

LOWKZ-74-110

NOTA 74.10

Onderzoek naar de basispeilen in het  
gebied van de Westelijke Waddenzee

(met 11 figuren en 6 bijlagen)

( door ing F IJnsen )

Hoorn, december 1974.

# INHOUD

	blz.
1. <u>Inleiding</u>	1
2. <u>Waarnemingsmateriaal</u>	2
3. <u>Rangschikking van de jaarmaxima</u>	2
4. <u>Aanpassing Gumbelverdelingen aan frekwentieverdelingen</u>	5
4.1. De methode van Gumbel	5
4.2. De dubbel-exponentiële verdelingsfunctie	6
4.3. Gumbelverdelingen jaarmaxima Hoek van Holland	7
4.4. Gumbelverdelingen jaarmaxima IJmuiden en Oostmahorn	7
4.5. Gumbelverdelingen jaarmaxima Den Helder, Den Oever, Oude Schild, Kornwerderzand, Harlingen en Terschelling	8
4.5.1. Onderzoek naar de homogeniteit van de tijdreeks der jaarmaxima, 1933-1969, station Den Oever	10
4.5.2. Regressie-onderzoek Terschelling-Harlingen	10
5. <u>Gumbelverdelingen en <math>10^{-4}</math>-standen voor Vlieland, Nes (Ameland) en Schiermonnikoog</u>	11
5.1. Betrekking stormvloedstanden Vlieland-Terschelling	12
5.2. Betrekkingen tussen de stormvloedstanden van Nes en die standen van Harlingen, Terschelling en Oostmahorn	13
5.3. Betrekking stormvloedstanden Schiermonnikoog Oostmahorn en Nes	15
5.4. Isocorrelatiekaart Westelijke Waddenzee	17
5.5. Afgeleide Gumbelverdelingen voor Vlieland, Nes en Schiermonnikoog	19

6. <u>Gecorrigeerde <math>10^{-4}</math>-standen: voorlopige nieuwe basispeilen</u>	19
6.1. Kansdecimeringshoogten	22
6.2. Benaderde voorlopige HW-overschrijdingslijnen	24
7. Samenvatting en conclusies	24

BIJLAGEN

	tek.reg.nr.
1. Jaarmaxima HW-standen na 1.VII.1932	-
2. Frekwentieverdeling enz. Oude Schild	74.2.1035
3. Aangepaste dubbel-exponentiële verdelingsfuncties enz. Hoek van Holland	74.2.1228
4. Idem, zes stations in W.Waddenzee	74.2.1206
5. Afgeleide Gumbelverdelingen enz. Vlieland, Nes en Schiermonnikoog	74.2.1233
6. Voorlopige nieuwe HW-overschrijdingslijnen enz. negen stations W.Waddenzee	74.2.1241

# Onderzoek naar de basispeilen in het gebied van de Westelijke Waddenzee

## 1. Inleiding

In het rapport van de Deltacommissie, deel 4, 7.0, staat vermeld, dat voor een aantal stations in het gebied van de Westelijke Waddenzee de destijds beschikbare tijdreeksen van hoogwaterstanden na de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 te gering van omvang (te kort) waren, om op grond daarvan betrouwbare overschrijdingslijnen van die hoogwaterstanden samen te stellen. Het betrof voornamelijk die stations, waarvan de waterstanden na gereedkoming van de Afsluitdijk zijn gewijzigd.

Thans zijn de bedoelde tijdreeksen met circa 20 jaren aangegroeid en wordt tevens in verband met de tegenwoordig aan de orde zijnde verzwaring van een aantal dijken in het Waddenzeegebied de behoefte gevoeld de basis- en ontwerppeilen aan een nader onderzoek te onderwerpen. Voor wat betreft het werk- en studiegebied van de Studiedienst Hoorn, is door deze dienst een onderzoek ingesteld in het gebied tussen Den Helder en Schiermonnikoog. Ter controle van de toegepaste werkwijze zijn daar benevens de waarnemingsreeksen van de stations Hoek van Holland, IJmuiden en Oostmahorn in beschouwing genomen.

Ten einde een indicatie te verkrijgen van de grootte-orde van de waterstanden met een overschrijdingskans van  $10^{-4}$  \* en om zeer omvangrijk rekenwerk te besparen, zijn van een aantal stations met complete tijdreeksen alleen de jaarmaxima der hoogwaterstanden onderzocht.

Aan de gevonden frekwentieverdelingen van die maxima zijn dubbel - exponentiële verdelingsfuncties aangepast volgens de door GUMBEL geïntroduceerde methode. Met behulp van de berekende verdelingsfuncties kan voor de bovengenoemde stations worden geëxtrapoleerd naar waterstanden (jaarmaxima) met overschrijdingskans van  $10^{-4}$ . Van een aantal stations met incomplete tijdreeksen zijn de  $10^{-4}$ -standen bepaald aan de hand van regressievergelijkingen tussen de stormvloedstanden na 1932 van die stations en die standen van naburige stations met complete tijdreeksen.

In de voorliggende nota wordt, zonder aanspraak op volledigheid te kunnen maken, een overzicht van de gevolge werkwijze en

- de -

\* hiermee wordt een waterstand bedoeld, die gemiddeld éénmaal in 10.000 jaar wordt bereikt of overschreden; jaarkans op overschrijding dus  $10^{-4}$  of 0.01%

de resultaten van het onderzoek weergegeven.

2. Waarnemingsmateriaal

Het waarnemingsmateriaal, waarop het onderhavige onderzoek is gebaseerd, is in hoofdzaak ontleend aan de 10-jarige overzichten der waterhoogten enz. van 1931-1940, 1941-1950 en 1951-1960 alsmede aan de jaarboeken der waterhoogten enz., jaargangen 1961-1969. Aangezien voornoemde jaarboeken na 1969 nog in bewerking zijn, zijn de vereiste gegevens van een aantal stations, zie hierna onder punt c, van de jaren 1970-1974 langs andere weg verkregen.

Wat het station Hoek van Holland betreft, is ter controle ook nog gebruik gemaakt van de jaarmaxima der hoogwaterstanden in het tijdvak 1888-1956. Voor de samenstelling van frekwentieverdelingen is gebruik gemaakt van de jaarmaxima der hoogwaterstanden, terwijl de stormvloedstanden zijn toegepast bij diverse regressieberekeningen. De voor elk station onderzochte waarnemingsreeksen vormen steekproeven uit universa met onbekende parameters. De berekende resultaten zullen derhalve een steekproefkarakter dragen en moeten daarom als schattingen worden opgevat. Voorts is met zeespiegelrijzing geen rekening gehouden.

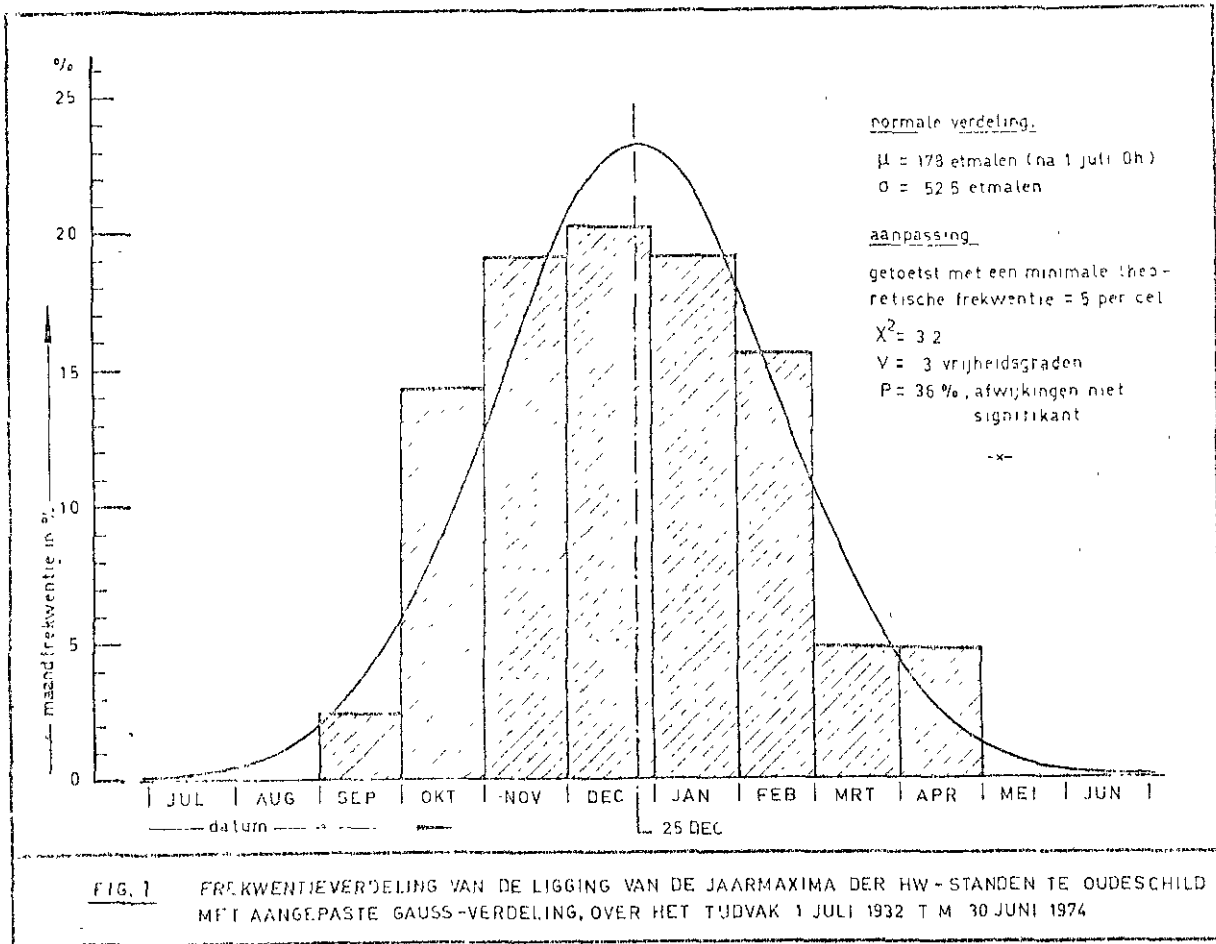
Het waarnemingsmateriaal is als volgt bij het onderzoek van de stations toegepast:

- a. Jaarmaxima 1888-1956  
Hoek van Holland; frekwentieverdeling
- b. Jaarmaxima 1932-1969  
Hoek van Holland, IJmuiden, Den Oever, Oostmahorn; frekwentieverdelingen
- c. Jaarmaxima 1932-1974  
Den Helder, Den Oever, Kornwerderzand, Harlingen, Oude Schild, Terschelling; frekwentieverdelingen
- d. Stormvloedstanden 1932-1969  
Vlieland, Terschelling, Nes, Schiermonnikoog; regressieberekeningen met andere stations.

3. Rangschikking van de jaarmaxima

Zoals bekend mag worden verondersteld, treden in verband met de jaarlijkse gang van de dagelijkse stormkans de jaarmaxima

van de hoogwaterstanden bij voorkeur op in het koude seizoen. Figuur 1 geeft voor het station Oude Schild een indruk hoe de jaarmaxima over de 12 maanden van het jaar zijn verdeeld. Over het tijdvak 1932-1974 werd het centrum van de verdeling berekend op 25 december. Als kansdichtheidsfunctie geeft de normale verdeling met standaarddeviatie  $\sigma = 52\frac{1}{2}$  etmalen bij een eenzijdige overschrijdingskans van 36% een goede aanpassing. Ofschoon de aanpassing met een goniometrische of cyclometrische functie in fysisch en statistisch opzicht wellicht juist zou zijn, kan, uitgaande van de normale verdeling als werkhypothese, worden berekend dat 95% van de jaarmaxima der hoogwaterstanden vallen in het tijdvak 13 september - 7 april.



Op grond van deze verdeling worden de jaarmaxima zodanig geselecteerd, dat als „jaar” wordt aangehouden de periode 1 juli t/m -

30 juni. De perioden worden benoemd met de jaartallen, waarin de januari-maanden vallen; voorbeeld: 1955 staat voor de periode 1 juli 1954 t/m 30 juni 1955.

Op bijlage 1 zijn de aldus geselecteerde jaarmaxima van de hoogwaterstanden, uitgedrukt in cm + N.A.P., getabelleerd voor de aangegeven stations. Uit de aldus verkregen tijdreeksen van jaarmaxima  $x_i$  zijn per station de parameters rekenkundig gemiddelde  $\bar{x}$  en standaarddeviatie  $s(x)$  berekend en in de navolgende tabel 1 weergegeven.

TABEL 1. Parameters van de tijdreeksen der jaarmaxima

Station en tijdvak	$\bar{x}$ [cm]	$s(x)$ [cm]
<u>Hoek van Holland</u> 1933 - 1969	237,567568	37,929423
<u>IJmuiden</u> 1933 - 1969	230,972973	38,941899
<u>Den Helder</u> 1933 - 1974	204,738095	35,939692
<u>Den Oever (a)</u> 1933 - 1969	248,054054	43,902003
<u>Den Oever (b)</u> 1933 - 1974	251,571429	42,682117
<u>Kornwerderzand</u> 1933 - 1974	275,214286	42,234269
<u>Harlingen</u> 1933 - 1974	274,095238	38,715856
<u>Oostmahorn</u> 1933 - 1969	280,972973	42,932432
<u>Oude Schild</u> 1933 - 1974	219,904762	36,868791
<u>Terschelling</u> 1933 - 1974	232,142857	30,307024

De in deze tabel vermelde waarden zijn in 6 decimalen nauwkeurig opgegeven in verband met de verdere verwerking ervan bij

de berekening van de Gumbel-verdelingen (zie 1, Inleiding). Voor op zich zelf staande waarden heeft een dergelijke nauwkeurigheid overigens geen enkele betekenis.

Als van elk station de jaarmaxima op volgorde van toenemende grootte worden gerangschikt, wordt een cumulatieve frekwentieverdeling verkregen, en als van elk element in de verzameling de overschrijdingsfrequentie in een percentage wordt uitgedrukt, spreekt men van een relatieve cumulatieve frekwentieverdeling. Op bijlage 2 is als voorbeeld de relatieve cumulatieve frekwentieverdeling, of kortweg: frekwentieverdeling van de jaarmaxima  $x_i$  van het station Oude Schild in de vorm van een z.g. „trapjeslijn” aangegeven.

#### 4. Aanpassing Gumbel-verdelingen aan frekwentieverdelingen

##### 4.1. De methode van Gumbel

Jaarmaxima van hydrologische grootheden kunnen vaak met succes worden beschreven door dubbel-exponentiële verdelingsfuncties. In de voorliggende nota wordt deze methode toegepast op het verzamelde waarnemingsmateriaal. In het rapport van de Deltacommissie, deel 3, 4.0. wordt deze methode „de methode van Gumbel” genoemd. Als bezwaar van die methode wordt aangevoerd, dat door gebruikmaking van enkel en alleen jaarmaxima van de hoogwaterstanden, een groot deel (alle overige hoogwaterstanden) bij het onderzoek ongebruikt blijven. Voorts wordt vermeld, dat de methode van Gumbel alleen incidenteel nog te pas komt, om een „bepaald punt in het betoog te ondersteunen”. In deze nota wordt van een soortgelijk standpunt uitgegaan, echter met dien verstande, dat hier de methode Gumbel wordt gebruikt om „vermoedens” te ondersteunen. Nu is een vermoeden een vaag begrip, dat nauwelijks of niet het predicaat: „hypothese” verdient. De vermoedens, welke aanleiding hebben gegeven tot het onderhavige onderzoek, zijn hierin gelegen, dat er wordt gepostuleerd, dat de door de Deltacommissie opgegeven basispeilen in het gebied van de Westelijke Waddenzee mogelijk aan de hoge kant zijn gelegen, vooral in die gebieden waar de waterstanden door afsluiting van de Zuiderzee in 1932 aanmerkelijk zijn gewijzigd. In deel 1, 3.0., blz. 36 van voor-



noemd rapport wordt een nader onderzoek terzake dan ook aanbevolen. Deze nota, waarin met behulp van de methode Gumbel wordt getracht een ondersteuning van voornoemde vermoedens te verkrijgen, kan dan ook worden beschouwd als een eerste aanzet tot een hernieuwd en uitgebreider onderzoek naar de basis- en ontwerppeilen in het gebied van de Westelijke Waddenzee. De resultaten van het voorliggende onderzoek geven - zoals zal blijken - tenminste aanleiding voldoende termen aanwezig te achten op grond waarvan een hernieuwd onderzoek gerechtvaardigd is.

#### 4.2. De dubbel-exponentiële verdelingsfunctie

De dubbel-exponentiële verdelingsfunctie of Gumbelverdeling heeft tot vergelijking:

$$P(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (1)$$

$P(x)$  is de kans, dat de waarde  $x$  niet wordt overschreden;  $P(x)$  is dus een onderschrijdingskans en  $1-P(x)$  is de overschrijdingskans.

Als  $\bar{x}$  en  $s(x)$  respectievelijk gemiddelde en standaarddeviatie van de verzameling  $\{x_i\}$  zijn (zie tabel 1), dan geldt verder:

$$\alpha = \frac{1,28254983}{s(x)}, \quad (2)$$

$$u = \bar{x} - 0,45005321 \cdot s(x), \quad (3)$$

op grond waarvan de Gumbelverdeling vast ligt.

Op bijlage 2 is op speciaal Gumbel-papier de aangepaste Gumbel-rechte voor het station Oude Schild weergegeven. Op die bijlage is tevens de relatieve cumulatieve frekwentieverdeling aangegeven (trapjeslijn, zie ook hoofdstuk 3). Zo op het eerste gezicht lijkt de aanpassing goed. Voor het station Den Oever is die aanpassing met de  $\chi^2$ -toets gecontroleerd.

De 37 jaarmaxima van het tijdvak 1933 - 1969 zijn daarbij in 7 cellen ondergebracht en er is getoetst met  $\frac{37}{7} = 5,29$  theoretische frekwenties per cel. Voor  $\chi^2$  werd 5,56 gevonden, hetgeen bij  $7-2-1 = 4$  vrijheidsgraden een éénzijdige overschrijdingskans van 0,24 oplevert; op grond daarvan kan worden aangenomen, dat de waargenomen frekwenties niet significant van de theoretische frekwenties afwijken. Uitgaande van een drempelwaarde met één-

zijdige overschrijdingskans van 0,05 bij het toetsen, kan de aanpassing dus goed worden genoemd.

4.3. Gumbelverdelingen jaarmaxima station Hoek van Holland

Van het station Hoek van Holland kan worden verwacht, dat de daar optredende hoogwaterstanden na 1932 niet zijn beïnvloed door de afsluiting van de Zuiderzee. Overigens leent dit basisstation zich ervoor om een tweetal Gumbelverdelingen van de jaarmaxima der hoogwaterstanden over de tijdvakken 1888-1956 en 1933 - 1969 (zie tabel bijlage 1) te vergelijken met de gebruikelijke overschrijdingslijn van alle hoogwaters volgens het Delta-rapport.

Ook in de getijtafels voor Nederland zijn van diverse stations, waaronder Hoek van Holland, een aantal punten van de hoogwateroverschrijdingslijnen vermeld in een overzichtelijke tabel.

Als Gumbelverdelingen van de jaarmaxima te Hoek van Holland werden berekend:

tijdvak 1888 - 1956:  $P(x) = e^{-e^{-0.03311674 x + 7.187005}}$

tijdvak 1933 - 1969:  $P(x) = e^{-e^{-0.03381411 x + 7.455920}}$

Bij een overschrijdingskans  $1-P(x) = 10^{-4}$  <sup>\*</sup>overéénkomend met een onderschrijdingskans  $P(x) = 0,9999$ , wordt voor het tijdvak 1888 - 1956 een waterstand van N.A.P. + 495 cm, en voor het tijdvak 1933 - 1969 van N.A.P. + 493 cm berekend, welke waarden respectievelijk 5 en 7 cm lager zijn dan het voor Hoek van Holland geldende basispeil van N.A.P. + 500 cm.

Op bijlage 3 zijn de beide Gumbelverdelingen aangegeven door rechte lijnen terwijl van de gebruikelijke overschrijdingslijn (zie o.a. getijtafels) een aantal punten zijn weergegeven. Uit de figuur blijkt, dat de lijnen en punten in het gebied met overschrijdingskans  $\leq 0,1$  elkaar maar weinig ontlopen. Deze toets geeft steun aan de stelling dat vooral in het gebied van de extrema de Gumbelverdeling van de jaarmaxima een goede benadering geeft van de overschrijdingslijn van alle hoogwaters.

4.4. Gumbelverdelingen jaarmaxima stations IJmuiden en Oostmahorn

Van de jaarmaxima in het tijdvak 1933 - 1969 van de stations IJmuiden en Oostmahorn zijn eveneens de Gumbelverdelingen berekend.

\* zie voetnoot op blz. 1  
-x-

Er werd gevonden:

$$\begin{aligned} \text{IJmuiden: } P(x) &= e^{-e^{-0.03293496 x + 7.029870}} \\ P(x) = 0,9999 \text{ of } 1-P(x) &= 10^{-4} \longrightarrow \underline{\underline{\text{N.A.P.} + 493 \text{ cm}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Oostmahorn: } P(x) &= e^{-e^{-0.02987368 x + 7.816482}} \\ P(x) = 0,9999 \text{ of } 1-P(x) &= 10^{-4} \longrightarrow \underline{\underline{\text{N.A.P.} + 570 \text{ cm}}} \end{aligned}$$

De basispeilen van deze beide stations zijn respectievelijk N.A.P. + 515 cm en N.A.P. + 580 cm; verschillen: -22 cm en -10 cm.

Het verschil van -10 cm van het station Oostmahorn is van dezelfde orde van grootte als de -7 cm verschil, welke voor Hoek van Holland voor hetzelfde tijdvak werd gevonden. Het voor IJmuiden berekende verschil van -22 cm is echter van een afwijkende grootte-orde.

#### 4.5. Gumbelverdelingen jaarmaxima voor de stations Den Helder, Den Oever, Oude Schild, Kornwerderzand, Harlingen en Terschelling

De berekende Gumbelverdelingen van de jaarmaxima der hoogwaterstanden van deze stations over het tijdvak 1933 - 1974 zijn weergegeven op bijlage 4. Van deze stations zijn t/m 1974 complete tijdreeksen beschikbaar. Omtrent de gevonden resultaten kan het volgende worden opgemerkt:

##### Station Den Helder

basispeil: N.A.P. + 505 cm  
 volgens Gumbel-methode berekende  $10^{-4}$ -stand  
 bedraagt: N.A.P. + 447 cm  
 verschil: -58 cm

##### Station Den Oever

basispeil: N.A.P. + 585 cm  
 Gumbel  $10^{-4}$ -stand: N.A.P. + 539 cm  
 verschil: -46 cm

##### Station Oude Schild

basispeil: N.A.P. + 520 cm  
 Gumbel  $10^{-4}$  stand : N.A.P. + 468 cm  
 verschil: -52 cm

Station Kornwerderzand

basispeil: N.A.P. + 590 cm

Gumbel  $10^{-4}$ -stand: N.A.P. + 560 cm

verschil: -30 cm

Station Harlingen

basispeil: N.A.P. + 580 cm

Gumbel  $10^{-4}$ -stand: N.A.P. + 535 cm

verschil: -45 cm

Station Terschelling

basispeil: N.A.P. + 530 cm

Gumbel  $10^{-4}$ -stand: N.A.P. + 436 cm

verschil: -94 cm

Zoals duidelijk naar voren komt, zijn deze verschillen aanzienlijk, vooral die voor het station Terschelling. De gevonden verschillen van deze zes stations staan qua grootte-orde in geen verhouding tot die van de „randstations" Hoek van Holland en Oostmahorn, van welke stations de verschillen voor het tijdvak 1933 - 1969 respectievelijk -7 cm en -10 cm bedragen. Aangezien het in dat geval het tijdvak 1933 - 1969 betreft, is ter controle daarvan voor het station Den Oever naast de Gumbelverdeling over 1933-1974 óók nog die over het tijdvak 1933 - 1969 berekend (zie ook tabel 1).

Voor laatstgenoemd tijdvak werd volgens de Gumbelmethode een  $10^{-4}$ -stand van N.A.P. + 544 cm gevonden tegen N.A.P. + 539 cm voor het tijdvak 1933 - 1974. Het verschil, 5 cm dus, moet aan het steekproeffeffect worden toegeschreven. Hieruit zou men kunnen concluderen, dat de  $10^{-4}$ -standen, berekend uit de jaarmaxima in het tijdvak 1933 - 1969, voor de stations Hoek van Holland, IJmuiden en Oostmahorn ten opzichte van de  $10^{-4}$ -standen over het tijdvak 1933 - 1974 waarschijnlijk nog aan de hoge kant zijn, zodat de in 4.3. en 4.4. bepaalde verschillen waarschijnlijk nog een aantal cm groter zullen zijn.

Uitgaande van de veronderstelling, dat de basispeilen (volgens het Deltarapport) van de stations Hoek van Holland en Oostmahorn juist zijn, is het mogelijk om mede in verband met het voorlopige karakter van deze nota bij benadering door middel van passende correcties de berekende  $10^{-4}$ -standen van de overige

- stations -

stations hierbij aan te passen, zodanig, dat voor de overige stations met Hoek van Holland en Oostmahorn vergelijkbare voorlopige nieuwe basispeilen kunnen worden vastgesteld. Op grond van de bovenvermelde onderzoeken zal de grootte van deze correcties + 12 à +15 cm moeten bedragen.

Aangezien het echter in dit verband voorbarig zou zijn om over „nieuwe basispeilen” te spreken, zullen de aldus aangepaste  $10^{-4}$ -standen „gecorrigeerde  $10^{-4}$ -standen” of „voorlopige nieuwe basispeilen” worden genoemd.

#### 4.5.1. Onderzoek naar de homogeniteit van de tijdreeks der jaarmaxima, 1933 - 1969, van het station Den Oever

Teneinde na te gaan in hoeverre de tijdreeksen als statistisch homogeen kunnen worden beschouwd, is de tijdreeks der jaarmaxima, 1933 - 1969, van het station Den Oever onderzocht. Daartoe wordt het waarnemingsmateriaal, bestaande uit  $n=37$  jaarmaxima, in 2 delen gesplitst:  $n_1 = 18$ ,  $n_2 = 19$ . Aangezien de jaarmaxima niet normaal verdeeld zijn, moet een verdelingsvrije toets worden toegepast. Volgens de toets van Wilcoxon vinden we bij een overschrijdingskans van 0,22 dat de beide steekproeven, 1933 - 1950 en 1951 - 1969, niet significant van elkaar verschillen.

In hoeverre het gehele tijdvak 1933 - 1969 of 1933 - 1974 klimatologisch representatief kan worden geacht, kan in het kader van de voorliggende nota niet worden beoordeeld.

#### 4.5.2. Regressie-onderzoek Terschelling-Harlingen

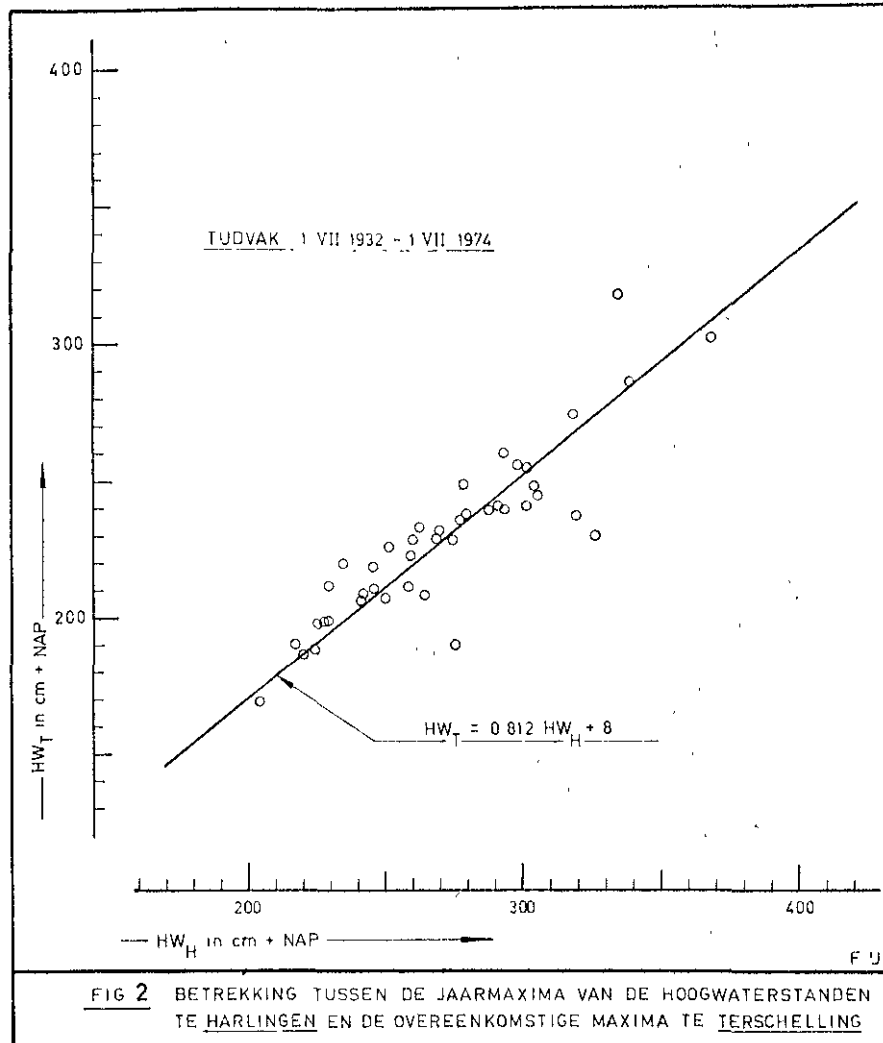
Uit paragraaf 4.5. blijkt, dat de voor Terschelling berekende  $10^{-4}$ -stand wel -94 cm afwijkt van het voor dit station opgegeven basispeil. Teneinde hieromtrent nadere indicaties te verkrijgen, zijn de jaarmaxima van de hoogwaterstanden, 1933 - 1974, van Harlingen met de overeenkomstige maxima van Terschelling gecorreleerd, waarbij als regressierechte werd gevonden:

$$HW_T = 0,812 HW_H + 8 \quad [ \text{cm} + \text{N.A.P.} ]$$

(Er is van uit gegaan dat het verband tussen de overeenkomstige hoogwaterstanden lineair zal zijn, omdat beide verzamelingen

Gumbel-verdeeld zijn).

Bij invullen van de  $10^{-4}$ -stand van Harlingen, i.c.  $HW_H = N.A.P. + 535$  cm, wordt voor Terschelling gevonden:  $HW_T = N.A.P. + 442$  cm, een waarde die slechts 6 cm hoger is dan de voor dat station berekende  $10^{-4}$ -stand van  $N.A.P. + 436$  cm. In figuur 2 is de betrekking tussen de overeenkomstige jaarmaxima van de beide stations in beeld gebracht.



### 5. Gumbelverdelingen en $10^{-4}$ -standen voor de stations Vlieland, Nes (Ameland) en Schiermonnikoog

Van de stations Vlieland, Nes en Schiermonnikoog staan helaas geen complete tijdreeksen van de jaarmaxima der hoogwaterstanden ter beschikking.

- Vanaf -

Vanaf 1933 (en vroeger) zijn van deze stations echter wel de stormvloedstanden grotendeels bekend, evenals dat van alle andere hier onderzochte stations het geval is. Dit opent de mogelijkheid om de betrekkingen tussen de stormvloedstanden, welke na 1933 zijn opgetreden, van deze drie stations en die van naburige stations te bestuderen. In het navolgende zal worden getracht om langs deze weg Gumbelverdelingen van dezelfde soort als die van de vorenbesproken stations, samen te stellen, zodat ook voor Vlieland, Nes en Schiermonnikoog de  $10^{-4}$ -standen geschat kunnen worden.

5.1. Betrekking stormvloedstanden Vlieland-Terschelling

In figuur 3 is het verband tussen de stormvloedstanden te Vlieland en te Terschelling weergegeven. Uit de geringe spreiding van de punten ten opzichte van de berekende regressierechte blijkt een strak verband.

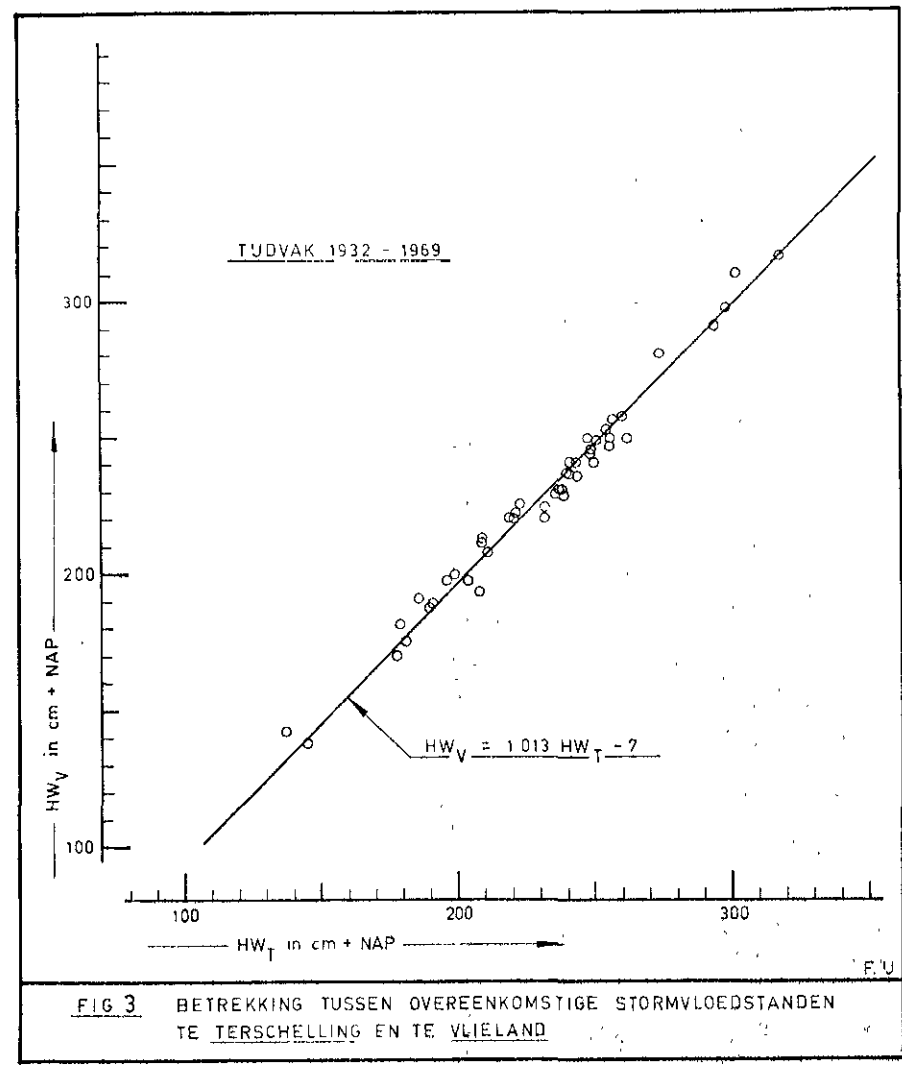


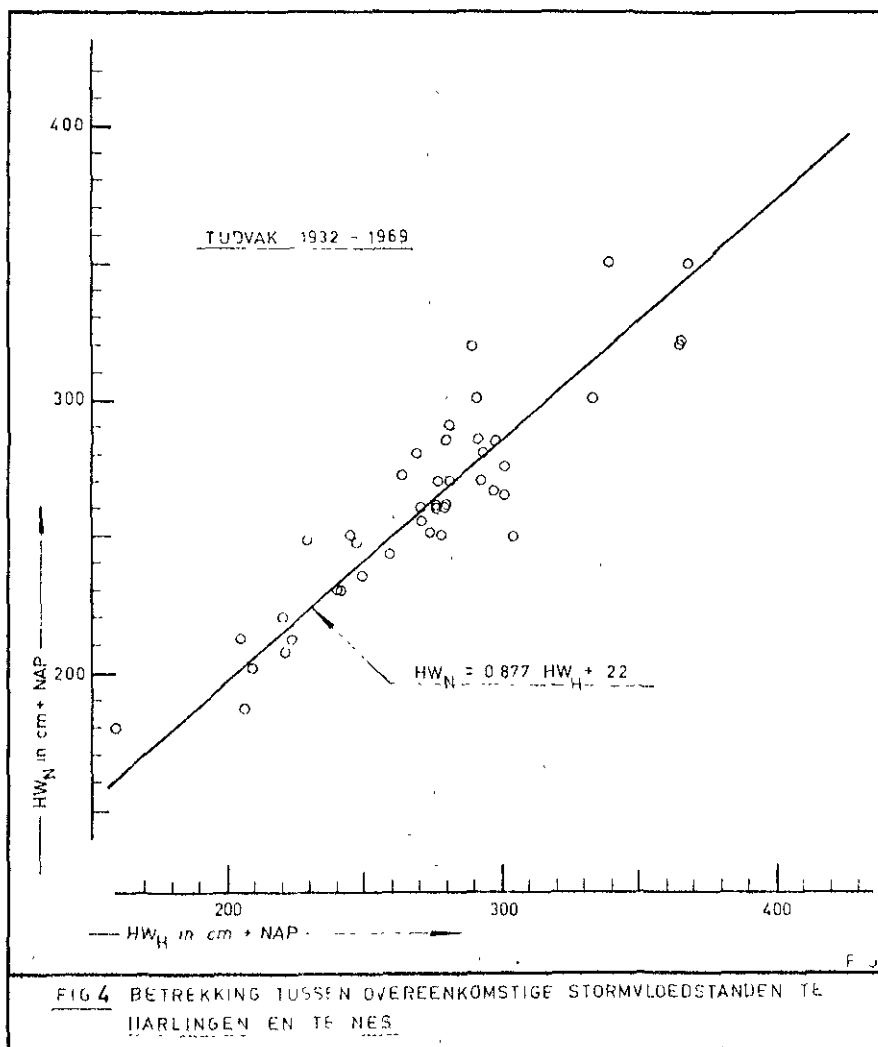
FIG 3 BETREKKING TUSSEN OVEREENKOMSTIGE STORMVLOEDSTANDEN TE TERSCHELLING EN TE VLIELAND

Uitgaande van de gevonden regressierechte en de  $10^{-4}$ -stand van N.A.P. + 436 cm te Terschelling, vinden we voor Vlieland een  $10^{-4}$ -stand van N.A.P. + 435 cm. Daar de stations Vlieland en Terschelling dicht bij elkaar zijn gelegen, en de correlatie zeer strak is, wordt een regressie tussen de standen van Vlieland met andere stations dan Terschelling overbodig geacht.

#### 5.2. Betrekkingen tussen de stormvloedstanden van Nes en die standen van Harlingen, Terschelling en Oostmahorn

Het station Nes (Ameland) ligt tamelijk ver verwijderd van stations waarvoor Gumbelverdelingen van de jaarmaxima der hoogwaterstanden zijn afgeleid. Teneinde voor Nes een enigszins betrouwbare extrapolatie van de  $10^{-4}$ -stand mogelijk te maken, zijn de stormvloedstanden van Nes achtereenvolgens met die van Harlingen, Terschelling en Oostmahorn gecorreleerd. In de figuren 4, 5 en 6, waarin de evengenoemde bewerking is uitgevoerd, zijn de gevonden regressievergelijkingen vermeld.

- De -





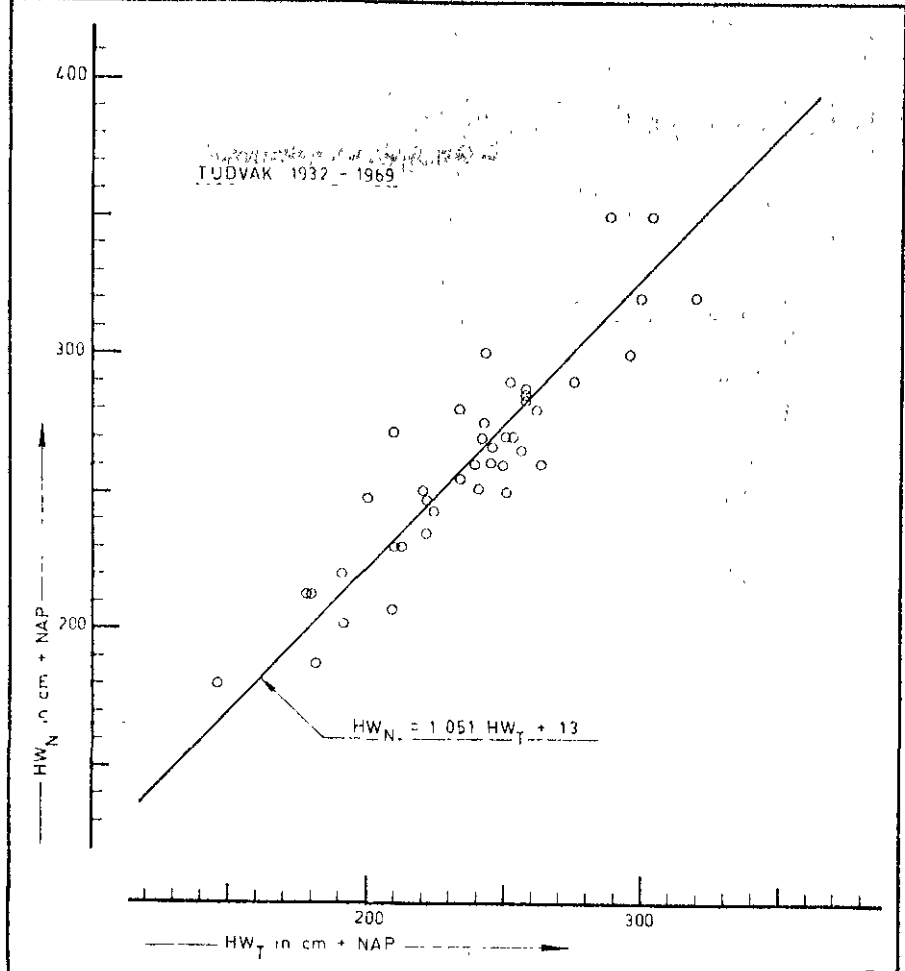


FIG 5 BETREKKING TUSSEN OVEREENKOMSTIGE STORMVLOEDSTANDEN TE Terschelling EN TE NES

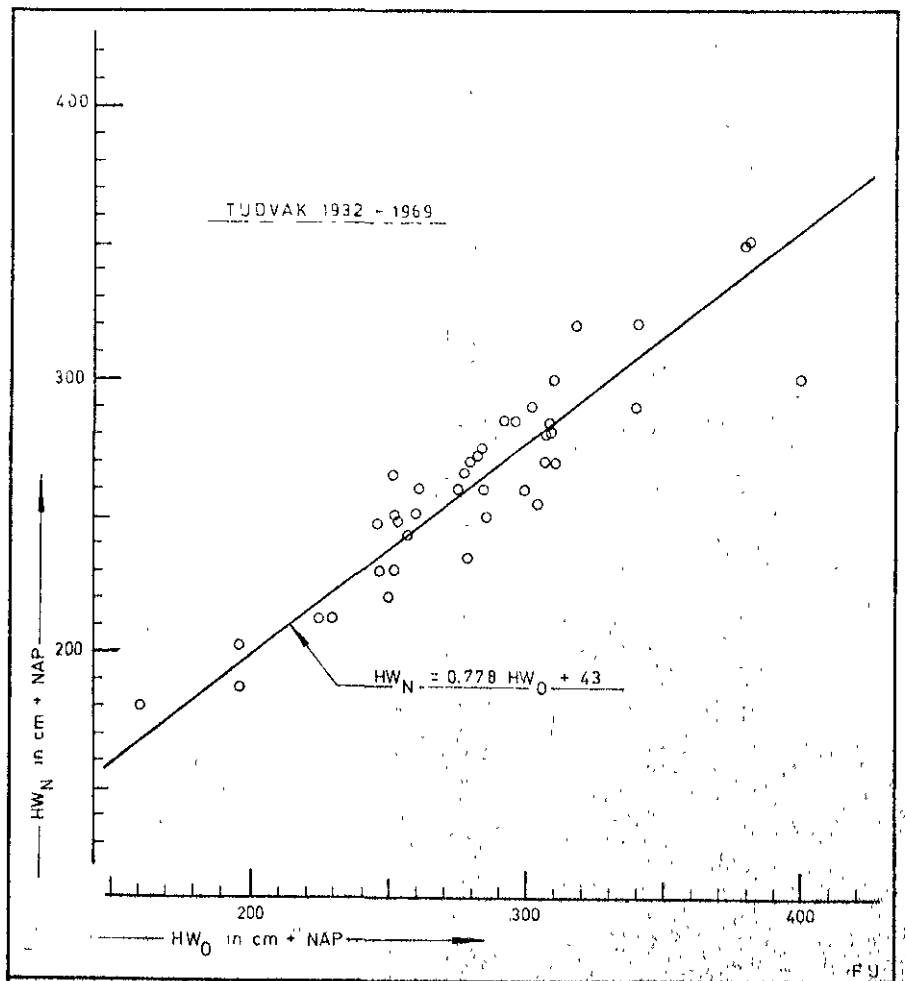


FIG 6 BETREKKING TUSSEN DE OVEREENKOMSTIGE STORMVLOEDSTANDEN TE OOSTMAHORN EN TE NES

De  $10^{-4}$ -stand van Nes wordt simultaan uit de drie gevonden regressievergelijkingen bepaald, waarbij tevens gebruik wordt gemaakt van dimensieloze gewichten, welke verhoudingsgewijs inherent zijn aan de afstanden hemelsbreed tussen die drie stations en Nes. Deze gewichten bedragen:

Nes - Harlingen: 0,30  
 Nes - Terschelling: 0,27  
 Nes - Oostmahorn: 0,43

Voor Nes kan nu worden afgeleid:

$$\begin{aligned} HW_N &= 0,30 (0,877 HW_H + 22) + 0,27 (1,051 HW_T + 13) + \\ &\quad 0,43 (0,778 HW_O + 43) \\ &= 0,263 HW_H + 0,284 HW_T + 0,335 HW_O + 29 \end{aligned} \quad 882$$

Wanneer in laatstgenoemde vergelijking de  $10^{-4}$ -standen van Harlingen, Terschelling en Oostmahorn worden gesubstitueerd, wordt voor Nes een  $10^{-4}$ -stand van N.A.P. + 484 cm gevonden.

### 5.3. Betrekking stormvloedstanden Schiermonnikoog, Oostmahorn en Nes

De afstand Schiermonnikoog-Oostmahorn is betrekkelijk gering. Het verband tussen de stormvloedstanden van deze beide stations wordt weergegeven in figuur 7.

Substitutie van de  $10^{-4}$ -stand van Oostmahorn in de berekende regressierechte levert voor Schiermonnikoog een  $10^{-4}$ -stand op van N.A.P. + 558 cm.

Ter controle is tevens de regressierechte tussen de stormvloedstanden van Schiermonnikoog en Nes bepaald; deze is in figuur 8 weergegeven.

Invullen van de in 5.2. voor Nes berekende  $10^{-4}$ -stand in de gevonden regressierechte, geeft voor Schiermonnikoog een stand van N.A.P. + 550 cm, dus 8 cm lager dan het uit de regressie met Oostmahorn berekende bedrag.

Voor Schiermonnikoog wordt als  $10^{-4}$ -stand echter N.A.P. + 558 cm gehandhaafd, omdat, zoals uit de volgende paragraaf zal blijken, de correlatie van de stormvloedstanden juist in dit gebied zeer snel afneemt.

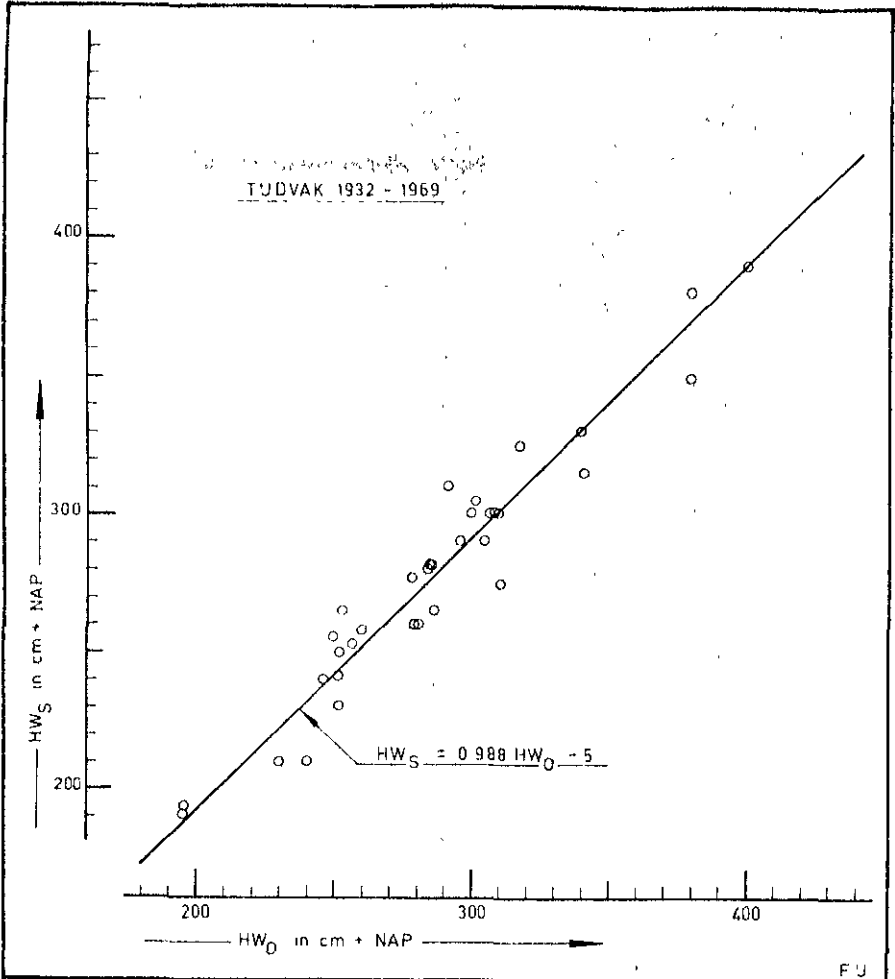


FIG 7 BETREKKING TUSSEN OVEREENKOMSTIGE STORMVLOEDSTANDEN TE OOSTMAHORN EN TE SCHIERMONNIKOOG

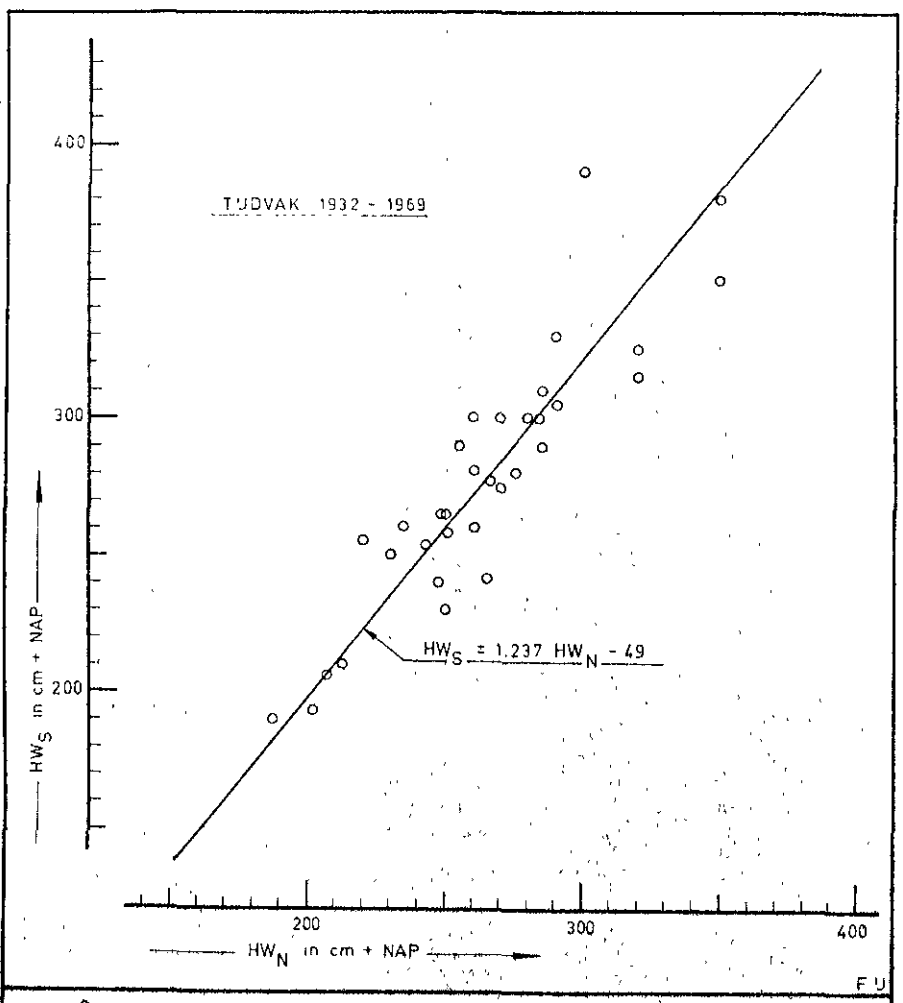


FIG 8 BETREKKING TUSSEN OVEREENKOMSTIGE STORMVLOEDSTANDEN TE NES EN TE SCHIERMONNIKOOG

#### 5.4. Isocorrelatiekaart Westelijke Waddenzee

Teneinde een indruk te verkrijgen van de betekenis van de vorenbesproken verbanden tussen de stormvloedstanden van de diverse stations, is voor het min of meer centraal gelegen station Harlingen een isocorrelatiekaart van de Westelijke Waddenzee samengesteld. Immers, de nauwkeurigheid van de schatting van een waarde uit een regressievergelijking hangt af van de waarde van de correlatiecoëfficiënt  $\rho$ .

Als de stormvloedstanden van Harlingen centraal vanuit dat station worden gecorreleerd met de overeenkomstige standen van alle andere onderzochte stations, is het mogelijk een kaart samen te stellen, waarin punten met gelijke correlatiecoëfficiënten door isolijnen met elkaar zijn verbonden. In het station Harlingen bedraagt de correlatiecoëfficiënt natuurlijk 1,00, omdat daar de stormvloedstanden met zichzelf zijn gecorreleerd. Hoe groter de afstand tot Harlingen is, hoe kleiner de correlatiecoëfficiënten worden, zoals dit blijkt uit figuur 9, waarin de isocorrelatiekaart is getekend.

Uit die kaart blijkt, dat het gebied met correlatiecoëfficiënt  $\rho \geq 0,9$  zich uitstrekt tussen Den Helder en het wantij van Ameland. Ten oosten van dat wantij wordt de correlatie oostwaarts gaand zeer snel kleiner. Zo bedraagt het verschil tussen  $\rho_H$  en  $\rho_N$  (correlatiecoëfficiënten Harlingen-Harlingen en Harlingen-Nes) blijkens figuur 9 dus  $\rho_H - \rho_N = 0,07$  en tussen  $\rho_N$  en  $\rho_S$  bedraagt het verschil  $\rho_N - \rho_S = 0,22$ .

Fysisch gezien zou dit kunnen betekenen, dat in dat gebied de stormvloeden van het „Duitse bocht-type“ belangrijker zijn en dat voor het gebied ten zuiden van Den Helder de stormvloeden van het „Calais-type“ van meer betekenis worden, want zoals op de kaart is te zien, neemt de correlatie ook in het gebied tussen Texel en Wieringen zuidwestwaarts gaande in versnelde mate af.

Deze afname van de correlatie zet zich in zuidelijke richting voort langs de Noordhollandse kust. De correlatiecoëfficiënt van het verband tussen de stormvloedstanden (1932-1969) te Den Helder en te IJmuiden bedraagt namelijk slechts 0,66.

Terugkomend op het Waddenzeegebied tussen Den Helder en Ameland, kan nog worden opgemerkt, dat uit een oogpunt van stormvloedbewaking de stormvloedstanden in dat gebied met een bepaalde

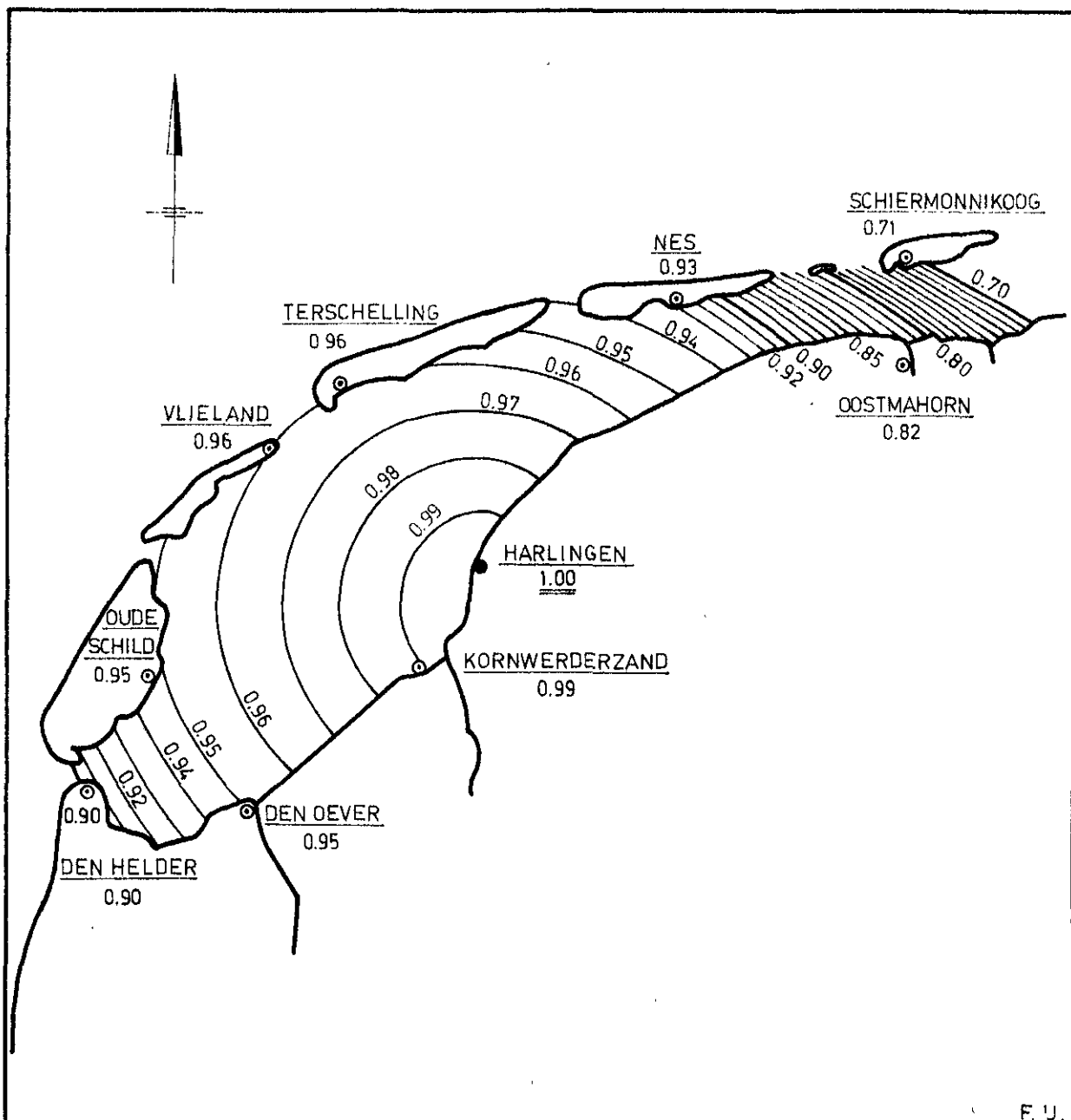


FIG. 9 ISOCORRELATIEKAART HARLINGEN  
 ISOLIJNEN VAN CORRELATIECOËFFICIËNTEN VAN DE BETREKKING  
 TUSSEN DE STORMVLOEDSTANDEN TE HARLINGEN EN DIE STANDEN  
 IN DE WESTELIJKE WADDENZEE OVER HET TIJDVAK 1932 - 1969

mate van nauwkeurigheid van te voren kunnen worden voorspeld uit de opgetreden maximale waterstand te Den Helder. De even genoemde mate van nauwkeurigheid kan daarbij nader worden gepreciseerd op grond van een voor het station Den Helder samen te stellen isocorrelatiekaart, evenals dat in deze nota voor Harlingen is gedaan.

#### 5.5. Afgeleide Gumbelverdelingen voor Vlieland, Nes en Schiermonnikoog

Met behulp van de hiervoor besproken betrekkingen zijn voor de stations Vlieland, Nes en Schiermonnikoog afgeleide Gumbelverdelingen samengesteld. Op bijlage 5 zijn ze weergegeven.

#### 6. Gecorrigeerde $10^{-4}$ -standen: voorlopige nieuwe basispeilen

In de voorgaande hoofdstukken en paragrafen zijn uit het ter beschikking staande waarnemingsmateriaal voor alle onderzochte stations in de Westelijke Waddenzee  $10^{-4}$ -standen berekend. In paragraaf 4.5. is uiteengezet, dat in verband met een kennelijk systematische afwijking van de Gumbelverdeling ten opzichte van de overschrijdingslijn van alle hoogwaters, een correctie op de gevonden  $10^{-4}$ -standen moet worden toegepast van +12 à +15 cm, teneinde voorlopige nieuwe basispeilen te verkrijgen. In de navolgende tabel 2 wordt naast de opgegeven basispeilen volgens het Deltarapport (eerste kolom) een overzicht gegeven in de tweede tot en met vierde kolom van alle op diverse wijze bepaalde  $10^{-4}$ -standen. (Voor het station Terschelling zijn in de vijfde kolom 2 standen aangegeven. De stand van N.A.P. + 442 volgt uit de regressie: Harlingen-Terschelling van overeenkomstige jaarmaxima der hoogwaterstanden in het tijdvak 1933 - 1974 terwijl als extra controle uit de regressie tussen de stormvloedstanden van beide stations, tijdvak 1933 - 1969, een  $10^{-4}$ -stand van N.A.P. + 441 cm volgt. De overeenstemming is in dit geval dus zéér goed).

TABEL 2. Standen met overschrijdingskans van  $10^{-4}$  en gecorrigeerde  $10^{-4}$  standen (voorlopige nieuwe basispeilen)

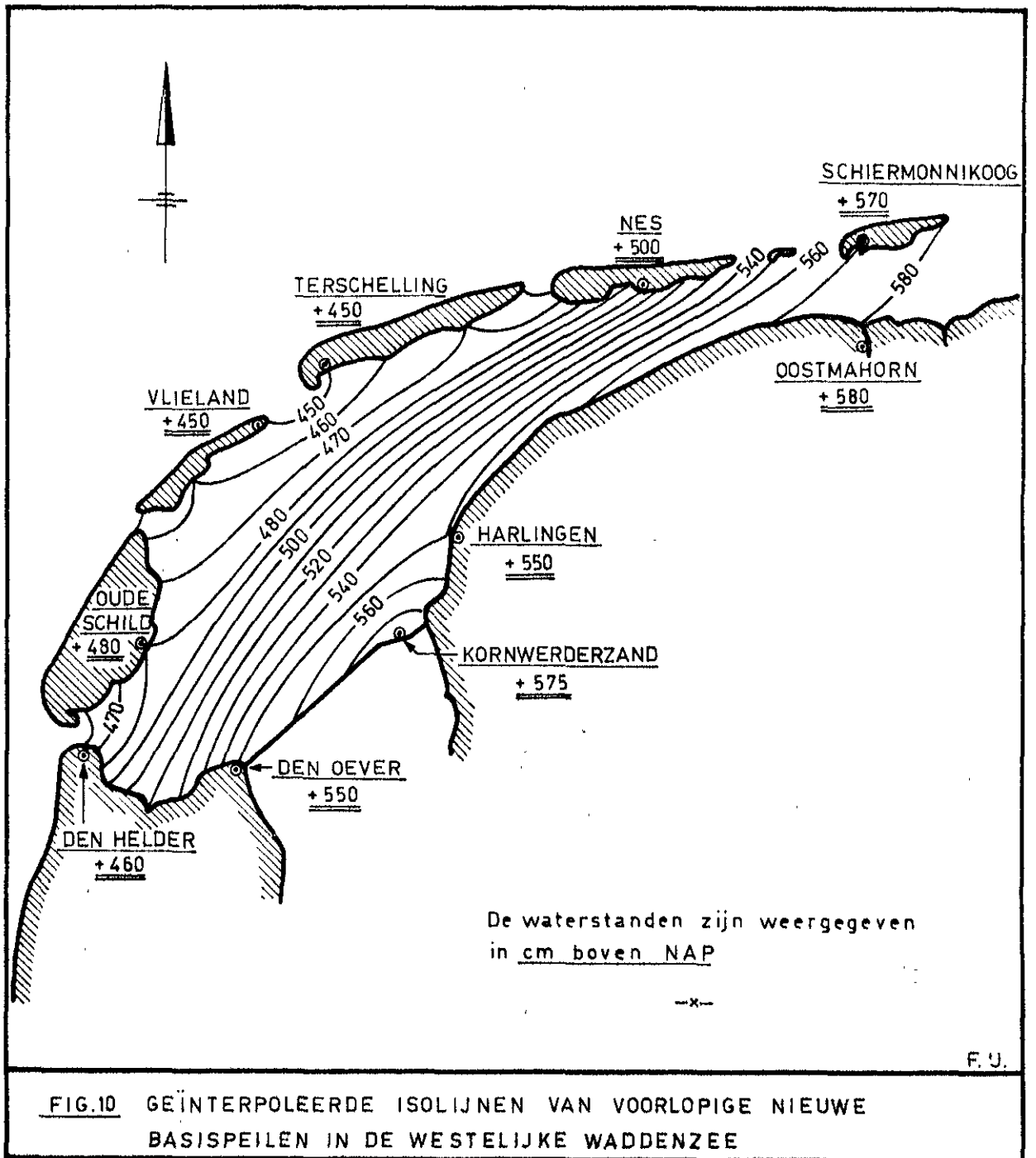
Station	Basispeil Delta- rapport	Gumbel 1888-1956 $10^{-4}$	Gumbel 1932-1969 $10^{-4}$	Gumbel 1932-1974 $10^{-4}$	Regressie $10^{-4}$	Gecorrigeerd $10^{-4}$
1 H.v.Holland	500	495	493	-	-	500
2 IJmuiden	515	-	493	-	-	500
3 Den Helder	505	-	-	447	-	460
4 Den Oever	585	-	544	539	-	550
5 K.W.zand	590	-	-	560	-	575
6 Harlingen	580	-	-	535	-	550
7 Oostmahorn	580	-	570	-	-	580
8 Oude Schild	520	-	-	468	-	480
9 Vlieland	520	-	-	-	435	450
10 Terschelling	530	-	-	436	442,441	450
11 Nes (Am)	560	-	-	-	484	500
12 Sch'oog	565	-	-	-	558	570

In de laatste kolom van tabel 2 zijn de gecorrigeerde  $10^{-4}$ -standen genoteerd. Het zijn voor de onderscheidene stations dié standen, welke in het kader van het voorliggende onderzoek beschouwd worden als voorlopige nieuwe basispeilen.

In figuur 10 is een kaartje getekend van de Westelijke Waddenzee met isolijnen van de voorlopige nieuwe basispeilen conform de in tabel 2, laatste kolom, vervatte informatie.

De verschillen tussen de voorlopige nieuwe basispeilen en de oude basispeilen zijn voor de onderzochte stations respectievelijk:

	nieuw-oud
(Hoek van Holland: .....	0 cm)
(IJmuiden: .....	- 15 cm)
Den Helder: .....	- 45 cm)
Den Oever: .....	- 35 cm)
Kornwerderzand: .....	- 15 cm)
Harlingen: .....	- 30 cm)
(Oostmahorn: .....	0 cm)
Oude Schild: .....	- 40 cm)





	nieuw-oud
Vlieland .....	- 70 cm
Terschelling .....	- 80 cm
Nes - Ameland .....	- 60 cm
(Schiermonnikoog .....	+ 5 cm)

De tussen haakjes geplaatste stations worden beschouwd als randstations en vallen buiten het gebied van de Westelijke Waddenzee doch niet buiten het kader van het onderzoek. Uit deze verschillen kan blijken, dat de basispeilen volgens het Delta-rapport in het gebied van de Westelijke Waddenzee gemiddeld bijna 0.5 m te hoog zijn.

### 6.1. Kansdecimeringshoogten

Daar voornamelijk in het gebied van de extrema, in dit geval waterstanden met overschrijdingskans  $\leq 10^{-1}$ , de verdelingsfunctie van de jaarmaxima der hoogwaterstanden (Gumbelverdeling) bij benadering parallel aan de overschrijdingslijn van alle hoogwaters verloopt, en in dit gebied de Gumbelverdeling steeds meer tot de enkel-exponentiële verdeling nadert, is het mogelijk om voor de onderzochte stations in de Westelijke Waddenzee uit de berekende en afgeleide Gumbelverdelingen de kansdecimeringshoogten te bepalen. Dit heeft geleid tot het volgende resultaat (tabel 3).

TABEL 3. Kansdecimeringshoogten W.Waddenzee

STATION	KANSDECIMERINGSHOOGTE
Den Helder	65 cm
Den Oever	77 cm
Kornwerderzand	76 cm
Harlingen	70 cm
Oostmahorn	77 cm
Oude Schild	66 cm
Vlieland	55 cm
Terschelling	55 cm
Nes (Ameland)	60 cm
Schiermonnikoog	76 cm

In figuur 11 is een kaartje van de Westelijke Waddenzee getekend met daarin lijnen van gelijke kansdecimeringshoogte.

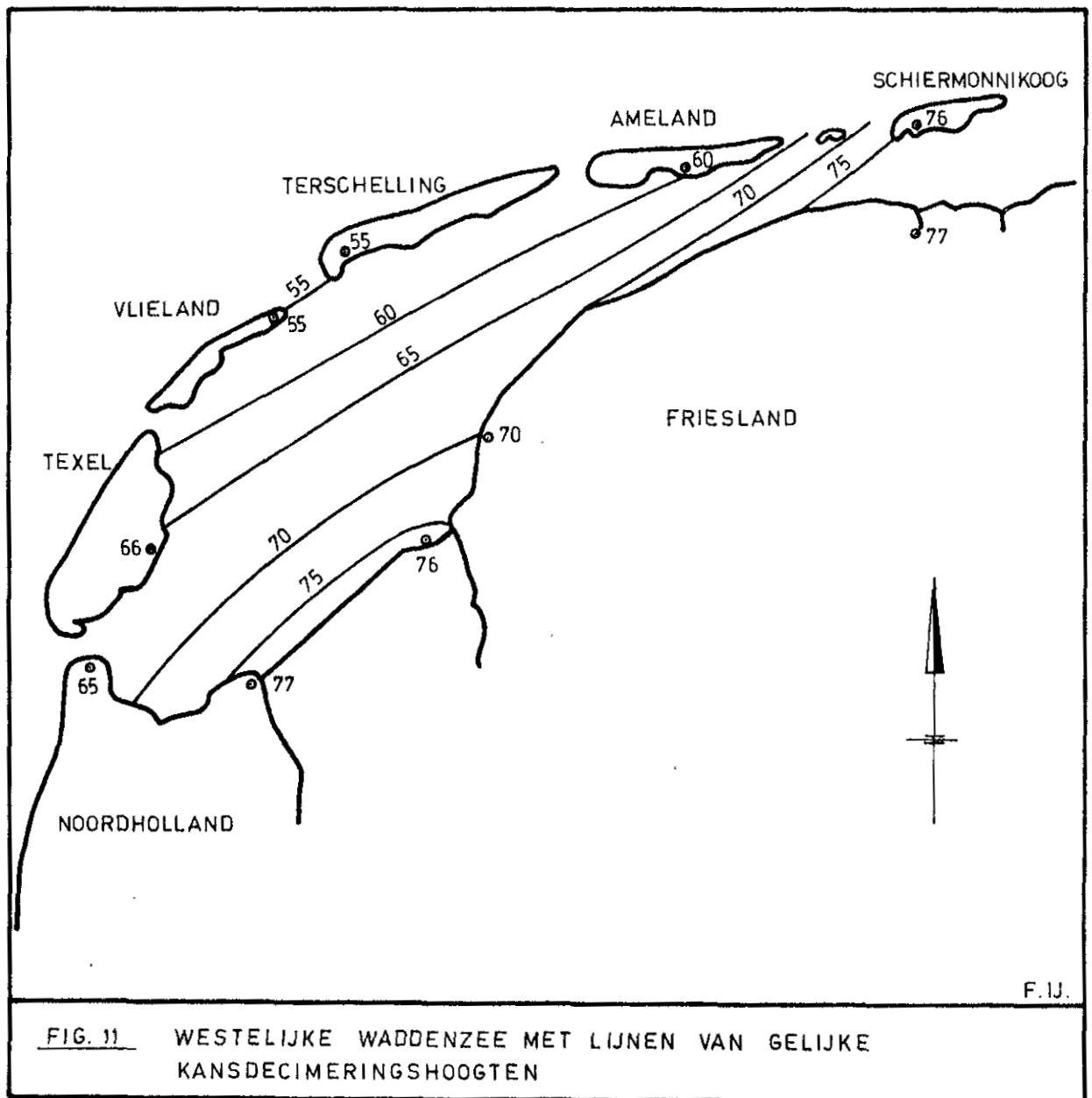


FIG. 11 WESTELIJKE WADDENZEE MET LIJNEN VAN GELIJKE KANSDECIMERINGSHOOGTEN

In combinatie met figuur 10 opent dit de mogelijkheid, behalve voor de stations, ook voor allerlei andere plaatsen in het gebied van de Westelijke Waddenzee, benaderende hoogwateroverschrijdingslijnen samen te stellen volgens de in paragraaf 6.2. voorgestelde werkwijze.

## 6.2. Benaderde voorlopige HW-overschrijdingslijnen

Uit diverse onderzoeken (zie Deltarapport) is gebleken, dat de overschrijdingslijn van de hoogwaterstanden, uitgezet op enkel-logaritmisch papier, in het gebied van de hogere standen bij benadering door een rechte lijn kan worden voorgesteld. Op grond van de in 6.1. gepostuleerde overwegingen, en uitgaande van de in de tabellen 2 (gecorrigeerde  $10^{-4}$ -standen of voorlopige nieuwe basispeilen) en 3 (kansdecimeringshoogten) weergegeven waarden, kan nu voor ieder station bij benadering de hoogwater-overschrijdingslijn voor het kansgebied met overschrijdingskans  $\leq 0,1$  worden geconstrueerd. Voor elk station is immers het voorlopige nieuwe basispeil vastgesteld, terwijl de berekende kansdecimeringshoogten de hellingen van de overschrijdingslijnen aangeven. Met behulp van deze beide parameters zijn tenslotte op bijlage 6 voor het kansgebied  $\{1-P(HW)\} \leq 0,1$  van negen stations in de Westelijke Waddenzee de hoogwater-overschrijdingslijnen opgezet. Ofschoon deze overschrijdingslijnen reeds in alternatieve zin zijn gebruikt in de nota 75.1, "Prioriteitenplan dijkverzwaringen Noord-Holland" van de Studiedienst Hoorn, dragen ze vooralsnog een voorlopig karakter.

## 7. Samenvatting en conclusies

- In het rapport van de Deltacommissie staat vermeld, dat voor een aantal stations in het gebied van de Westelijke Waddenzee de destijds beschikbare tijdreeksen van hoogwaterstanden na afsluiting van de Zuiderzee in 1932 van te geringe omvang waren om op grond daarvan betrouwbare hoogwater-overschrijdingslijnen samen te stellen. Voorts wordt in dat rapport een nader onderzoek aanbevolen wanneer de bedoelde tijdreeksen van voldoende lengte (in jaren) zullen zijn.

- In verband met de thans aan de orde zijnde verzwaring van dijken in het Westelijke Waddenzegebied, lijkt de tijd gekomen om de voor diverse plaatsen door de Deltacommissie opgegeven basispeilen aan een nader onderzoek te onderwerpen.

Inmiddels zijn de tijdreeksen met bijna 20 jaren aangegroeid.

- Teneinde zéér omvangrijk rekenwerk te omzeilen, worden in deze

nota alleen de jaarmaxima der hoogwaterstanden vanaf 1 juli 1932 met behulp van de Gumbelmethode onderzocht. De overschrijdingslijnen van alle hoogwaters, dat wil zeggen dié waaruit de basispeilen zijn afgeleid, zijn bij benadering uit de Gumbelverdelingen afgeleid. Voor stations met incomplete tijdreeksen is via een regressiemethode met stormvloedstanden getracht tot een eindresultaat te komen.

- De gevonden eindresultaten, hoogwater-overschrijdingslijnen voor het gebied met kleinere overschrijdingskans dan  $10^{-1}$  en nieuwe basispeilen, dragen een voorlopig karakter omdat in deze nota uitsluitend op een min of meer primitieve wijze de statistische kant van de zaak is bekeken en nagenoeg aan de fysische aspecten geen aandacht is besteed.

- Zonder aanspraak op volledigheid te kunnen maken, kan worden gesteld, dat uit de resultaten van dit onderzoek blijkt, dat de basispeilen, zoals deze door de Deltacommissie zijn opgegeven, voor het onderhavige gebied aan de hoge kant zijn.

In verband met de kosten, welke aan dijksverzwaringen moeten worden besteed, lijkt een meer uitgebreid onderzoek dan ook zinvol. De voorliggende nota kan als een eerste aanzet daartoe worden beschouwd.

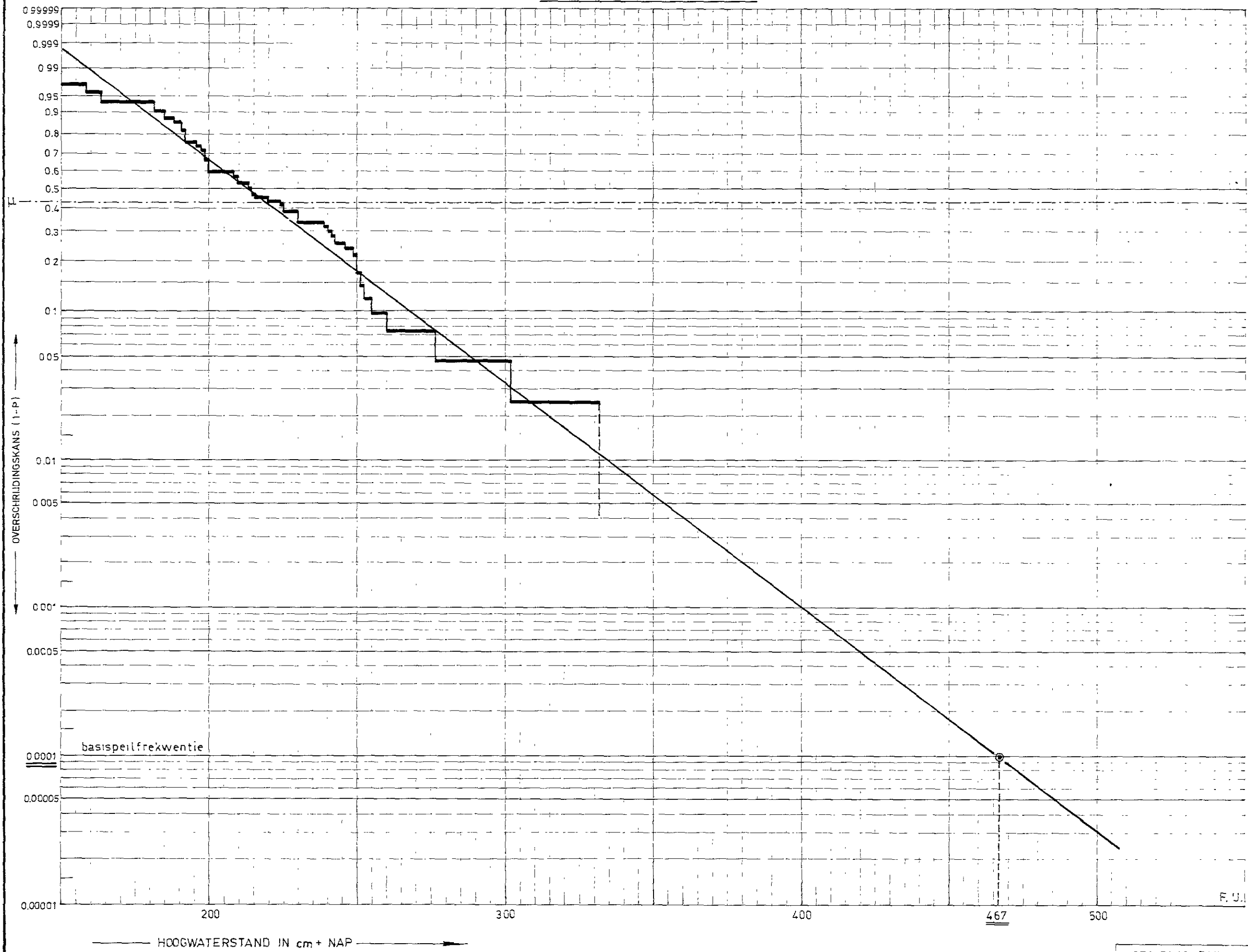
Hoorn, 4 december 1974

ing. F. IJnsen,  
technisch hoofdambtenaar

STATION PERIODE	Hoek van Holland	IJmuiden	Den Helder	Den Oever	Kornw. zand	Har- lin- gen	O'ma- horn	Oude Schild	Ter- schell.
1933	233	229	182	222	241	246	286	200	219
34	198	187	160	192	197	204	229	145	176
35	212	195	180	232	256	269	296	185	230
36	210	212	229	250	270	279	286	242	249
37	274	257	228	295	322	319	311	261	274
38	236	237	240	273	292	294	308	249	260
39	193	182	174	219	261	253	270	192	207
1940	208	215	170	194	225	235	245	188	220
41	265	260	251	272	306	305	261	255	248
42	210	195	188	217	258	260	280	200	229
43	268	282	222	275	285	280	305	241	238
44	267	273	211	266	295	292	400	240	257
45	246	240	230	295	300	294	290	246	240
46	256	255	204	237	255	246	260	210	211
47	190	161	140	184	210	217	220	158	190
48	218	195	170	215	228	225	230	192	198
49	270	240	194	290	290	270	345	220	236
1950	223	216	194	235	260	259	290	208	220
51	212	190	155	182	214	220	222	164	187
52	228	222	180	215	239	230	253	197	199
53	385	385	325	370	373	366	318	332	318
54	218	226	201	235	274	278	276	210	236
55	300	295	289	355	386	369	380	302	302
56	215	235	189	221	247	252	253	199	226
57	205	197	170	205	230	230	252	182	212
58	215	199	227	281	309	302	284	252	241
59	228	235	175	221	240	242	257	196	210
1960	192	230	230	306	340	320	240	250	237
61	246	220	174	236	267	265	283	191	214
62	262	252	251	300	330	340	380	277	286
63	220	220	180	208	220	224	230	191	189
64	205	211	188	218	237	241	264	199	210
65	238	228	199	238	259	263	295	213	233
66	280	255	216	245	274	275	285	225	243
67	280	232	219	262	296	299	309	230	256
68	230	230	203	235	254	260	269	216	223
69	254	253	238	282	302	302	252	251	255
1970			215	257	290	(290)		224	234
71			205	267	298	306		200	245
72			170	268	294	288		239	240
73			193	298	309	276		214	190
74			240	298	326	327		250	262

NB. De jaarmaxima zijn gegeven in cm + N.A.P.

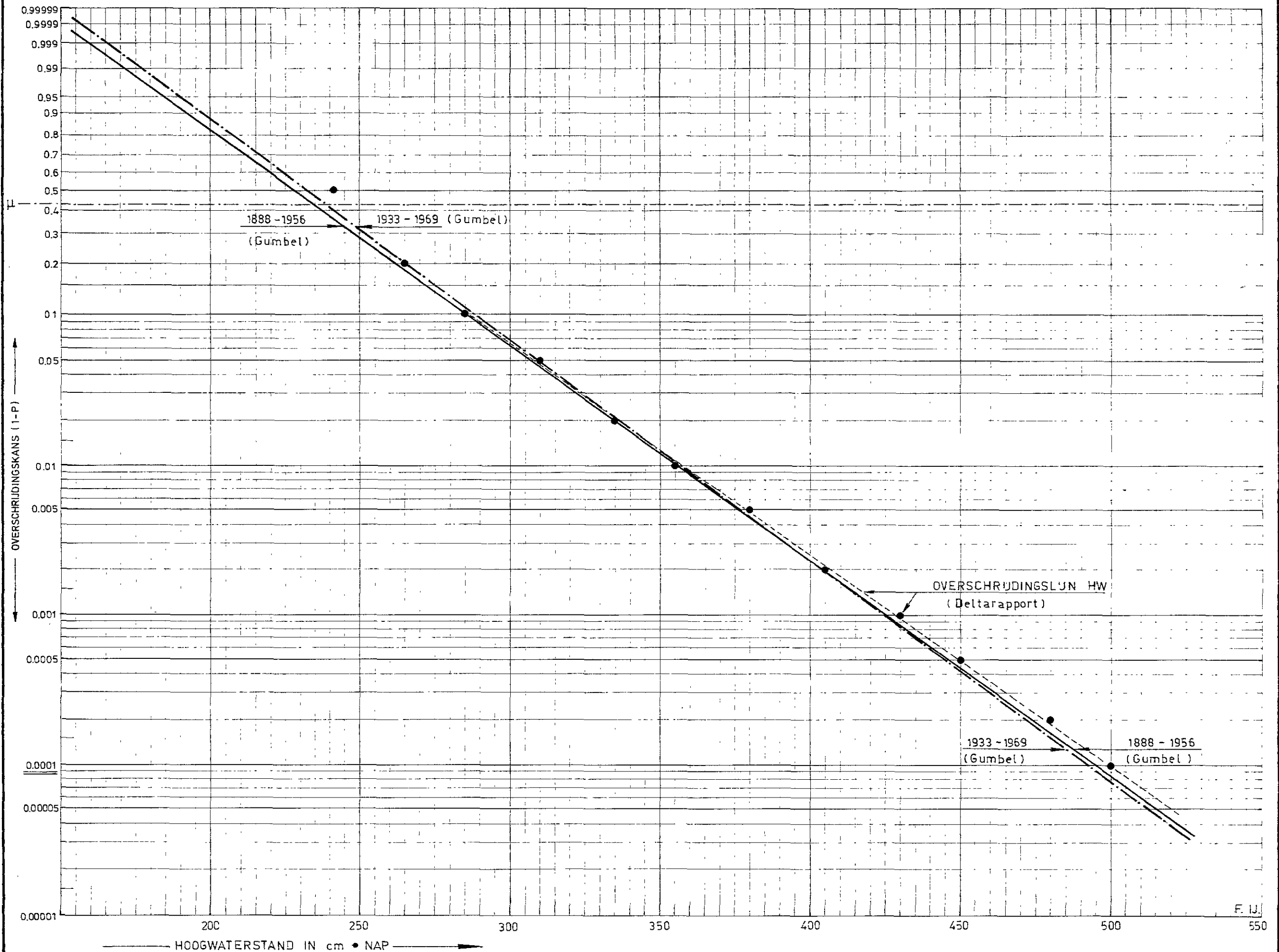
frequentieverdeling met aangepaste verdelingsfunctie van de jaarmaxima der HW-standen te OUDESCHILD  
 over het tijdvak juli 1932 t.m. juni 1974



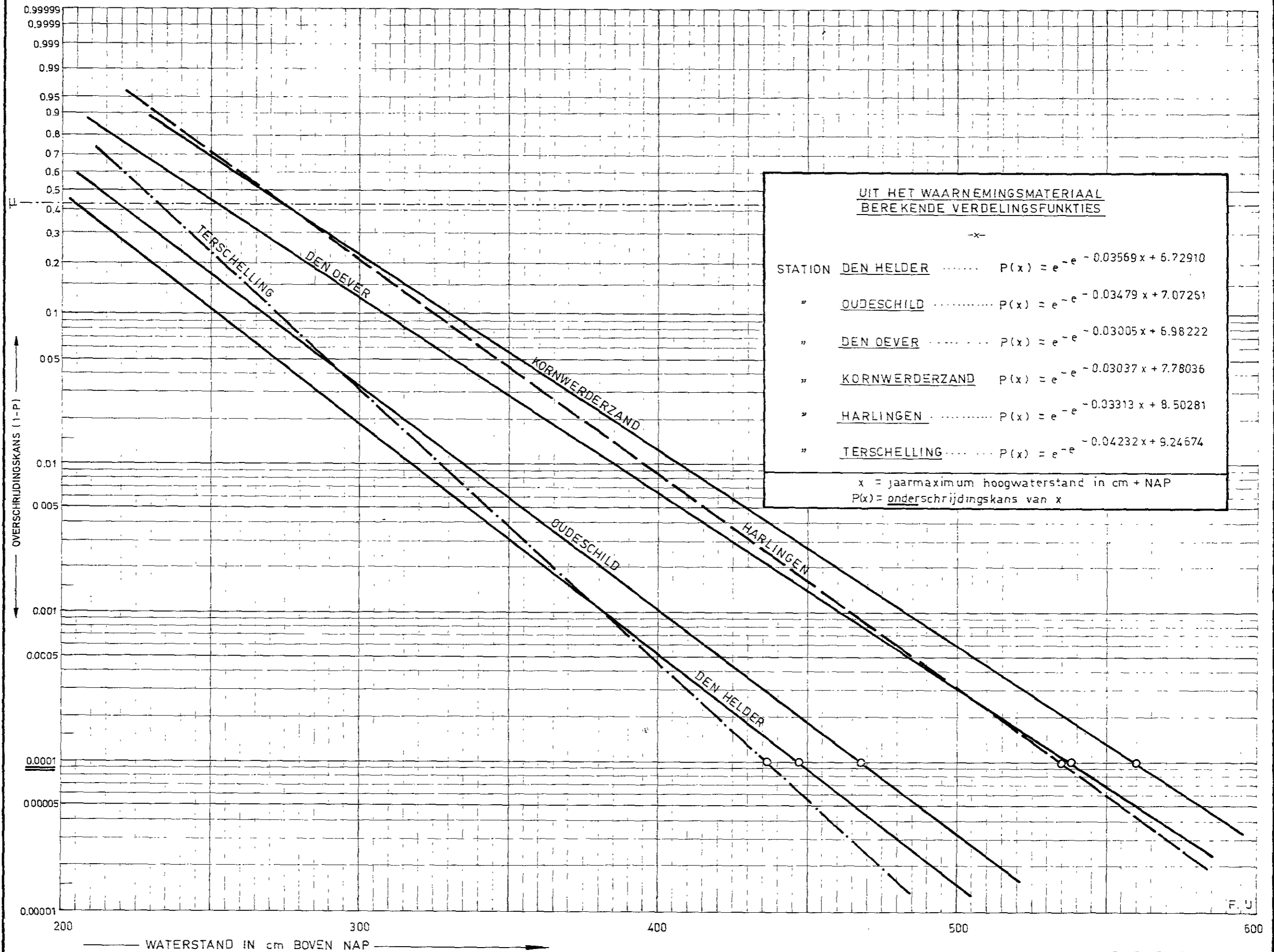
GUMBEL VERDELING

NOTA 74 10 BIJL 2

aangepaste dubbel-exponentiële verdelingsfuncties (Gumbel-verdelingen) van de jaarmaxima der HW-standen te HOEK VAN HOLLAND, 1888-1956 en 1933-1969, in vergelijking met de HW-overschrijdingslijn van dat station



aangepaste dubbel-exponentiële verdelingsfuncties van de jaarmaxima der hoogwaterstanden van zes stations in de westelijke Waddenzee over het tijdvak juli 1932 t.m. juni 1974





afgeleide Gumbelverdelingen van de jaarmaxima der HW-standen van de stations VLIELAND, NES (AMELAND) en SCHIERMONNIKOOG over het tijdvak 1933 - 1974

