustplaats of de grens tussen twee polders. Voor de positie van deze palen en locaties wordt verwezen naar de topografische kaarten van Wolters-Noordhof (Grote Topografische Atlas van Nederland, 2e editie 1989).

Voor bepaalde kust- of dijkvakken langs de Waddenzee (bijvoorbeeld die van Texel) is de kilometrering niet op deze kaarten weergegeven. De overgangen van het ontwerppeil bevinden zich hier ter plaatse van een dijkpaal (hectometerpaal); voor de exacte positie hiervan wordt verwezen naar de betreffende beheerder van de waterkering. Bij de koppen van de Waddeneilanden kan er sprake zijn van een steil waterstandsverloop; de ontwerppeilen verspringen hier met 10 [cm].

3.5 Ruimtelijk verloop van de nieuwe peilen

Voor de kust langs de westelijke Waddenzee gelden aanzienlijk lagere peilen dan die destijds zijn afgegeven door de Deltacommissie. Dit beeld kwam reeds naar voren in de studie naar de basispeilen van de hoofdstations (lit.[3]). De Deltacommissie had destijds slechts de beschikking over 20 jaar waarnemingen omdat de getijbeweging in dit gebied als gevolg van het afsluiten van de Zuiderzee sterk veranderd was. De commissie heeft daarom onder andere een interpolatie moeten maken tussen de peilmeetstations IJmuiden en Zoutkamp. In figuur 2 is het verloop van de basispeilen weergegeven zoals dat door de Deltacommissie is bepaald. Vergelijken we deze met de nu gevonden standen (figuur 1) dan valt op dat de nieuwe standen in de westelijke Waddenzee lager zijn en dat de zeegaten minder invloed hebben op de peilen dan destijds verwacht was. De aanwezigheid van de Waddeneilanden weinig invloed op de extreme peilen uit te oefenen. Hier blijkt dat de zeegaten kennelijk voldoende capaciteit bezitten om de waterstand in de Waddenzee het peil in de Noordzee te laten volgen. De patronen van lijnen van gelijke peilen komen in de westelijke Waddenzee goed overeen met het vroeger geschetste patroon. In de oostelijke Waddenzee vinden we echter nu een veel sterkere toename van de peilen in oostelijke richting dan destijds aangenomen is. Dit gebeurt eveneens in het Eems-Dollard estuarium met als gevolg dat het peil bij Nieuwe Statenzijl gelijk blijft aan het destijds afgegeven basispeil.

In vergelijking met de uitkomsten van de Deltacommissie valt op dat tussen Hoek van Holland en IJmuiden de basispeilen niet veel veranderen. Een maximum tussen Scheveningen en IJmuiden dat de Deltacommissie constateerde, wordt door het huidige onderzoek bevestigd. Vanaf IJmuiden nemen de verschillen tussen de twee onderzoeken echter in noordelijke richting toe: volgens het vernieuwde onderzoek nemen de basispeilen af (tot 4.40 [m]) terwijl in het onderzoek van de Deltacommissie deze tot Den Helder min of meer gelijk bleven (5.05 [m]).

Ook in het Deltagebied zijn reducties in het basispeil uit het onderzoek voortgekomen. Bij de vaststelling van het basispeil in het hoofdstation Vlissingen wordt een reductie van 20 cm ten opzichte van de Deltacommissie gevonden (zie [3]). Echter de Deltacommissie ging er van uit dat voor het station Westkapelle een basispeil gold dat slechts 10 cm lager was dan dat in Vlissingen. Het normale hoogwatersverschil tussen deze twee stations bedraagt al 25 cm. Verder levert het windeffect een toename van opzet op in zuidoostelijke richting. Dit samen resulteert in een verschil van basispeil van 40 cm tussen deze stations in plaats van de eerder genoemde 10 cm. Deze sterkere reductie van het basispeil ter hoogte van Westkapelle werkt door in noordelijke richting, hetgeen ook uit de tabellen is op te maken. Het nieuwe basispeil bij Cadzand blijkt lager te liggen dan destijds door de Deltacommissie is aangenomen: nu 5.20m, destijds 5.80m NAP. Dit is te verklaren uit het feit dat dit station relatief meer buitengaats ligt en dat het normaal hoogwater 10 cm lager is dan bij Vlissingen. Het grote verschil is verder ook te verklaren door verschillen in waarnemingspositie. Destijds bestond deze uit een handmatig afgelezen peilschaal bij Cadzand die bevestigd was bij de uitwateringssluis, achter de brekerzone. Anders dan bij peilschalen aan de kust waar er een haven aanwezig is worden dergelijke stormvloedstanden zeker beïnvloed door de golfwerking. Dit volgt uit de vergelijking van oude met recente waterstandswaarnemingen.

Vooraf in de Westerschelde zijn de nieuwe peilen beïnvloed door de veranderingen in het normale hoogwater. Voor een beschouwing van de peilen in de Westerschelde zijn deze in tabel 3.0 weergegeven naast de waarden die de Deltacommissie bepaald heeft.

tabel 3.0

De basispeilen in de Westerschelde:
volgens de Deltacommissie en geactualiseerd (1985)

Station	Basispeil Delta- comm.	Basispeil 1985	verschil	hoogwater rijzing 1950/1985	verschil
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
Cadzand	580	520	-60	0	-60
Westkapelle	545	505	-40	5	-45
Vlissingen	565	545	-20	10	-30
Breskens	585	545	-40	10	-50
Borssele	580	570	-10	15	-25
Terneuzen	590	600	10	15	-5
Hansweert	615	625	10	15	-5
Bath	660	670	10	20	-10

In kolom 4 zijn de verschillen tussen de peilen volgens de Deltacommissie en het huidige onderzoek gegeven. De verlaging die is waar te nemen in het buitengebied neemt verder stroomopwaarts af en na Borssele worden nu zelfs hogere waarden gevonden dan destijds door de Deltacommissie zijn gegeven. Voor een deel kunnen deze verschillen verklaart worden door de rijzing van het normale hoogwater. Over de periode 1950/1985, de toetsingsjaren voor de beide onderzoeken, is een analyse gemaakt van de veranderingen in het hoogwater (let op: dit is niet gelijk aan de zeespiegelstijging, zie lit.[12]). Deze zijn op 5 cm afgerond en staan in de tabel in kolom 5. De stijging van het hoogwater komt door zeespiegelstijging plus de verandering van de getijbeweging. Deze verandering is toe te schrijven aan baggeren, veranderingen van komberging door bijvoorbeeld inpoldering en natuurlijke variaties. Indien dit effect in rekening gebracht wordt op de peilen van de Deltacommissie, dan zijn de verschillen die gevonden worden minder uiteenlopend. De hogere waarden van het basispeil achterin het bekken worden dus veroorzaakt doordat het normale hoogwater achterin het bekken sterker is gestegen dan in de monding. Evenals in de Eems-Dollard kloppen de door de Deltacommissie gevonden waarden goed in het bekken maar zijn ze in meer open kustgebieden te hoog. Bij estuaria blijkt het verschil tussen de peilen aan de rand en achterin het bekken in het huidige onderzoek groter te zijn dan door de Deltacommissie werd verondersteld.

De gevonden ruimtelijke variatie in de maatgevende peilen bestaat uit ruimtelijke variatie van het normale hoogwater en van de stormvloedopzetten. Om hiervan een beeld te krijgen is in figuur 11 het verloop van het basispeil langs de Nederlandse kust weergegeven naast het verloop van het gemiddeld hoogwater en het verschil tussen deze twee. Deze kunstmatig verkregen opzet bij basispeil omstandigheden geeft een gelijkmatiger verloop dan de basispeilen. Uit de middelste figuur is op te maken dat er een grillig verloop is in het gemiddeld hoogwater, bepaald uit de waarnemingen. Uit de rechter figuur volgt dat er een opzet-verloop is dat weinig beïnvloed wordt door de kustvorm. Door de voor stormvloedstanden zo belangrijke noordwestelijke wind ontstaat een patroon ontstaat met isolijnen loodrecht op deze windrichting. In de zuidelijke Noordzee ontstaat hiervan een afwijking. Dit is te wijten aan het feit dat het water in de Noordzee via het Kanaal weg kan stromen zodat er hier minder stuwing kan ontstaan. In de Delta wordt dit effect (toevallig) gecompenseerd door de toename van het gemiddelde hoogwater, resulterend in een isolijn van NAP +5.00 m die parallel aan de kust loopt. Er dient hierbij nog opgemerkt te worden dat het opzet-verloop, zoals in de figuur geschetst is, niet op zal treden bij één bepaalde storm, het is een soort van compilatie van verschillende stormsituaties die elk voor een stuk van de Nederlandse kust voor basispeilomstandigheden zorgen.

4. De overschrijdingslijnen

4.1 De wijze van vaststellen

In het hernieuwde statistisch onderzoek naar de overschrijdingskansen van buitengewoon hoge stormvloedstanden (lit.[1]) is een aantal statistische modellen toegepast, waaronder het GPV-model (maakt gebruik van de gegeneraliseerde Pareto-verdeling) en de zgn. verdelingsvrije methode, aangeduid als VVM-O. Bij de verdelingsvrije methode wordt, in tegenstelling tot het GPV-model, niet een bepaalde kansverdeling opgelegd aan de geselecteerde en gecorrigeerde waarnemingen. Selectie en correctie hadden tot doel onafhankelijke en gelijkverdeelde waarnemingen te verkrijgen, noodzakelijk voor de toegepaste extreme-waardenstatistiek. De waarnemingen werden beperkt tot het stormseizoen, de periode 1 oktober...14 maart. Ter verwijdering van de autocorrelatie werd de DS4-selectie toegepast, hetgeen inhoudt dat die hoogwaters werden geselecteerd, waarvan de bijbehorende HW-opzet, dit is het verschil tussen de opgetreden hoogwaterstand en de bijbehorende berekende astronomische hoogwaterstand, hoger is dan de vier voorafgaande en volgende HW-opzetten. Verder werden op grond van meteorologische en hydrologische overwegingen alleen HW-opzetten ≥ 30 cm beschouwd. De eis van het gelijk verdeeld zijn leidde bij de toepassing van statistische modellen op de hoogwaterstanden nog tot de invoering van een stationsafhankelijke minimale waarde hiervoor. Vanwege de opgetreden veranderingen van de jaargemiddelde hoogwaterstanden, vooral stijgingen, was correctie van de hoogwaterstanden nodig door herleiding naar de toestand van 1985, het eind van de periode van de in het onderzoek beschouwde meetreeksen.

In het statistische onderzoek werd gekozen voor de uitkomsten volgens de verdelingsvrije methode.

De nieuwe basispeilen zijn, behoudens die van Hoek van Holland, verkregen door weging van de uitkomsten van het statistisch onderzoek (VVM-O-methode) en het fysisch-mathematisch modelonderzoek en door interpolatie m.b.v. fysisch-mathematische modellen.

De gevolgde procedure heeft gevolgen voor de vaststelling van de overschrijdings(frequentie)lijnen. Een overschrijdingslijn voor een bepaald station geeft het verband tussen de plaatselijke hoogwaterstand en het gemiddelde aantal keren per stormseizoen (of jaar) dat het peil wordt bereikt of overschreden. Zij dienen aan te sluiten bij de geselecteerde waarnemingen en het nieuwe basispeil.

Het verdelingsvrije model leent zich in beginsel niet voor het vaststellen van dergelijke overschrijdingslijnen. De methode geldt voor kleine overschrijdingskansen per jaar. Verder dienen ook overschrijdingslijnen te worden vastgesteld voor locaties waarvoor geen statistische analyse zinvol was vanwege te korte meetreeksen. Daarom is er voor gekozen de overschrijdingslijnen te construeren op basis van het GPV-model. Bij het GPV-model worden die waarnemingen beschouwd die boven een goed gekozen drempel u uitsteken. Van de uitstekende delen wordt aangenomen dat ze voldoen aan een GPV-verdeling. Met behulp van deze verdeling kan de volledige overschrijdingslijn worden berekend voor alle stormvloedstanden boven de gekozen drempelwaarde.

De waarde van de uitkomsten volgens het VVM-O-model is daarmee niet teniet gedaan, omdat deze uitkomsten impliciet verwerkt zijn in de vastgestelde basispeilen. In lit.[1], aanhangsel 3, wordt de verwantschap aangegeven tussen het GPV-model en het VVM-O-model.

Het GPV-model kent 3 parameters: de schaal- en vormparameter van de GPV-verdeling alsmede de gekozen drempelwaarde (op te vatten als een plaatsparameter). Een bepaalde verdeling ligt dus vast als naast de drempelwaarde, waar de oorsprong van de GPV-verdeling wordt gelegd, nog 2 punten gegeven zijn waaraan deze moet voldoen. Om een uniforme aanpak te krijgen is voor alle peilmeetstations uitgegaan van de stormvloedstanden met overschrijdingsfrequenties per stormseizoen van respectievelijk $5 \cdot 10^{-1}$, 10^{-1} en 10^{-4} (basispeil). De eerste twee zijn zo goed mogelijk uit de (geselecteerde en gecorrigeerde) waarnemingen afgeleid. Daarbij is rekening gehouden met de onderlinge samenhang van de stations en de invloed van de beschikbare (soms zeer beperkte) lengte van de meetreeksen. Vergelijken werden de uitkomsten van overeenkomende deelreeksen van de stations waarvoor langere reeksen (voor sommige stations ca. 100 jaar) beschikbaar zijn. Verder is gebruik gemaakt van betrekkinglijnen die de samenhang geven tussen de HW-standen van twee naburige peilmeetstations. Waar nodig is daarbij gebruik gemaakt van waarnemingen na 1985. De drempelwaarde is voor alle locaties de stand met overschrijdingsfrequentie per stormseizoen van $5 \cdot 10^{-1}$. Met keuze hiervan wordt voor alle stations voldaan aan de eis van de minimale waarde voor de te beschouwen hoogwaterstand.

4.2 Toelichting op de overschrijdingslijnen

De bijlagen 1 t/m 31 geven van alle betrokken peilmeetstations de overschrijdingslijnen voor de toestand in het jaar 1985, alsmede de empirische frequentieverdelingen van de geselecteerde hoogwaterstanden (aangegeven met ooo) en van alle hoogwaterstanden (aangegeven met ***). Met empirisch wordt bedoeld dat ze puur uit de waarnemingen alleen zijn berekend, dus zonder statistische modellering. Voor de geselecteerde waarnemingen is het gemiddelde aantal per stormseizoen berekend als het product van het gemiddelde aantal waarnemingen per stormseizoen en de geschatte overschrijdingskans $1-F(x) \approx i/N$. F is hierin de verdelingsfunctie van deze waarnemingen, i het rangnummer van de naar hoogte gesorteerde waarnemingen ($i=1$ is hierbij het rangnummer van de hoogste waarneming) en N het totale aantal. Bij de niet-geselecteerde waarnemingen zijn de hoogste waarnemingen elk uitgezet tegen het quotiënt van het aantal keren dat de stand werd bereikt of overschreden in de beschikbare waarnemingsperiode en het aantal jaren in deze periode. Voor de lagere standen is telkens gekeken naar het aantal malen dat een bepaald niveau werd bereikt of overschreden, waarbij de niveaus oplopen met stappen van 5 cm.

Er blijkt nog wel eens misverstand te bestaan over de interpretatie van de overschrijdingslijnen. De begrippen "overschrijdingsfrequentie" en "overschrijdingskans" worden nog al eens door elkaar gehaald. Voor de lage frequenties is dat geen probleem (zie het aanhangsel, formule A.10). De getalwaarden voor kans en frequentie zijn dan bij benadering gelijk. Voor frequenties hoger dan één keer per stormseizoen is al zonder meer duidelijk dat dit geen kans per stormseizoen kan zijn. Voor alle duidelijkheid: een frequentie is een aantal per tijdseenheid en een kans is een getal ≥ 0 en ≤ 1 ; een kans wordt bij onderhavige problematiek steeds betrokken op een willekeurig stormseizoen of jaar.

De overschrijdingsfrequenties van peilen berekend uit *alle* (dus niet geselecteerde) HW-standen mogen in beginsel nooit als kans worden geïnterpreteerd omdat geen sprake is van onafhankelijke waarnemingen. Als men voor bepaalde toepassingen niet zozeer geïnteresseerd is in kansen, maar puur in het aantal malen per jaar dat een bepaald niveau wordt overschreden, dus ook meerdere overschrijdingen gedurende één storm tellen even zwaar mee, dan dienen de overschrijdingsfrequenties te worden afgeleid uit

het verloop van de empirische overschrijdingsfrequenties voor alle hoogwaterstanden.

Voor overschrijdingsfrequenties lager dan 10^{-1} per stormseizoen is de overschrijdingsfrequentie bij voldoende benadering gelijk aan de overschrijdingskansen per stormseizoen; dit deel van de overschrijdingslijn is in de bijlagen getrokken. Voor het deel van de lijn tussen de frequenties $5 \cdot 10^{-1}$ en 10^{-1} geldt deze gelijkheid niet. Omwille van de duidelijkheid is dit deel van de overschrijdingslijnen niet getekend in de bijlagen waarop ook de waarnemingen zijn weergegeven, behalve voor de stations waarvan geen gegevens beschikbaar zijn van vóór 1985; daar zijn deze lijnstukken gestreept weergegeven.

De statistische analyse is gebaseerd op geselecteerde waarnemingen. Stormvloed kunnen echter ook optreden buiten het stormseizoen, echter de kans daarop is gering, zeker voor de kleine kanswaarden, zodat daar de overschrijdingskansen per stormseizoen gelijk gesteld kan worden aan de overschrijdingskansen per jaar.

In sommige gevallen lijken de getrokken overschrijdingslijnen iets minder goed aan te sluiten bij de empirische overschrijdingslijnen van de geselecteerde HW-standen; dit is dan het gevolg van de invloed van de periode waarover gegevens beschikbaar waren.

4.3 De wiskundige formulering

Voor sommige praktische toepassingen is het handig te beschikken over de wiskundige formulering van de overschrijdingslijnen. Hier wordt volstaan met het geven van de te gebruiken formule. De afleiding wordt gegeven in het aanhangsel. Uitdrukkelijk zij gesteld dat deze formule afgeleid is voor de hier gegeven overschrijdingslijnen, geldig voor standen hoger dan de hier toegepaste drempel u met bijbehorende overschrijdingsfrequentie van 0,5 maal per stormseizoen. Een meer algemene formule wordt gegeven in het aanhangsel.

$$q_x = 0,5 \left\{ 1 + \gamma \frac{(x-u)}{\sigma_u} \right\}^{\frac{-1}{\gamma}} \quad \text{voor } x-u \geq 0 \quad (4.1)$$

Hierin is:

- x = beschouwde hoogwaterniveau
- q_x = gemiddeld aantal keren per stormseizoen dat een hoogwaterstand niveau x bereikt of overschrijdt
- u = drempel met overschrijdingsfrequentie van 0,5 maal per stormseizoen
- σ_u = schaalparameter van de GPV-verdeling van de boven drempel u uitstekende delen van de hoogwaterstanden
- γ = vormparameter van deze GPV-verdeling

Het is natuurlijk ook mogelijk x als functie van q_x te schrijven:

$$x = -\frac{\sigma_u}{\gamma} \{ 1 - (2q_x)^{-\gamma} \} + u \quad \text{voor } q_x \leq 0,5 \quad (4.2)$$

Voor de bruikbaarheid van deze formule geldt hetzelfde als voor formule (4.1).

In onderstaande tabel zijn voor de beschouwde peilmeetstations de waarden voor de parameters u , σ_u en γ gegeven.

tabel 4.1

Waarden van de parameters voor het GPV-model voor de beschouwde peilmeetstations

Station	u [cm]	σ_u [cm]	γ
Cadzand	325	25,28	-0,02119
Terneuzen	369	25,92	0,00858
Bath	422	31,61	-0,02150
Hansweert	385	27,17	0,00750
Vlissingen	340	24,27	-0,00197
Westkapelle	307	23,67	-0,00304
Roompot Buiten	310	24,46	0,01989
Brouwershavense Gat	289	27,36	-0,00106
Haringvlietsluizen	300	25,71	0,01830
Hoek v Holland	253	24,74	0,03641
Scheveningen	260	25,41	0,03312
Ijmuiden	242	27,22	0,03326
Petten zuid	227	30,29	-0,01917
Den Helder	219	32,45	-0,05465
Texel Noordzee	219	30,02	-0,06155
Terschelling Noordzee	224	30,78	-0,09308
Wierumergronden	245	27,59	-0,04019
Hulbertgat	250	27,83	-0,02217
Oudeschild	234	36,50	-0,08290
Vlieland	243	31,68	-0,10243
West-Terschelling	248	32,44	-0,10595
Nes	282	29,20	-0,05449
Schiermonnikoog	282	32,96	-0,07434
Den Oever	261	37,71	-0,07874
Kornwerderzand	290	38,33	-0,09973
Harlingen	295	34,77	-0,09243
Holwerd	285	32,13	-0,06770
Lauwersoog	296	33,39	-0,06543
Eemshaven	306	36,08	-0,04524
Delfzijl	340	43,49	-0,07381
Nieuwe Statenzijl	375	49,12	-0,06602

In de figuren 12 t/m 19 zijn de volledige berekende overschrijdingslijnen weergegeven in 8 groepen van 4 à 6 stations, waarmee tevens de onderlinge verbanden worden verduidelijkt.

In het gebied van de Westerschelde en de Deltakust zijn de gevonden waarden voor γ klein en komen zowel positieve als negatieve waarden voor. Dat leidt niet tot problemen voor het bereik waarvoor de overschrijdingslijnen zijn gegeven. Bij extrapolatie naar overschrijdingsfrequenties veel lager dan 10^{-5} per jaar kan dit echter tot onrealistische resultaten leiden omdat dan de lijnen teveel gaan divergeren. De overschrijdingslijnen gelden in dat gebied in beginsel dan ook niet meer. De nauwkeurigheid waarmee ze kunnen worden bepaald speelt hier een rol.

4.4 Zeespiegelstijging en getijverandering

De basispeilen, ontwerppeilen en overschrijdingslijnen van dit rapport zijn afgeleid voor de toestand in 1985. De relatieve zeespiegelstijging en de getijverandering zijn sindsdien echter niet gestopt. De gemiddelde hoogwaterstanden blijken daarbij sneller te stijgen dan de gemiddelde zeestanden. Voor de veiligheid zijn met name de hoogwaterstanden belangrijk. Daarom dient met het oog op de veiligheid rekening te worden gehouden met de stijging van de gemiddelde hoogwaterstanden (lit.[4]). De nieuwe basis- en ontwerppeilen krijgen vanwege hun tijdgebondenheid het achtervoegsel 1985.

Bij het ontwerpen of toetsen van een waterkering na 1985 moet dus rekening worden gehouden met de stijging van het gemiddeld hoogwater sindsdien. Deze stijging dient als een toeslag op het ontwerppeil-1985 in rekening te worden gebracht.

Volgens de Ontwerp-wet op de Waterkering dienen de waterkeringen iedere vijf jaar te worden getoetst. De toeslagen dienen in verband daarmee om de vijf jaar opnieuw te worden vastgesteld. Het eerste beoogde toetsjaar is 1995. In literatuur [4] is op basis van een analyse van het verloop van de gemiddelde hoogwaterstanden in de tijd bij de verschillende peilmeetstations een aanbeveling gedaan voor de toeslagen op het ontwerppeil 1985, geldig voor de periode 1995 (1^e toetsjaar) tot 2000 (volgende toetsjaar). Voor alle locaties geldt een toeslag van 5 cm.

Ter illustratie zijn in onderstaande tabel voor een aantal stations de trendmatige veranderingen in de gemiddelde hoogwaterstanden en gemiddelde zeestanden berekend over de periode 1900-1990 opgenomen. In verband met eenmalige grote ingrepen zijn voor een aantal stations afwijkende berekeningsperioden toegepast (Afsluitdijk, havenwerken Hoek van Holland).

tabel 4.2
Trendmatige veranderingen in gemiddeld hoogwaterstand en gemiddelde zeestand in cm/eeuw en het verschil daartussen

Station	berekeningsperiode	Δ hoogwater	Δ zeestand	$\Delta h - \Delta z$
Bath	1900-1990	52	-	-
Hansweert	1900-1990	40	16	24
Terneuzen	1900-1990	40	24	16
Vlissingen	1900-1990	29	22	7
Cadzand	1900-1990	20	-	-
Westkapelle	1900-1990	24	-	-
Hoek van Holland	1900-1960(I)	12	21	-9
IJmuiden	1900-1990	25	21	4
Den Helder	1940-1990	22	19	3
Den Oever	1940-1990	29	-	-
Kornwerderzand	1940-1990	18	10	8
Harlingen	1940-1990	29	17	12
Delfzijl	1900-1970(I)	21	18	3
Nieuwe Statenzijl	1900-1990	26	-	-
Oudeschild	1940-1990	23	-	-
Vlieland-haven	1940-1990	28	7	21
West-Terschelling	1940-1990	26	11	15

Voor het vaststellen van de toeslagen op de ontwerppeilen 1985 voor het toetsjaar 1995 (rekening houdend met een stijging tot het jaar 2000) is uitgegaan van de stijging over de periode 1975...1990. Als eerste benadering is aangenomen dat de stijging over periode 1985...2000 ongeveer even groot zal zijn. De volgende tabel geeft de toename van het gemiddelde hoogwater en de gemiddelde zeestand over de periode 1975...1990.

tabel 4.3

Toename gemiddeld hoogwater en
gemiddelde zeestand over de periode
1975...1990 in cm

Station	Δ hoogwater [cm]	Δ zeestand [cm]
Bath	8.6	-
Hansweert	3.5	5.1
Terneuzen	2.7	2.9
Vlissingen	2.5	3.6
Cadzand	-1.9	-
Westkapelle	1.6	-
Hoek van Holland	4.0	6.3
Scheveningen	3.6	-
IJmuiden	6.5	4.1
Den Helder	4.0	4.5
Den Oever	8.1	-
Kornwerderzand	3.2	1.8
Harlingen	3.4	3.9
Delfzijl	11.1	4.2
Nieuwe Statenzijl	5.7	-
Oudeschild	3.6	-
Vlieland-haven	5.9	5.3
West-Terschelling	7.4	5.2

Bij de aanbeveling voor de toeslag van 5 cm op de basis- en ontwerppeilen 1985 voor alle stations voor de jaren 1995...1999 is verder het volgende overwogen:

- toeslagen worden, evenals de basis- en ontwerppeilen, afgerond op een veelvoud van 5 cm.
- bij deze afronding wordt rekening gehouden met de ruimtelijke samenhang van de verschillende stations; relatief grote verschillen tussen nabijgelegen stations zijn erg onwaarschijnlijk.
- er wordt rekening gehouden met het verloop van de trendlijnen over een recente periode, met name voor afwijkende waarden.
- er wordt rekening gehouden met ten minste de stijging van de gemiddelde zeestand.

De toeslag geldt niet alleen voor de basis- en ontwerppeilen, maar voor de gehele overschrijdingslijnen. Dat betekent dat elke overschrijdingslijn met de betreffende toeslag omhoog verschuift. De formules 4.1 en 4.2 blijven van kracht als ook u wordt verhoogt met de toeslag.

Bij aanleg of verbetering van een waterkering dient ook rekening te worden gehouden met toekomstige stijging van de gemiddelde hoogwaterstand tot het volgende herstel. Dit aspect staat in wezen los van de ontwerppeilen, doch wordt hier volledigheidshalve genoemd. In lit.[4] wordt de volgende aanbeveling gegeven. Voor de gehele Noordzeekust en Waddenzeekust dient rekening te worden gehouden met een stijging van de gemiddelde hoogwaterstand van 25 cm/eeuw, voor het Eems-Dollard estuarium 30 cm/eeuw en voor de Westerschelde 30 cm/eeuw vanaf Vlissingen, oplopend tot 50 cm/eeuw bij Bath. Het verloop van deze toekomstige hoogwaterrijzing langs de Nederlandse kust is in figuur 20 weergegeven. Afhankelijk van de beoogde herstelperiode kan uit deze stijgsnelheden eenvoudig de vereiste overhoogte worden bepaald.

4.5 Invloed verdieping Westerschelde op maatgevende peilen

Om het effect van geulverdieping op de extreme waterstanden te bepalen is een volgende set berekeningen verricht (lit.[10]). Met het SCALDIS-100 model is één van de simulaties van een extreme stormsituatie uit het eerdere onderzoek, die waterstanden opleverde in de buurt van het ontwerppeil, opnieuw doorgerekend maar dan met een andere bodemligging in het model. Hiervoor is de in 1984 ontworpen verdieping 48'/43'/38' gebruikt, waarbij ook rekening is gehouden met de te verwachten morfologische aanpassingen. Deze veranderingen ontstaan door het storten van baggerspecie en het naderhand uitruimen van geulen ten gevolge van het aanpassen van de morfologie aan een nieuw evenwicht. In tabel 4.4 worden voor een aantal Nederlandse stations de hoogwaterstanden gegeven die met de actuele en met de verdiepte bodem zijn doorgerekend.

tabel 4.4

Invloed verdieping 48'/43'/38' op de waterstanden bij één gekozen extreme storm

	hoogwater actueel [cm]	hoogwater verdiept [cm]	Verschil in cm
Vlissingen	498	498	0
Terneuzen	541	543	+2
Hansweert	584	589	+5
Bath	639	644	+5

De effecten blijken relatief gering te zijn en mogen als representatief voor eventuele veranderingen in de ontwerp- en de basispeilen worden beschouwd. In het mondingsgebied van de Westerschelde blijven de hoogwaterstanden ongewijzigd. Daarna nemen deze toe tot 5 cm bij Bath.

De eerder besproken trends in het gemiddeld hoogwater en de gemiddelde zeestand zijn natuurlijk niet los te koppelen van eerder uitgevoerde ingrepen in de bodemligging en komberging, waarvan de invloed zich over jaren kan laten gelden.

Literatuurlijst

- [1] Dillingh, D., Haan, L., Helmers, R., Können, G.P., Malde, J.v, 1993
De basispeilen langs de Nederlandse kust: statistisch onderzoek
rapport DCW 93-023
- [2] Philippart, M.E., Pwa, S.T. en de Ronde, J.G., 1993
De basispeilen langs de Nederlandse kust: fysisch onderzoek
rapport DGW 93-025
- [3] Urk, A. van, 1993. De basispeilen langs de Nederlandse kust: eind-
verslag. Rapport DGW 93-026
- [4] Dillingh, D. en Heinen, P.F., 1994. Zeespiegelstijging, getijverande-
ring en Deltaveiligheid. Rapport RIKZ/94.026
- [5] Philippart, M.E., 1995. De basispeilen langs de Nederlandse kust:
ruimtelijke verdeling van basis- en ontwerppeilen in deelgebied
Waddenzee. Werkdocument RIKZ/OS-95.106x
- [6] Philippart, M.E., 1995. De basispeilen langs de Nederlandse kust:
ruimtelijke verdeling van basis- en ontwerppeilen in deelgebied
gesloten kust Werkdocument RIKZ/OS-95.107x
- [7] Philippart, M.E., 1995. De basispeilen langs de Nederlandse kust:
ruimtelijke verdeling van basis- en ontwerppeilen in deelgebied
Zeeuwse Delta. Werkdocument RIKZ/OS-95.108x
- [8] Bavelaar, A.E.R., 1995. Genereren randvoorwaarden SCALDIS-100-
model. Werkdocument RIKZ/AB-95.102x
- [9] Male, C. van der, 1994. WAQUA simulaties voor basispeilen Wes-
terschelde Werkdocument RIKZ, RIKZ/AB-94.878x
- [10] Philippart, M.E., 1995. De basispeilen langs de Nederlandse kust:
ruimtelijke verdeling van basis- en ontwerppeilen in deelgebied
Westerschelde. Werkdocument RIKZ/OS-95.109x
- [11] Dillingh, D., 1995. De basispeilen langs de Nederlandse kust: statis-
tisch onderzoek Westerschelde en Nieuwe Statenzijl.
werkdokument RIKZ/IT-95.105x
- [12] Dillingh, D. en Heinen, P.F., 1994
Basis- en ontwerppeilen van de Deltacommissie en veranderingen
in gemiddelde zeeniveau's. Werkdocument RIKZ/IT-94.104x

Lijst van figuren

- 1 Verdeling van het 10^{-4} kwantiel in de Waddenzee en de Eems-Dollard
- 2 Verdeling van het 10^{-4} kwantiel in de Waddenzee en de Eems-Dollard zoals door de Deltacommissie bepaald
- 3 Verdeling van het $2.5 \cdot 10^{-4}$ kwantiel in de Waddenzee en de Eems-Dollard
- 4 Verdeling van het $5 \cdot 10^{-4}$ kwantiel in de Waddenzee en de Eems-Dollard
- 5 Verdeling van het 10^{-4} kwantiel langs de gesloten kust
- 6 Verdeling van het 10^{-4} kwantiel in de Zuid-Hollandse en Zeeuwse Delta
- 7 Verdeling van het $2.5 \cdot 10^{-4}$ kwantiel in de Zuid-Hollandse en Zeeuwse Delta
- 8 Verdeling van het 10^{-4} kwantiel in de Westerschelde en de Zeeuws-Vlaamse kust
- 9 Verdeling van het $2.5 \cdot 10^{-4}$ kwantiel in de Westerschelde en de Zeeuws-Vlaamse kust
- 10 Het effect van de sluiting van de Oosterscheldekering op het astronomisch hoogwater en op het extreme stormhoogwater voor een aantal stations in de Zeeuwse Delta.
- 11 Verloop van het basispeil, het gemiddeld hoogwater en het verschil daartussen langs de Nederlandse kust
- 12 Overschrijdingslijnen voor de Westerschelde met monding
- 13 Overschrijdingslijnen voor de Deltakust
- 14 Overschrijdingslijnen voor de gesloten kust
- 15 Overschrijdingslijnen voor de buitenzijde Wadden
- 16 Overschrijdingslijnen voor de Waddenzee (west)
- 17 Overschrijdingslijnen voor de Waddenzee (midden)
- 18 Overschrijdingslijnen voor de Waddenzee (oost)
- 19 Overschrijdingslijnen voor de Eems-Dollard
- 20 Verwachte gemiddelde toekomstige hoogwaterstijging langs de Nederlandse kust [cm/eeuw] (lit.[4])

Lijst van tabellen

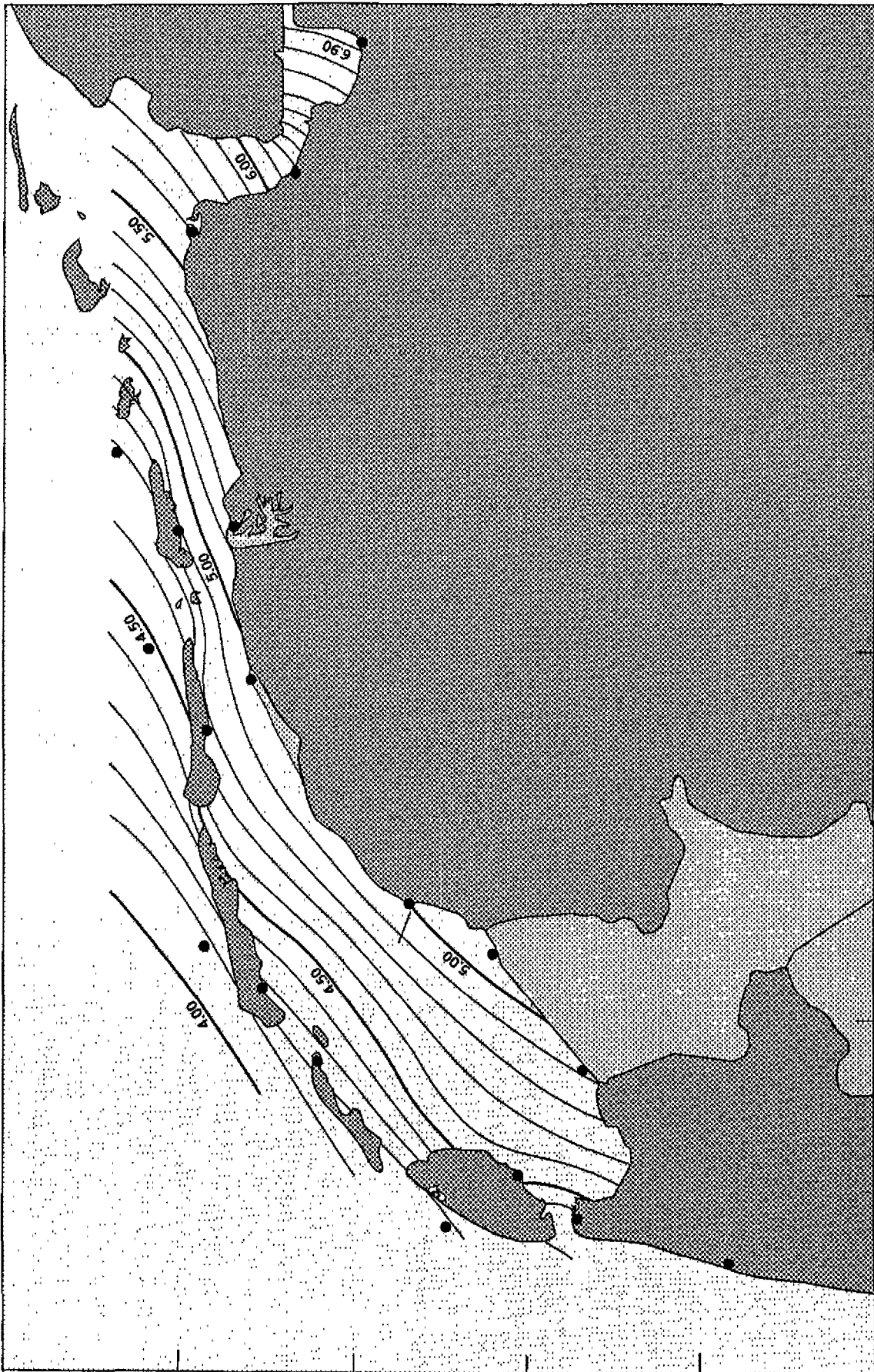
-
- | | |
|------|---|
| 3.1 | Basis- en ontwerppeilen in de peilmeetstations langs de Noord-Hollandse, Friese en Groningse kust |
| 3.2 | Basis- en ontwerppeilen in de peilmeetstations langs de Waddeneilanden |
| 3.3 | Basis- en ontwerppeilen in de peilmeetstations langs de gesloten Hollandse kust |
| 3.4 | Basis- en ontwerppeilen in de peilmeetstations langs de deltakust |
| 3.5 | Overzicht van de complete set overschrijdingsfrequenties voor de peilmeetstations langs de Nederlandse kust |
| 3.6 | Verloop van het ontwerppeil langs de Eems en de Dollard (vanaf Delfzijl) |
| 3.7 | Verloop van het ontwerppeil langs de Groningse kust tussen Eemshaven en Delfzijl |
| 3.8 | Verloop van het ontwerppeil langs de Waddenzeekust van Groningen |
| 3.9 | Verloop van het ontwerppeil langs de Friese kust |
| 3.10 | Verloop van het ontwerppeil langs de Afsluitdijk |
| 3.11 | Verloop van het ontwerppeil langs de Waddenzeekust van Noord-Holland |
| 3.12 | Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Texel |
| 3.13 | Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Vlieland |
| 3.14 | Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Terschelling |
| 3.15 | Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Ameland |
| 3.16 | Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Schiermonnikoog |
| 3.17 | Verloop van het ontwerppeil langs de gesloten Hollandse kust (Noord- en Zuid-Holland) |
| 3.18 | Verloop van het ontwerppeil langs de kust van de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden |
| 3.19 | Verloop van het ontwerppeil langs de Westerschelde - eerste deel |
| 3.20 | Verloop van het ontwerppeil langs de Westerschelde - tweede deel |
| 3.21 | Verloop van het ontwerppeil langs de Westerschelde - derde deel |
| 3.22 | Verloop van het ontwerppeil langs de Westerschelde - vierde deel |

Lijst van bijlagen

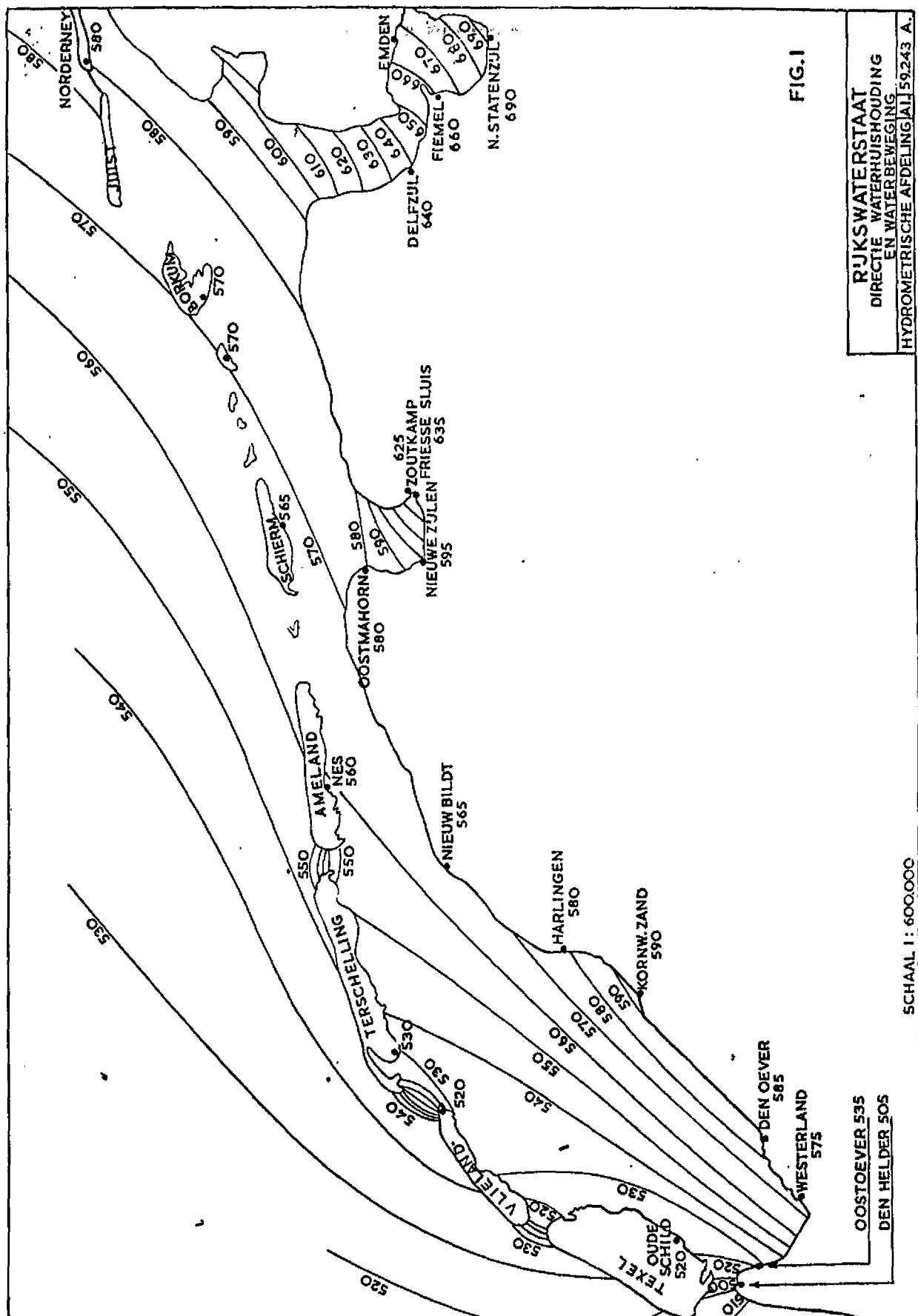
- 1 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Cadzand
- 2 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Terneuzen
- 3 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Bath
- 4 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Hansweert
- 5 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Vlissingen
- 6 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Westkapelle
- 7 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Roompot Buiten
- 8 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Brouwershavense gat 08
- 9 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Haringvlietsluizen
- 10 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Hoek van Holland
- 11 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Scheveningen
- 12 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van IJmuiden
- 13 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Petten-zuid
- 14 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Den Helder
- 15 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Texel-Noordzee
- 16 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Terschelling- Noordzee
- 17 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Wierumergronden
- 18 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Huibertgat
- 19 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Oudeschild
- 20 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Vlielandhaven

- | | |
|----|--|
| 21 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van West-Terschelling |
| 22 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Nes |
| 23 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Schiermonnikoog |
| 24 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Den Oever |
| 25 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Kornwerderzand |
| 26 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Harlingen |
| 27 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Holwerd |
| 28 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Lauwersoog |
| 29 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Eemshaven |
| 30 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Delfzijl |
| 31 | Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Nieuwe Statenzijl |

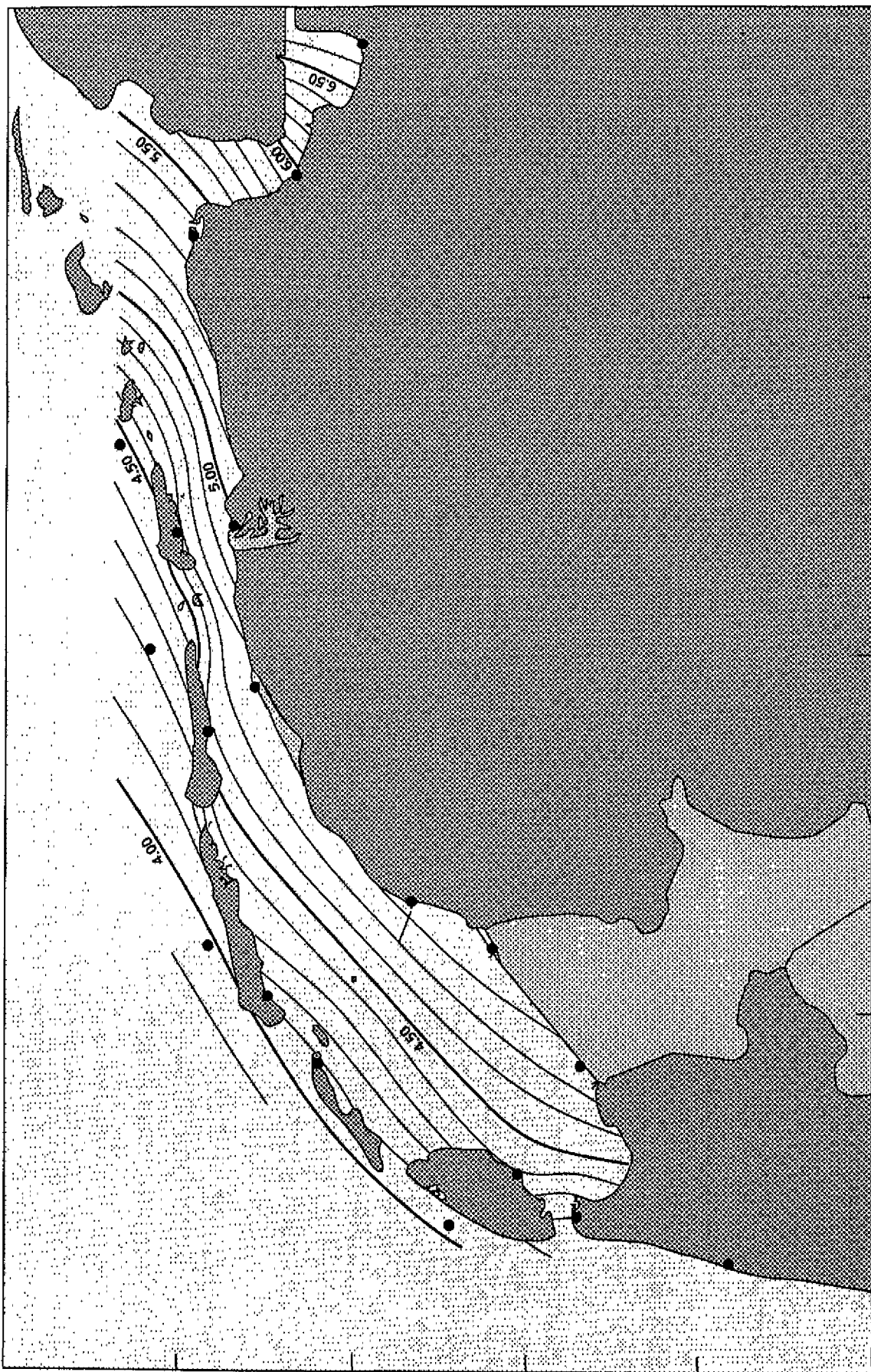
Figuren



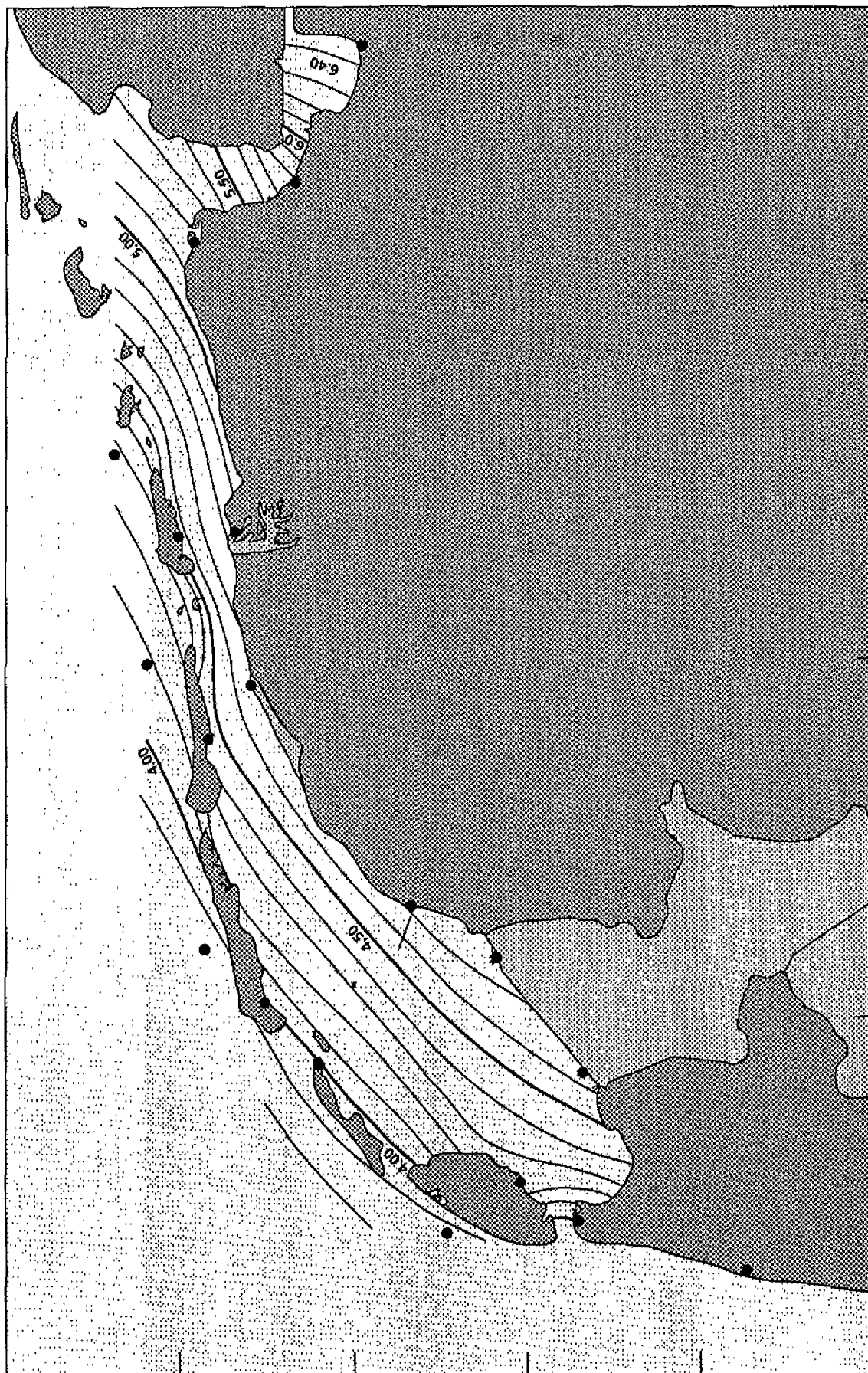
figuur 1 Verdeling van 10^{-4} kwantiel in de Waddenzee en de Eems-Dollard



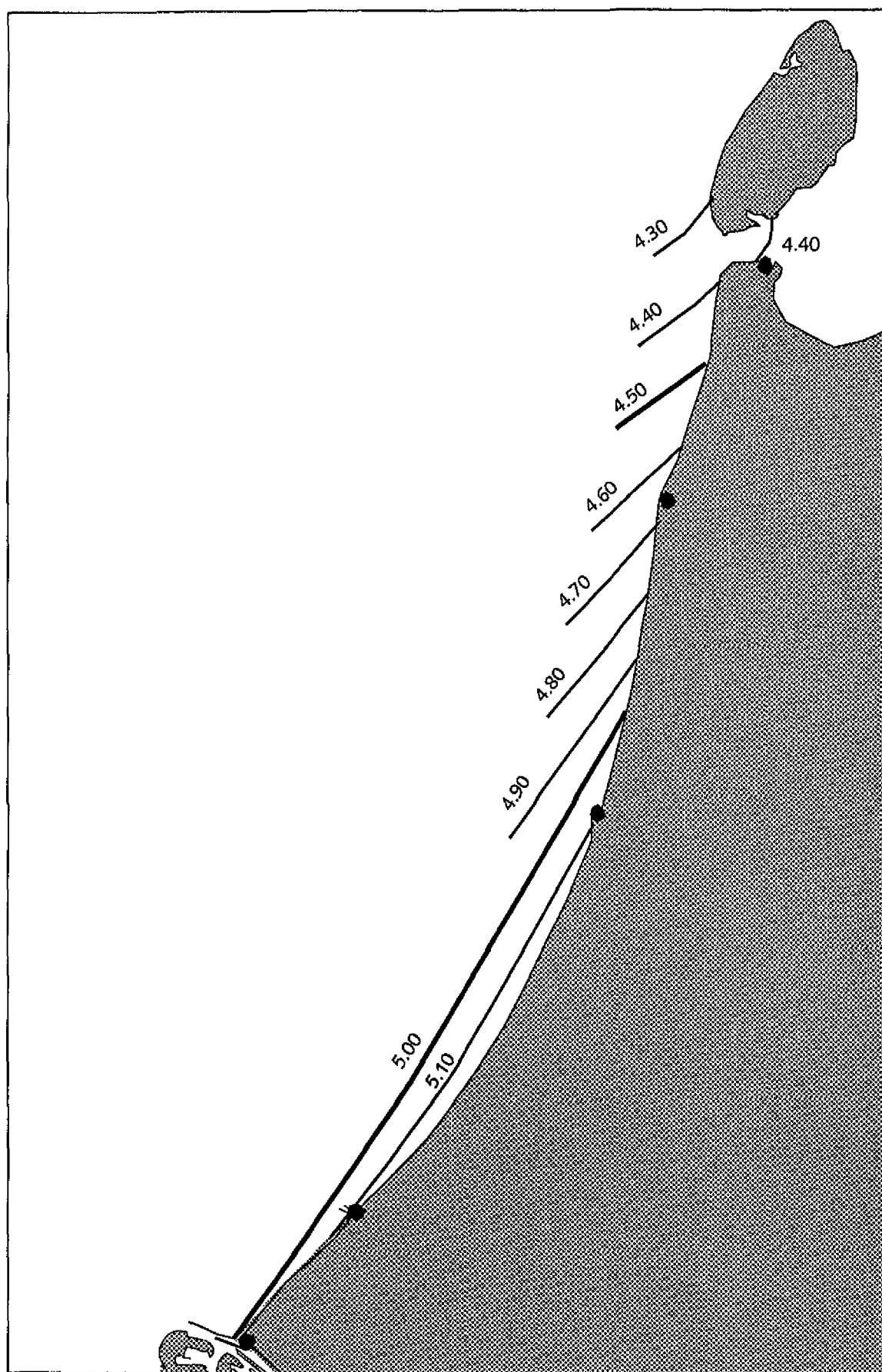
figuur 2 Verdeling van het 10^{-4} kwantiel in de Waddenzee en de Eems-Dollard volgens de Deltacommissie



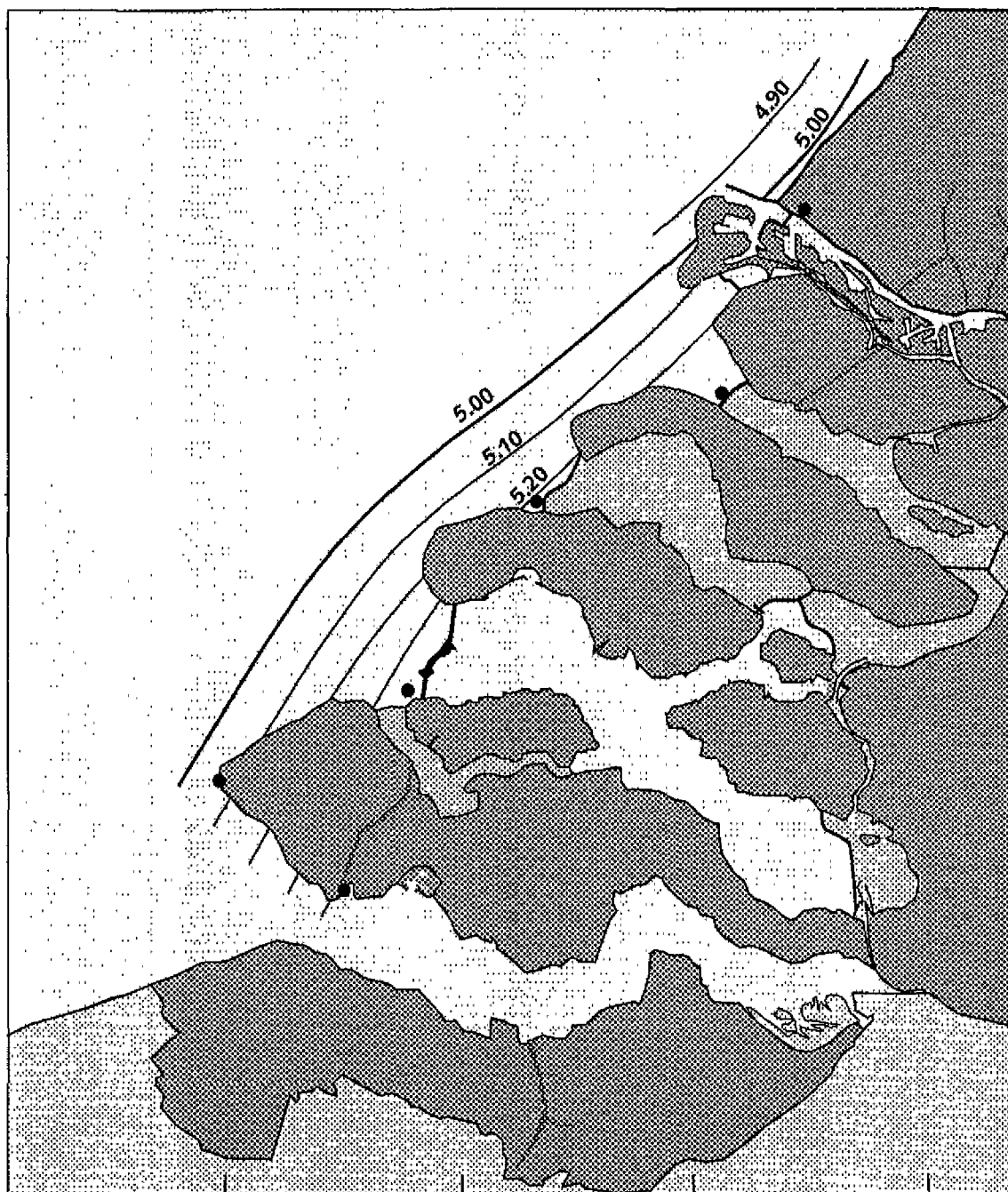
figuur 3 Verdeling van $2.5 \cdot 10^{-4}$ kwantiel in de Waddenzee en de Eems-Dollard



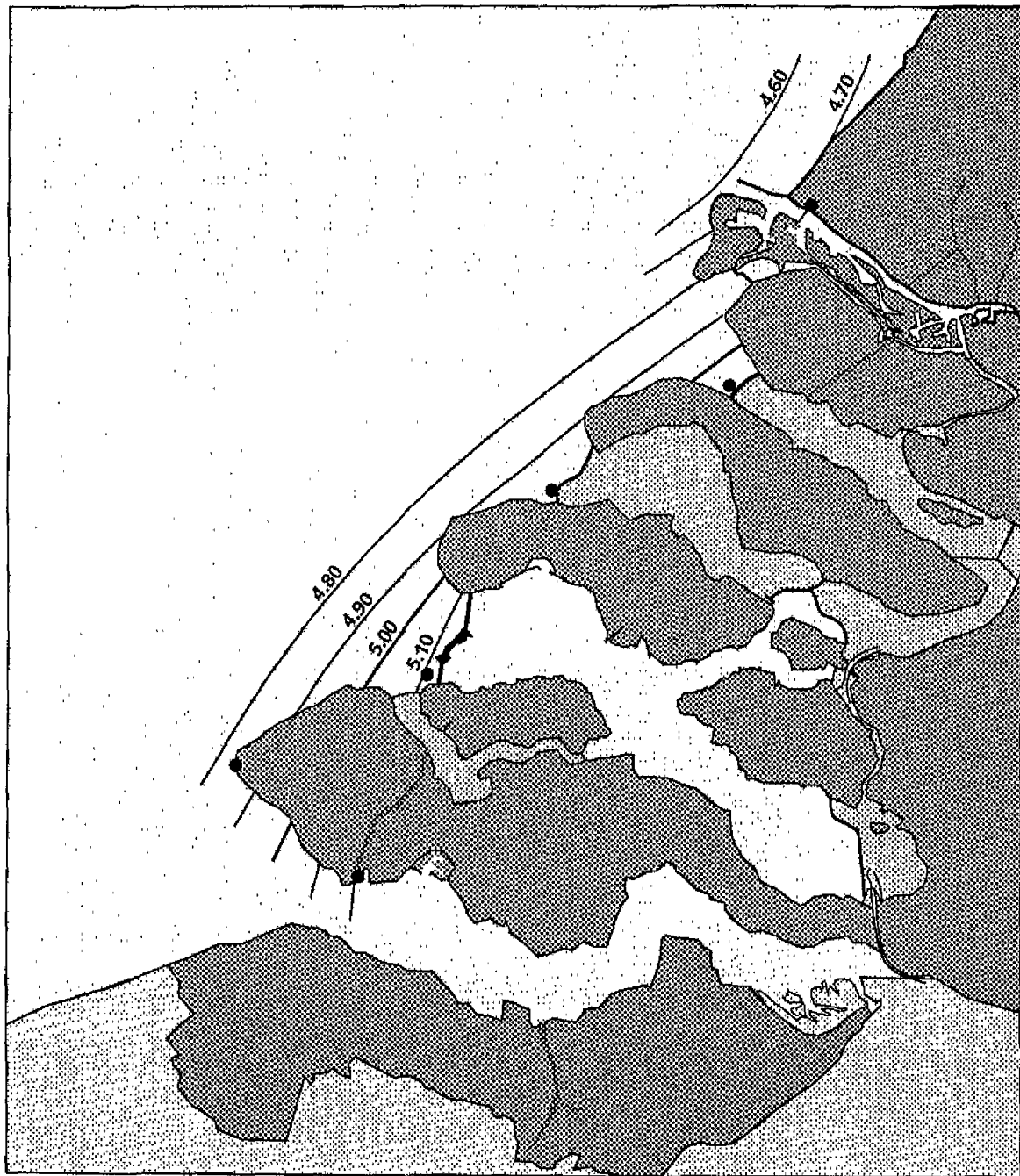
figuur 4 Verdeling van $5 \cdot 10^{-4}$ kwantiel in de Waddenzee en de Eems-Dollard



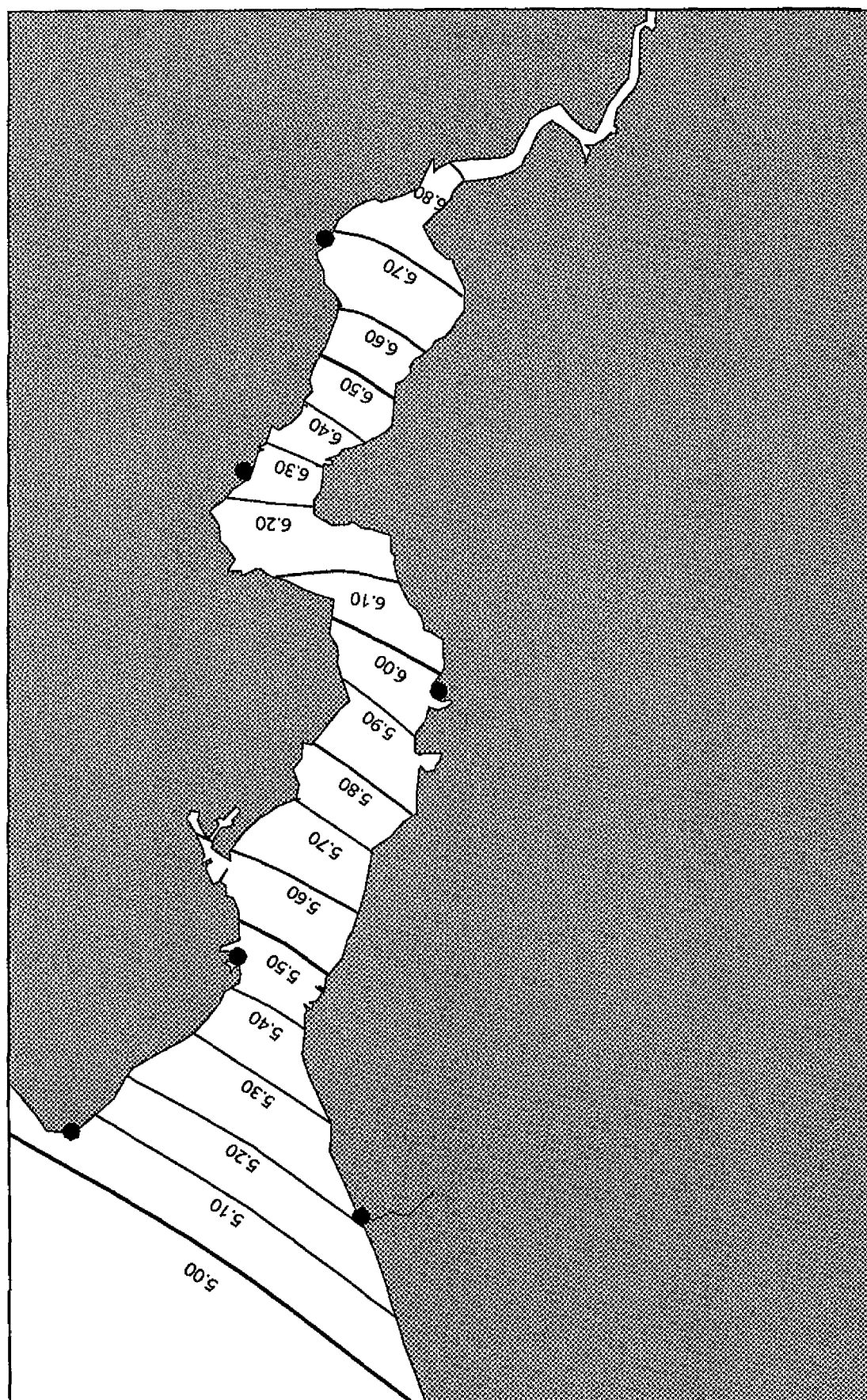
figuur 5 Verdeling van 10^{-4} kwantiel langs de gesloten kust



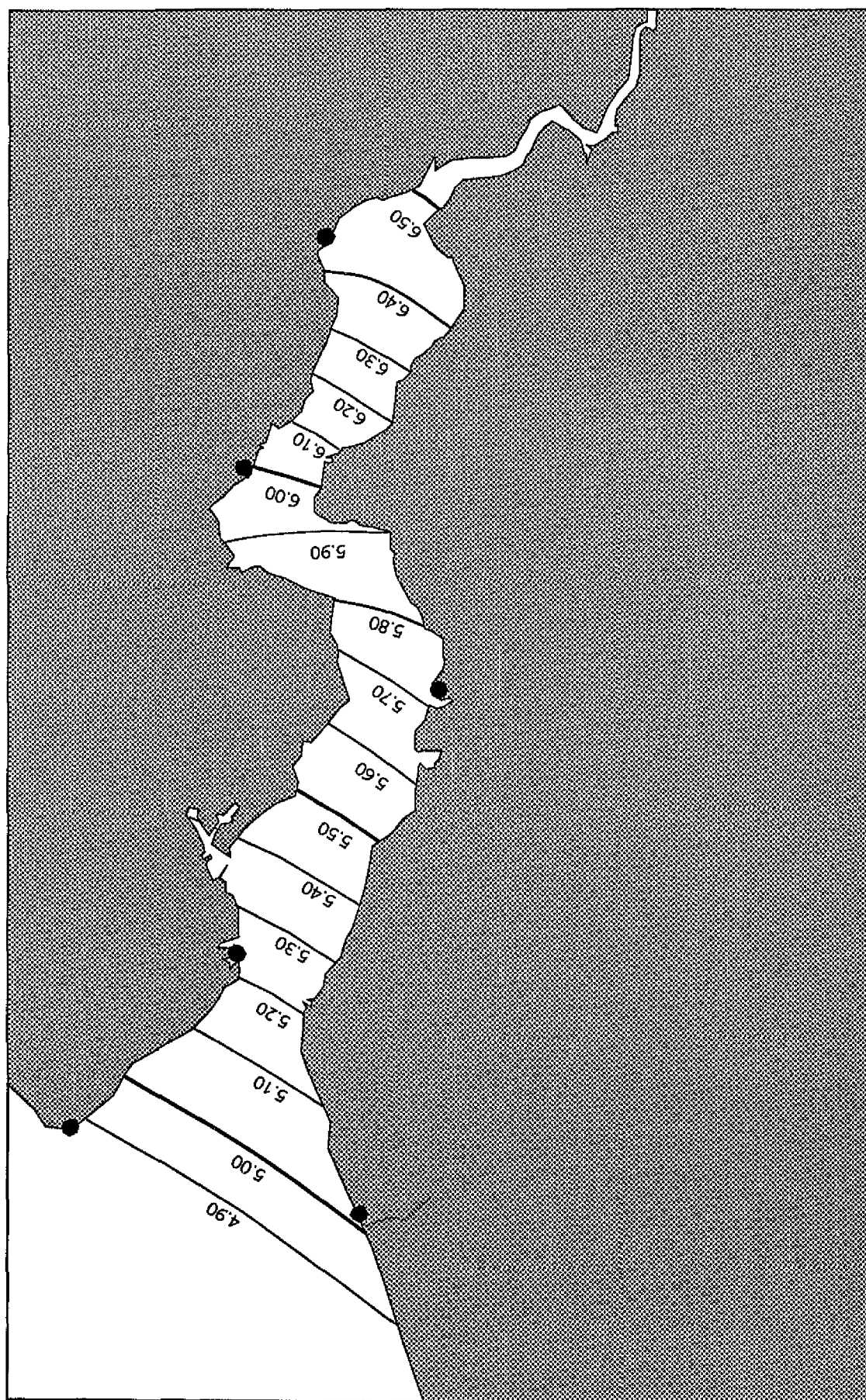
figuur 6 Verdeling van 10^{-4} kwantiel in de Zuid-Hollandse en Zeeuwse Delta



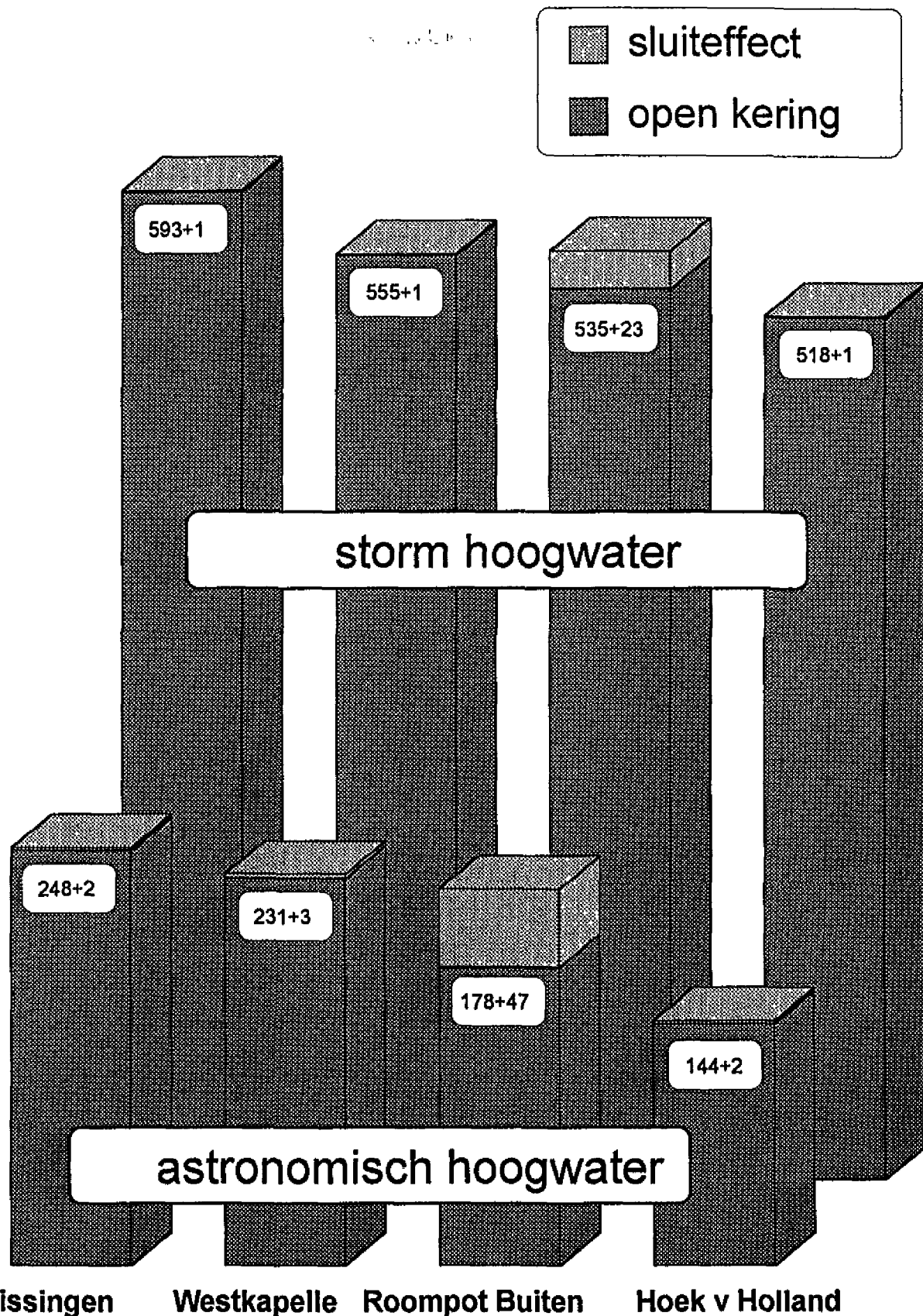
figuur 7 Verdeling van $2.5 \cdot 10^{-4}$ kwantiel in de Zuid-Hollandse en Zeeuwse Delta



figuur 8 Verdeling van het 10^{-4} kwantiel in de Westerschelde en de Zeeuws-Vlaamse kust

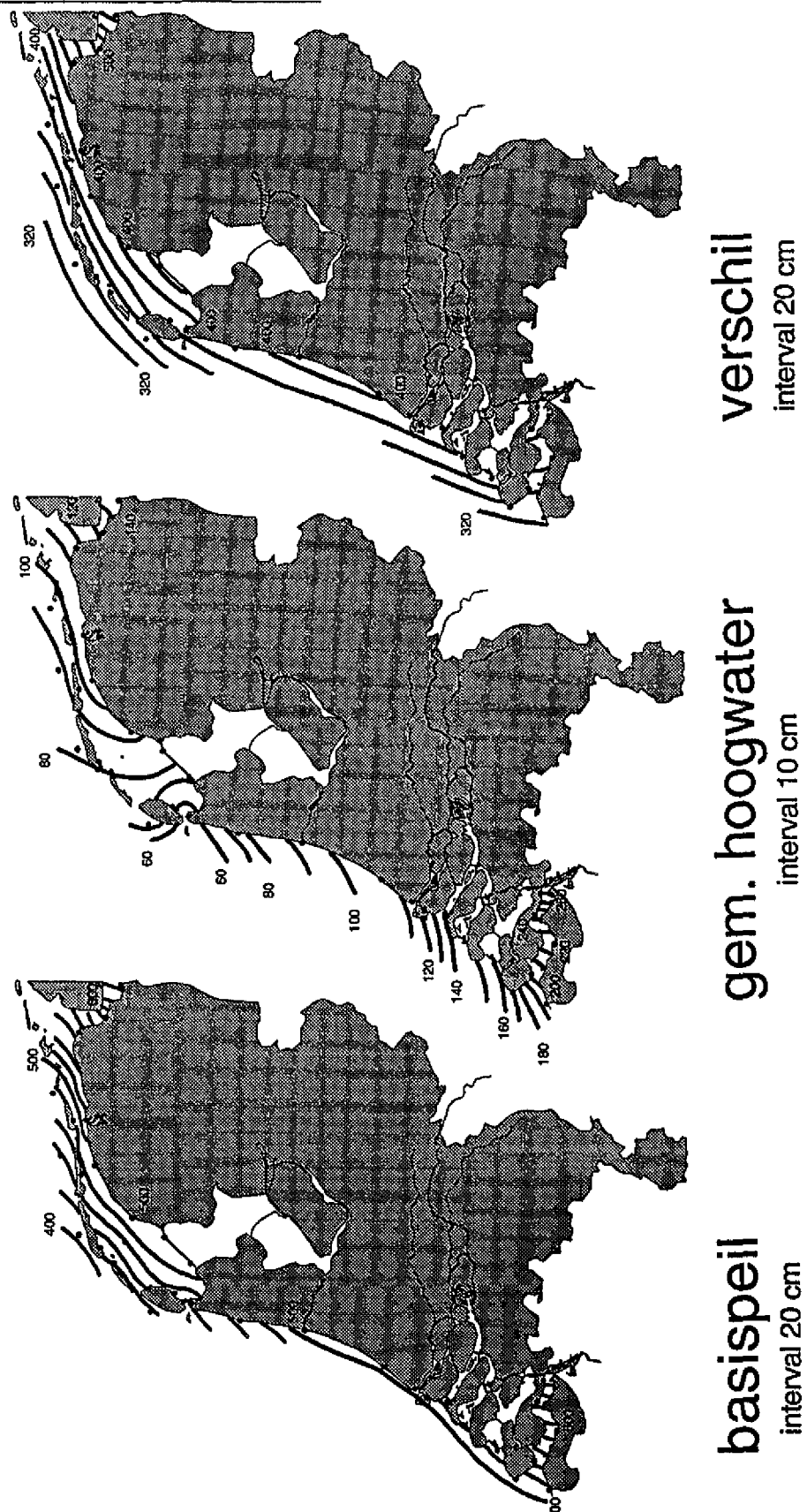


figuur 9 Verdeling van het $2.5 \cdot 10^{-4}$ kwantiel in de Westerschelde en de Zeewuws-Vlaamse kust

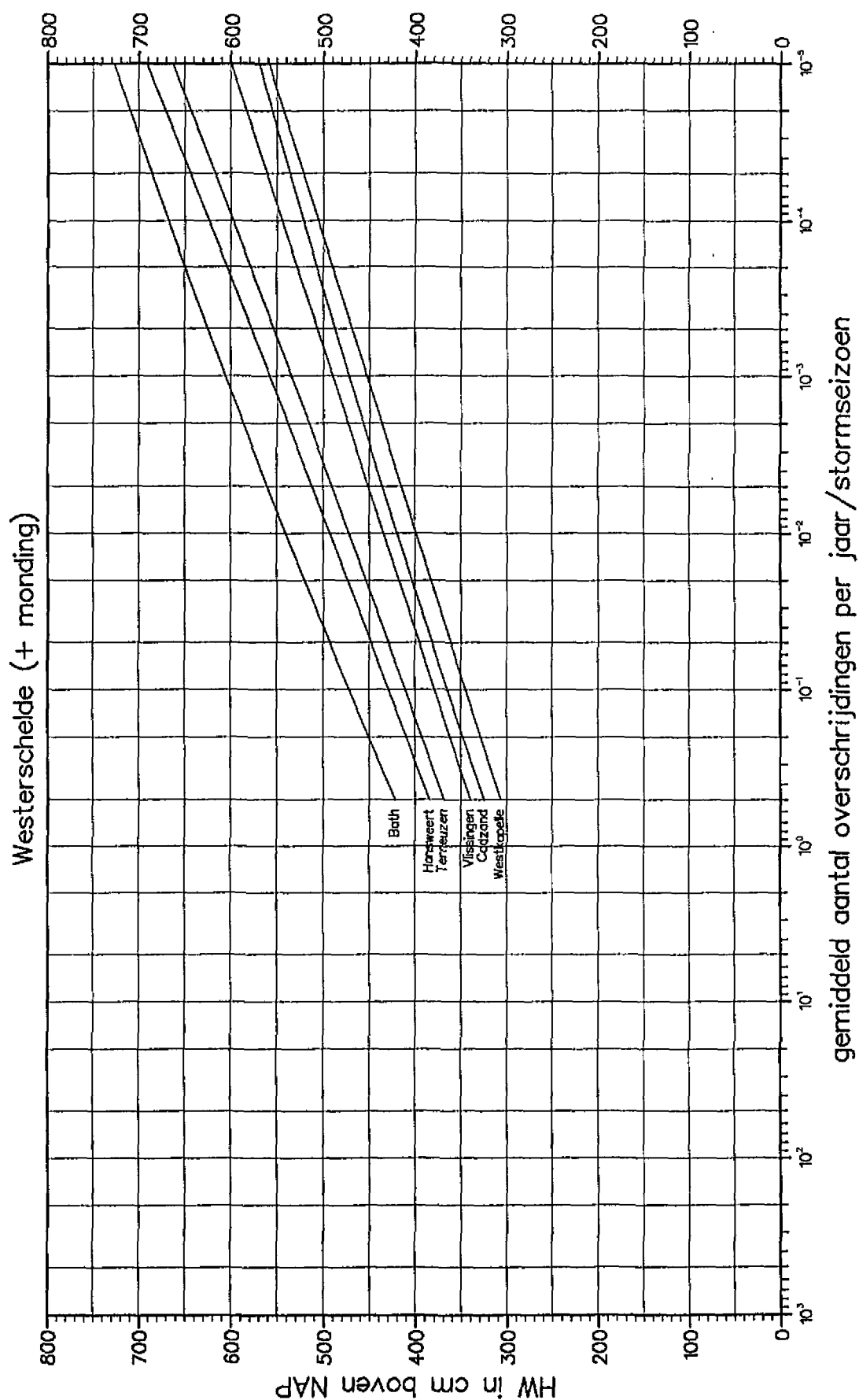


figuur 10

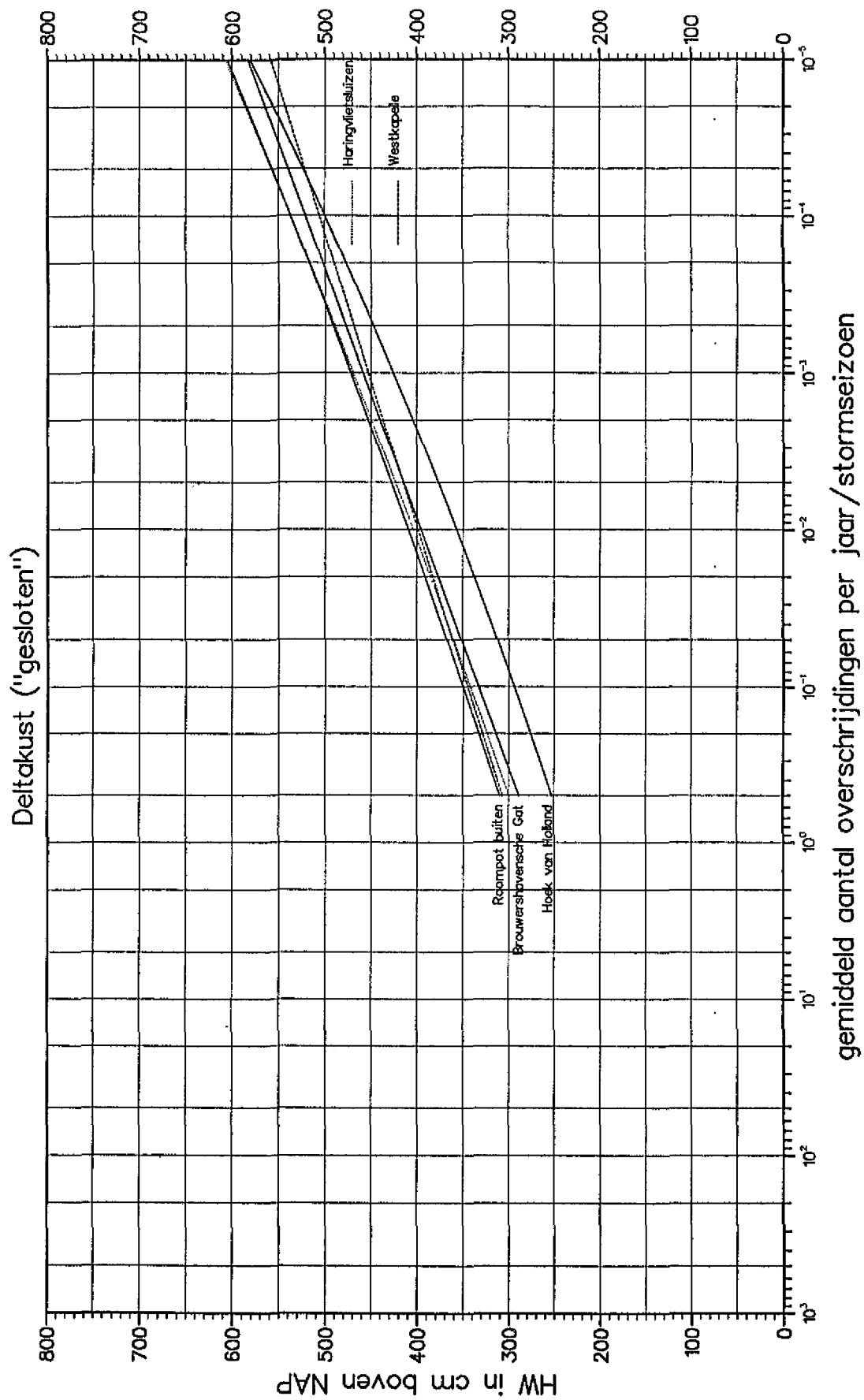
Het effect van de sluiting van de Oosterscheldekering op het astronomisch hoogwater en op het extreme stormhoogwater voor een aantal stations in de Zeeuwse Delta.



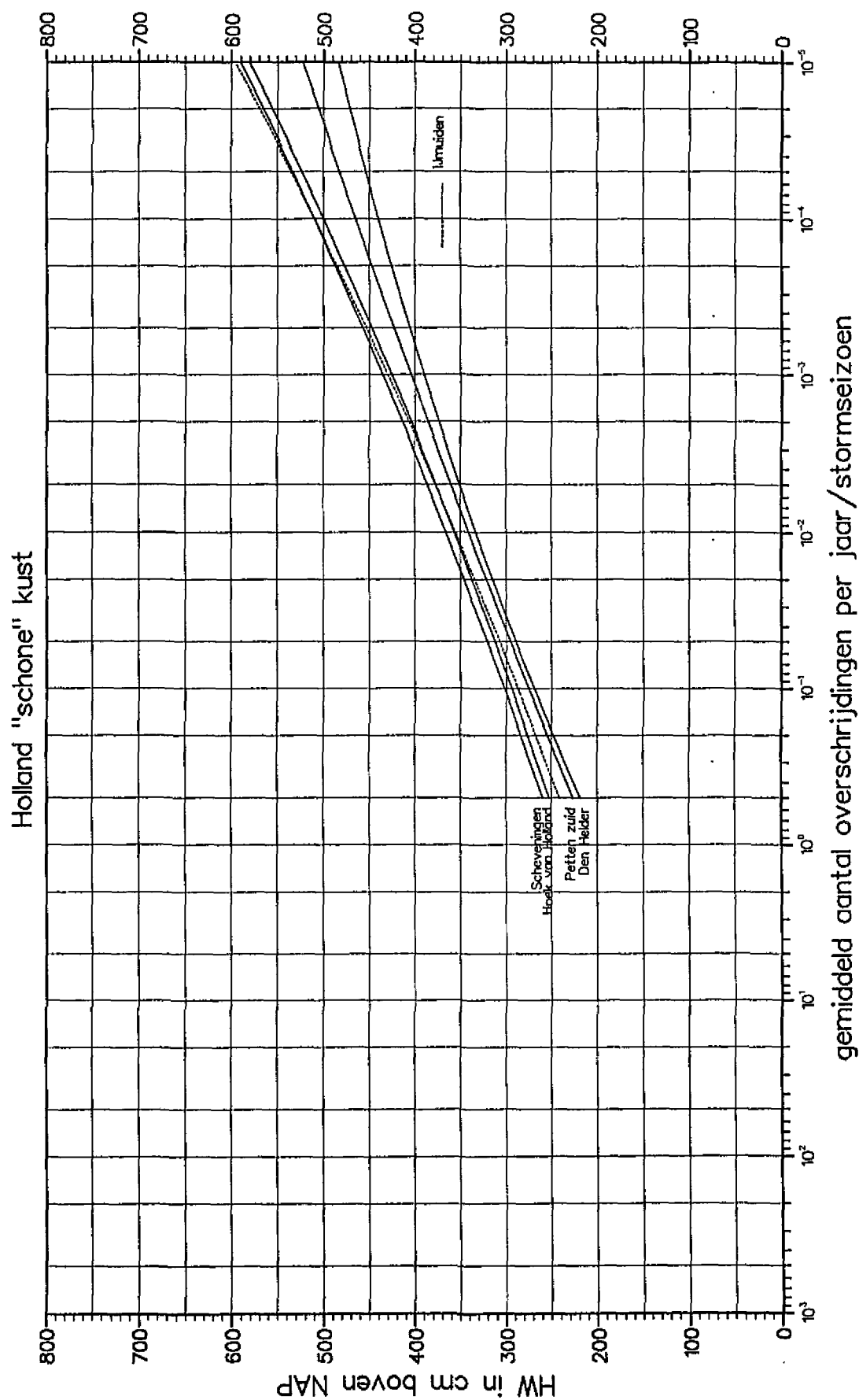
figuur 11 Verloop van het basispeil, het gemiddeld hoogwater en het verschil daartussen langs de Nederlandse kust



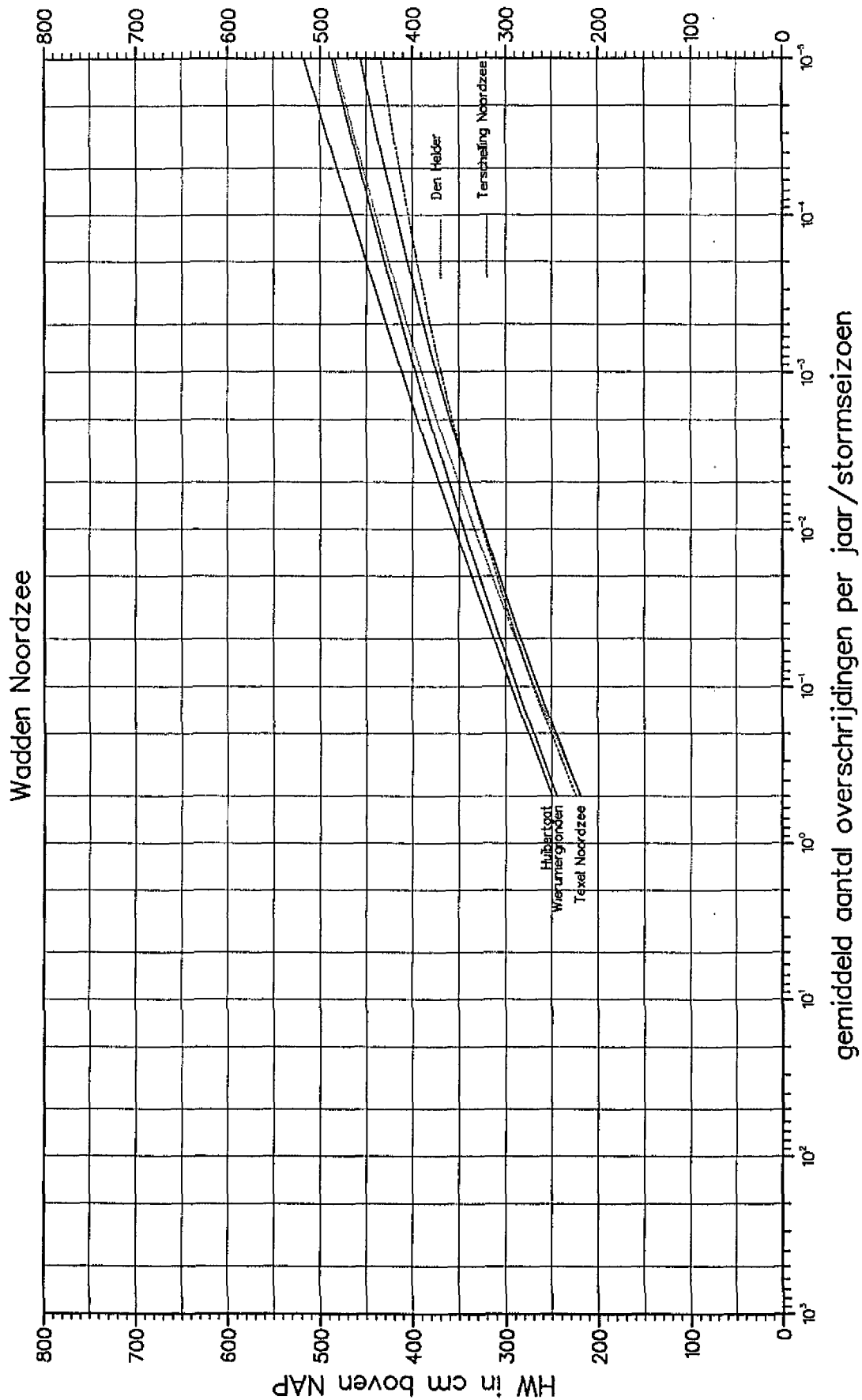
figuur 12 Overschrijdingslijnen voor de Westerschelde met monding



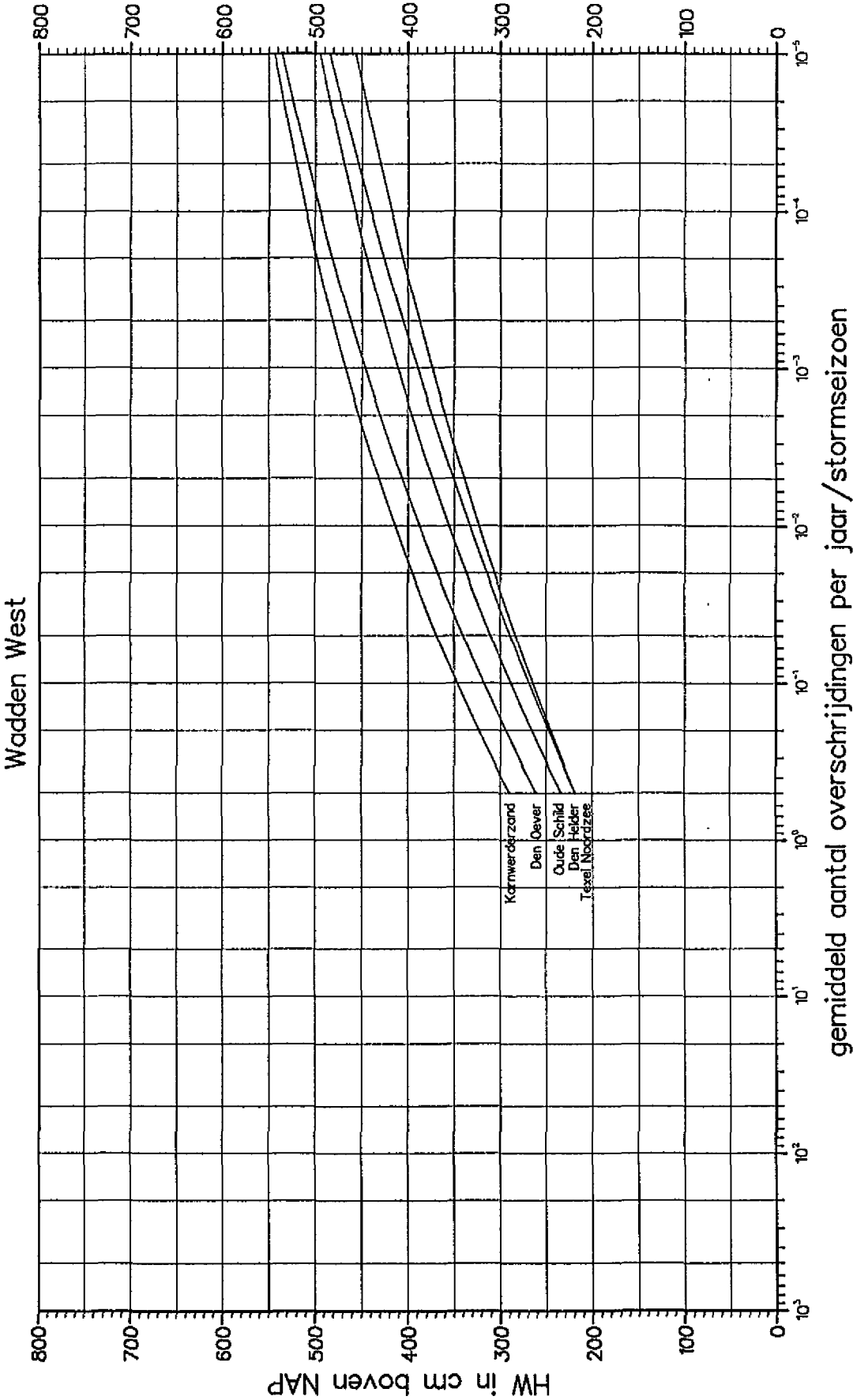
figuur 13 Overschrijdingslijnen voor de Deltakust



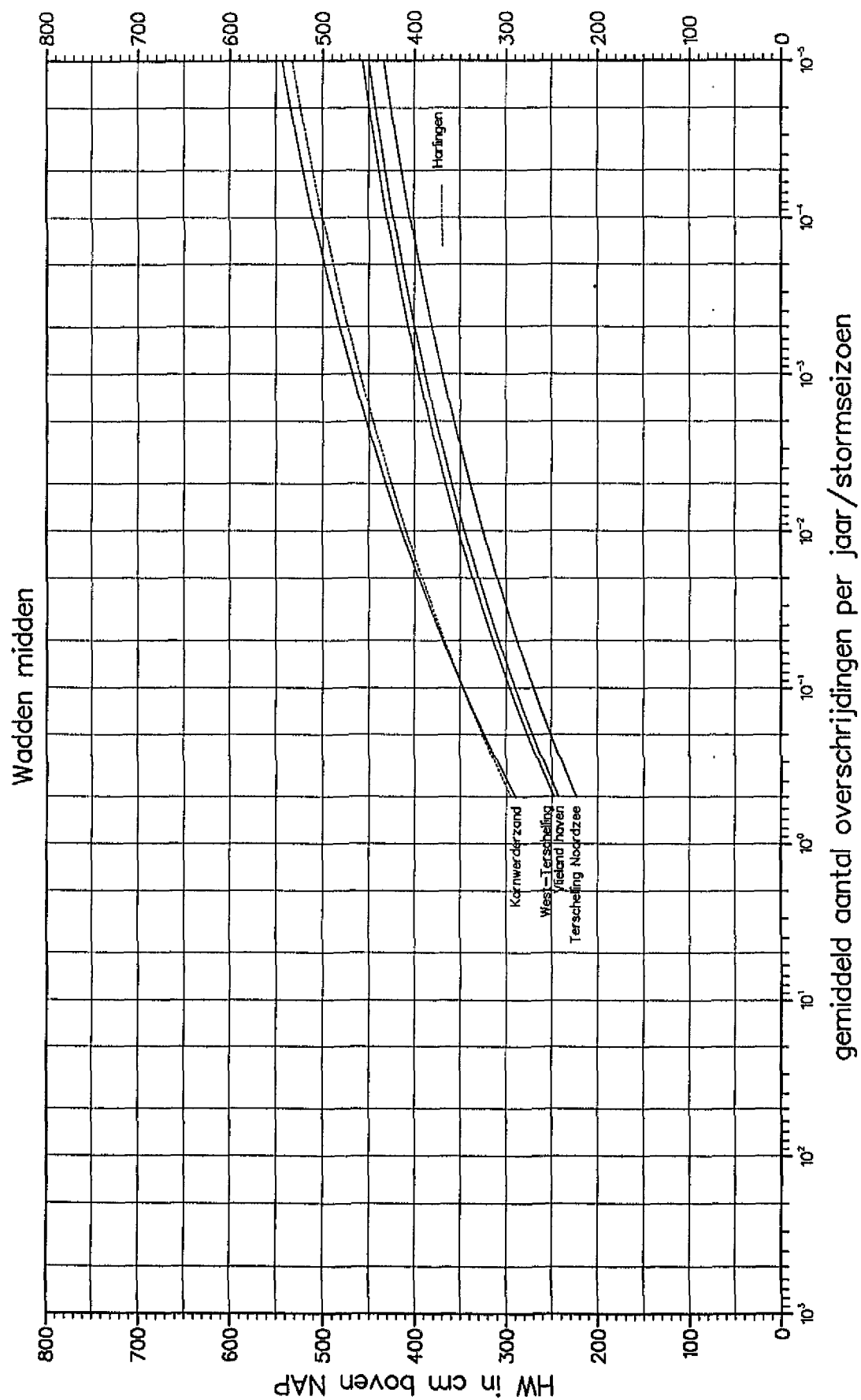
figuur 14 Overschrijdingslijnen voor de gesloten kust



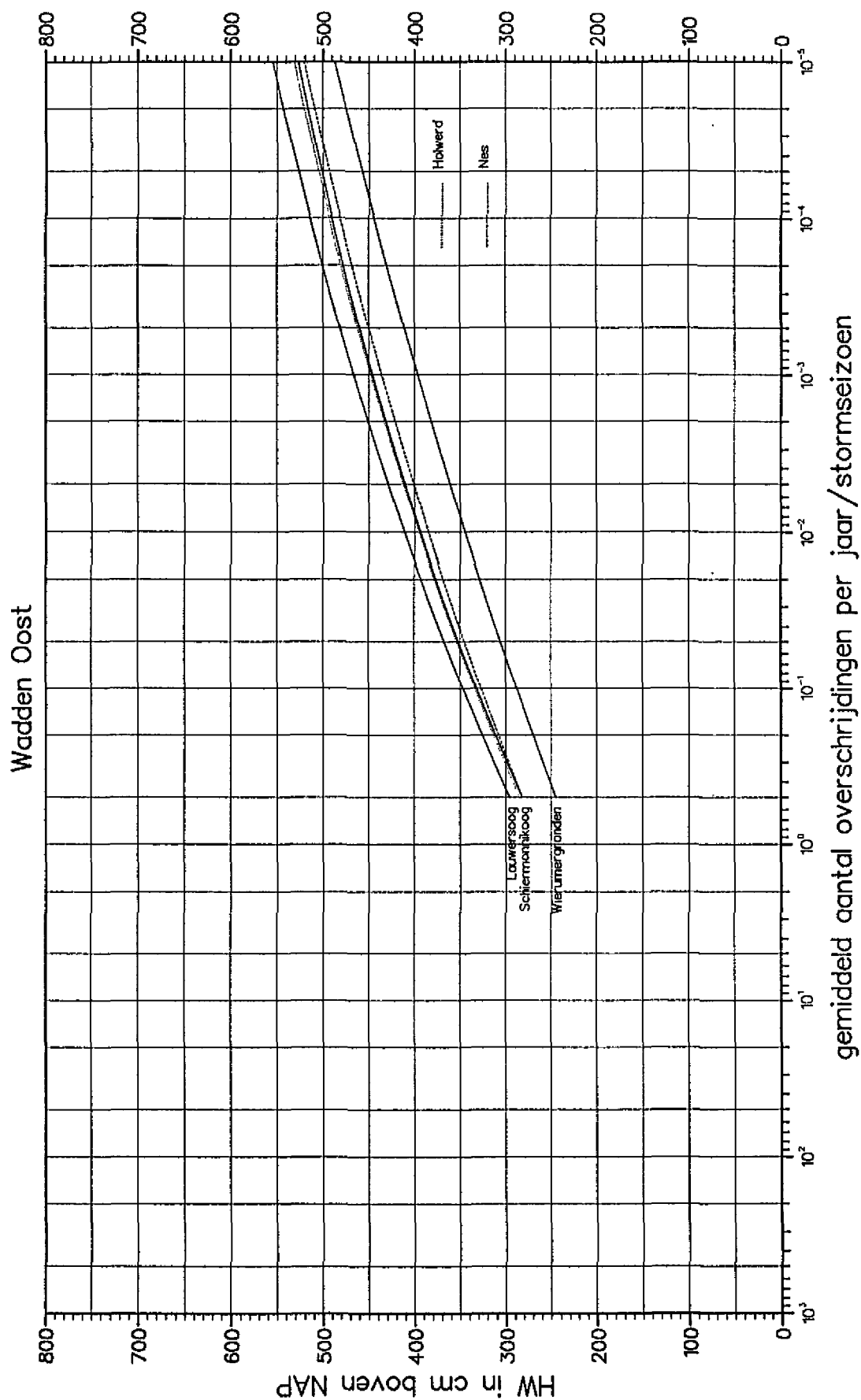
figuur 15 Overschrijdingslijnen voor de buitenzijde Wadden



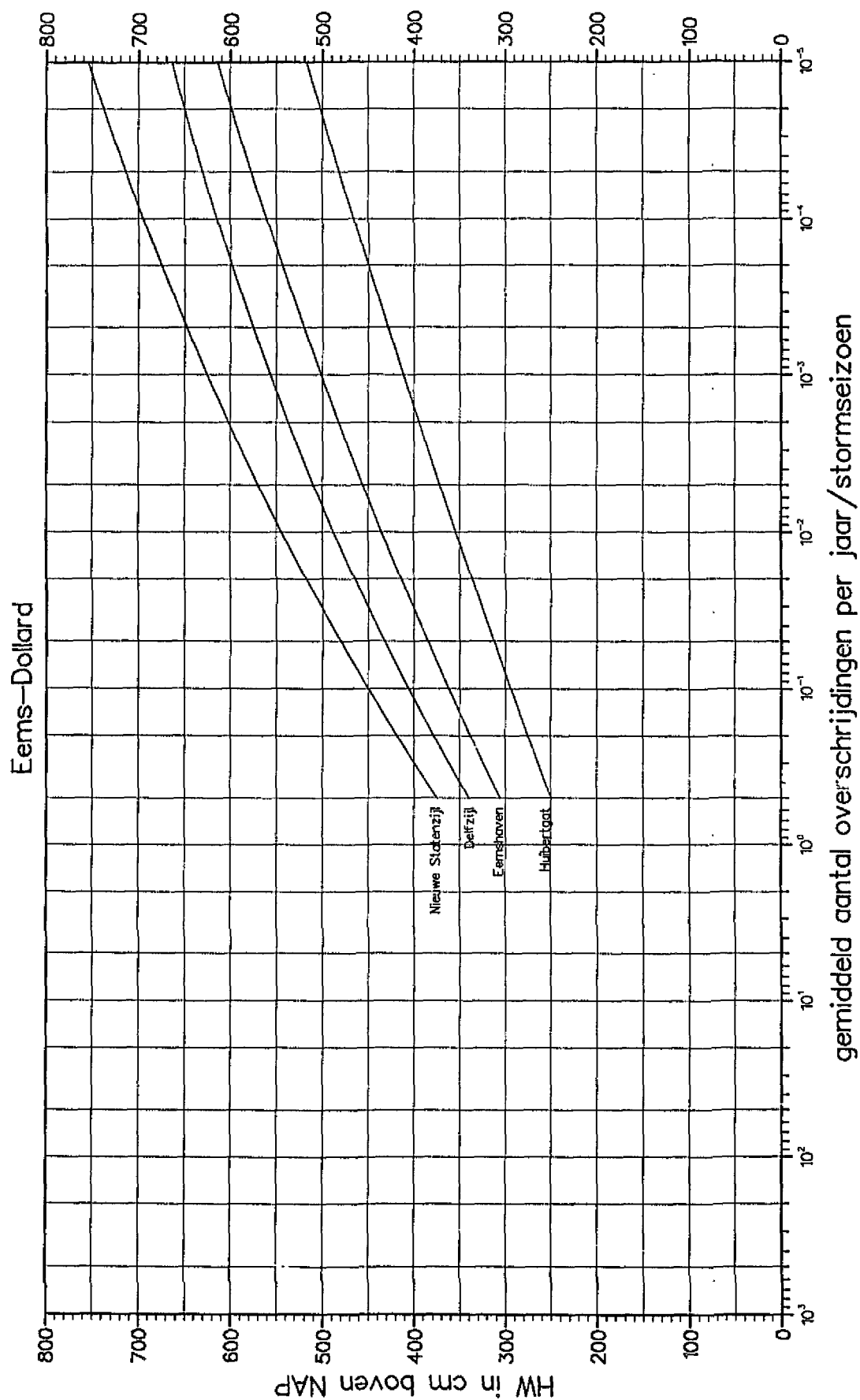
figuur 16 Overschrijdingslijnen voor de Waddenzee (west)



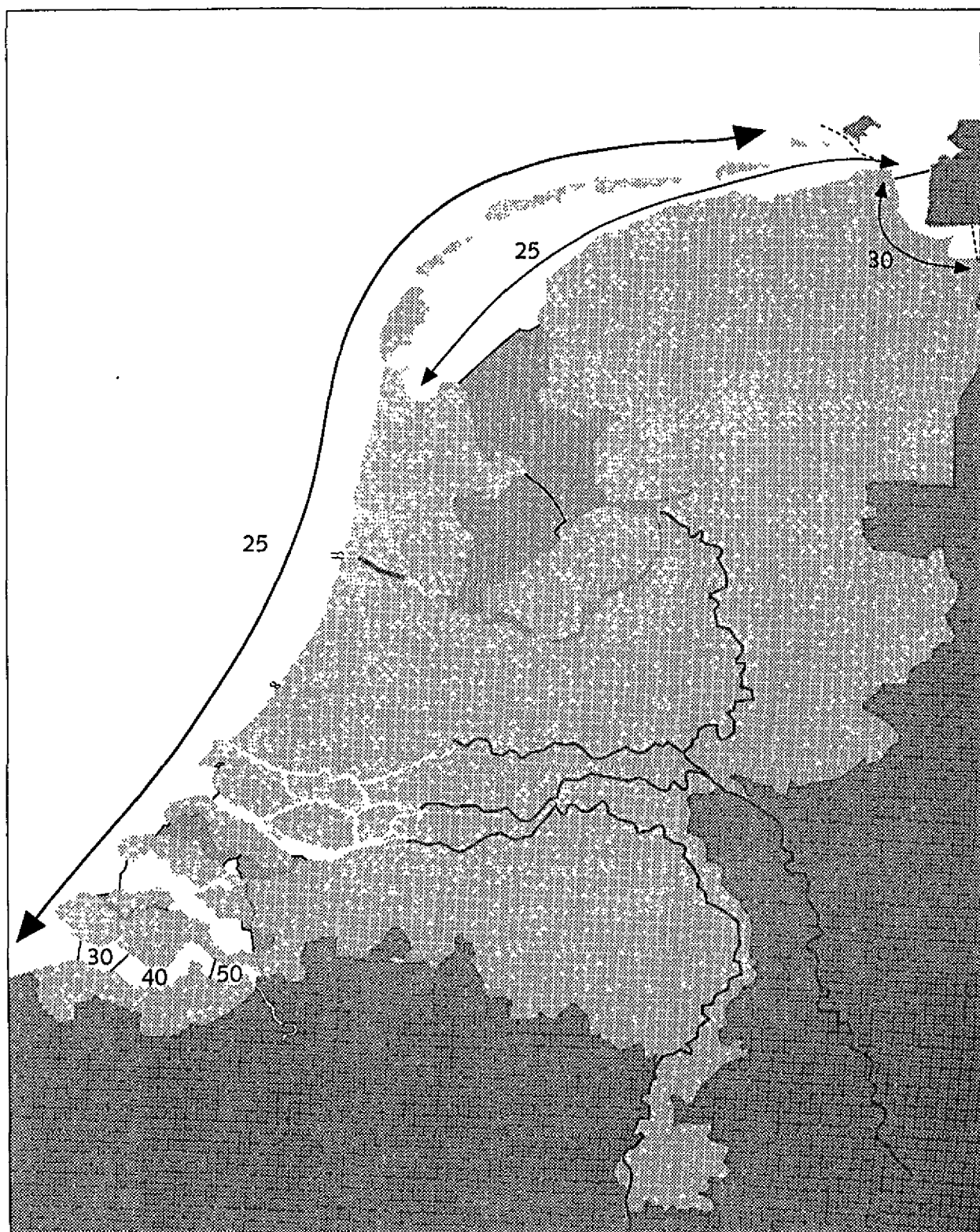
figuur 17 Overschrijdingslijnen voor de Waddenzee (midden)



figuur 18 Overschrijdingslijnen voor de Waddenzee (oost)



figuur 19 Overschrijdingslijnen voor de Eems-Dollard



figuur 20 Verwachte gemiddelde toekomstige hoogwaterstijging langs de Nederlandse kust [cm/eeuw] (lit.[4])

Tabellen

peilmeetstation	Deltacommissie			1985			verschil ¹⁾		kwantilen t.o.v. NAP					
	basispeil [cm] + NAP	ontwerppeil [cm] + NAP	economische reductie [cm]	basispeil [cm] + NAP	ontwerp- peil [cm] + NAP	frequentie ontwerppeil [1/jaar]	basispeil [cm]	ontwerp- peil [cm]	gemiddeld HW 1991.0 [cm]	$5 \cdot 10^{-1}$ [cm]	10^{-1} [cm]	10^{-2} [cm]	10^{-3} [cm]	10^{-5} [cm]
Den Helder	505	505	0	440	440	10^{-4}	-65	-65	58	219	269	333	390	484
Den Oever (Wieringen)	585	545	40	495	475	$2.5 \cdot 10^{-4}$	-90	-70	72	261	318	388	446	536
Den Oever (Afsluitdijk)	585	525	60	495	455	$7 \cdot 10^{-4}$	-90	-70	72	261	318	388	446	536
Kornwerderzand	590	530	60	510	475	$7 \cdot 10^{-4}$	-80	-55	86	290	347	414	468	544
Harlingen	580	550	30	500	485	$2.5 \cdot 10^{-4}$	-80	-65	95	295	347	409	459	532
Holwerd ²⁾	565	535	30	495	475	$2.5 \cdot 10^{-4}$	-70	-60	104	285	334	395	448	531
Lauwersoog ³⁾	625	605	20	515	495	$2.5 \cdot 10^{-4}$	-110	-110	102	296	347	411	466	554
Eemshaven	4)	4)		560	540	$2.5 \cdot 10^{-4}$	-	-	118	306	362	435	501	615
Delfzijl	640	620	20	615	595	$2.5 \cdot 10^{-4}$	-35	-35	135	340	406	487	556	664
Nieuwe Statenzijl ⁵⁾	720	700	20	695	670	$2.5 \cdot 10^{-4}$	-25	-30	148	375	450	544	625	754

tabel 3.1 Basis- en ontwerppeilen in de peilmeetstations langs de Noordhollandse, Friese en Groningse kust:
volgens de Deltacommissie en volgens het hernieuwde onderzoek; kwantielschattingen uit de DS4 geselecteerde meetreeksen.

- 1) verschil tussen nieuwe peil en opgave door de Deltacommissie
2) vergeleken met Nieuwe Bildt uit het rapport van de Deltacommissie
3) vergeleken met Zoutkamp uit het rapport van de Deltacommissie
4) geen opgave door de Deltacommissie
5) volgens d11 Deltarapport. Volgens d14 basispeil 690 (ontwerppeil 670), deze waarde wordt meestal in publikaties aangehouden

peilmeetstation	Deltacommissie			1985			verschil ¹⁾		kwantielen t.o.v. NAP					
	basispeil [cm] + NAP	ontwerppeil [cm] + NAP	econom. reductie [cm]	basispeil [cm] + NAP	ontwerp- peil [cm] + NAP	frequentie ontwerp- peil [1/jaar]	basispeil [cm]	ontwerp- peil [cm]	gemid- deld HW 1991.0 [cm]	5.10 ⁻¹ [cm]	10 ⁻¹ [cm]	10 ⁻² [cm]	10 ⁻³ [cm]	10 ⁻⁵ [cm]
Den Helder	505	505	0	440	440	10 ⁻⁴	-65	-65	58	219	269	333	390	484
Oudeschild	520	490	30	455	440	2.5 10 ⁻⁴	-65	-50	63	234	289	356	411	494
Vlieland-haven	520	470	50	425	400	5 10 ⁻⁴	-95	-70	83	243	290	345	388	450
West-Terschelling	530	480	50	430	405	5 10 ⁻⁴	-100	-75	83	248	296	351	395	456
Nes	560	510	50	480	450	5 10 ⁻⁴	-80	-60	104	282	327	384	436	520
Schiermonnikoog	565	515	50	490	460	5 10 ⁻⁴	-75	-55	104	282	332	393	446	527
Texel Noordzee	2)	2)		420					74	219	265	323	374	456
Terschelling Noordzee	2)	2)		405					83	224	270	325	369	433
Wierumergronden	2)	2)		445					90	245	288	344	396	487
Huibertgat	2)	2)		465					94	250	294	354	411	518

tabel 3.2 Basis- en ontwerppeilen in de peilmeetstations langs de Waddeneilanden:
volgens de Deltacommissie en volgens het hernieuwde onderzoek; kwantielschattingen uit de DS4 geselecteerde meetreeksen.

- 1) verschil tussen nieuwe peil en opgave door de Deltacommissie
2) geen opgave door de Deltacommissie

peilmeetstation	Deltacommissie			1985			verschil ¹⁾		kwantielen t.o.v. NAP					
	basispeil [cm] + NAP	ontwerppeil [cm] + NAP	economi- sche reductie [cm]	basispeil [cm] + NAP	ontwerp- peil [cm] + NAP	frequentie ontwerppeil [1/jaar]	basispeil [cm]	ontwerppeil [cm]	gemiddeld HW 1991.0 [cm]	$5 \cdot 10^{-1}$ [cm]	10^{-1} [cm]	10^{-2} [cm]	10^{-3} [cm]	10^{-5} [cm]
Hoek van Holland	500	500	0	500	500	10^{-4}	0	0	111	253	294	357	425	581
Scheveningen	535	540 ²⁾	0	510	510	10^{-4}	-25	-30	107	260	302	366	435	590
IJmuiden	515	515	0	510	510	10^{-4}	-5	-5	97	242	287	356	429	596
Petten-Zuid	3)	3)		465	465	10^{-4}	-	-	81	227	275	341	404	523
Den Helder	505	505	0	440	440	10^{-4}	-65	-65	58	219	269	333	390	484

tabel 3.3 Basis- en ontwerppeilen in de peilmeetstations langs de gesloten Hollandse kust volgens de Deltacommissie en volgens het hernieuwde onderzoek: kwantielschattingen uit de DS4 geselecteerde meetreeksen.

- 1) verschil tussen nieuwe peil en opgave door de Deltacommissie
2) inclusief de door de Deltacommissie ingeschatte verhoging ten gevolge van afdammingen
3) geen opgave door de Deltacommissie

peilmeet-station	Deltacommissie				1985			verschil ¹⁾		kwantielen t.o.v. NAP					
	basispeil [cm] + NAP	ontwerppeil ²⁾ [cm] + NAP	econ. reductie [cm]	verhoging t.g.v. afdamming [cm]	basispeil [cm] + NAP	ontwerppeil [cm] + NAP	freq. ontwerp- peil [1/jaar]	basis- peil [cm]	ontwerp- peil [cm]	gem. HW 1991.0 [cm]	5.10 ⁻¹ [cm]	10 ⁻¹ [cm]	10 ⁻² [cm]	10 ⁻³ [cm]	10 ⁻⁵ [cm]
Haringvliet- sluizen	520	530	30	40	535	510	2.5 10 ⁻⁴	+15	-20	149	301	347	411	475	597
Brouwers- havensche Gat O8	525 ³⁾	535 ³⁾	30	40	520	495	2.5 10 ⁻⁴	-5	-40	144	289	333	395	458	583
Roompot buiten	535 ⁴⁾	545 ⁴⁾	30	40	535	510	2.5 10 ⁻⁴	0	-35	155	310	350	409	471	605
Westkapelle	545	525	30	10	505	485	2.5 10 ⁻⁴	-40	-40	179	307	345	399	452	558
Cadzand	580	555	30	5	520	500		-60	-55	195	325	365	420	472	569
Vlissingen	565	540	30	5	545	525	2.5 10 ⁻⁴	-20	-15	205	340	379	434	490	599
Terneuzen	590	565	30	5	600	575		+10	+10	229	369	411	472	534	662
Hansweert	615	590	30	5	625	600		+10	+10	242	385	429	492	557	691
Bath	660	635	30	5	670	640		+10	+5	272	422	472	540	605	727

- ¹⁾ verschil tussen nieuwe peil en opgave door de Deltacommissie
²⁾ ontwerppeil Deltacommissie = basispeil - economische reductie + verhoging t.g.v. afdamming
³⁾ Repart
⁴⁾ kop Noord-Beveland

tabel 3.4 Basis- en ontwerppeilen in de peilmeetstations langs de kust van de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden
 volgens de Deltacommissie en volgens het hernieuwde onderzoek; kwantielschattingen uit de DS4 geselecteerde meetreeksen.

Station	overschrijdingsfrequentie 1/jaar																	
	5.10-1	2.10-1	10-1	5.10-2	2.10-2	10-2	5.10-3	2.10-3	10-3	7.10-4	5.10-4	2.5.10-4	2.10-4	10-4	5.10-5	2.10-5	10-5	
Cadzand	325	348	365	382	404	420	436	457	472	480	487	502	507	522	537	555	569	
Terneuzen	369	393	411	429	454	472	491	516	534	544	553	573	579	598	617	643	663	
Bath	422	451	472	493	520	541	561	587	606	616	625	644	650	668	686	710	727	
Hansweert	385	410	429	448	474	493	512	538	558	568	578	598	604	624	644	671	691	
Vlissingen	340	362	379	396	418	435	451	473	490	498	507	523	528	545	562	583	600	
Westkapelle	307	329	345	361	383	399	415	437	453	461	469	485	490	506	522	543	559	
Roombpot buiten	310	333	350	368	391	410	428	453	472	482	491	511	517	537	557	584	605	
Brouwershavensche Gat	289	314	333	352	377	396	415	440	458	468	477	496	502	521	540	565	583	
Haringvlietsluizen	300	324	342	360	385	404	424	449	469	480	489	510	516	537	558	586	608	
Hoek van Holland	253	276	294	312	337	357	377	404	426	437	447	470	477	500	524	556	581	
Scheveningen	260	284	302	321	346	366	386	414	435	447	457	480	487	510	534	566	591	
IJmuiden	242	267	287	307	334	356	377	407	430	442	453	477	485	510	535	570	596	
Petten zuid	227	255	275	295	322	341	361	386	404	414	423	441	447	465	483	506	523	
Den Helder	219	248	269	289	315	333	351	374	390	398	406	421	426	440	454	471	484	
Texel Noordzee	219	246	265	283	307	323	339	360	374	381	388	401	405	418	430	445	456	
Terschelling Noordzee	224	251	270	288	310	325	339	357	369	375	381	392	395	405	414	426	434	
Wierumergronden	245	270	288	306	328	345	361	382	397	404	411	426	430	444	457	475	487	
Huibertgat	250	275	294	312	336	354	372	395	412	420	428	445	450	466	482	502	518	
Oudeschild	234	266	289	311	337	356	374	396	411	419	426	440	444	457	469	484	495	
Vlieland haven	243	271	290	308	330	345	359	377	389	395	400	410	414	423	432	443	450	
West-Terschelling	248	276	296	314	336	352	366	384	396	402	407	417	421	430	439	449	457	
Nes	282	308	327	345	368	385	401	421	436	443	450	464	468	481	493	509	521	
Schiermonnikoog	282	311	332	352	376	394	411	431	446	453	460	473	478	490	502	517	527	
Den Oever	261	294	318	340	368	388	407	430	446	454	462	477	481	495	508	524	536	
Kornwerderzand	290	324	347	369	396	414	432	453	468	475	481	494	498	510	521	534	544	
Harlingen	295	326	347	367	392	409	425	445	459	466	473	485	489	500	511	524	533	
Holwerd	285	314	334	354	378	395	412	433	448	455	462	476	480	493	505	520	531	
Lauwersoog	296	326	347	367	393	411	429	451	466	474	482	496	500	514	527	543	555	
Eemshaven	306	338	362	385	414	435	456	482	501	511	520	538	544	561	578	599	615	
Delfzijl	340	379	406	432	465	488	510	537	557	566	575	593	598	615	631	650	664	
Nieuwe Statenzijl	375	419	450	480	517	544	570	602	625	637	647	669	675	695	714	738	755	

tabel 3.5 Overeenkomstige hoogwaterstanden voor een aantal overschrijdingsfrequenties, uit de overschrijdingslijnen van de geselecteerde en naar 1985 herleidde hoogwaterstanden

traject [locatie / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [jaar]	toelichting trajectaanduiding
27 - 25	Delfzijl	595	$2.5 \cdot 10^{-4}$	1) Breebaart
25 - 22.3		600	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
22.3 - 21		605	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
21 - 19.5		610	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
19.5 - 17	Termunterzijl	620	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
17 - 15		625	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
15 - 13	Punt van Reide	635	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
13 ¹⁾ - 11		640	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
11 - 9		645	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
9 - 7		650	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
7 - 4.5		655	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
4.5 - 2		660	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
2 - 0		665	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
0 - 2 ²⁾	Nieuwe Statenzijl	670	$2.5 \cdot 10^{-4}$	2) Buiten-Aa (grens met Duitsland)

tabel 3.6 Verloop van het ontwerppeil langs de Eems en de Dollard (vanaf Delfzijl)

traject [locatie / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
41 - 39	Eemshaven	550	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
39 - 38		555	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
38 - 36.3		560	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
36.3 - 35.5		565	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
35.5 - 34.7	Hoogwatum	570	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
34.7 - 32		575	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
32 - 31		580	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
31 - 29		585	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
29 - 27	Delfzijl	590	$2.5 \cdot 10^{-4}$	

tabel 3.7 Verloop van het ontwerppeil langs de Groningse kust tussen Eemshaven en Delfzijl

traject [locatie / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [1/jaar]	toelichting trajectaanduiding
1) - 86 2)		500	$2.5 \cdot 10^{-4}$	1) 2)
86 - 83 2)		505	$2.5 \cdot 10^{-4}$	2)
83 - 73 3)		510	$2.5 \cdot 10^{-4}$	3)
73 - 67 4)		515	$2.5 \cdot 10^{-4}$	4)
67 - 61.4 5)		520	$2.5 \cdot 10^{-4}$	5)
61.4 - 51 6)		525	$2.5 \cdot 10^{-4}$	6)
51 - 48.5 7)		530	$2.5 \cdot 10^{-4}$	7)
48.5 - 41	Eemshaven	540	$2.5 \cdot 10^{-4}$	

tabel 3.8 Verloop van het ontwerppeil langs de Waddenzeekust van Groningen

traject [locatie / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [1/jaar]	toelichting trajectaanduiding
1) - 15 2)		490	2.5 10 ⁻⁴	1) aansluiting Afsluitdijk op de Friese kust
15 - 1 3)	Harlingen	485	2.5 10 ⁻⁴	2) langs Polder de Eendracht
1 - 10 4)		480	2.5 10 ⁻⁴	3) langs de Ried Polder
10 - 15 5)		475	2.5 10 ⁻⁴	4) Koehool
15 - 6)		470	2.5 10 ⁻⁴	5) langs Polder de Koning
6) - 2 7)		475	2.5 10 ⁻⁴	6) Zwarte Haan
2 - 12 8)	Holwerd	480	2.5 10 ⁻⁴	7) langs Noorderleegpolder nabij Nieuwe Bildt
12 - 9 9)		485	2.5 10 ⁻⁴	8) Wierum
9 - 4 10)		490	2.5 10 ⁻⁴	9) nabij Moddergat
4 - 11)	Lauwersoog	495	2.5 10 ⁻⁴	10) langs Anjumer- en Lioessenserpolder
				11) buitenhaven bij Lauwersoog

tabel 3.9 Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Friesland

traject [dijkpaal]	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [jaar]	toefichting trajectaanduiding
¹⁾ - 5	455	$7 \cdot 10^{-4}$	¹⁾ Den Oever (Afsluitdijk) ²⁾ aansluiting Afsluitdijk op de Friese kust
5 - 12	460	$7 \cdot 10^{-4}$	
12 - 20	465	$7 \cdot 10^{-4}$	
20 - 25	470	$7 \cdot 10^{-4}$	
25 - ²⁾	475	$7 \cdot 10^{-4}$	

tabel 3.10 Verloop van het ontwerppeil langs de Afsluitdijk

traject [dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting traject- en plaats aanduiding
1)	Den Helder	445	10^{-4}	1) haven van Den Helder
2) - 2	Balgzanddijk	450	10^{-4}	2) begin van de Balgzanddijk
2 - 4		455	10^{-4}	
4 - 6		460	10^{-4}	
6 - 7		465	10^{-4}	
7 - 9		470 / 450	$10^{-4} / 2.5 \cdot 10^{-4}$	
9 - 11	Amsteldiepdijk	475 / 455	$10^{-4} / 2.5 \cdot 10^{-4}$	3) Oosterland/westelijke grens Den Oever
11 - 14		460	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
14 - 18		465	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
18 - 20 ³⁾		470	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
20 - ⁴⁾	Den Oever	475	$2.5 \cdot 10^{-4}$	4) Afslurtdijk bij Den Oever (Wieringen)

tabel 3.11 Verloop van het ontwerppeil langs de langs de Waddenzeekust van Noord-Holland

traject [locatie / strandpaal-pl / dijkpaal-dp]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
¹⁾ - pl 6	zuidkop van Texel	420	2.5 10 ⁻⁴	¹⁾ begin Mokbaai t.p.v. havendam van 't Horntje
pl 6 - pl 8		415	2.5 10 ⁻⁴	
pl 8 - pl 14	Noordzeekust	410	2.5 10 ⁻⁴	²⁾ de Cocksdorp
pl 14 - pl 31		405	2.5 10 ⁻⁴	
pl 31 - dp 26.0	noordkop van Texel	410	2.5 10 ⁻⁴	
dp 26.0 - ²⁾	polder Eierland	415	2.5 10 ⁻⁴	
²⁾ - dp 22.5	polder Eierland / Eendracht	420	2.5 10 ⁻⁴	
dp 22.5 - dp 21.0	polder Eendracht	425	2.5 10 ⁻⁴	
dp 21.0 - dp 18.5	polder Eendracht / het Noorden	430	2.5 10 ⁻⁴	
dp 18.5 - dp 16.5	polder het Noorden	435	2.5 10 ⁻⁴	
dp 16.5 - dp 7.0	polder 30 Gem. Polders	440	2.5 10 ⁻⁴	
dp 7.0 - dp 5.0	polder 30 Gem. Polders / Prins Hendrik	435	2.5 10 ⁻⁴	
dp 5.0 - ¹⁾	polder Prins Hendrik	4.30	2.5 10 ⁻⁴	

tabel 3.12 Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Texel

traject [strandpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
32 - 52	zuidkop van Vlieland en Noordzeekust	395	$5 \cdot 10^{-4}$	
52 - 32	noordkop van Vlieland en Oost-Vlieland	400	$5 \cdot 10^{-4}$	

tabel 3.13 Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Vlieland

traject [strandpaal / dijkpaal (hmp)]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
pjn 0.33 - pl 0	westkop van Terschelling	400	$5 \cdot 10^{-4}$	1) oostelijke uiteinde van de dijk van Terschelling
pl 0 - pl 1		395	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 1 - pl 5		390	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 5 - pl 9	Noordzeekust	385	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 9 - pl 17		390	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 17 - pl 24		395	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 24 - pjn 29		400	$5 \cdot 10^{-4}$	
pjn 29 - pl 30	oostkop van Terschelling	410	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 30 - hmp 134 ¹⁾	Waddenzeekust	415	$5 \cdot 10^{-4}$	
hmp 134 - hmp 68		410	$5 \cdot 10^{-4}$	
hmp 68 - hmp 33		410	$5 \cdot 10^{-4}$	
hmp 33 - pjn 0.33	West-Terschelling	405	$5 \cdot 10^{-4}$	

tabel 3.14 Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Terschelling

traject [strandpaal / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
pl 48 - pl 49	westkop van Ameland	430	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 49 - pl 2		420	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 2 - pl 11	Noordzeekust	410	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 11 - pl 18		415	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 18 - pjn 24		420	$5 \cdot 10^{-4}$	
pin 24 - pl 25.10	oostkop van Ameland	425	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 25.10 - pl 26		430	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 26 - pl 31	Nes Waddenzeekust	440	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 31 - pl 34		445	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 34 - pl 38		450	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 38 - pl 44		445	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 44 - pl 46		440	$5 \cdot 10^{-4}$	
pl 46 - pl 48		435	$5 \cdot 10^{-4}$	

tabel 3.15 Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Ameland

traject [strandpaal / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
pl 10 ¹⁾ - hp 1	westkop van Schiermonnikoog	455	5 10 ⁻⁴	¹⁾ dijkpaal langs de dijk van Schiermonnikoog
hp 1 - pl 1.6		450	5 10 ⁻⁴	
pl 1.6 - pl 3		440	5 10 ⁻⁴	
pl 3 - pjn 14	Noordzeekust	430	5 10 ⁻⁴	
pjn 14 - hp 16	oostkop van Schiermonnikoog	440	5 10 ⁻⁴	
hp 16 - hp 20		450	5 10 ⁻⁴	
hp 20 - pl 10 ¹⁾	dijk Schiermonnikoog	460	5 10 ⁻⁴	

tabel 3.16 Verloop van het ontwerppeil langs de kust van Schiermonnikoog

traject [strandpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
1) - 0	Den Helder	440	10^{-4}	1) Koopvaarders Schutsluis in de haven van Den Helder
0 - 5	Huisduinen	445	10^{-4}	
5 - 10		450	10^{-4}	
10 - 14	Callantsoog	455	10^{-4}	
14 - 18		460	10^{-4}	
18 - 21	Petten	465	10^{-4}	
21 - 25		470	10^{-4}	
25 - 29		475	10^{-4}	
29 - 33	Bergen aan Zee	480	10^{-4}	
33 - 36		485	10^{-4}	
36 - 40	Egmond aan Zee	490	10^{-4}	
40 - 43		495	10^{-4}	
43 - 47	Castricum aan Zee	500	10^{-4}	
47 - 53	Wijk aan Zee	505	10^{-4}	
53 - 64	IJmuiden	510	10^{-4}	
64 - 99	Katwijk aan Zee / Noordwijk aan Zee	515	10^{-4}	
99 - 110	Scheveningen / Kijkduin	510	10^{-4}	
110 - 117 ²⁾	Ter Heijde	505	10^{-4}	2) Noorderdam
117 - 120 ³⁾		500	10^{-4}	3) Hoek van Holland

tabel 3.17 Verloop van het ontwerppeil langs de gesloten Hollandse kust (Noord- en Zuid-Holland)

eiland	traject [locatie / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
	-	Brielse dam	485	$2.5 \cdot 10^{-4}$	1) aansluiting Voorne op Haringvlietdam
Voorne	6 - 11		490	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	11 - 12		495	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	12 - 14		500	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	14 - 16 ¹⁾		505	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	-	Haringvlietdam	510	$2.5 \cdot 10^{-4}$	2) aansluiting Goeree op Haringvlietdam
Goeree	2) - 4		505	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	4 - 6		500	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	6 - 10		495	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	10 - 17.01		490	$2.5 \cdot 10^{-4}$	3) aansluiting Goeree op Brouwersdam
	17.01 - 3)		495	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	-	Brouwersdam	495	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
Schouwen	4) - 3.97		495	$2.5 \cdot 10^{-4}$	4) aansluiting Schouwen op Brouwersdam
	3.97 - 13.08		490	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	13.08 - 15.05		495	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	15.05 - 16.08		500	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	16.08 - 16.97		505	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	16.97 - 5)		510	$2.5 \cdot 10^{-4}$	5) aansluiting Schouwen op Oosterscheldekering

tabel 3.18 Verloop van het ontwerppeil langs de kust van de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden - eerste deel

eiland	traject (locatie / dijkpaal)	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [jaar]	toelichting trajectaanduiding
	-	Oosterschelde kering	510	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
N-Beveland	¹⁾ - ²⁾		510	$2.5 \cdot 10^{-4}$	¹⁾ aansluiting Noord Beveland op Oosterscheldekering
	²⁾ - 4.5	Veersedam	510	$2.5 \cdot 10^{-4}$	²⁾ aansluiting Noord Beveland op Veersedam
	4.5 - ³⁾	Veersedam	505	$2.5 \cdot 10^{-4}$	³⁾ aansluiting Walcheren op Veersedam
Walcheren	³⁾ - 7		505	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	7 - 9		500	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	9 - 13.06		495	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	13.06 - 16.12	Domburg	490	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	16.12 - 22.55	Westkapelle	485	$2.5 \cdot 10^{-4}$	

tabel 3.18 Verloop van het ontwerppeil langs de kust van de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden - vervolg

eiland	traject [locatie / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
Walcheren	22.55 - 24.0		490	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	24.0 - 25.9		495	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	25.9 - 28.1	Zoutelande	500	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	28.1 - 30.1		505	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	30.1 - 32.65		510	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	32.65 - 34.65		515	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	34.65 - 36.7	boulevard Vlissingen	520	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	36.7 - dp 30	Vlissingen	525	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	dp 30 - dp 0		530	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	dp 0 - ¹⁾	Sloehaven	535	$2.5 \cdot 10^{-4}$	¹⁾ grens Oud St.Jooslandpolder en Quarlespolder
	¹⁾ - ²⁾	Quarles-, v.Cittershaven	540	$2.5 \cdot 10^{-4}$	²⁾ 3 km ten oosten van oostelijke pier Sloehaven; v.Citterspolder
	²⁾ - dp 41	Borssele	545	$2.5 \cdot 10^{-4}$	v.Citterspolder - Borsselepolder
	dp 41 - dp 18		550	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Borsselepolder
	dp 18 - dp 77		555	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Borsselepolder - Ellewoutsdijkpolder
Z.-Beveland	dp 77 - dp 55		560	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Ellewoutsdijkpolder

tabel 3.19 Verloop van het ontwerppeil langs de Westerschelde - eerste deel

eiland	traject [locatie / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
Z.-Beveland	dp 55 - dp 29	Ellewoutsdijk	565	2.5 10 ⁻⁴	Ellewoutsdijkpolder
	dp 29 - dp 0		570	2.5 10 ⁻⁴	Ellewoutsdijkpolder - Everingepolder
	dp 0 - dp 32		575	2.5 10 ⁻⁴	Everingepolder, Zuidpolder - Baarlandpolder
	dp 32 - dp 7		580	2.5 10 ⁻⁴	Baarlandpolder
	dp 7 - dp 37	Hoedekenskerke	585	2.5 10 ⁻⁴	Baarlandpolder, Hoedekenskerkepolder, Ooster Zwakpolder - Willem-Annapolder
	dp 37 - dp 5		590	2.5 10 ⁻⁴	Willem-Annapolder
	dp 5 - dp 50	Hansweert	595	2.5 10 ⁻⁴	Willem-Annapolder - Hansweert
	dp 50 - dp 30	H'weert, Kan.d.Z.-Beveland	600	2.5 10 ⁻⁴	Hansweert - Kruiningenpolder
	dp 30 - dp 39	haven Kruiningen	605	2.5 10 ⁻⁴	Kruiningenpolder - Waardepolder
	dp 39 - dp 21		610	2.5 10 ⁻⁴	Waardepolder
	dp 21 - dp 5		615	2.5 10 ⁻⁴	Waardepolder
	dp 5 - dp 10		620	2.5 10 ⁻⁴	Waardepolder - Emanuelpolder
	dp 10 - dp 41		625	2.5 10 ⁻⁴	Emanuelpolder - Zimmermanpolder
	dp 41 - dp 27		630	2.5 10 ⁻⁴	Zimmermanpolder
	dp 27 - dp 8		635	2.5 10 ⁻⁴	Zimmermanpolder
	dp 8 - dp 23		640	2.5 10 ⁻⁴	Zimmermanpolder - Reigersbergschepolder
	dp 23 -	Bath, spuisluis Zoommeer	645	2.5 10 ⁻⁴	Reigersbergschepolder - Anna-Mariapolder
	- grens		650	2.5 10 ⁻⁴	Anna-Mariapolder - grens

tabel 3.20 Verloop van het ontwerppeil langs de Westerschelde - tweede deel

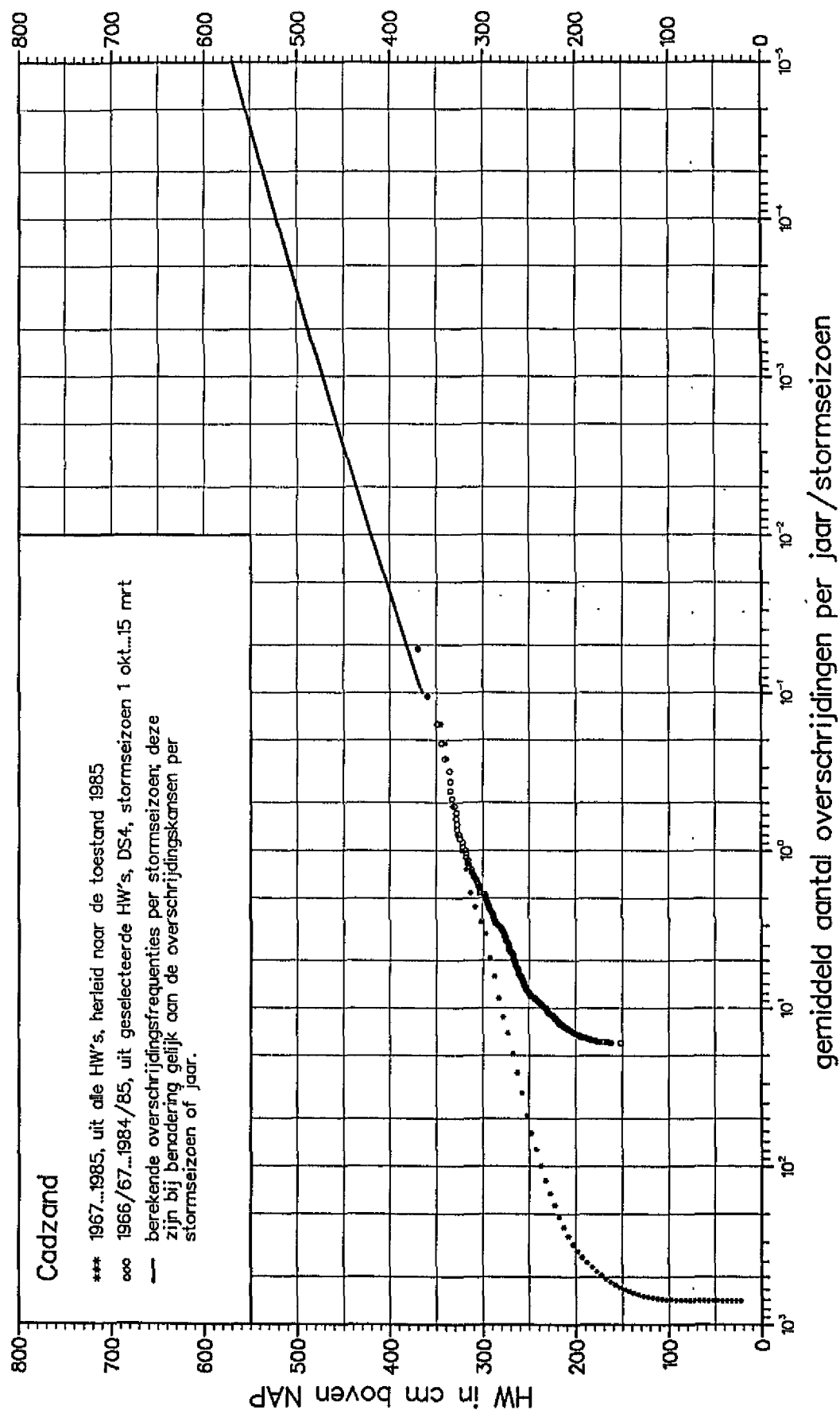
	traject	plaats binnen traject	ontwerppeil	overschrijdings- frequentie ontwerppeil	toelichting trajectaanduiding
eiland	[locatie / dijkpaal]		[cm] + NAP	[/jaar]	
Z.Vl'nderen	grens - dp 18		650	2.5 10 ⁻⁴	grens - Hertogin Hedwigepolder
	dp 18 - dp 23		645	2.5 10 ⁻⁴	Hertogin Hedwigepolder, Prosperpolder - Koningin Emmapolder
	dp 23 - dp 2		640	2.5 10 ⁻⁴	Koningin Emmapolder
	dp 2 - dp 42		635	2.5 10 ⁻⁴	Koningin Emmapolder, v.Alsteinpolder - Melopolder
	dp 42 - dp 27		630	2.5 10 ⁻⁴	Melopolder - Kruispolder
	dp 27 - dp 10		625	2.5 10 ⁻⁴	Kruispolder
	dp 10 - dp 79		620	2.5 10 ⁻⁴	Kruispolder - Wilhelmuspolder
	dp 79 - dp 58		615	2.5 10 ⁻⁴	Wilhelmuspolder - Noorddijkpolder
	dp 58 - dp 43		610	2.5 10 ⁻⁴	Noorddijkpolder - Perkpolder
	dp 43- dp 277	Haven Perkpolder	605	2.5 10 ⁻⁴	Perkpolder
	dp 277-dp 290		600	2.5 10 ⁻⁴	Perkpolder, Kievitspolder - Molenpolder
	dp 290-dp 303		595	2.5 10 ⁻⁴	Molenpolder - Nijspolder
	dp 303-dp 359		590	2.5 10 ⁻⁴	Nijspolder, Hooglandpolder - Hellegatpolder
	dp 359 - dp 0		585	2.5 10 ⁻⁴	Hellegatpolder - Eendrachtspolder
	dp 0 - dp 10		580	2.5 10 ⁻⁴	Eendrachtspolder, Kleine Huissenspolder - Margarethapolder
	dp 10 - ¹⁾	Terneuzen	575	2.5 10 ⁻⁴	¹⁾ Oostelijke pier vm Veerhaven; Margarethapolder - Veerhaven
	¹⁾ - dp 8	Veerhaven, Buitenhaven	570	2.5 10 ⁻⁴	Veerhaven - Nw Terneuzenpolder
	dp 8 - dp 20	Braakmankreek	565	2.5 10 ⁻⁴	Nw Terneuzenpolder - Braakmanpolder

tabel 3.21 Verloop van het ontwerppeil langs de Westerschelde - derde deel

eiland	traject [locatie / dijkpaal]	plaats binnen traject	ontwerppeil [cm] + NAP	overschrijdings- frequentie ontwerppeil [/jaar]	toelichting trajectaanduiding
Z.Vl'nderen	dp 20 - dp 7		560	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Braakmanpolder - Elisabethpolder - Paulinapolder
	dp 7 - dp 8		555	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Paulinapolder - Thomaspolder
	dp 8 - dp 73		550	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Thomaspolder - Hoofdplaatpolder
	dp 73 - dp 52		545	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Hoofdplaatpolder
	dp 52 - dp 32		540	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Hoofdplaatpolder
	dp 32 - dp 11		535	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Hoofdplaatpolder
	dp 11 - dp 4		530	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Hoofdplaatpolder - Elisabethpolder
	dp 4 - 0.11	Breskens	525	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Elisabethpolder - Breskens
	0.11 - 2.5	Breskens (haven)	520	$2.5 \cdot 10^{-4}$	Breskens - Oud-Breskenspolder
	2.5 - 4.9		515	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	4.9 - 8.5		510	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	8.5 - 12.2		505	$2.5 \cdot 10^{-4}$	
	12.2 - grens	Cadzand	500	$2.5 \cdot 10^{-4}$	

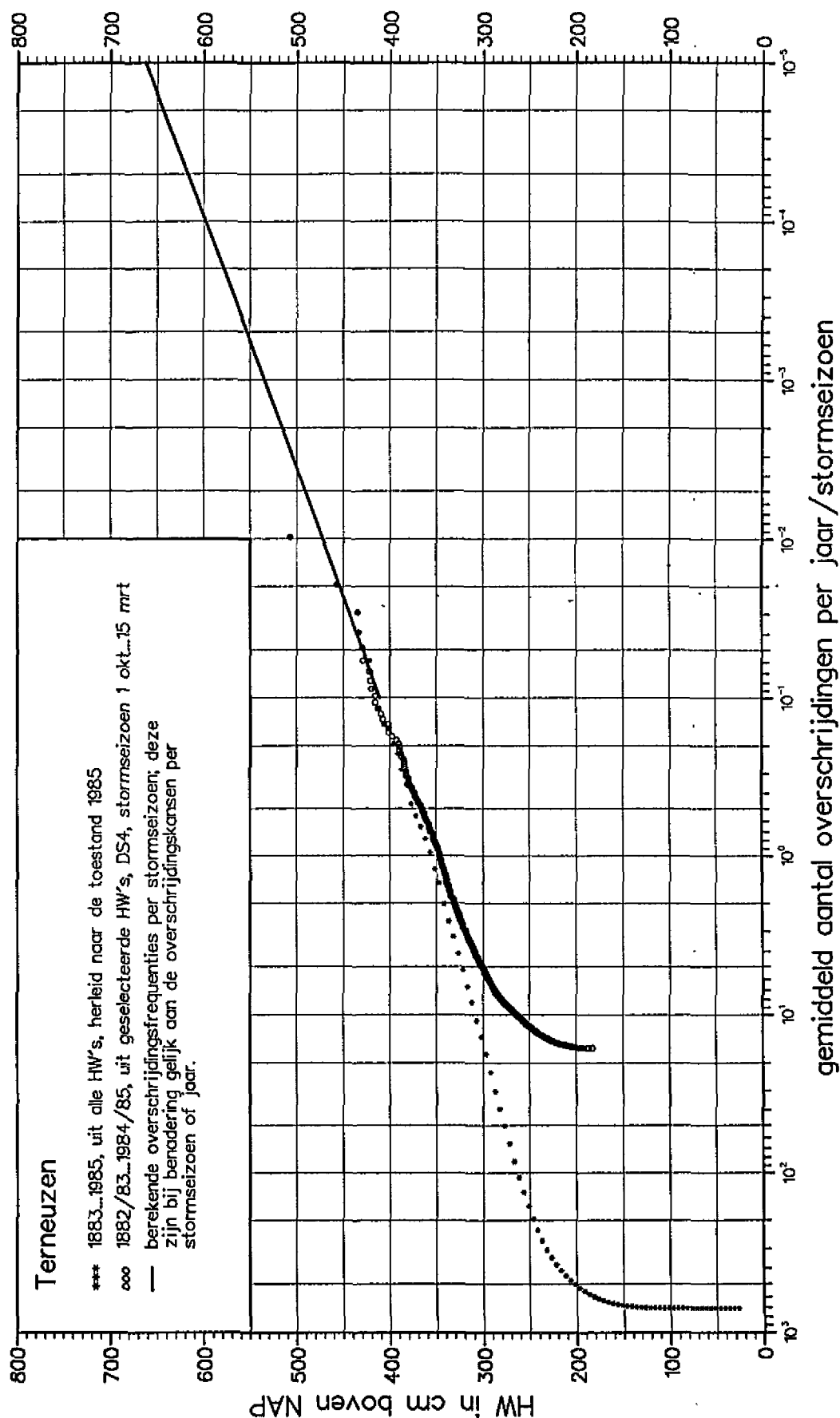
tabel 3.22 Verloop van het ontwerppeil langs de Westerschelde - vierde deel

Bijlagen

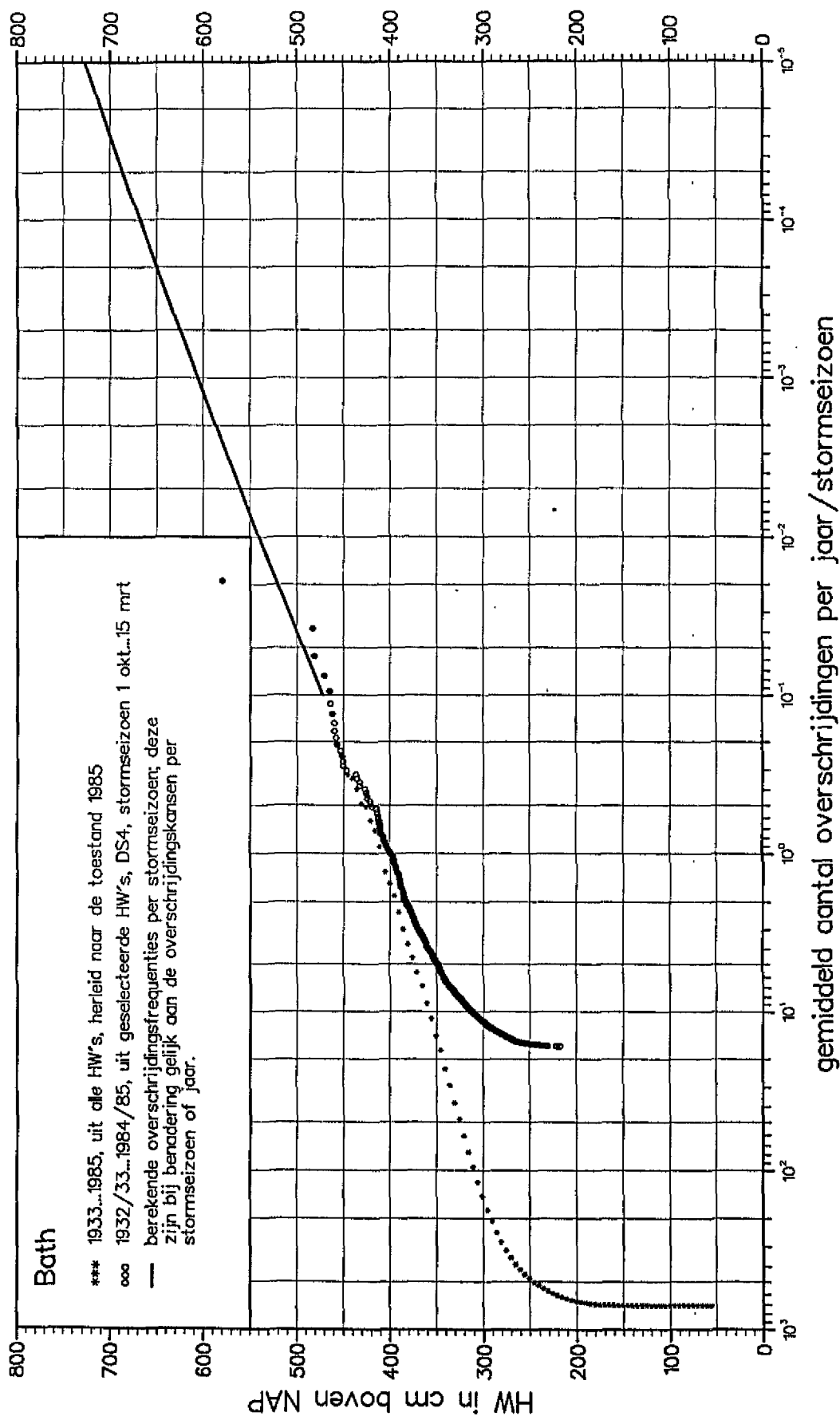


bijlage 1

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Cadzand

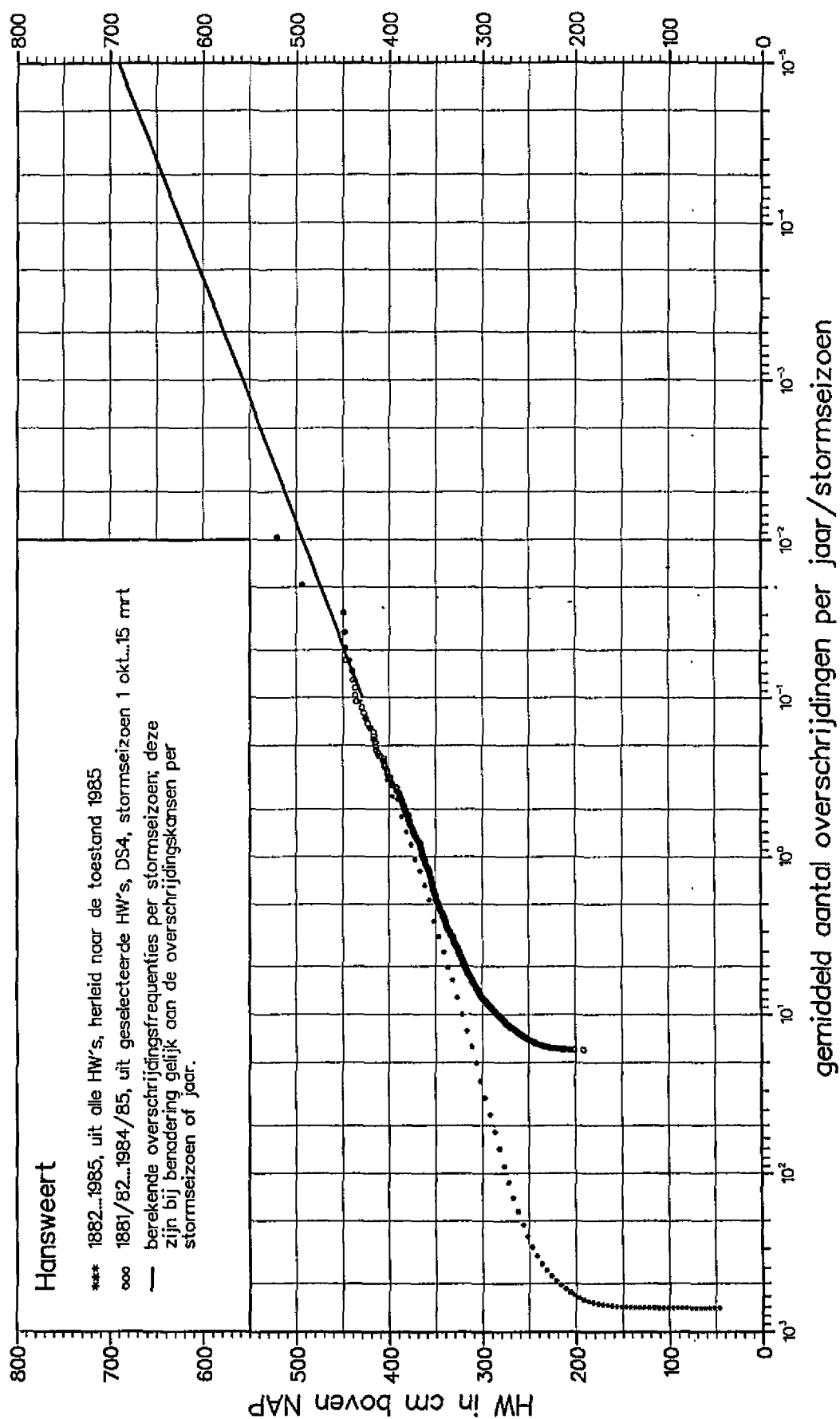


bijlage 2 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Terneuzen

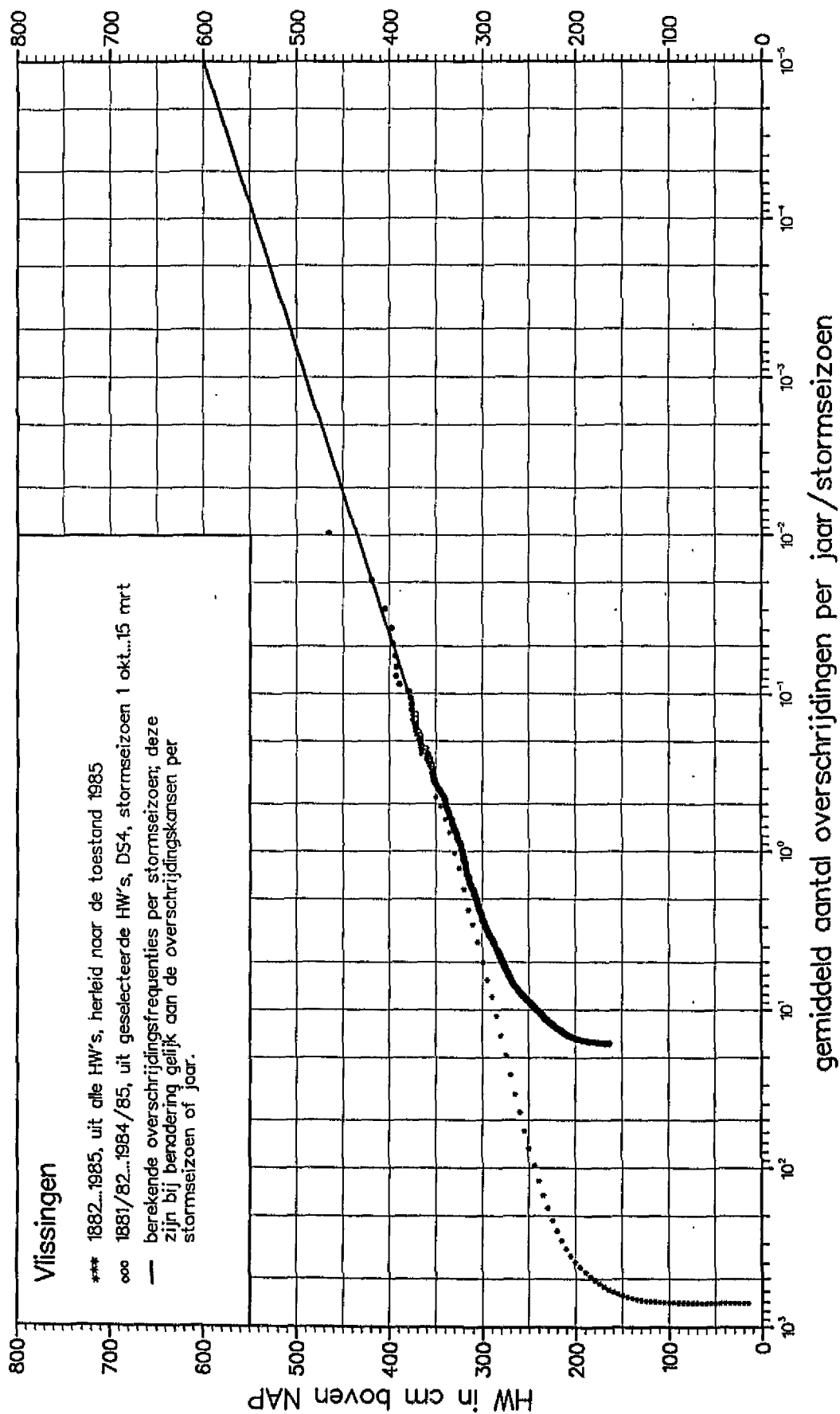


bijlage 3

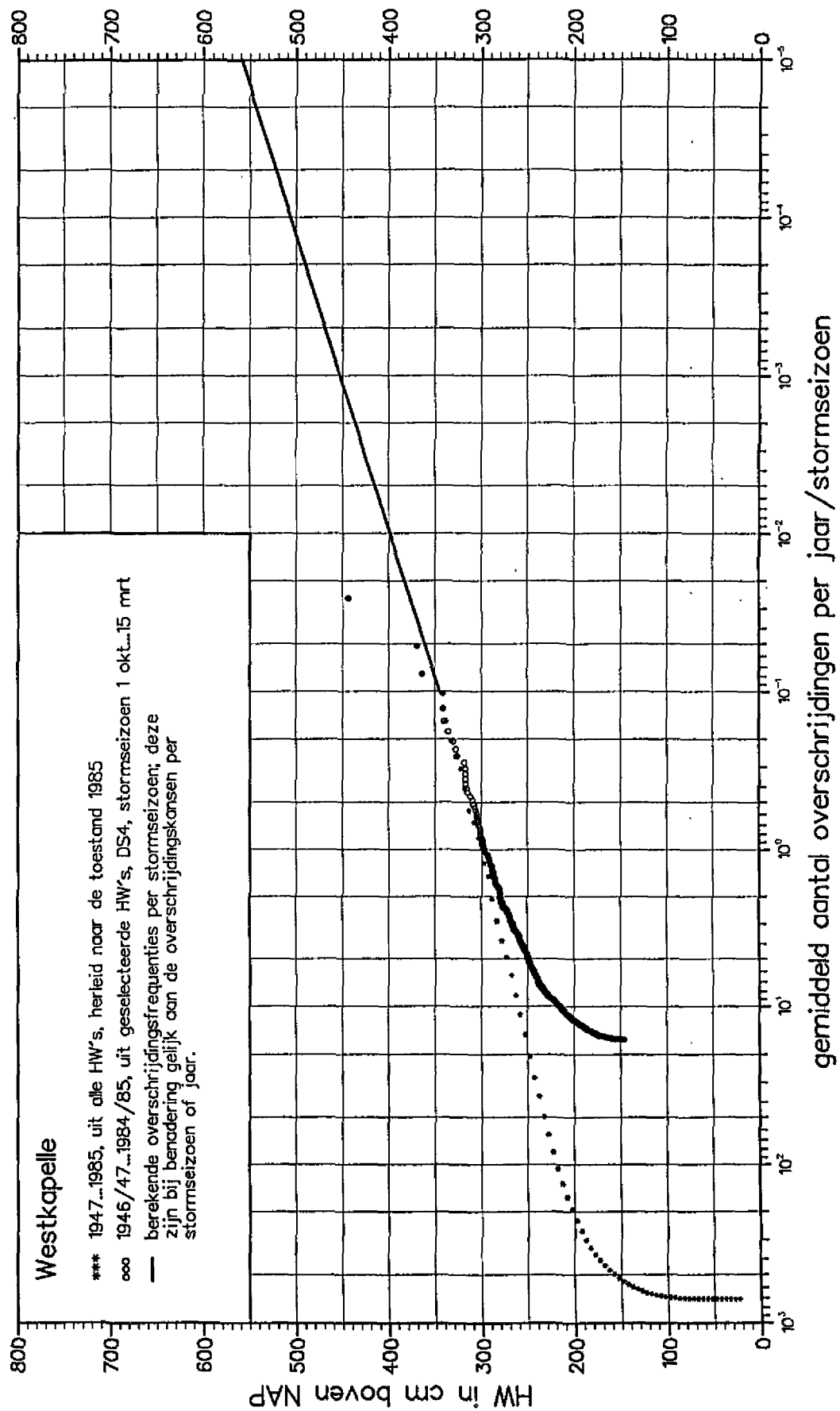
Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Bath



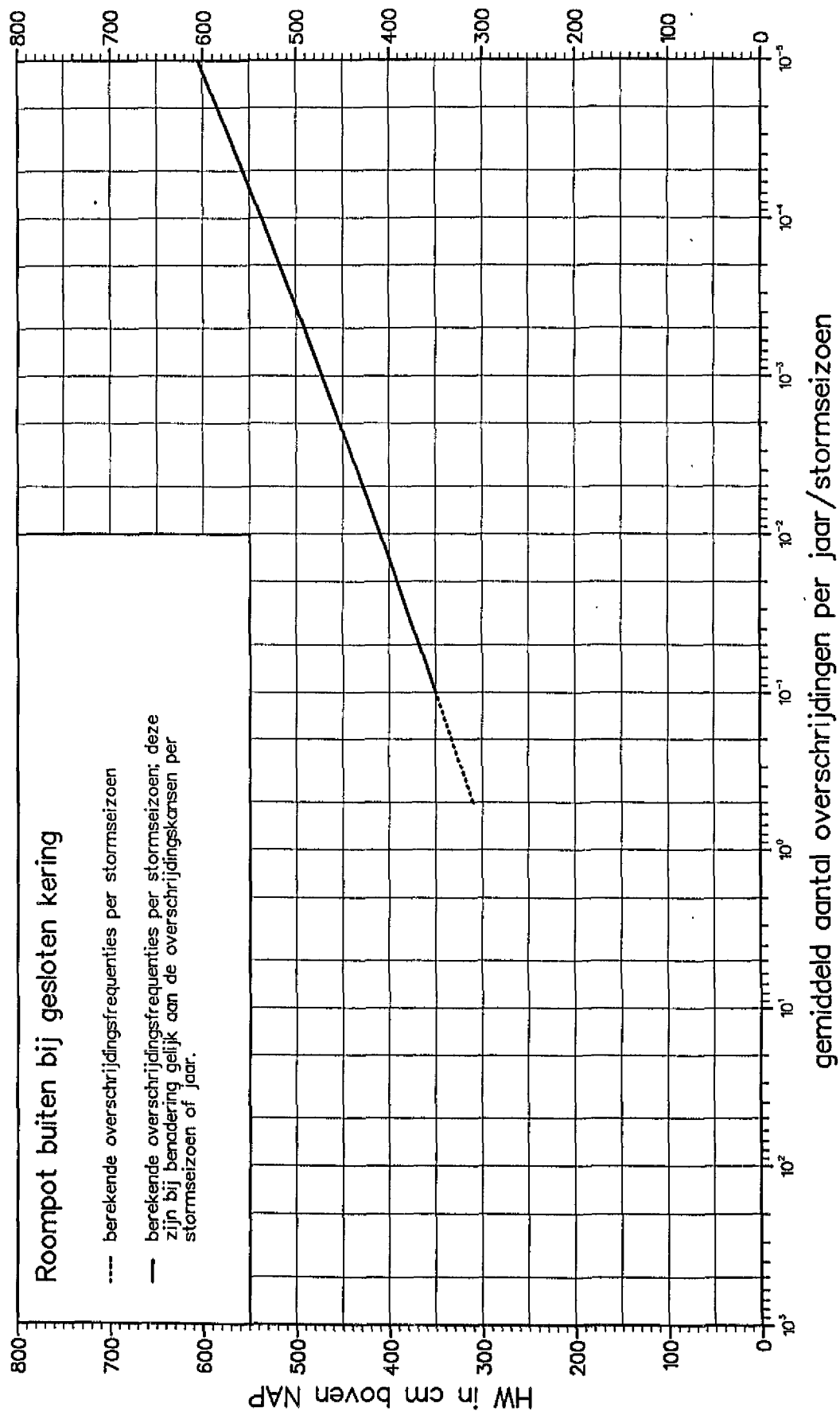
bijlage 4 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Hansweert



bijlage 5 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Vlissingen .

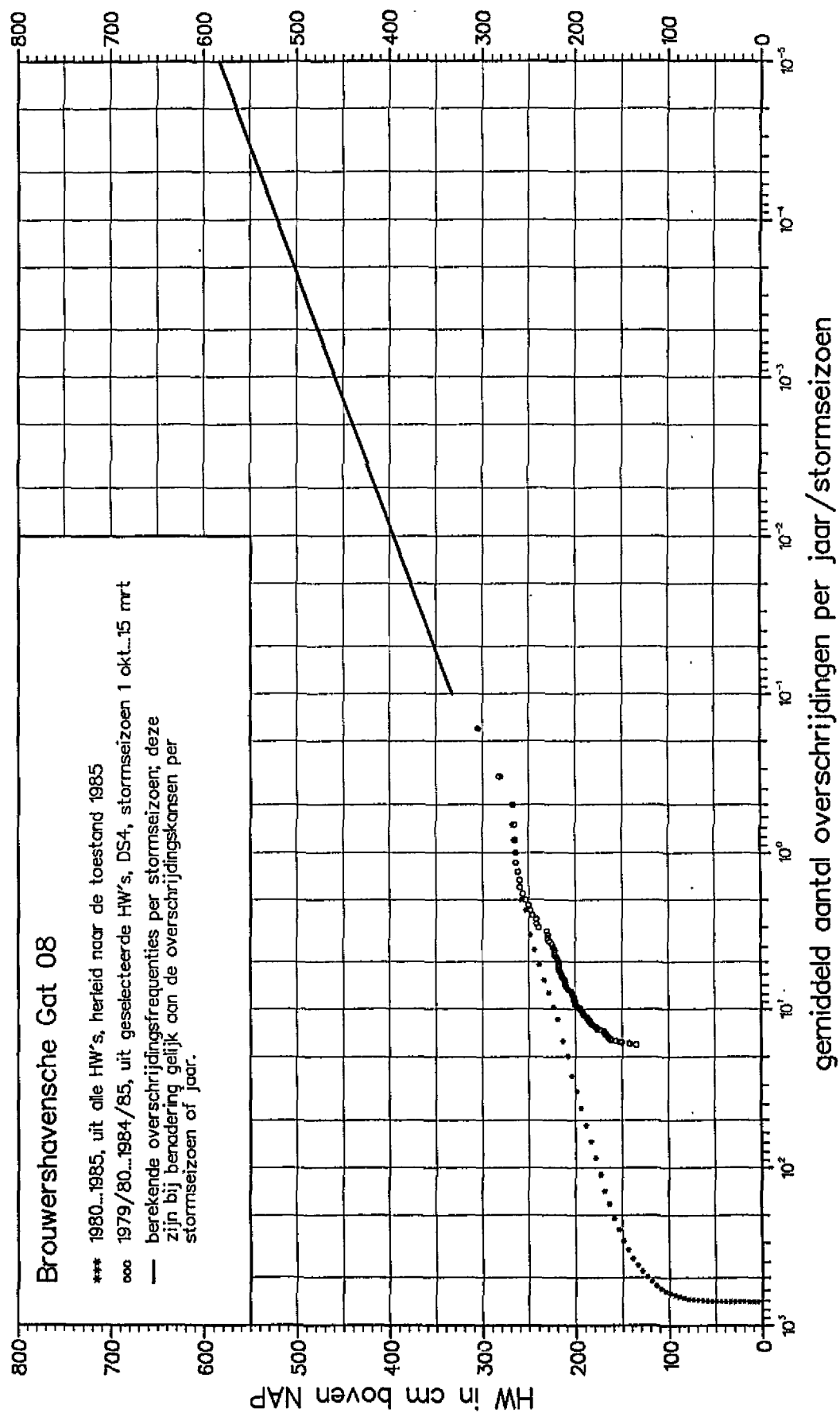


bijlage 6 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Westkapelle



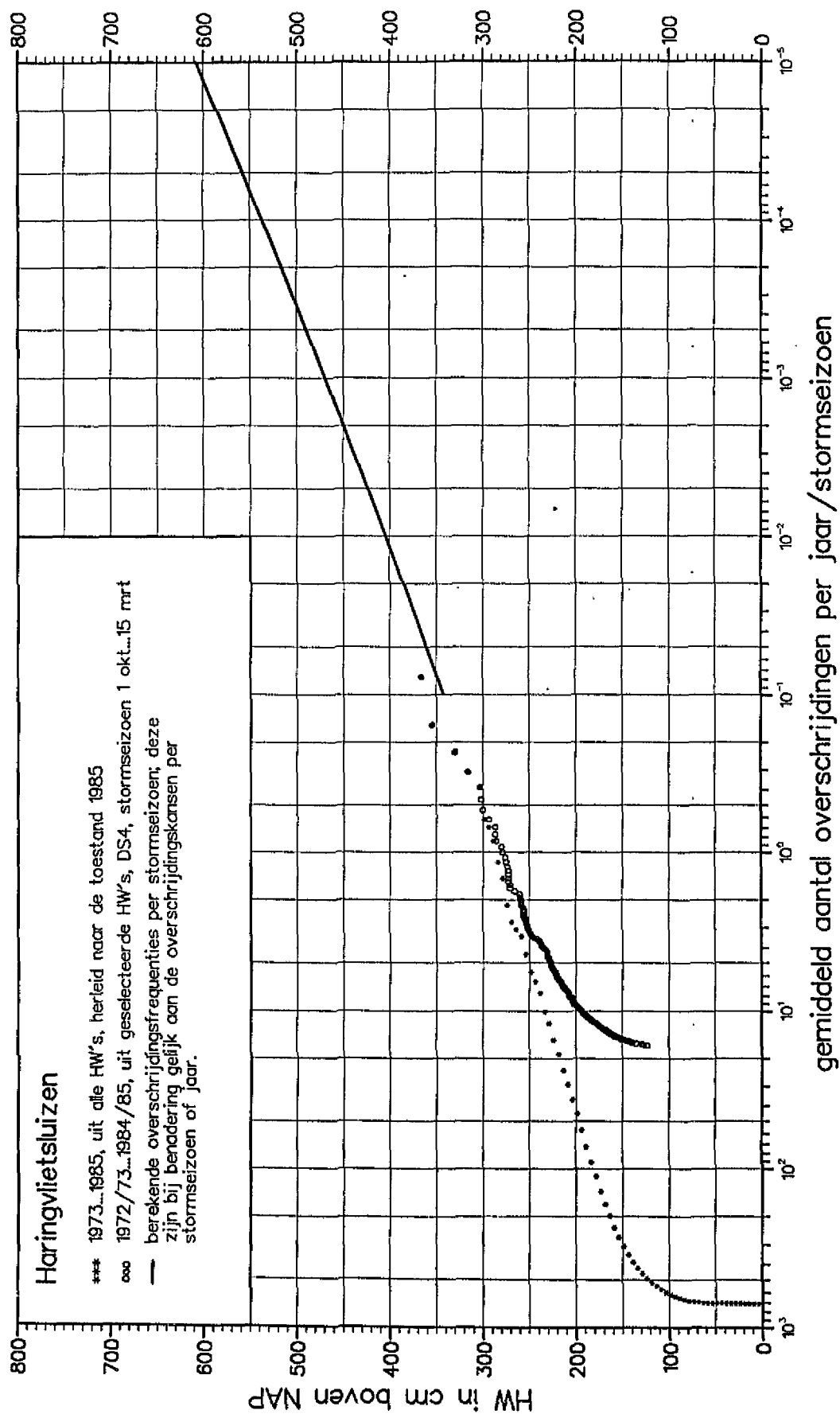
bijlage 7

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Roompot Buiten



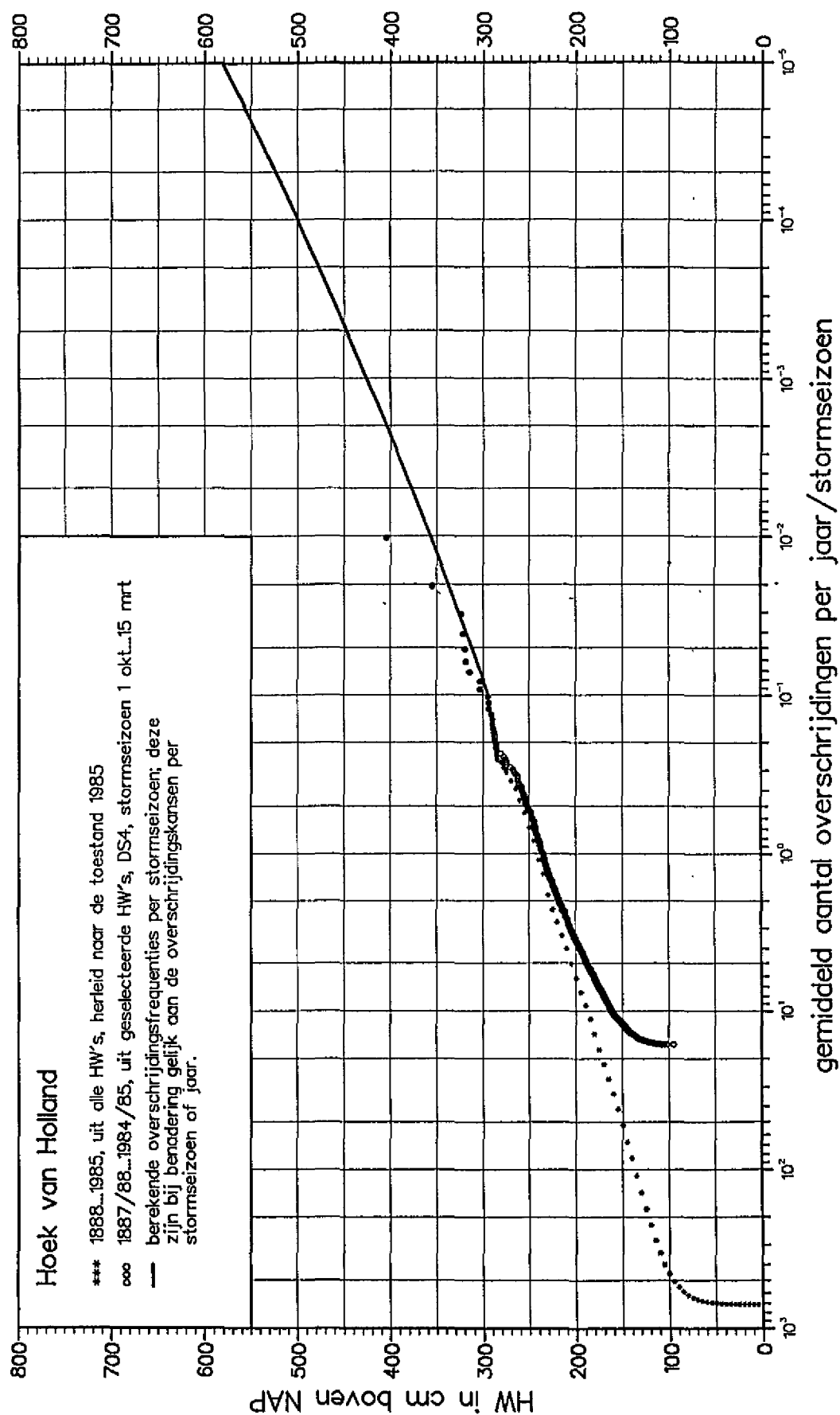
bijlage 8

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Brouwershavense gat 08

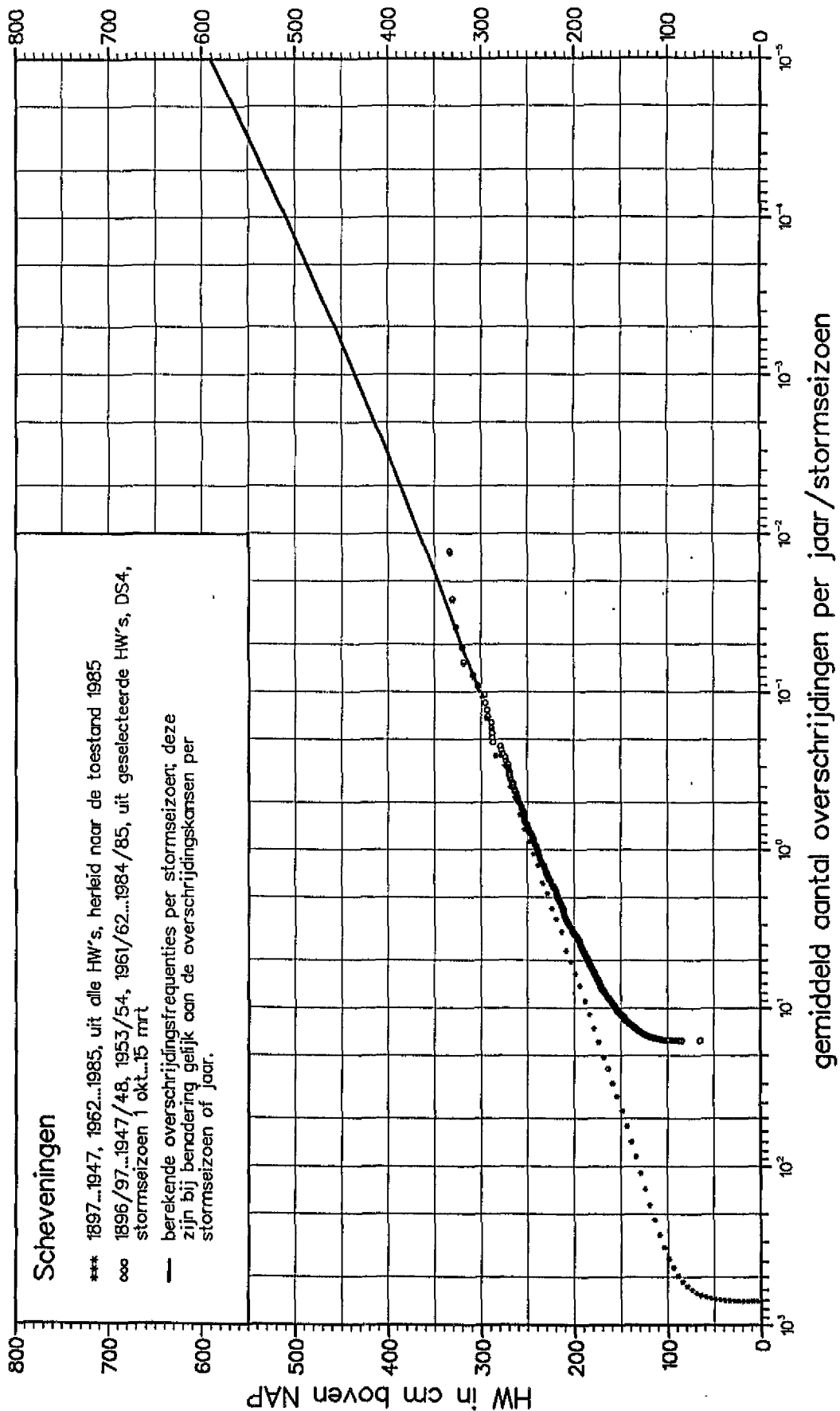


bijlage 9

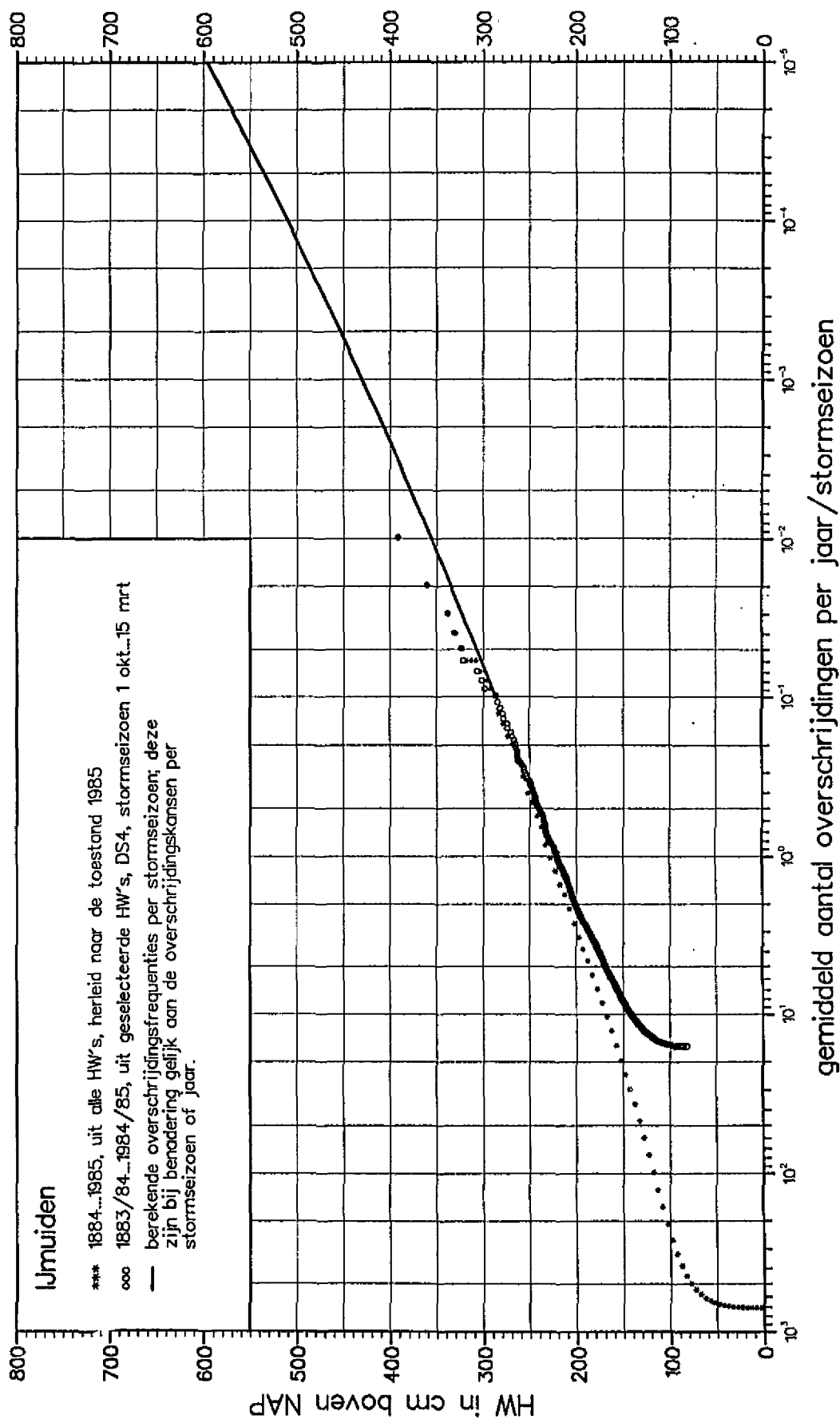
Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Haringvlietsluizen



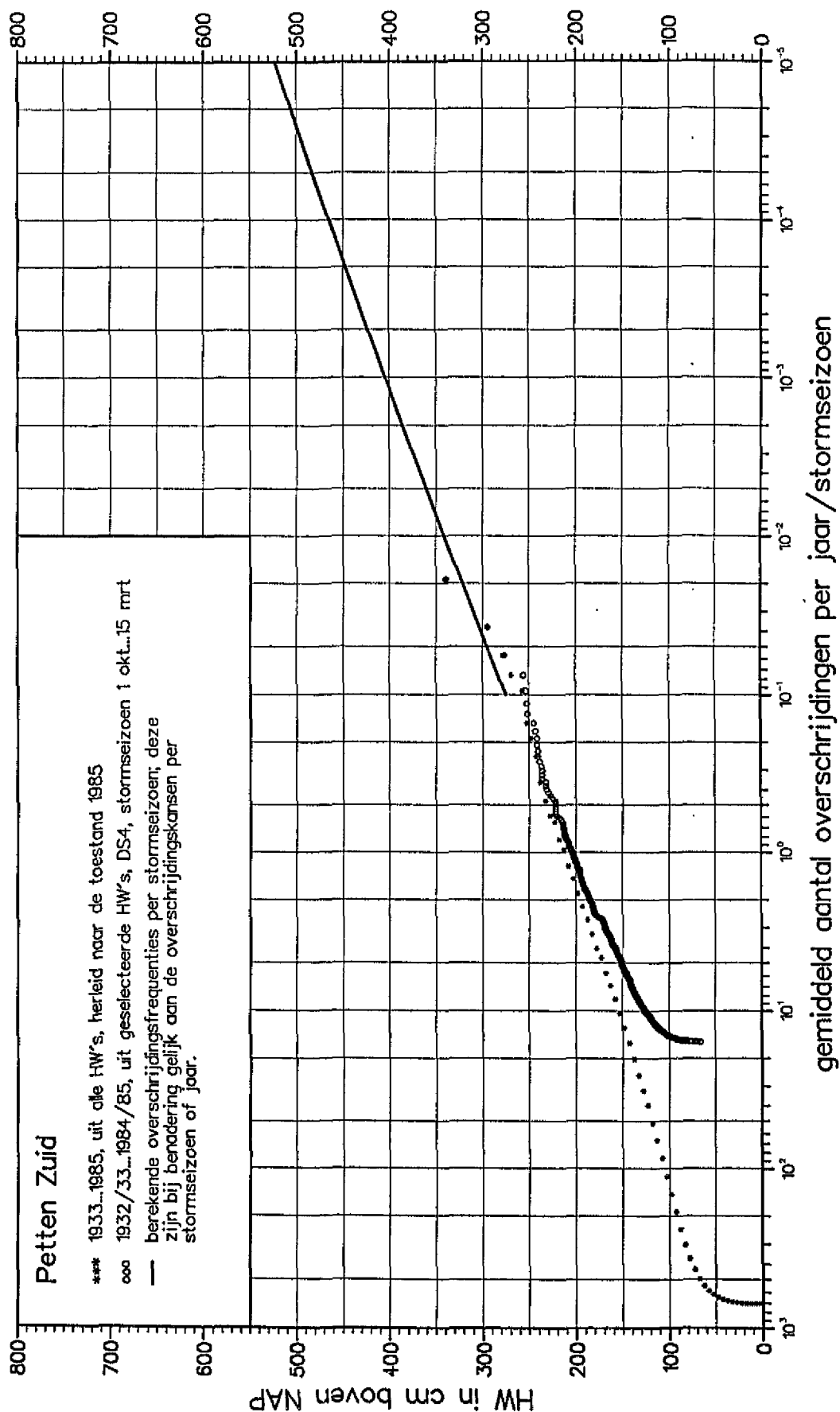
bijlage 10 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Hoek van Holland



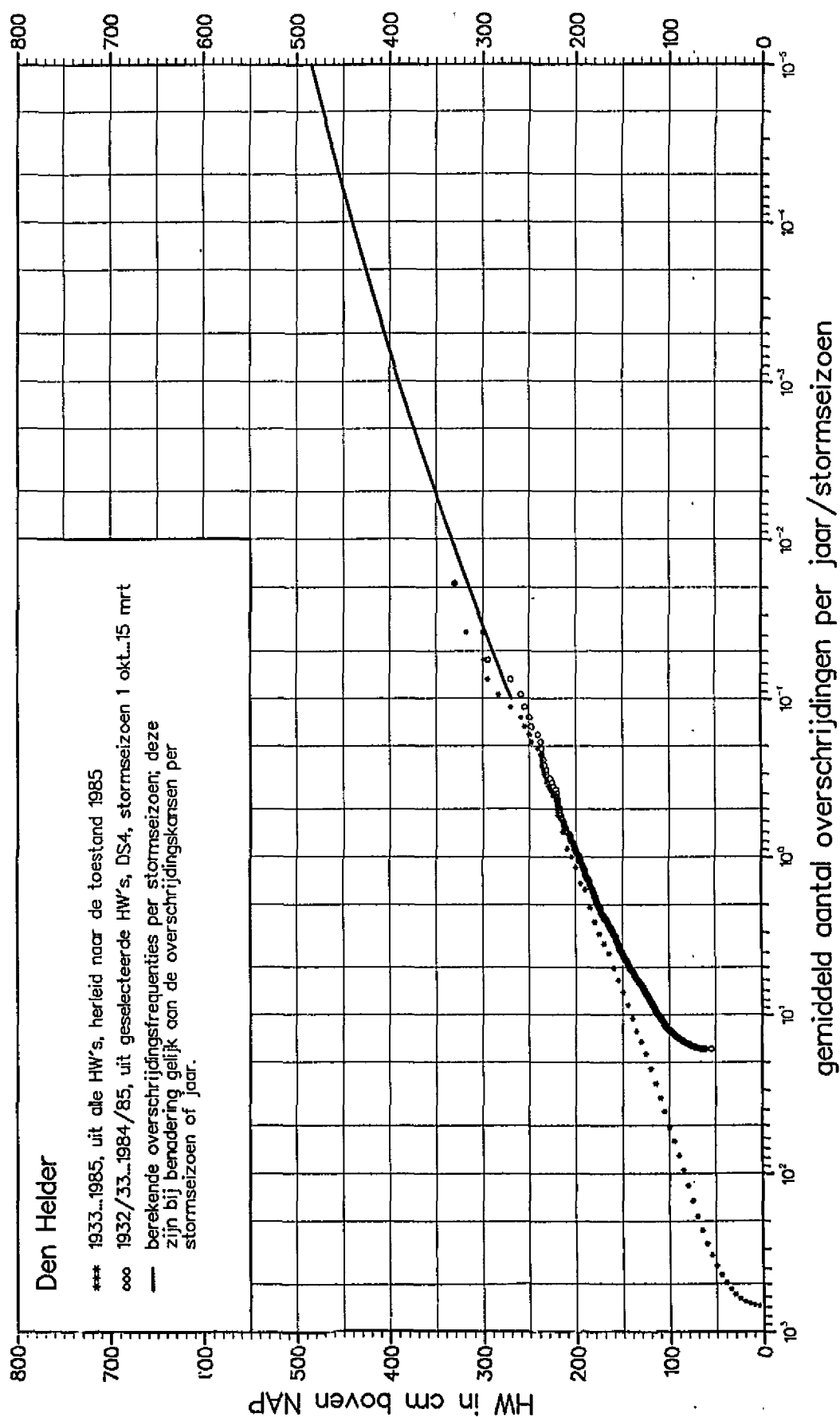
bijlage 11 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Scheveningen



bijlage 12 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van IJmuiden

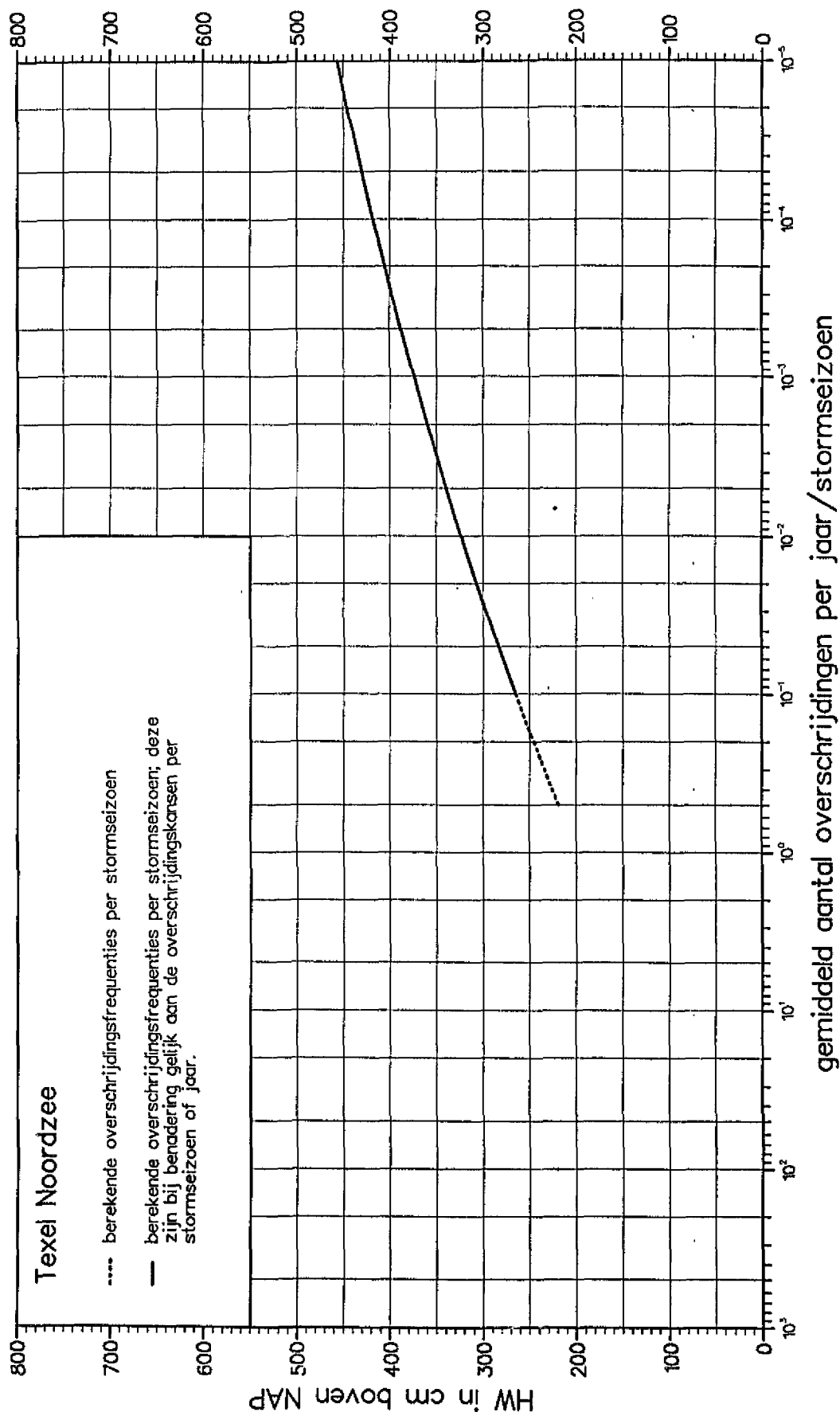


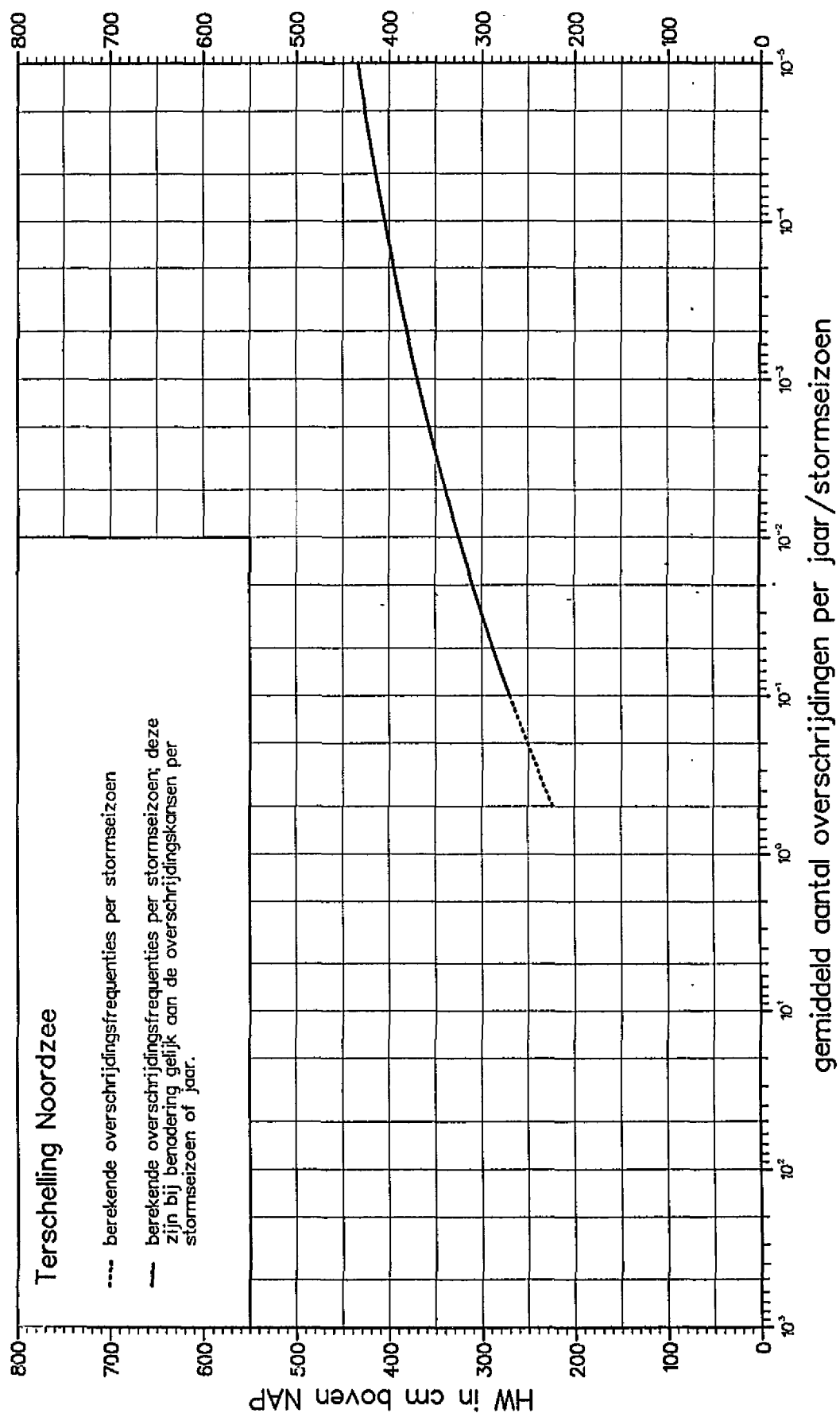
bijlage 13 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Petten-zuid



bijlage 14

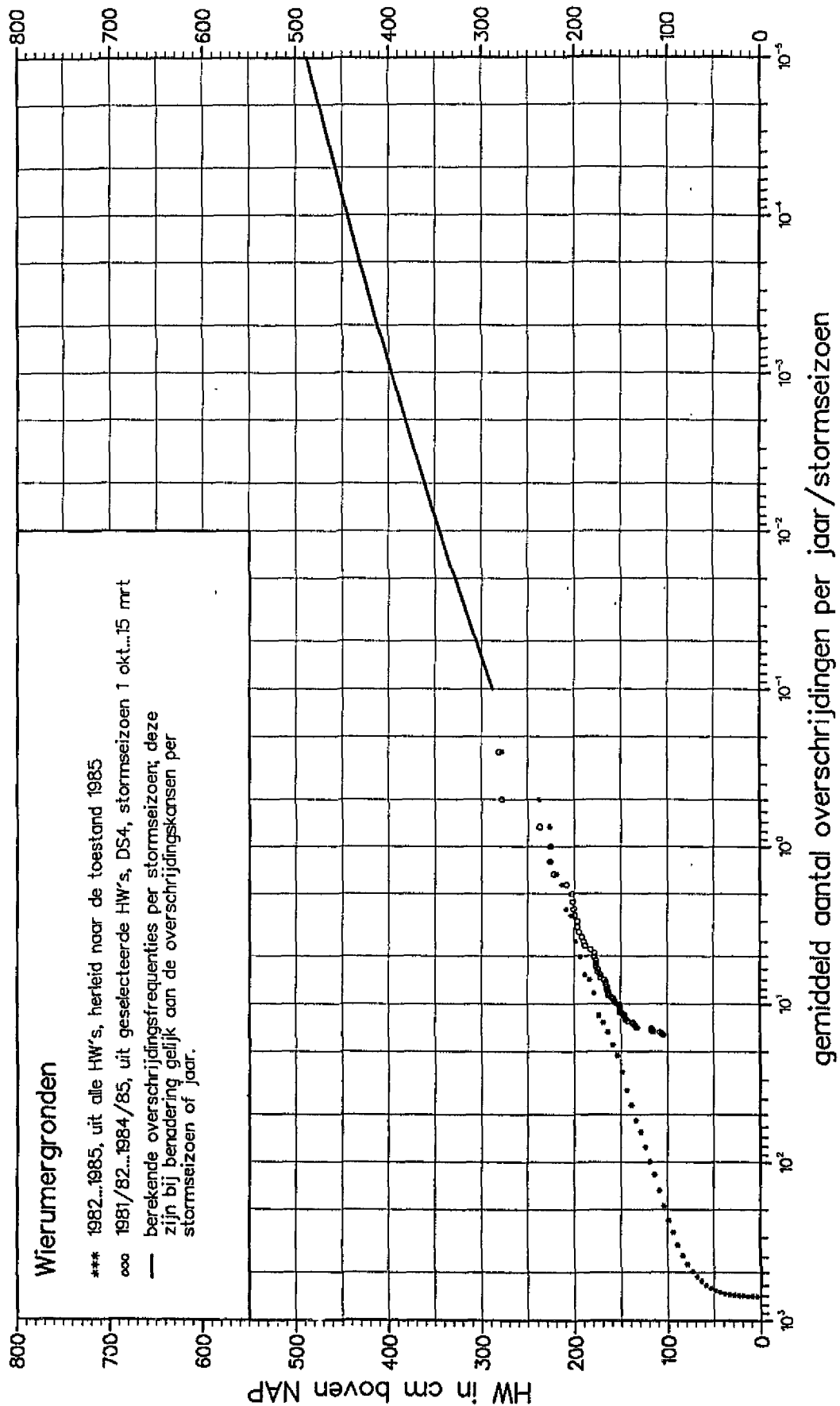
Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Den Helder





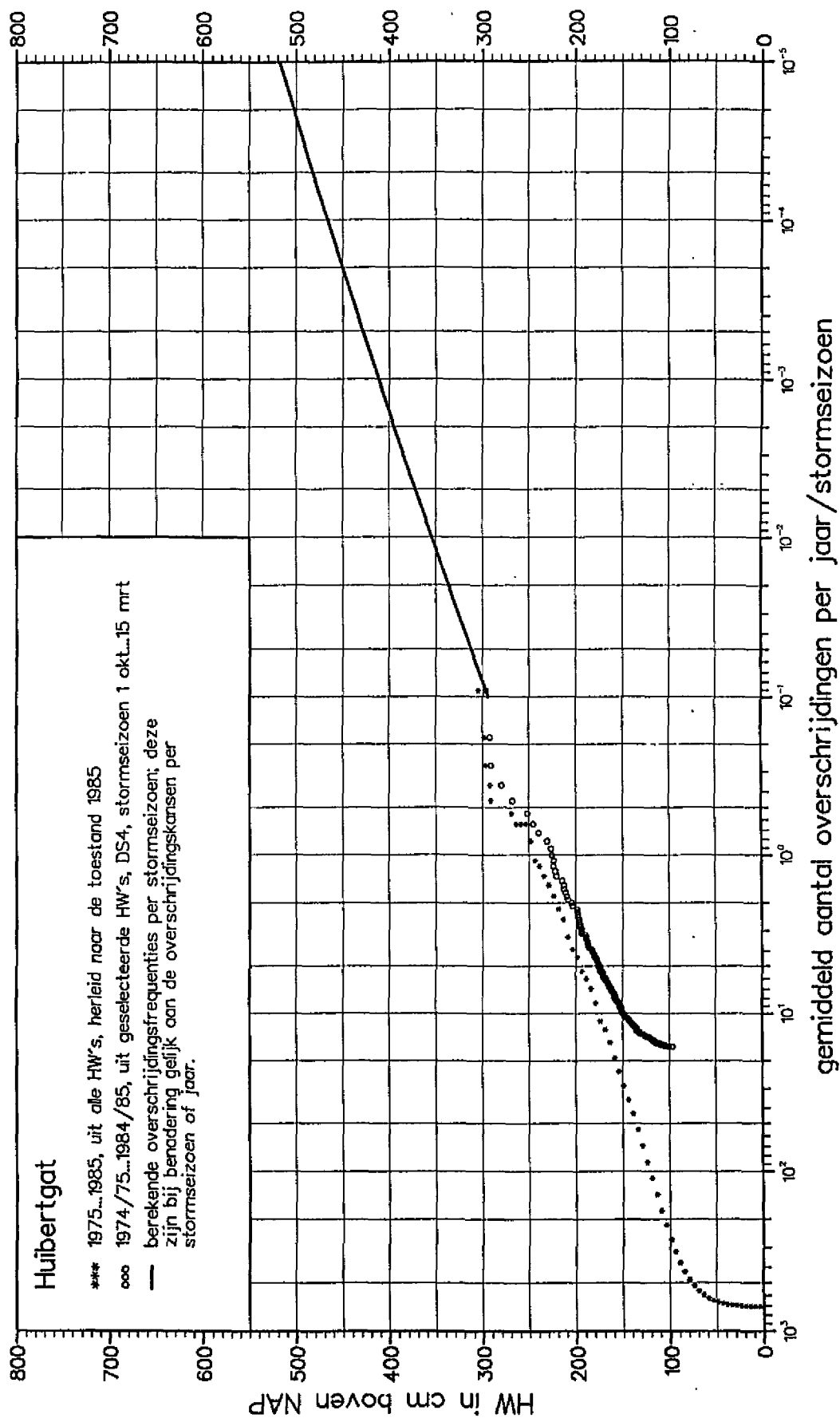
bijlage 16

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Terschelling- Noordzee

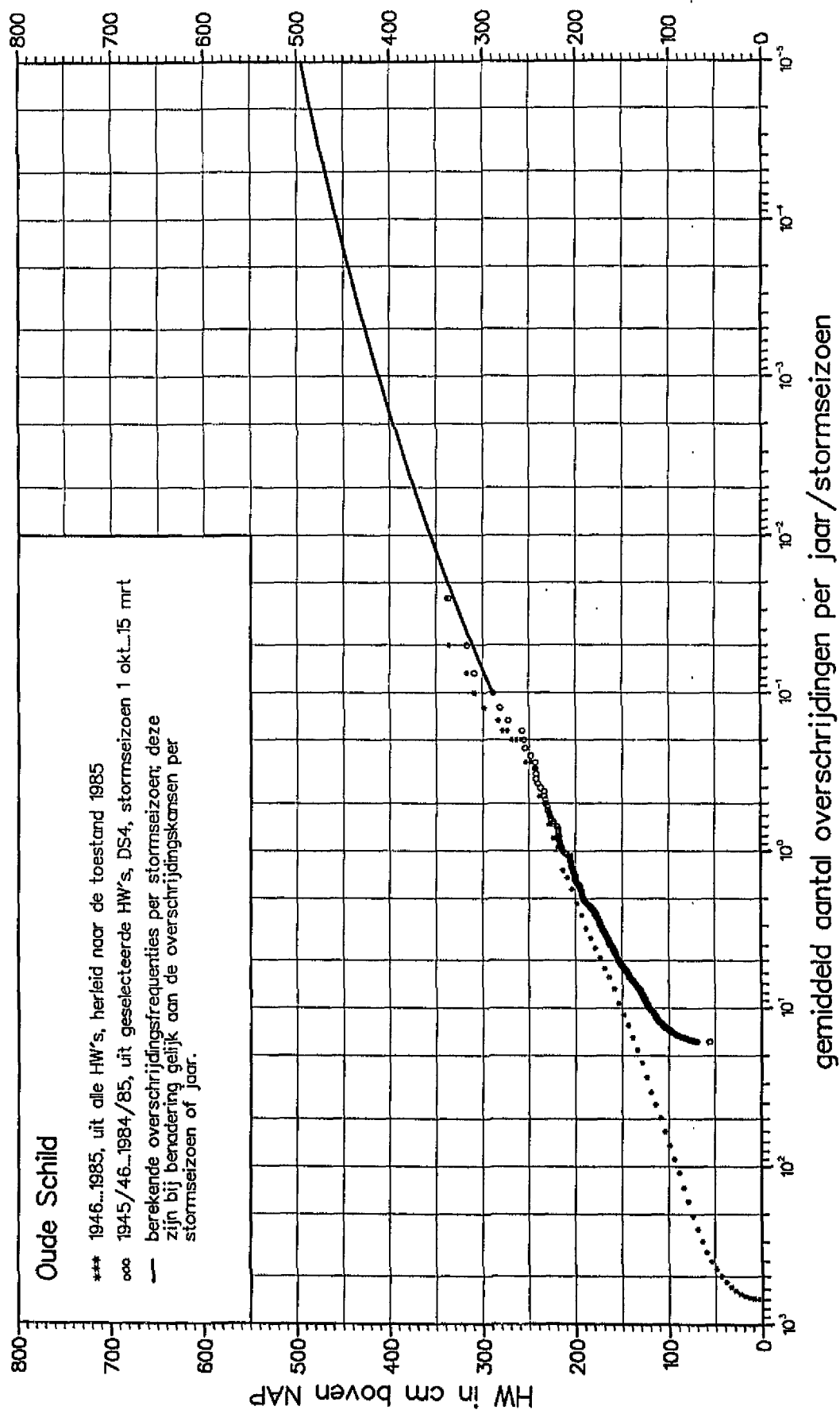


bijlage 17

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Wierumergronden

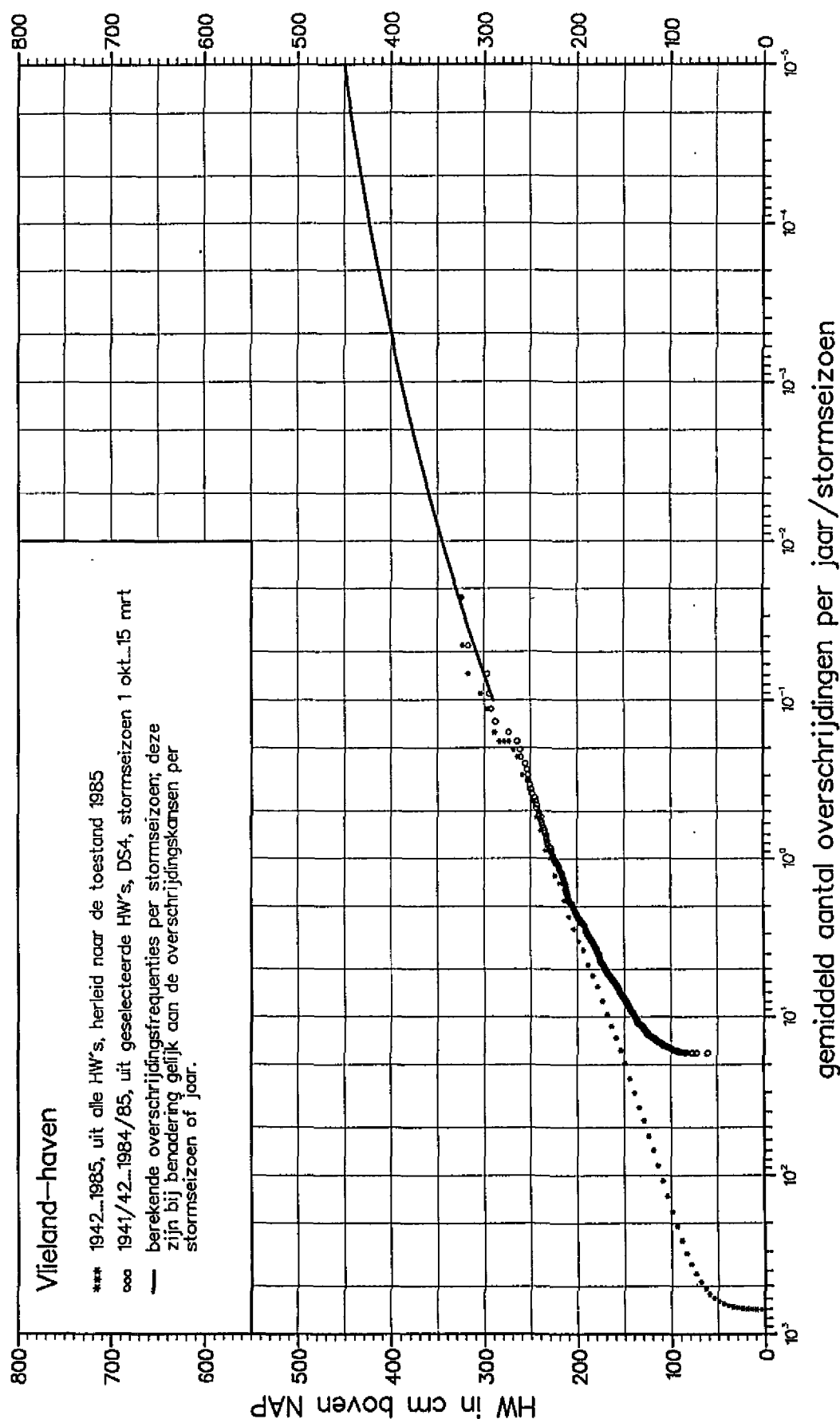


bijlage 18 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Huibertgat



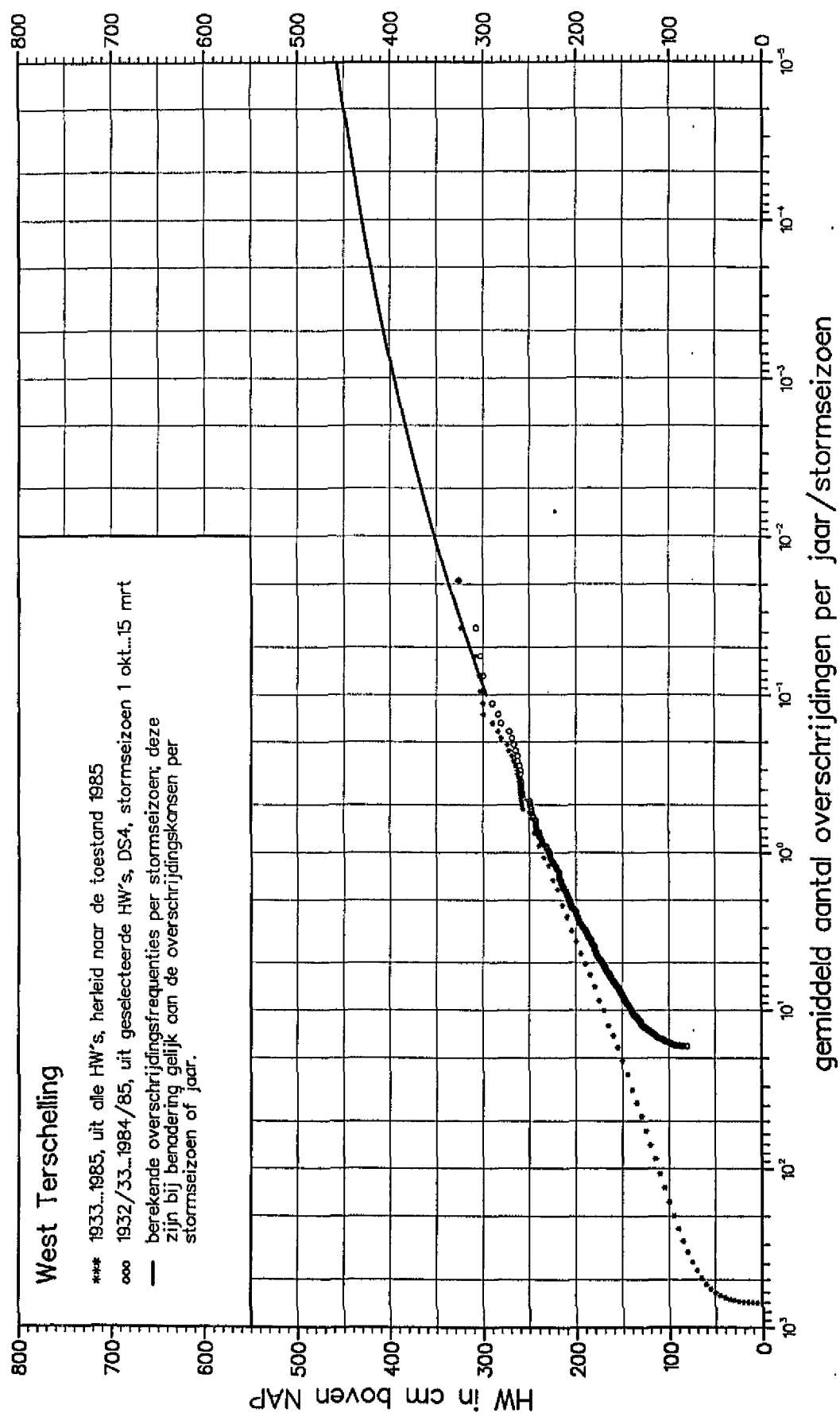
bijlage 19

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Oudeschild



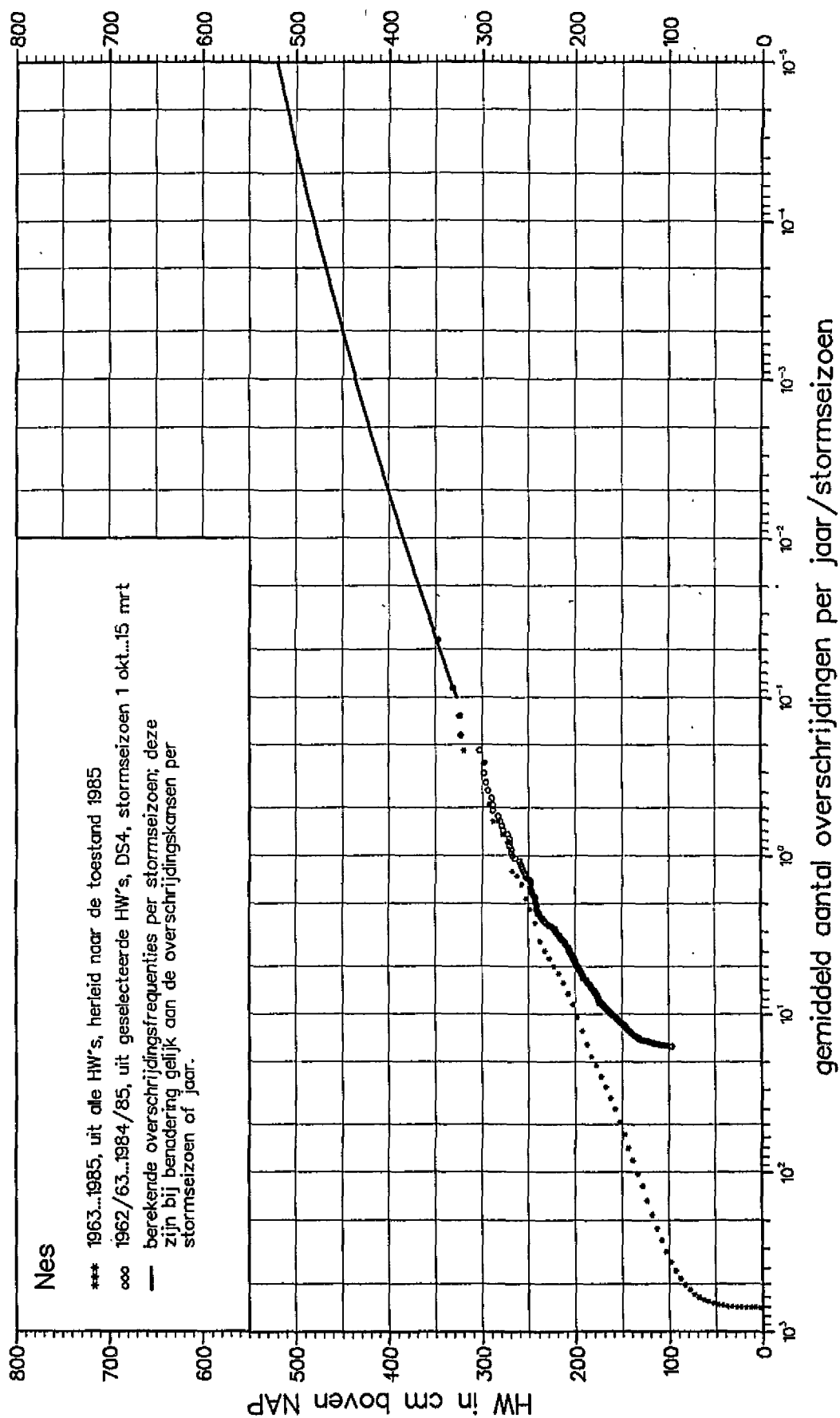
bijlage 20

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Vlieland-haven

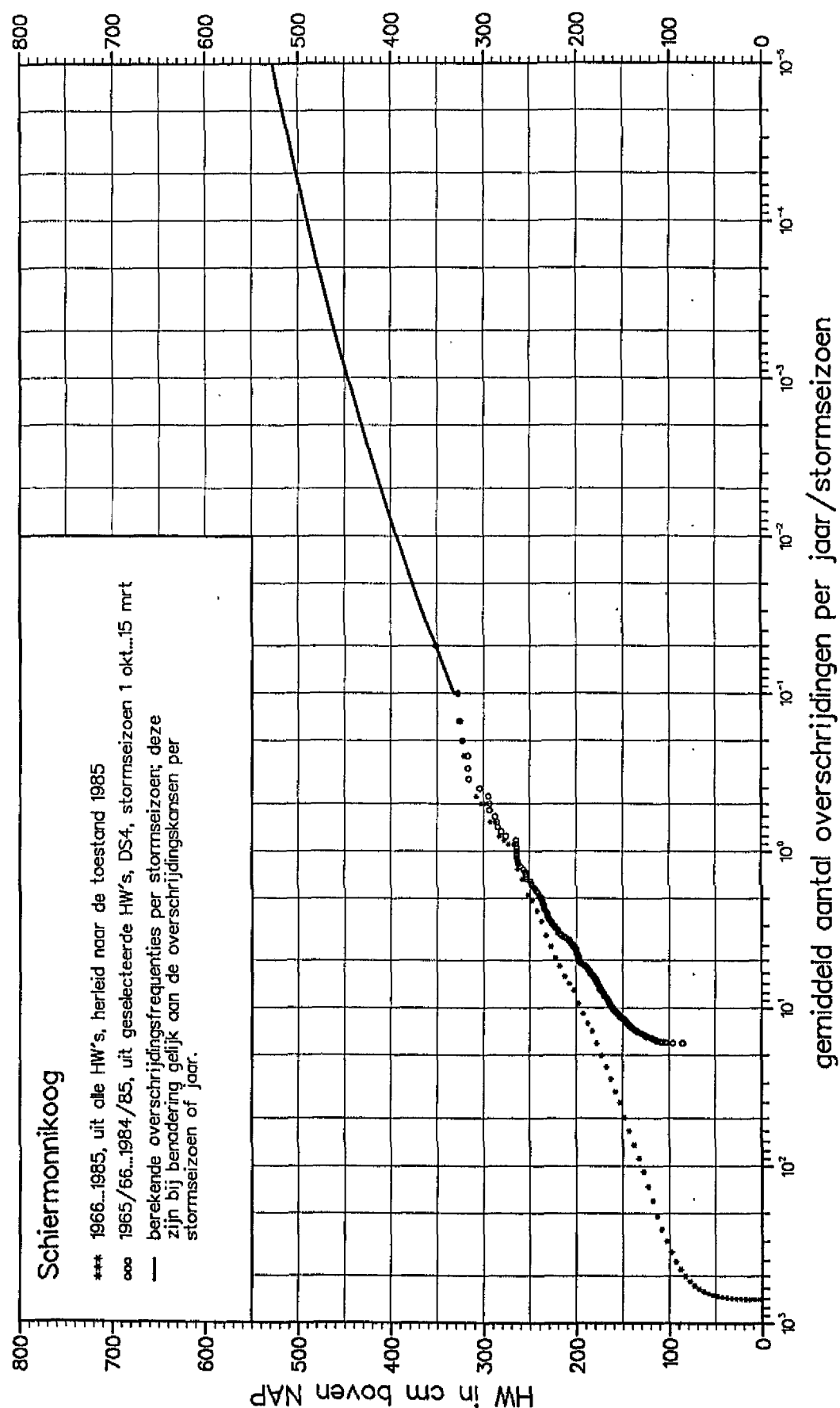


bijlage 21

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van West-Terschelling

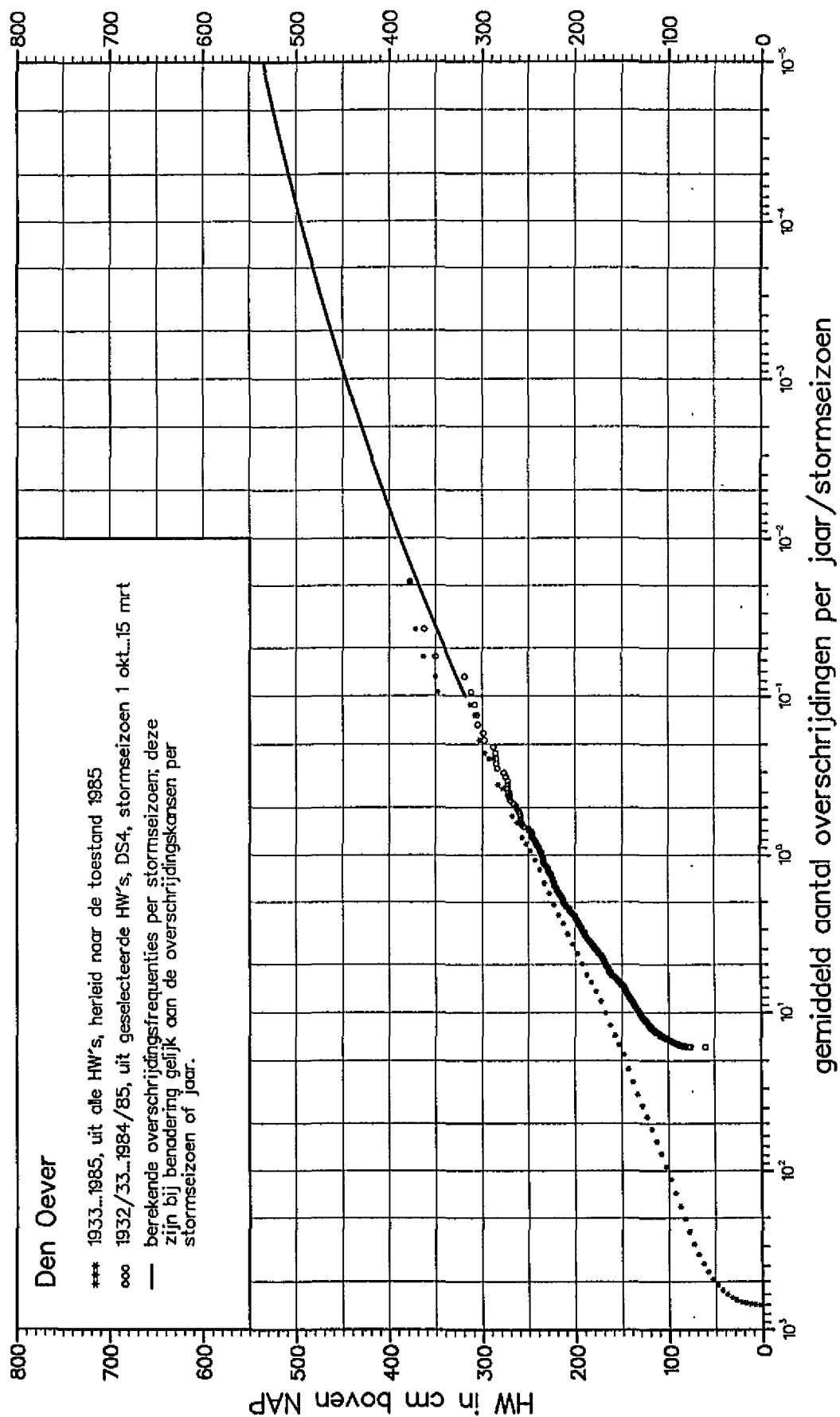


bijlage 22 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Nes



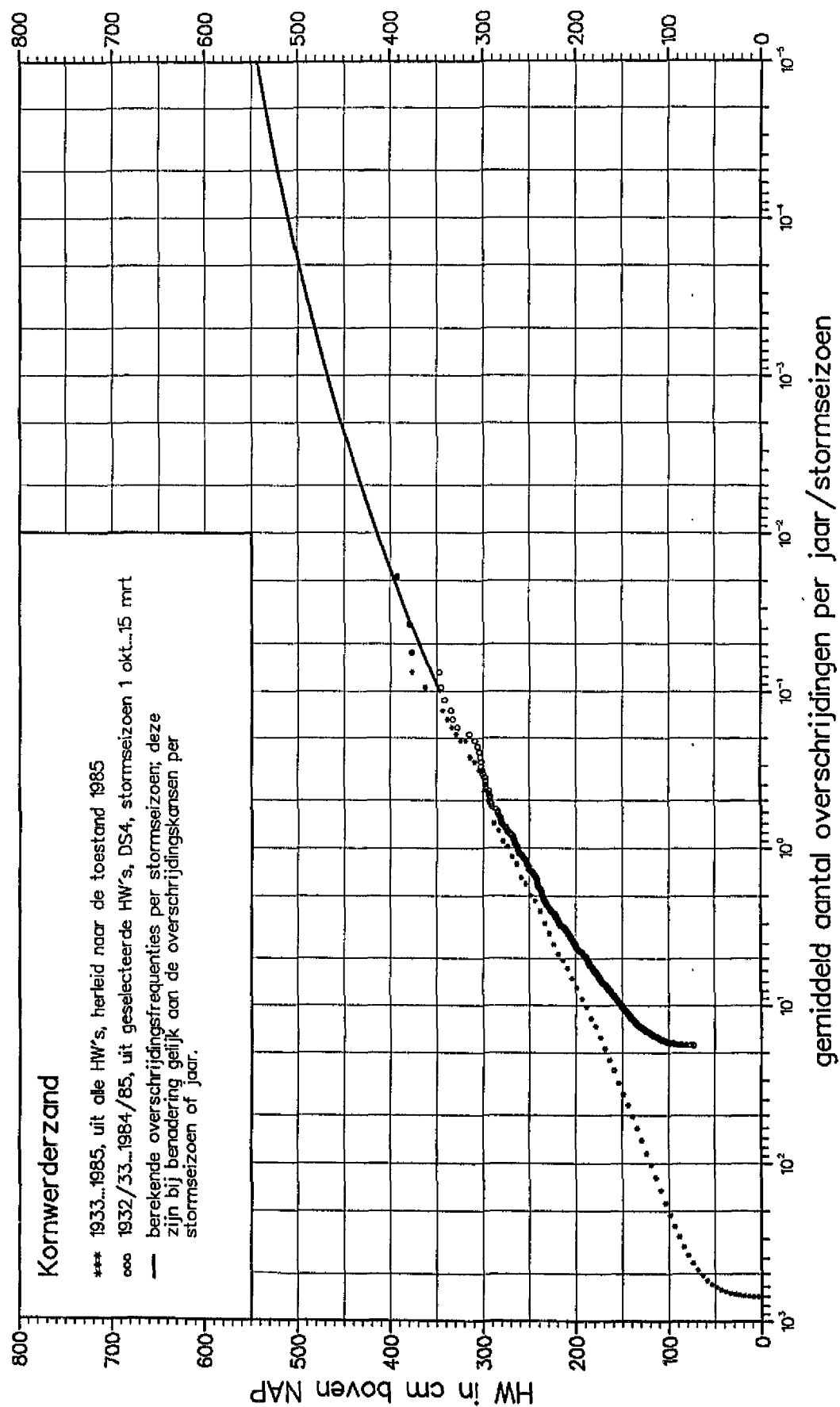
bijlage 23

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Schiermonnikoog



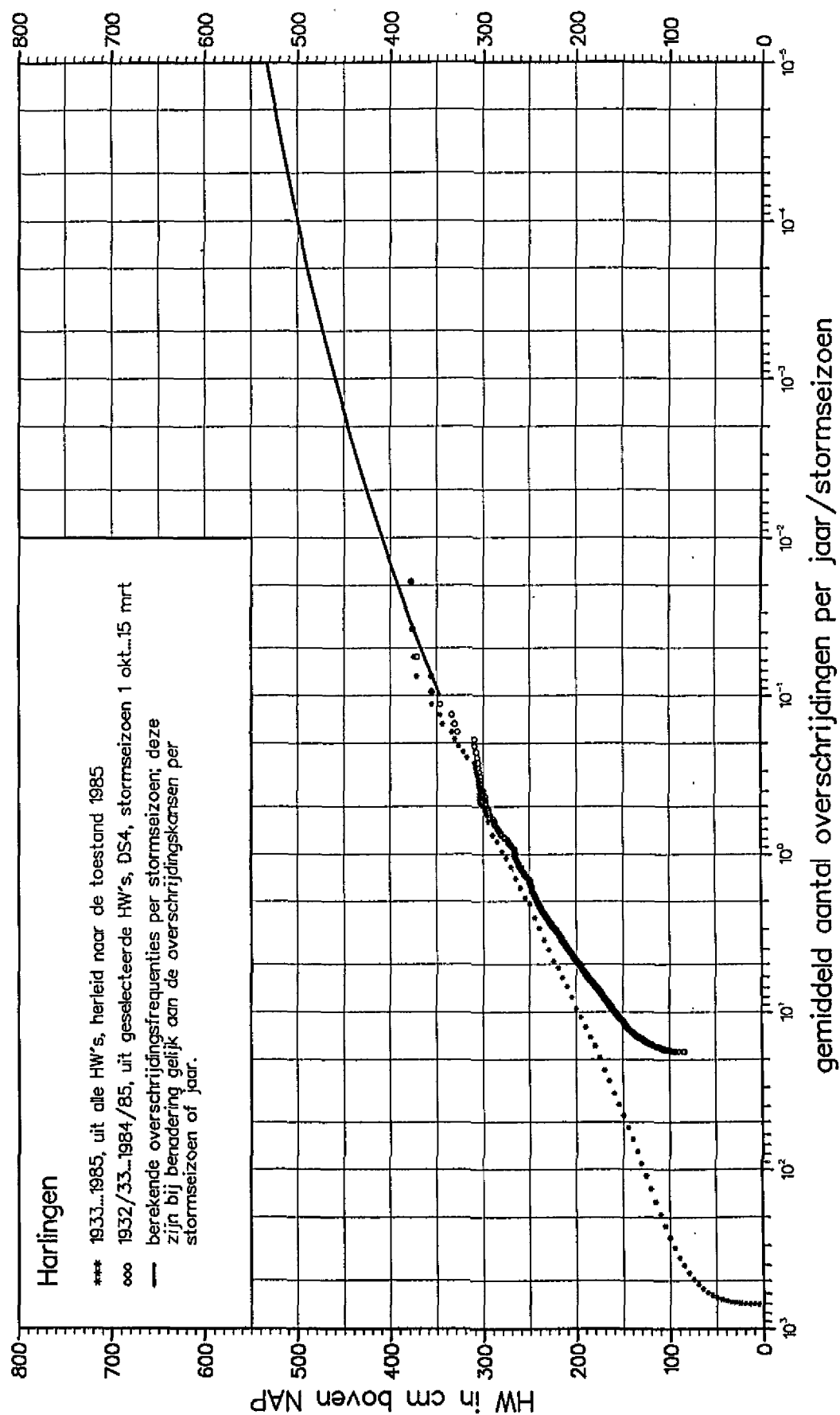
bijlage 24

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Den Oever

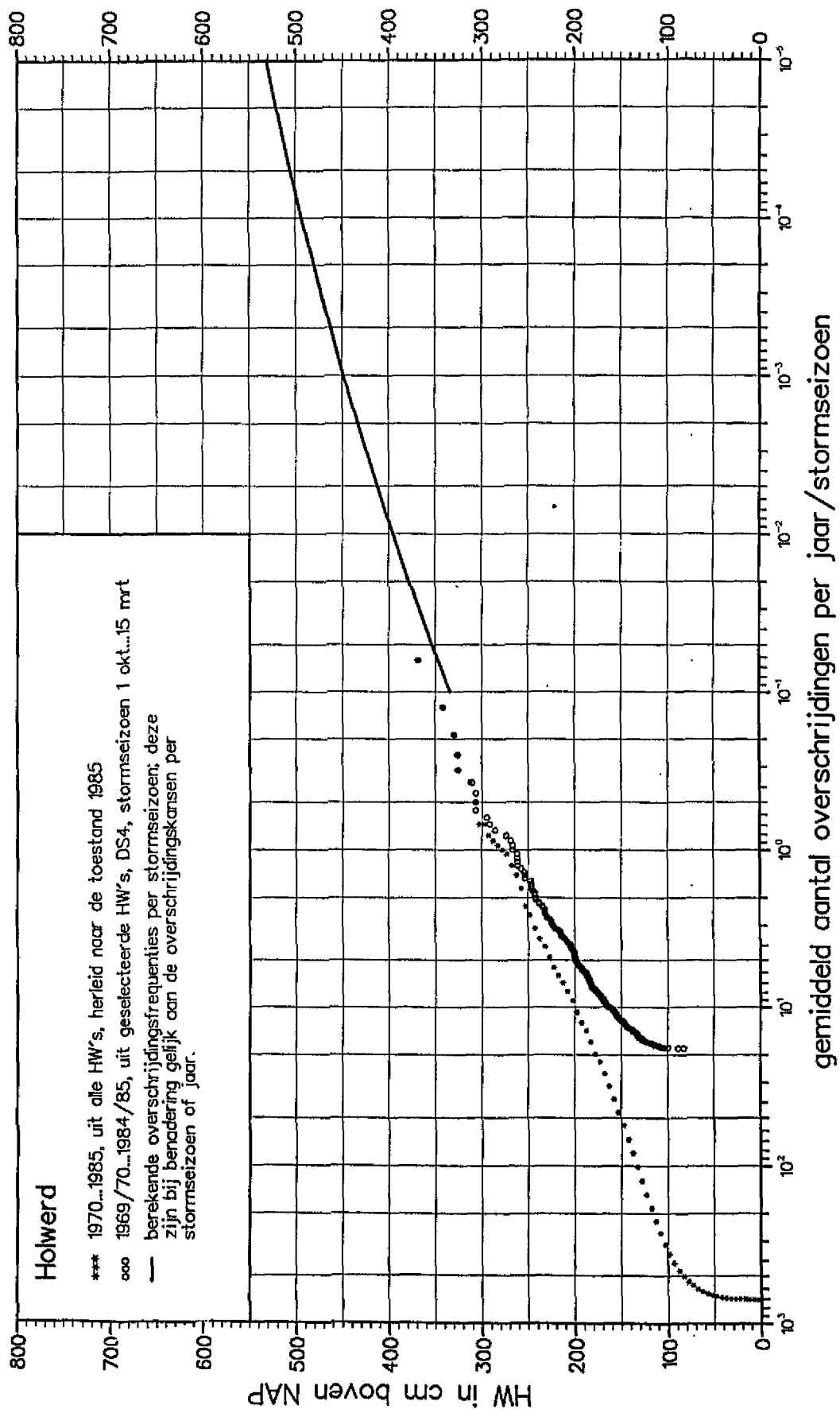


bijlage 25

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Kornwerderzand

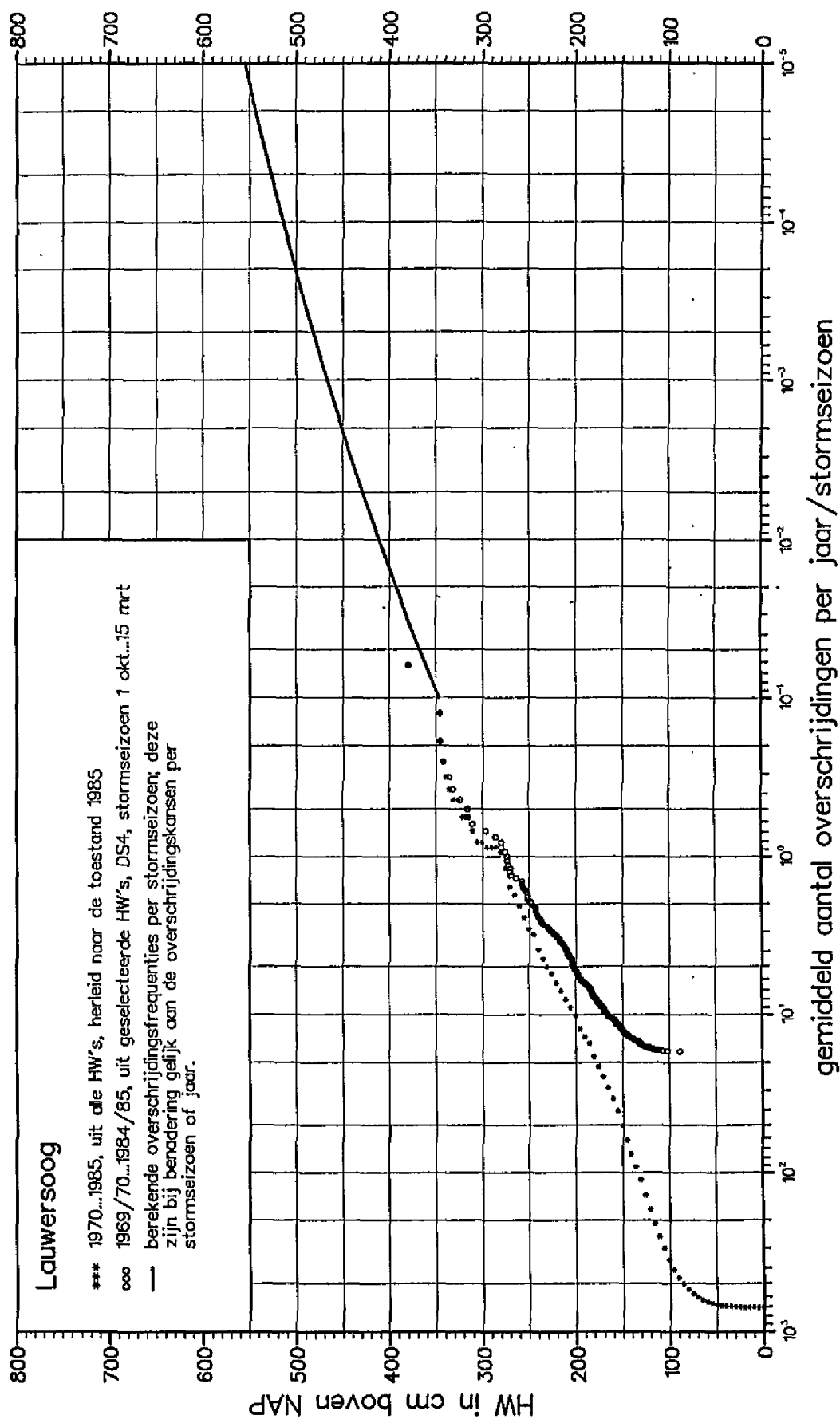


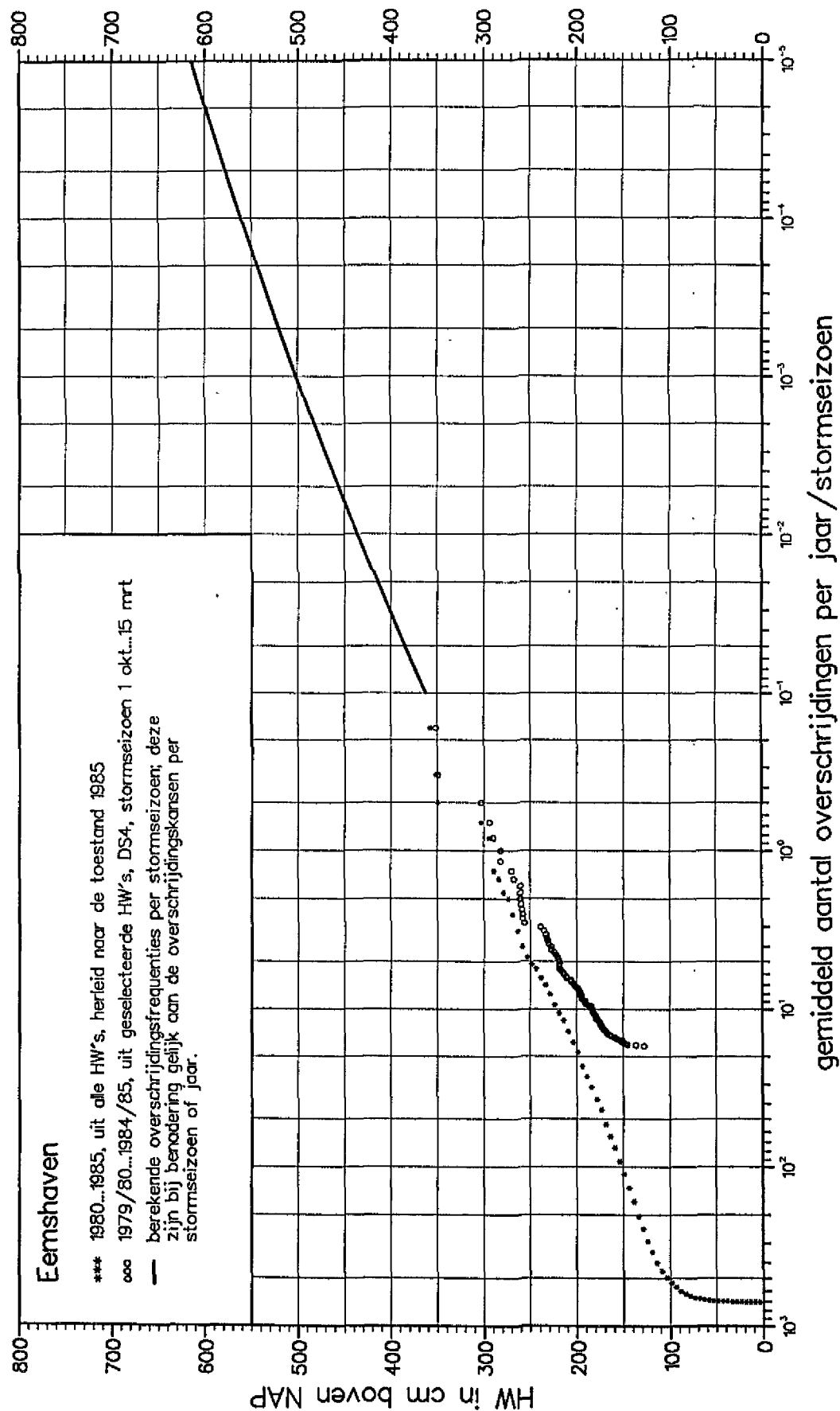
bijlage 26 Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Harlingen.

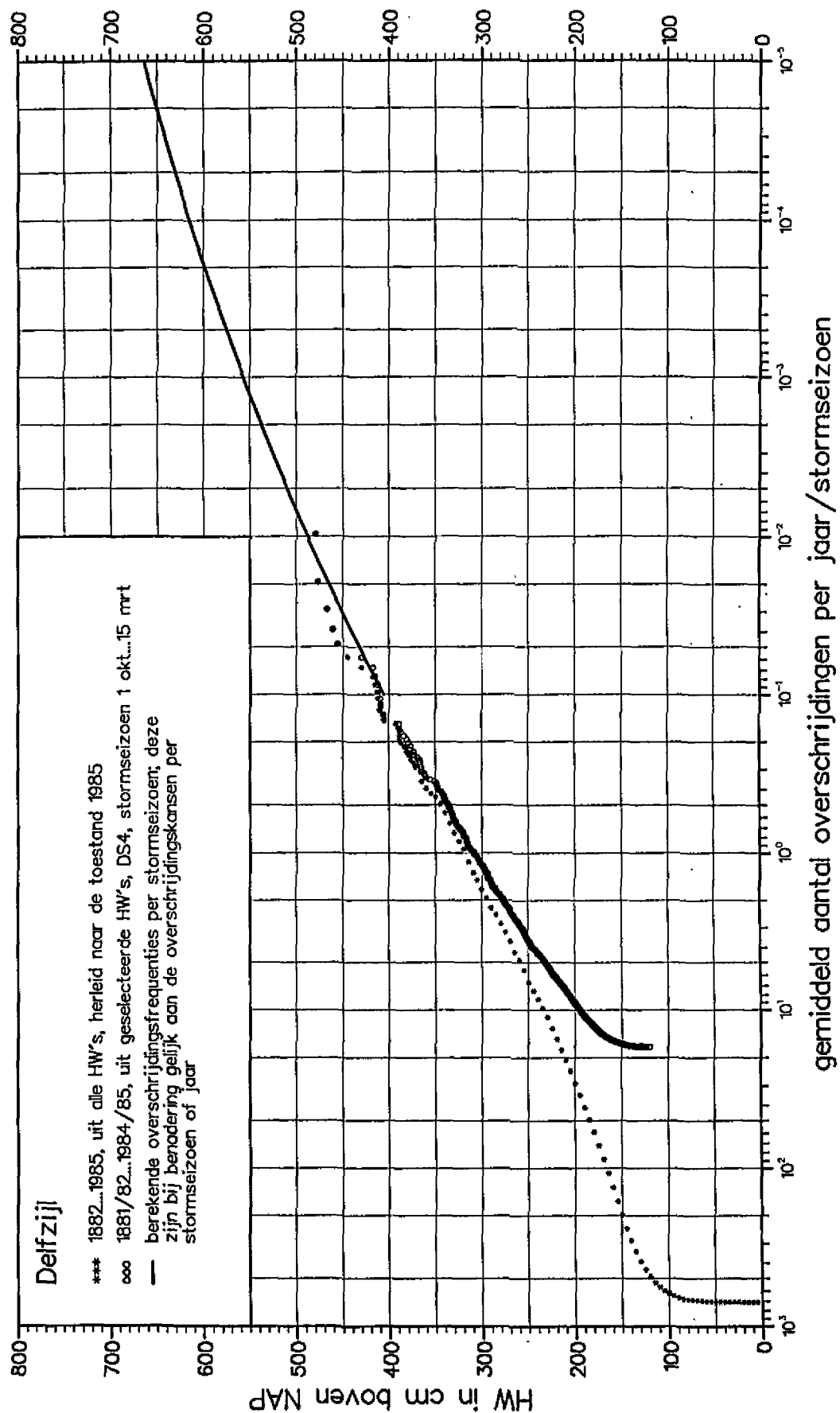


bijlage 27

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Holwerd

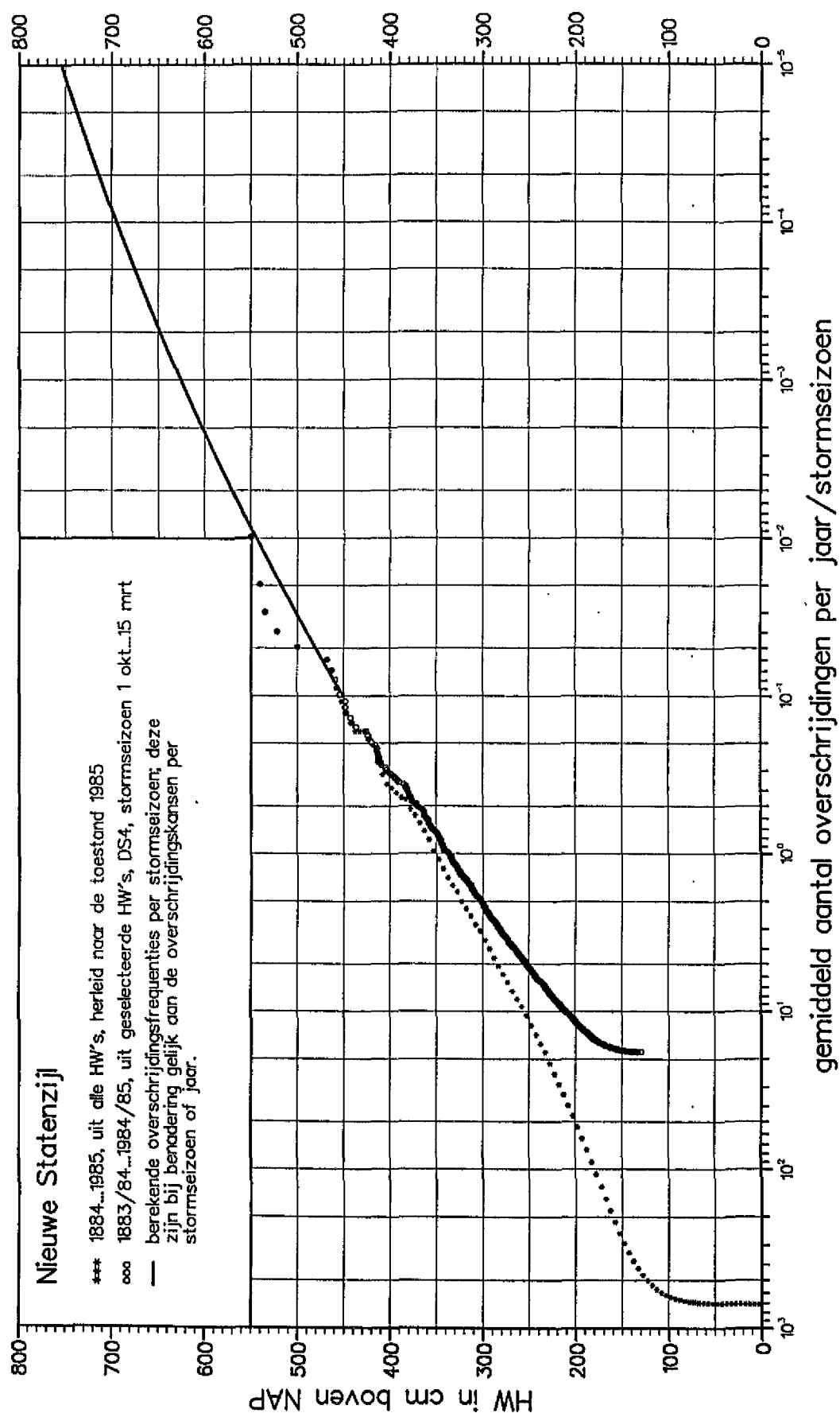






bijlage 30

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Delfzijl



bijlage 31

Overschrijdingsfrequentielijn van hoogwaterstanden van Nieuwe Statenzijl

Aanhangsel

De wiskundige formulering van de overschrijdingslijnen

In dit aanhangsel wordt de formule voor de in hoofdstuk 4 besproken overschrijdingslijnen afgeleid. Tevens komt de relatie tussen de overschrijdingsfrequentie per stormseizoen en de overschrijdingskans per stormseizoen aan de orde.

De overschrijdingslijnen zijn gebaseerd op het GPV-model. Dat houdt het volgende in. Stel er kan beschikt worden over een reeks van onafhankelijke en gelijkverdeelde waarnemingen $X_1, \dots, X_N$. Dat zijn hier de geselecteerde (d.w.z. uit het stormseizoen van 1 okt...15 maart en na DS4-selectie voor verwijdering van autocorrelatie, zie lit. 1) en naar de toestand van 1985 herleide hoogwaterstanden uit het verleden bij een gegeven station. Ze zijn alle afkomstig uit een onbekende verdeling met verdelingsfunctie F . Van deze waarnemingen $X_1, \dots, X_N$ worden diegene gekozen, die boven een bepaalde goed gekozen drempel u uitsteken, en wordt de verdeling F_u van de boven deze drempel uitstekende delen $Y_1, \dots, Y_M$ beschouwd. Aangetoond kan worden dat onder bepaalde voorwaarden en voor voldoende hoge drempel u de verdeling F_u goed benaderd wordt door de GPV-verdeling, de gegeneraliseerde Pareto-verdeling, hier aangeduid als $G(y; \sigma_u, \gamma)$, met schaalparameter σ_u en vormparameter γ . Voor goed gekozen u geldt dus

$$F_u(y) \approx G(y; \sigma_u, \gamma) \quad \text{met} \quad G(y; \sigma_u, \gamma) = 1 - (1 + \gamma \frac{y}{\sigma_u})^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{A.1})$$

voor alle y waarvoor $1 + \gamma(y/\sigma) > 0$. De schaalparameter σ_u is afhankelijk van de drempelwaarde u . Voor meer achtergronden wordt verwezen naar lit.1.

Aangenomen wordt nu dat de waarnemingen $Y_1, \dots, Y_M$ exact een GPV-verdeling bezitten. Als de parameters van deze verdeling voor een bepaald station bekend zijn, dan ligt daarmee ook de overschrijdingslijn vast. Bij een normale statistische procedure wordt de drempel u gekozen en worden de parameters σ_u en γ geschat uit de waarnemingen, bijvoorbeeld met behulp van de methode van de meest aannemelijke schattingen. Omdat elke overschrijdingslijn door het betreffende basispeil moet gaan, dat niet alleen op grond van statistische bewerking is bepaald, was een andere procedure noodzakelijk.

De overschrijdingslijn van een bepaald station moet door drie bekende punten gaan (zie § 4.1). Naast het basispeil, met een overschrijdingsfrequentie van 10^{-4} per stormseizoen, zijn daarvoor gekozen de hoogwaterstanden met overschrijdingsfrequenties $5 \cdot 10^{-1}$ en 10^{-1} per stormseizoen (zie § 4.1). Als drempel u is gekozen de relatief hoge hoogwaterstand met overschrijdingsfrequentie $5 \cdot 10^{-1}$.

Van de drie gegeven punten van elke overschrijdingslijn moet nu eerst worden afgeleid welke waarden van de GPV-verdeling van de waarnemingen $Y_1, \dots, Y_M$ hiermee corresponderen.

De GPV-verdeling geeft de kansverdeling van de waarnemingen zelf en heeft dus niet betrekking op een bepaalde periode. De overschrijdingslijnen daarentegen geven aantallen overschrijdingen per tijdseenheid. Een "vertaalslag" van de gegeven punten van de overschrijdingslijn naar de achterliggende GPV-verdeling is dus noodzakelijk. Daarna kunnen de parameters worden berekend.

Voor de hoogwaterstanden geldt eenvoudig $Y_i = X_i - u$. Voor de herleiding van de overschrijdingsfrequenties wordt de relatie beschouwd tussen de oorspronkelijke verdeling $F(x)$ van X_i en de verdeling $F_u(y)$ van Y_i . $F_u(y)$ kan worden opgevat als de voorwaardelijke verdelingsfunctie van de boven drempel u uitstekende waarnemingen minus drempel u . Van alle mogelijke uitkomsten van X_i wordt de "uitkomstenruimte" beperkt tot die waarvoor $X_i > u$. Er geldt:

$$F_u(y) = P(X - u \leq y | X > u) = \frac{P(u < X \leq y + u)}{P(X > u)} = \frac{F(y + u) - F(u)}{1 - F(u)} \quad (\text{A.2})$$

Als N het totale aantal waarnemingen X_i is over een periode van s jaar, N_x het aantal overschrijdingen van niveau x in die periode en N_u dat van drempel u , dan geldt:

$$P(u < X \leq u + y) \approx \frac{N_u - N_x}{N} \quad (\text{A.3})$$

en

$$P(X > u) \approx \frac{N_u}{N} \quad (\text{A.4})$$

Substitutie van (A.3) en (A.4) in (A.2) en met

q_x = gemiddeld aantal overschrijdingen per stormseizoen van niveau x ($=N_x/s$)

q_u = gemiddeld aantal overschrijdingen per stormseizoen van drempel u ($=N_u/s$), geeft:

$$F_u(y) \approx 1 - \frac{N_x}{N_u} = 1 - \frac{q_x}{q_u} \quad (\text{A.5})$$

Met formule (A.5) kunnen dus de gegeven overschrijdingsfrequenties worden herleid naar de corresponderende kanswaarden van de GPV-verdeling en kunnen vervolgens de parameters σ_u en γ worden berekend. Het $\approx$ -teken wordt daarbij vervangen door het $=$ -teken, omdat wordt uitgegaan van vastgestelde waarden van q_u en q_x .

Uit (A.5) en (A.1) en met $y=x-u$ volgt eenvoudig

$$q_x = q_u \left(1 + \gamma \frac{x-u}{\sigma_u}\right)^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \text{voor } x \geq u \quad (\text{A.6})$$

Wordt x als functie van q_x opgevat, dan volgt uit (A.6) na enige herleiding

$$x = -\frac{\sigma_u}{\gamma} \left\{ 1 - \left(\frac{q_x}{q_u} \right)^{-\gamma} \right\} + u \quad \text{voor } x \geq u \quad (\text{A.7})$$

Invullen van $q_u = 0,5$ leidt tot de formules (4.1) en (4.2) van hoofdstuk 4.

Voor de betrekking tussen de overschrijdingsfrequentie en de overschrijdingskansen per stormseizoen voor onafhankelijke en gelijkverdeelde waarnemingen (hier dus hoogwaterstanden) geldt het volgende.

Als q_x het gemiddelde aantal keren per stormseizoen is dat een bepaald niveau x wordt bereikt of overschreden, dan is de kans op r gebeurtenissen (gebeurtenis = bereiken of overschrijden van het betreffende niveau) in een willekeurig stormseizoen volgens de Poisson-verdeling, die voor q_x toepasbaar is, gelijk aan

$$P(X = r) = \frac{q_x^r e^{-q_x}}{r!} \quad (\text{A.8})$$

De kans dat het betreffende niveau in een willekeurig stormseizoen niet wordt bereikt of overschreden (dus $r = 0$) is dan

$$P(X = 0) = e^{-q_x} \quad (\text{A.9})$$

De kans dat het betreffende peil in een willekeurig stormseizoen wel zal worden bereikt of overschreden, verder aangeduid als p_x , is dus

$$p_x = P(X \neq 0) = 1 - e^{-q_x} \quad (\text{A.10})$$

Hiermee is dus de betrekking verkregen tussen q_x , het gemiddelde aantal keren per stormseizoen dat niveau x wordt bereikt of overschreden en p_x , de kans per stormseizoen op bereiken of overschrijden van dat niveau. Ontwikkeld in een Taylor-reeks is deze uitdrukking te schrijven als

$$p_x = q_x - \frac{q_x^2}{2!} + \frac{q_x^3}{3!} - \dots \quad (\text{A.11})$$

Hieruit valt eenvoudig te zien dat

$$p_x \approx q_x \quad \text{voor kleine } q_x \quad (\text{A.12})$$

Voor waarden van q_x kleiner dan 0,1 is deze benadering in de praktijk meestal voldoende nauwkeurig.

Substitutie van (A.6) in (A.10) geeft p_x als functie van x :

$$p_x = 1 - e^{-q_u(1+\gamma)\frac{x-u}{\sigma_u}} \quad (A.13)$$

Uit (A.10) volgt

$$q_x = -\ln(1-p_x) \quad (A.14)$$

zodat met (A.7)

$$x = -\frac{\sigma_u}{\gamma} \left\{ 1 - \left(\frac{-\ln(1-p_x)}{q_u} \right)^{-\gamma} \right\} + u \quad (A.15)$$

Deze formule is gelijk aan formule (5.42) van lit.1.

Voor kleine p_x kunnen de formules (A.13) en (A.15) verder worden vereenvoudigd. Uit de combinatie van (A.12) met respectievelijk (A.6) en (A.7) volgt

$$p_x \approx q_u(1+\gamma)\frac{x-u}{\sigma_u} \quad \text{voor } x \geq u \text{ en kleine } p_x \quad (A.16)$$

en

$$x \approx -\frac{\sigma_u}{\gamma} \left\{ 1 - \left(\frac{p_x}{q_u} \right)^{-\gamma} \right\} + u \quad \text{voor } x \geq u \text{ en kleine } p_x \quad (A.17)$$

Deze laatste formule is gelijk aan formule (6.15) van lit.1.