

1200.68.01

DE GEVOLGEN VAN DE STORMVLOEDKERING TE
OOSTERWEEL VOOR DE ONTWERPKRUIHOGTEN
VAN DE DIJKEN LANGS DE WESTERSCHELDE.

Nota Studiedienst Vlissingen

WWKZ - 79.V008.

Verslag Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout 79-10.

INHOUD

	<u>blz</u>
1. Inleiding.	1
2. Het verband tussen het verloop van de waterstanden te Vlissingen en de verhoging bij gesloten stand van de stormvloedkering.	2
3. Het te verwachten verloop van de waterstanden te Vlissingen vóór het bereiken van de ontwerphoogwaterstand.	4
3.1 De overschrijdingsfrequenties van het astronomisch getij.	4
3.2 Het optreden van windopzet en astronomisch getij vóór het bereiken van de ontwerphoogwaterstand.	5
3.3 De rijssnelheid voorafgaand aan het hoogwater.	5
4. De overschrijdingsfrequenties van de verhoging van de ontwerphoogwaterstand bij gesloten stand van de stormvloedkering.	7
5. De verhoging van de ontwerphoogte van de dijkskruin bij gesloten stand van de stormvloedkering.	8
5.1 De op de ontwerpwaterstanden in rekening te brengen verhoging.	8
5.2 De in rekening te brengen verhoging van de golfoploop.	9
6. Samenvatting van de resultaten.	10
Litteratuur.	12
Lijst van appendices en bijlagen.	14

*afspraken
of
citaten v. 1978?*

1. Inleiding.

Bij de Belgische overheid bestaat het voornemen om in de Schelde bij Oosterweel een stormvloedkering te bouwen (zie bijlage 1). In verband hiermee zijn door het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout modelproeven verricht en getijberekeningen uitgevoerd om de invloed van de stormvloedkering op de waterstanden na te gaan [1,2]. De Studiedienst Vlissingen van de Rijkswaterstaat heeft eveneens berekeningen uitgevoerd [3]. De resultaten van de Belgische en Nederlandse berekeningen komen goed overeen.

In deze nota worden de voor ontwerpomstandigheden maatgevende verhogingen van de kruinhoogten van de dijken langs de Westerschelde bij gesloten stand van de stormvloedkering bepaald. Deze nota is conform de afspraken gemaakt op de 22^e vergadering van de Technische Schelde Commissie, d.d. 3 oktober 1978, door het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout en de Studiedienst Vlissingen gezamenlijk opgesteld.

Met behulp van de resultaten van de uitgevoerde getijberekeningen is een verband afgeleid tussen het aan het hoogwater voorafgaande ^{Ryning} verloop van de waterstanden te Vlissingen en de verhoging van de hoogwaterstanden op de Westerschelde ten gevolge van de stormvloedkering bij gesloten stand (hfst. 2).

Het te verwachten verloop van de waterstand te Vlissingen vóór het bereiken van de ontwerphoogwaterstand is afgeleid uit de beschikbare gegevens van het astronomisch getij en van in het verleden opgetreden stormen (hfst. 3).

De resultaten van hoofdstuk 2 en 3 zijn gecombineerd tot een te verwachten verhoging van de ontwerphoogwaterstand (hfst. 4).

In hoofdstuk 5 is aangegeven hoe de ontwerphoogte van de dijken zou moeten worden verhoogd ten gevolge van de verhoging van de ontwerphoogwaterstand. Tenslotte worden de belangrijkste resultaten samengevat in hfst. 6.

2. Het verband tussen het verloop van de waterstanden te Vlissingen en de verhoging bij gesloten stand van de stormvloedkering.

Uit de resultaten van een aantal met een één-dimensionaal getijmodel uitgevoerde berekeningen, waarover reeds gerapporteerd is, [3], zijn verbanden afgeleid tussen het verloop van de waterstand vóór hoogwater, gekarakteriseerd door de rijsnelheid R/T te Vlissingen en de door de stormvloedkering veroorzaakte lokale verhoging Δh van de hoogwaterstand respectievelijk te Hedwigpolder, Bath, Hansweert en Terneuzen. R is hierbij het hoogteverschil tussen L.W. en H.W. en T het tijdsverschil. Deze zijn weergegeven in bijlage 2. Met deze verbanden kan de verhoging van de ontwerpwaterstand bepaald worden indien bekend is wat de maatgevende R/T te Vlissingen is bij ontwerpomstandigheden.

Het zou in principe mogelijk zijn geweest om de verhoging te relateren aan de R/T ter plaatse in plaats van de R/T in Vlissingen. Omdat van het getijstation Vlissingen verreweg de meeste gegevens beschikbaar zijn en de hoeveelheid werk aanzienlijk beperkt wordt door slechts de waarden van R/T van één station te gebruiken om de verhoging mee af te leiden is hiervan afgezien.

Een voorwaarde hierbij is wel dat bij eenzelfde hoogwaterstand te Vlissingen de waterstanden elders langs de Westerschelde niet sterk variëren ten gevolge van de variatie van de waarde van R/T te Vlissingen of door andere oorzaken. Indien dit wel zó zou zijn, zou het niet mogelijk zijn om uitgaande van de ontwerpstand met een bepaalde R/T te Vlissingen één-duidig de invloed van de stormvloedkering op de ontwerphoogwaterstanden te bepalen omdat dan mogelijk elders de waterstanden belangrijk hoger of lager dan de ontwerpstand zouden zijn.

Voor 70 in het verleden opgetreden stormen is het verband tussen de waterstanden van Bath en Vlissingen in samenhang met de waarde van R/T te Vlissingen onderzocht en in onderstaande tabel weergegeven:

Verhouding H.W. (Bath) - H.W. (Vlissingen) voor stormen met verschillende waarden van R/T te Vlissingen.

R/T te Vlissingen (m/u)	aantal stormen	Verhouding H.W. (Bath)/ H.W. (Vlissingen)	
		gemiddeld	standaardafwijking
0,31 - 0,4	2	1,26	0,02
0,41 - 0,5	7	1,22	0,03
0,51 - 0,6	18	1,22	0,04
0,61 - 0,7	22	1,22	0,04
0,71 - 0,8	18	1,21	0,04
0,81 - 0,9	3	1,25	0,05

Uit de tabel blijkt dat het hoogwater in Bath nauw samenhangt met dat van Vlissingen en dat dit verband niet wordt beïnvloed door de waarde van R/T in Vlissingen. Aangenomen kan dus worden dat bij optreden van de ontwerphoogwaterstand ergens in de Westerschelde de hoogwaterstand te Vlissingen nagenoeg gelijk zal zijn aan de ontwerphoogwaterstand. Dien-tengevolge kunnen de verbanden van de in het begin van dit hoofdstuk besproken bijlage 2 gebruikt worden om uit de bij ontwerp-omstandigheden te Vlissingen optredende R/T het effect van de stormvloedkering op de ontwerpstanden elders te bepalen.

Verhouding	Vl	Bath
1,25 →	4 m	5 m
S = 0,05		
25 = 0,10		
95% { 1,35	4 m →	5,40
1,15	4 m →	4,60

conclusie veranderig. Verband wordt inderdaad niet exact, maar beïnvloed. Het kan door spreiding S = 0,05 tot 0,05 optredende ontwerpstand in Westerschelde veroorzaakt zijn. Het verbandingsgevoel met hogere stand in Vlissingen w.i. het "aanname" project. Het is de bedoeling. Daar het bij het ontwerp niet

warum astronomisch geht

// Ich bequie mit der die 0-1000 bei vor
Lage der Luft isafelied!
Es ist dergeykt überhaupt und mogelyt.

770
195

420

1/2

3. Het te verwachten verloop van de waterstanden te Vlissingen vóór het bereiken van de ontwerphoogwaterstand.

Uit de in hoofdstuk 2 besproken verbanden tussen het verloop van de waterstanden, gekarakteriseerd door de waarde R/T, en de verhogingen kan worden afgeleid wat de bij ontwerp-omstandigheden te verwachten invloed van de stormvloedkering is. Hiertoe dient bekend te zijn wat de bij ontwerpomstandigheden te verwachten R/T is. Dit wordt in dit hoofdstuk nader bepaald. Eerst wordt in hoofdstuk 3.1 en 3.2 de overschrijdingsfrequentieverdeling van het astronomisch getij bij ontwerp-omstandigheden bepaald. In hoofdstuk 3.3 wordt hieruit de bij ontwerpomstandigheden geldende overschrijdingsfrequentieverdeling van de waarde R/T bepaald.

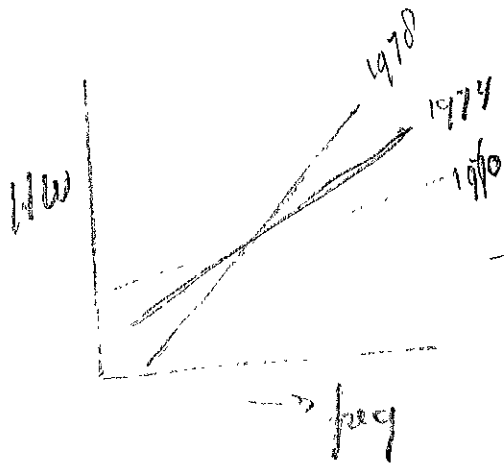
3.1 De overschrijdingsfrequenties van het astronomisch getij.

Uit de voorspellingen voor het jaar 1974 van de Operationele Afdeling van de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging is voor Vlissingen een overschrijdingsfrequentieverdeling van respectievelijk H.W., L.W. en de rijzing R (= H.W.-voorafgaand L.W.) afgeleid (bijlage 3 en 4). Tevens is nog een tweede kromme voor de rijzing R afgeleid door per overschrijdingsfrequentie de waarden van H.W. en L.W. van elkaar af te trekken. De beide R-krommes komen nagenoeg overeen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de rijzing R nagenoeg dezelfde overschrijdingsfrequentie heeft als het daarbij behorende H.W. Uitgaande van een bepaalde overschrijdingsfrequentie kan dus uit het hierbij behorende H.W. de hier eveneens bijbehorende R bepaald worden uit bijlage 4. Het op deze wijze af te leiden verband tussen H.W. en R is weergegeven op bijlage 5.

Blijkens mondelinge mededelingen van de zijde van de Operationele Afdeling en de in het verleden waargenomen H.W.'s [4] kan het jaar 1974 nagenoeg als een gemiddeld jaar voor een periode van 18,6 jaar worden beschouwd. Dit is de langste periode waarbinnen er nog waarneembare door de stand van zon en maan veroorzaakte variaties in het astronomisch getij

?

1973!



Dem handelt es sich um ein gebrauchtes mit
 wachsendem Alter
 opret \leftrightarrow gely

Waarom?

(

optreden. De overschrijdingsfrequenties van het jaar 1974 kunnen daarom als representatief voor een lange-termijnperiode worden beschouwd.

3.2 Het optreden van windopzet en astronomisch getij vóór het bereiken van de ontwerphoogwaterstand.

In het Deltarapport zijn de overschrijdingsfrequentieverdelingen van de hoogwaterstanden langs de Westerschelde aangegeven in fig. 3.1.2, hfst. III, 2-3.1 [5]. Deze figuur is weergegeven in bijlage 6 van deze nota. Deze krommes zijn bepaald door ^{andere waarden} ~~extrapolatie~~ van de naar een gemiddeld hoogwater (slotgemiddelde 1951.0) herleide stormvloedhoogwaters..

Uit de kromme van Vlissingen kan een overschrijdingsfrequentieverdeling van de windopzet bepaald worden door de waarden met het in het voorgaande genoemde gemiddeld hoogwater (= 1,90 m) te verminderen. Deze kromme voor de windopzet is weergegeven in bijlage 6.

Met behulp van de nu beschikbare overschrijdingsfrequentieverdelingen voor de windopzet en astronomisch hoogwater kan een overschrijdingsfrequentieverdeling van het astronomisch hoogwater bij het bereiken van de volgens het Deltarapport aan te houden ontwerpwaterstand worden bepaald. Dit is uitgewerkt in bijlage 7 en Appendix I. De hieruit verkregen overschrijdingsfrequentieverdeling is getekend in bijlage 8.

3.3 De rijssnelheid voorafgaand aan het hoogwater.

De rijssnelheid R/T wordt bepaald door middel van verbanden tussen respectievelijk H.W. en rijzing R, rijzing R en rijssnelheid R/T en R/T (astronomisch) en R/T (opgetreden). Deze verbanden worden in het volgende nader besproken.

Het verband tussen H.W. en rijzing R voor astronomisch getij is reeds genoemd in hoofdstuk 3.1 (bijlage 5). Uit een in het verleden aangelegd bestand van het astronomisch getij van 1975 is een verband tussen de rijzing R en de rijssnelheid R/T afgeleid (bijlage 9).

De rijssnelheid van het astronomisch getij wordt echter beïnvloed door de windopzet. Om deze invloed te kunnen bepalen is voor 41 stormen met een hoogwaterstand hoger dan 3,27 m over de periode 1902 - 1977 aangevuld met 54 stormen met een windopzet hoger dan 0,80 m over de periode 1957 - 1978 het verband tussen R/T (astronomisch) en R/T (opgetreden) afgeleid (bijlage 10).

Het is voorstelbaar dat het verband tussen R/T (astronomisch) en R/T (opgetreden) afhangt van de grootte van de windopzet. Uit bijlage 11 blijkt voor de onderzochte stormen echter dat het verband R/T (astronomisch) - R/T (opgetreden) niet significant gerelateerd is aan de windopzet. De onderzochte stormen hebben een windopzet in de orde van 1 à 2 m. Bij ontwerpomstandigheden treden aanzienlijk grotere windopzetten in de orde van 3 à 3,5 m op. Het is gezien dit grote verschil voorstelbaar dat bij dergelijke extreme windopzetten de relatie R/T (astronomisch) - R/T (opgetreden) afwijkt van de relatie van bijlage 10. Dit is echter zoals reeds gesteld niet aantoonbaar met de beschikbare gegevens (bijlage 11). Verder is thans niet bekend of bepaalde type stormen met een van bijlage 10 afwijkend verband R/T (astronomisch) - R/T (opgetreden) een grotere kans van voorkomen bij ontwerpomstandigheden hebben dan bij de in het verleden opgetreden verzameling van lagere stormen. Dien-tengevolge kan men met de huidige stand van wetenschap niet beter doen dan aannemen dat het verband van bijlage 10 representatief is voor ontwerpomstandigheden.

Met de verbanden van bijlage 5, 9 en 10 kan nu uitgaande van een bepaald astronomisch hoogwater bepaald worden wat de bijbehorende rijssnelheid R/T is.

4. De overschrijdingsfrequenties van de verhoging van de ontwerphoogwaterstand bij gesloten stand van de stormvloedkering.

Met behulp van de in hoofdstuk 3.3 afgeleide verbanden (bijlage 5, 9 en 10) kan uit het astronomisch H.W. de R/T bepaald worden. Samen met het in hoofdstuk 2 besproken verband tussen R/T en de verhoging Δh (bijlage 2) kan nu een rechtstreeks verband tussen astronomisch H.W. te Vlissingen en Δh worden bepaald. Dit is gedaan door de op de bovengenoemde bijlagen gegeven lineaire verbanden te combineren. Dit leidt dan tot de volgende formules:

$$\begin{aligned}\Delta h \text{ (Hedwigpolder)} &= 0,1620 \cdot \text{H.W. (astr.)} - 0,0758 \text{ (m)} \\ \Delta h \text{ (Bath)} &= 0,1587 \cdot \text{H.W. (astr.)} - 0,1180 \text{ (m)} \\ \Delta h \text{ (Hansweert)} &= 0,1089 \cdot \text{H.W. (astr.)} - 0,1553 \text{ (m)} \\ \Delta h \text{ (Terneuzen)} &= 0,0329 \cdot \text{H.W. (astr.)} - 0,0494 \text{ (m)}\end{aligned}$$

Met H.W. (astr.) wordt het astronomisch hoogwater van Vlissingen aangeduid. De formules zijn uiteraard slechts geldig voor reëel voorkomende waarden van H.W. (astr.).

Uitgaande van deze formules en van de overschrijdingsfrequenties van H.W. (astr.) van bijlage 8 zijn de overschrijdingsfrequenties van de Δh bij het bereiken van de ontwerphoogwaterstand bepaald (bijlage 12).

5. De verhoging van de ontwerphoogte van de dijkskruin bij gesloten stand van de stormvloedkering.

De dijkskruinhoogte k wordt bepaald door de ontwerphoogwaterstand h en de maatgevende golfoploop z . In hoofdstuk 5.1 wordt de hierop in rekening te brengen verhoging Δh van de ontwerphoogwaterstand behandeld terwijl in hoofdstuk 5.2 wordt nagegaan wat de verhoging Δz van de golfoploop is.

5.1 De op de ontwerpwaterstanden in rekening te brengen verhoging.

De voor de afleiding van overschrijdingsfrequenties van de verhoging (bijlage 12) gebruikte verbanden weergegeven in de bijlagen 2, 5, 9 en 10 blijken gezien de grootte van de erbij vermelde standaardafwijkingen overwegend goed. Wel bestaat, zoals omschreven in hoofdstuk 3.3 geen volledige zekerheid over de geldigheid van het verband van bijlage 10 bij ontwerpomstandigheden. Met de huidige stand van de wetenschap kan men echter niet beter doen dan dit verband toe te passen. Bovendien zijn de thans geldende ontwerpstanden (zonder verhoging) van het Delta-rapport zoals aangegeven op bijlage 6 in het verleden met de nodige onzekerheden bepaald door extrapolatie ver buiten de beschikbare gegevens. Het heeft daarom geen zin om op de afgeleide verhogingen van bijlage 12 nog een toeslag in verband met de boven omschreven onzekerheden in rekening te brengen te meer daar met evenveel reden gesteld zou kunnen worden dat de afgeleide verhogingen met een bepaalde waarde verlaagd dienen te worden.

Tenslotte dienen de in rekening te brengen verhogingen uit de overschrijdingsfrequentieverdelingen (bijlage 12) te worden vastgesteld. Hiervoor zijn de voor de hand liggende waarden met een overschrijdingsfrequentie van 50% gekozen. In bijlage 13 is met deze waarden het verloop van de in rekening te brengen Δh langs de Westerschelde weergegeven, hiermee komt te Oosterweel juist afwaarts van de stormvloedkering een verhoging Δh van 0,5 m overeen.

5.2 De in rekening te brengen verhoging van de golfoploop.

In de meeste gevallen kan niet verwacht worden dat bij de toe te passen verhoging van de ontwerphoogwaterstand de golfhoogte en dus de golfoploop merkbaar zal toenemen. Alleen in het geval dat de golfhoogte wordt beperkt door een relatief hoge ligging van het voorland zeewaarts van de teen zal een verandering van de waterstand van betekenis zijn voor de golfoploop. Dit is nader uiteengezet in Appendix II. Hierin is aangegeven dat indien de golfhoogte maximaal is ten gevolge van het hoge voorland deze bij benadering de waarde H_g (max.) = $0,5 (h + d)$ heeft waarbij h = ontwerpwaterstand en d = diepte teen van de dijk beneden N.A.P.

Voor die dijkvakken waar de bij ontwerpomstandigheden van toepassing zijnde golfhoogte maximaal is ten gevolge van het hoge voorland dient dus naast de verhoging van de waterstand Δh tevens een verhoging van de golfoploop Δz in rekening te worden gebracht.

Uitgaande van gegeven waarden van de ontwerphoogwaterstand h , de verhoging Δh , de ontwerpkuinhoogte k en de diepte van de teen van de dijk d kan nu zonder herhaling van golfhoogte- en golfoploopberekeningen de verhoging van de kruin Δk bij een dijk met een hoog voorland bepaald worden met in Appendix II afgeleide formule:

$$\Delta k = \Delta h \cdot \left(1 + \frac{k - h}{h + d}\right)$$

6. Samenvatting van de resultaten.

De verhoging Δh van de ontwerpwaterstanden ter bepaling van de kruinhoogten van de dijken langs de Westerschelde ten gevolge van de stormvloedkering te Oosterweel bij gesloten stand kan direct worden afgeleid uit het astronomisch hoogwater te Vlissingen met de volgende formules (zie hoofdstuk 4):

$$\Delta h \text{ (Hedwigpolder)} = 0,1620 \cdot \text{H.W. (astr.)} - 0,0758 \text{ (m)}$$

$$\Delta h \text{ (Bath)} = 0,1587 \cdot \text{H.W. (astr.)} - 0,1180 \text{ (m)}$$

$$\Delta h \text{ (Hansweert)} = 0,1089 \cdot \text{H.W. (astr.)} - 0,1553 \text{ (m)}$$

$$\Delta h \text{ (Terneuzen)} = 0,0329 \cdot \text{H.W. (astr.)} - 0,0494 \text{ (m)}$$

Hierbij is H.W.(astr.) de hoogte ten opzichte van N.A.P. van het astronomisch hoogwater te Vlissingen.

De overschrijdingsfrequentieverdeling van het astronomisch hoogwater te Vlissingen bij het bereiken van de ontwerpstand is afgeleid door combinatie van overschrijdingsfrequentieverdelingen van het astronomisch hoogwater en de uit het Delta-rapport af te leiden windopzetten (hoofdstuk 3) en weergegeven in bijlage 8.

De bovenstaande formules geven samen met de overschrijdingsfrequentieverdeling van het astronomisch hoogwater van bijlage 8 de overschrijdingsfrequentieverdeling van de verhoging Δh (bijlage 12). Als maatgevend voor ontwerpnomstandigheden zijn de waarden met een overschrijdingsfrequentie van 50% gekozen. Het verloop van de maatgevende Δh langs de Westerschelde is aangegeven in bijlage 13.

De in rekening te brengen verhoging Δh van de ontwerp-hoogwaterstanden verloopt van 0.05 m te Terneuzen tot 0.3 m te Hedwigpolder. De hierbij behorende verhoging Δh te Oosterweel juist afwaarts de stormvloedkering bedraagt 0.5 m.

Voor bijna alle dijkvakken is de waarde van Δh gelijk aan de benodigde verhoging van de kruin Δk .

Voor enkele gevallen met een hoog voorland waarbij de golfhoogte door de geringe waterdiepte beperkt wordt tot een maximum dient een verhoging van de kruin in rekening te worden gebracht volgens de formule (hoofdstuk 4):

$$\Delta k = \Delta h \cdot \left(1 + \frac{k - h}{h + d}\right)$$

waarbij

k = ontwerpkuinhoogte
h = ontwerphoogwaterstand
d = diepte teen van de dijk beneden N.A.P.
 Δk = verhoging van de ontwerpkuinhoogte
 Δh = verhoging van de ontwerphoogwaterstand

De dijkvakken met een hoog voorland waar deze formule toegepast moet worden zijn aangegeven op biilaxe 1. De extra ($\Delta k - \Delta h$) ten gevolge van de aanwezigheid van het hoge voorland is in alle voorkomende gevallen kleiner of gelijk aan $0,5 \cdot \Delta h$.

LITTERATUUR

- 1 ir. P. Roovers en ir. A. Sterling.
Oriëntatieproeven in verband met de stormvloedkering
te Oosterweel.
Verslag 68-6, Mod. 300
Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout,
september 1968.

- 2 ir. G. Claeijs, ir. O. d'Heijgers en ir. A. Sterling.
Verslag van enkele tijberekeningen in verband met de
stormvloedkering op de Schelde te Oosterweel.
Verslag 69-16, Mod. 252-8
Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout,
september 1969.

- 3 G.A. Luggens.
Eén-dimensionale getijberekeningen betreffende het
Schelde-bekken in verband met de stormvloedkering
te Oosterweel.
Nota WWKZ - 78.V006.
Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en
Waterbeweging. District Kust en Zee. Studiedienst
Vlissingen,
september 1978.

- 4 ir. I. Coen.
Nota over evolutie van het getij in de Westerschelde.
Antwerpse Zeediensten, maart 1973.

- 5 ir. P.J. Wemelsfelder.
De overschrijdingslijnen van de hoogwaterstanden in
het Nederlands getijgebied.
Bijdrage III. 2 van het Rapport van de Deltacommissie
(deel 4), Rijkswaterstaat, november 1960.

- 6 ir. J. van Malde, ir. N. Schoenmakers en ir. D.C. Verhage.
Over het berekenen van Deltaprofielen voor dijken langs
de Westerschelde.
Rijkswaterstaatspublicatie nr. 9.
Directie Zeeland, Studiedienst Vlissingen,
juli 1972.

APPENDICES

- I Toelichting op de tabellen van bijlage 7.
- II Toename van ontwerpkuinhoogte bij een dijk met een hoog voorland.

LIJST VAN BIJLAGEN

- 1 Situatie.
- 2 Verhoging Δh als functie van de rijssnelheid R/T te Vlissingen.
- 3 Frequentieverdeling van het astronomisch getij te Vlissingen van 1974.
- 4 Frequentieverdeling van de rijzing R van het astronomisch getij te Vlissingen van 1974.
- 5 Verband tussen H.W. en getijrijzing R voor het astronomisch getij te Vlissingen van 1974.
- 6 Overschrijdingslijnen van hoogwaterstanden 1901-1950 langs de Westerschelde.
- 7 Onderschrijdingsfrequentieverdeling astronomisch hoogwater Vlissingen.
- 8 Frequentieverdeling astronomisch hoogwater te Vlissingen bij ontwerppeil N.A.P. +5,40 m.
- 9 Rijssnelheid R/T als functie van de rijzing R voor het astronomisch getij 1975 te Vlissingen.
- 10 Rijssnelheid R/T (opgetreden) als functie van de R/T (astronomisch) te Vlissingen.
- 11 Windopzet bij H.W. Vlissingen als functie van het verschil tussen R/T (astronomisch) en R/T (opgetreden).
- 12 Frequentieverdeling van de verhoging Δh van de ontwerphoogwaterstand.
- 13 Verloop van de maatgevende waarde van Δh bij ontwerpomstandigheden.

Toelichting op de tabellen van bijlage 7A. Waterstanden hoger dan N.A.P. +5,40 m.

De voorkomende astronomische hoogwaters zijn ingedeeld in klassen van 20 cm. In kolom (1) en (2) staan respectievelijk deze klassen en de bijbehorende frequenties vermeld. In kolom (3) staat de opzet die samen met het astronomisch hoogwater van kolom (1) de hoogwaterstand van N.A.P. +5,40 m geeft. De kans, dat de opzet groter is dan de waarde in kolom (3) (dit is de overschrijdingsfrequentie F) staat vermeld in kolom (4). De kans dat bij de astronomische getijkklasse van kolom (1) de ontwerpstand, ofwel de som van kolom (1) en (3), wordt overschreden is gelijk aan het produkt van kolom (2) en (4) en staat vermeld in kolom (5).

De waarden van kolom (5) zijn cumulatief opgeteld gegeven in kolom (6). Deze kolom geeft de kans dat de hoogwaterstand van N.A.P. +5,40 m wordt overschreden bij de astronomische getijkklasse van kolom (1) en alle kleinere getijkklassen, ofwel bij de astronomische hoogwaters kleiner dan de in kolom (7) gegeven waarden van de betreffende klasse-bovengrens.

B. Waterstanden hoger dan N.A.P. +5,50 m.

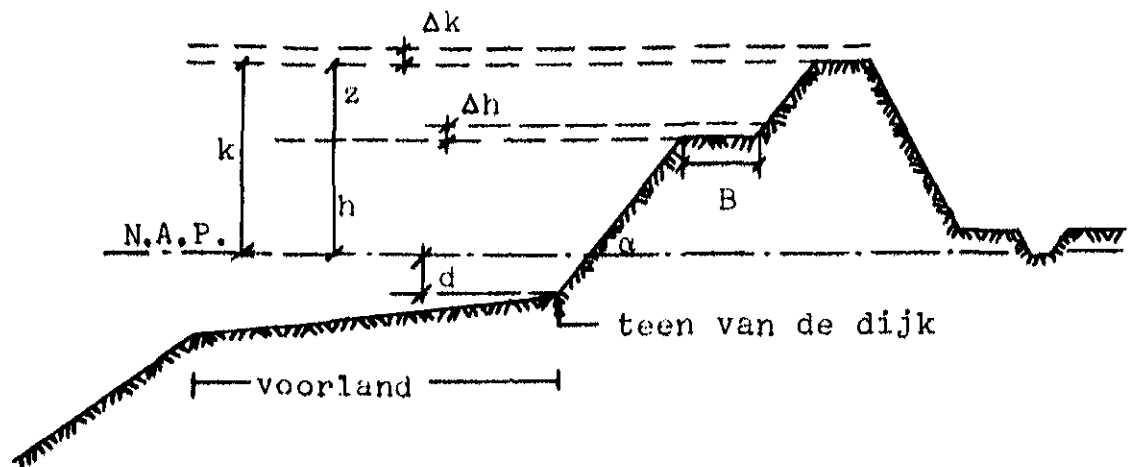
Deze tabel is gelijk aan tabel A maar dan voor hoogwaterstanden hoger dan N.A.P. +5,50 m.

C. Waterstanden tussen N.A.P. +5,40 m en N.A.P. +5,50 m.

In kolom (2) is het verschil tussen de kolommen (6) van tabel A en B aangegeven. Kolom (1) is gelijk aan kolom (7) van tabel A en B. Kolom (2) geeft dan de kans dat de hoogwaterstand tussen N.A.P. +5,40 m en N.A.P. +5,50 m ligt bij de astronomische hoogwaters kleiner dan de in kolom (1) aangegeven waarden. De onderste waarde van kolom (2) geeft dientengevolge de kans van voorkomen van waterstanden tussen N.A.P. +5,40 m en +5,50 m voor alle voorkomende getijkklassen. Door kolom (2) met een zodanige faktor te vermenigvuldigen dat de onderste waarde gelijk aan 1 (= 100%) wordt, wordt in kolom (3) tenslotte de kans van optreden van astronomische hoogwaters kleiner dan in kolom (1) ofwel de onderschrijdingsfrequentie van de in kolom

(1) aangegeven astronomische hoogwaters verkregen voor het geval de hoogwaterstand tussen N.A.P. +5,40 m en N.A.P. +5,50 ligt. Dit komt nagenoeg overeen met de onderschrijdingsfrequenties van het astronomisch hoogwater bij ontwerpomstandigheden, dat wil zeggen bij het bereiken van een hoogwaterstand van N.A.P. +5,40 m.

Toename van de ontwerpkuinhoogte bij een dijk met een hoog voorland.



- h = ontwerpwaterstand
 z = ontwerpgolfoploop
 Δh = verhoging ontwerphoogwaterstand
 $k = h + z$ = ontwerpkuinhoogte
 $\Delta k = \Delta h + \Delta z$ = verhoging ontwerpkuinhoogte
 Δz = verhoging ontwerpgolfoploop
 d = diente van de teen van de dijk beneden N.A.P.
 B = breedte van de berm
 α = taludhelling van de dijk

De ontwerpgolfoploop z wordt als volgt bepaald:

$$z = 8H_s \operatorname{tg} \alpha \left\{ \cos (\beta^\circ - 10^\circ) - \frac{B}{L} \right\} \quad (\text{zie [6.]})$$

hierbij is

- H_s = de significante golfhoogte aan de teen van de dijk
 β = de hoek van inval (= hoek tussen golfkam en dijk-kruin)
 L = golflengte

Voor waarden van $\frac{B}{L}$ groter dan $\frac{1}{2}$ wordt $\frac{1}{2}$ ingevuld. Voor invalshoeken β kleiner dan 10° wordt met $\cos (\beta^\circ - 10^\circ) = 1$ gerekend.

De significante golfhoogte bij hoog voorland heeft bij benadering een maximale waarde van:

$$H_s (\text{max}) = 0,5 (h + d)$$

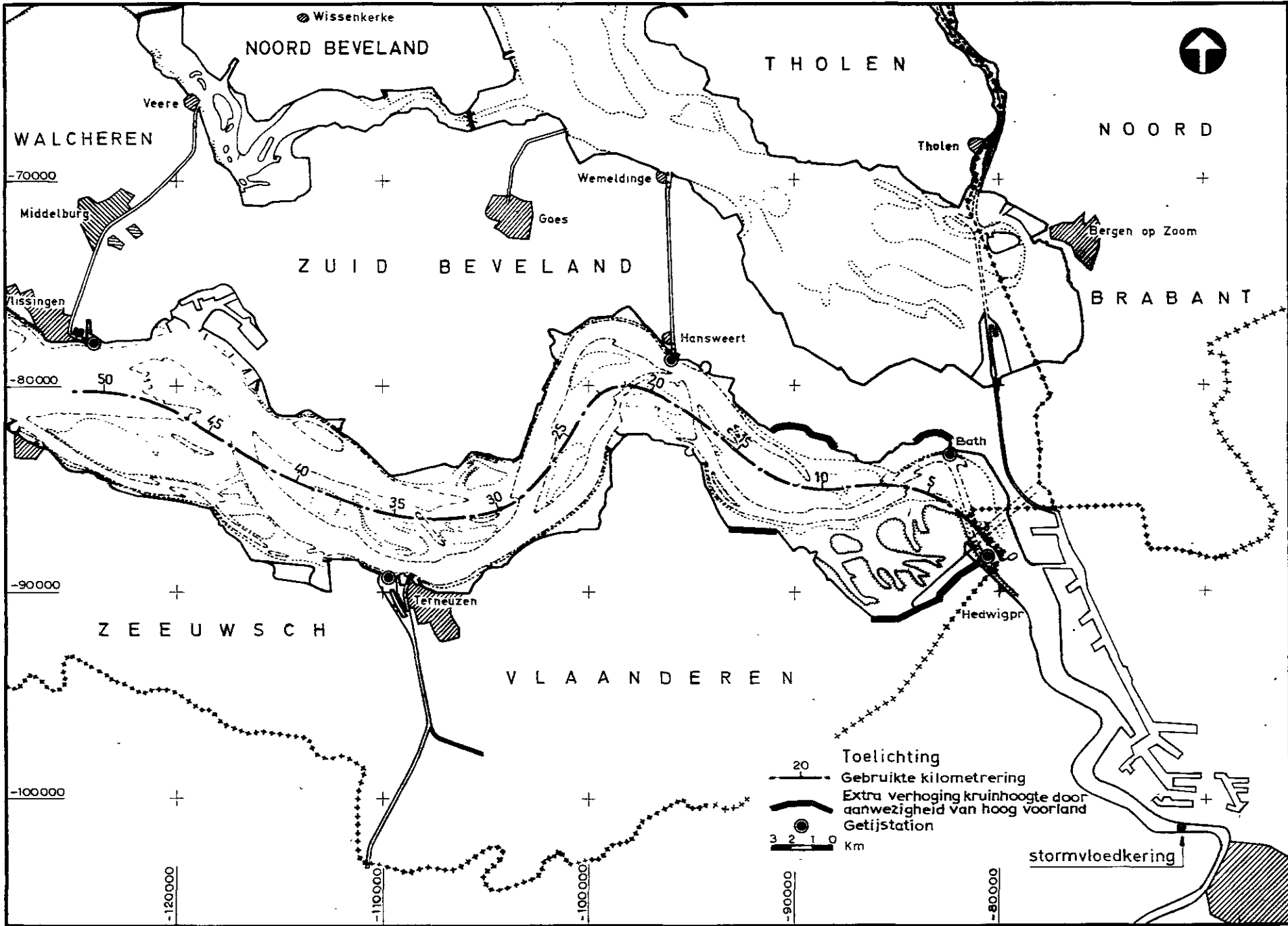
In het geval dat deze maximale golf optreedt zal dus bij verhoging van de hoogwaterstand met Δh de golfhoogte toenemen tot $H_s (\text{max}) = 0,5.(h + d + \Delta h)$.

De golfhoogte H_s en dus ook de golfoploop z neemt dus toe met een factor $\frac{h + d + \Delta h}{h + d}$. De waarde van $\Delta z = \frac{\Delta h}{h + d} \cdot z$.

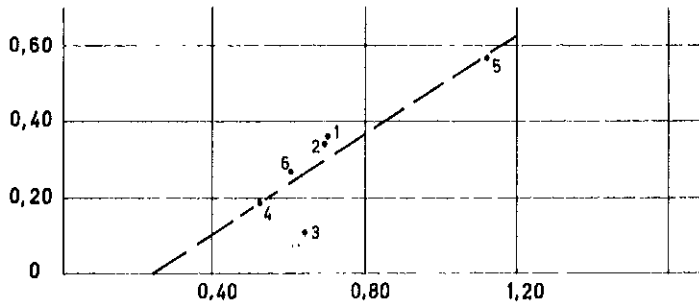
De dijkskruinhoogte $k = h + z$ neemt dan toe met:

$$\Delta k = \Delta h + \Delta z = \Delta h + \frac{\Delta h}{h + d} \cdot z = \Delta h + \frac{\Delta h}{h + d} \cdot (k - h)$$

$$\Delta k = \Delta h \cdot \left(1 + \frac{k - h}{h + d}\right)$$

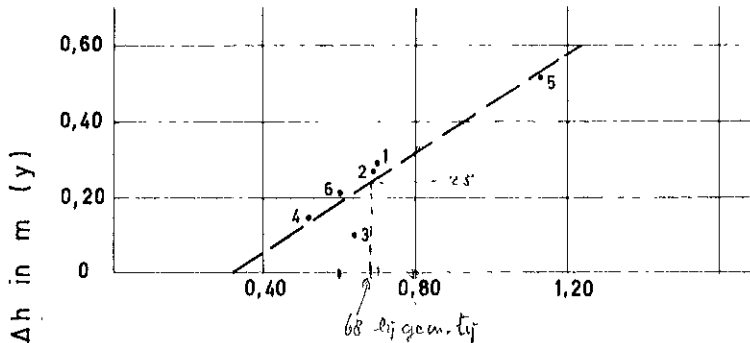


Situatie



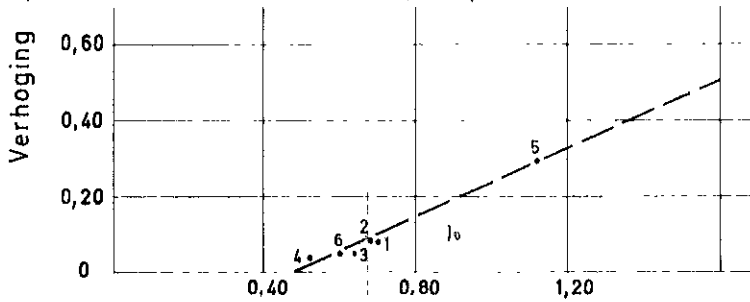
HEDWIGPOLDER

$y = 0,6619 x - 0,1643$
 $r = 0,8747$
 $\sigma_y \text{ res} = 0,0704$



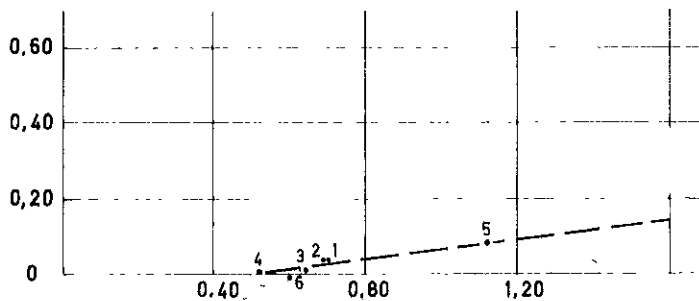
BATH

$y = 0,6484 x - 0,2047$
 $r = 0,926$
 $\sigma_y \text{ res} = 0,0557$



HANSWEERT

$y = 0,4447 x - 0,2148$
 $r = 0,988$
 $\sigma_y \text{ res} = 0,0144$



TERNEUZEN

$y = 0,1345 x - 0,0673$
 $r = 0,888$
 $\sigma_y \text{ res} = 0,0146$

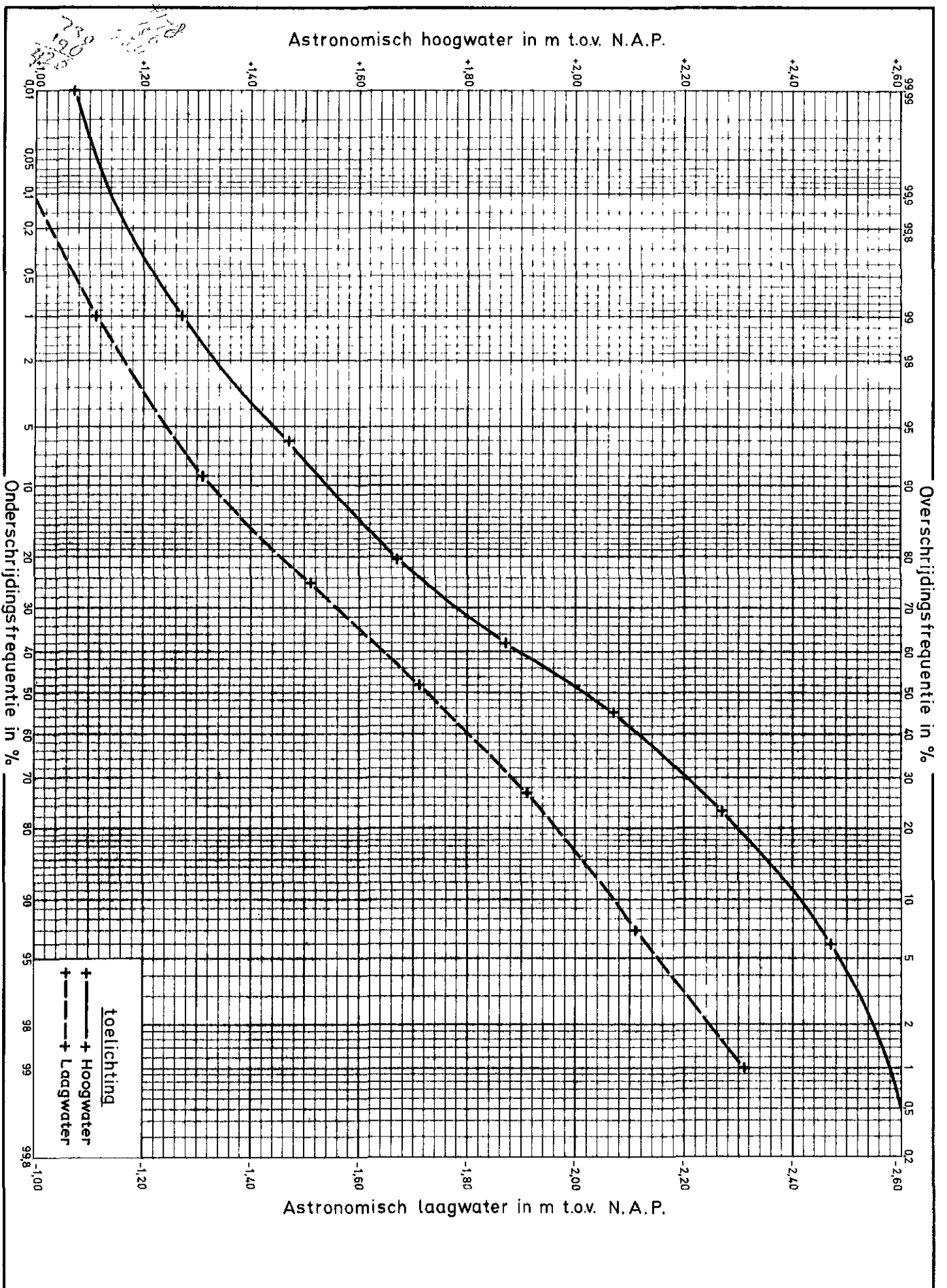
Rijssnelheid R/T te Vlissingen in m/u (x)

Toelichting

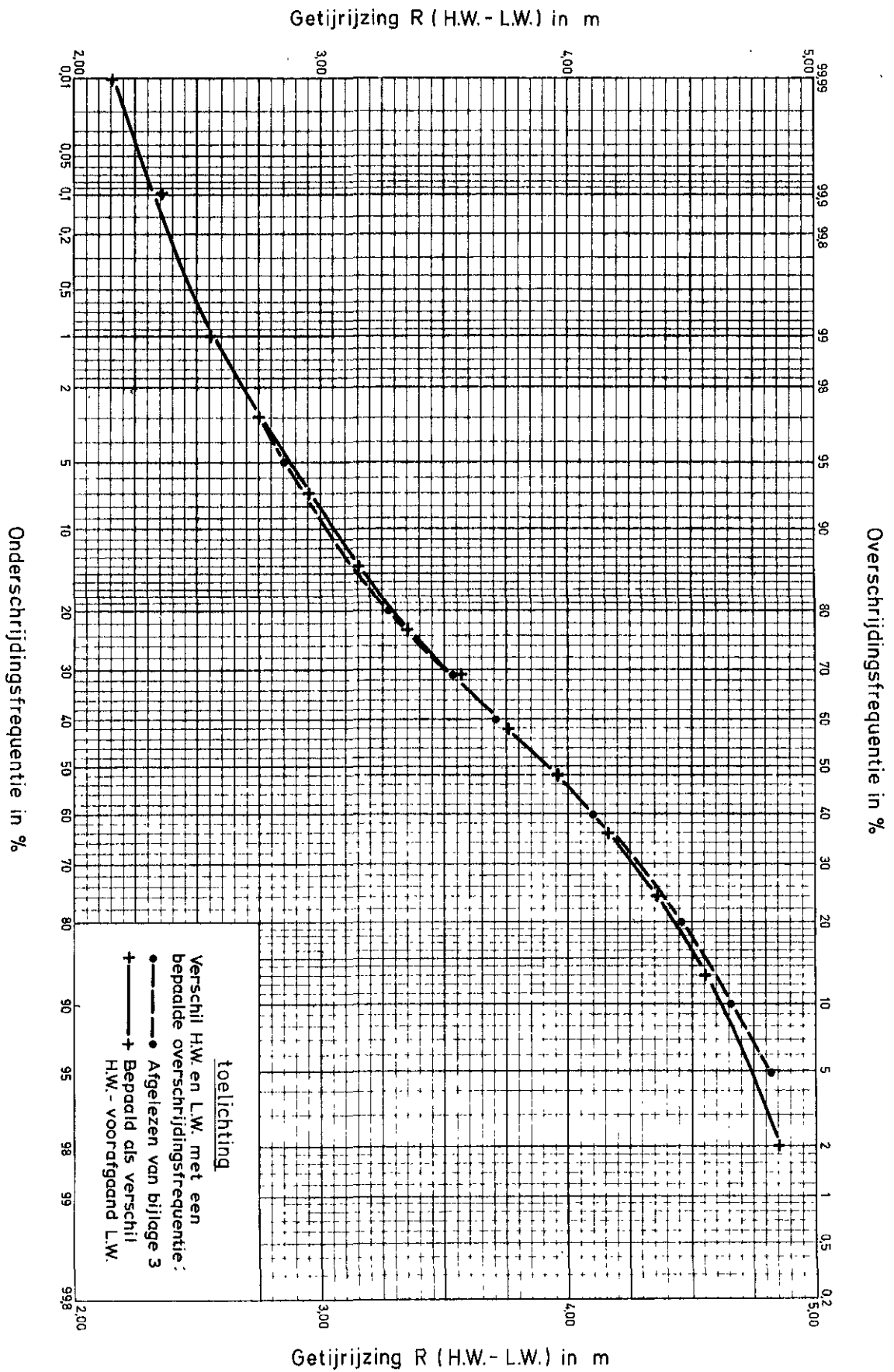
- Hoogwater te Hedwiggpolder
 1 = 04.30^h d.d. 12 - 5 - 1971
 2 = 16.45^h d.d. 12 - 5 - 1971
 3 = 04.25^h d.d. 1 - 2 - 1953
 4 = 17.15^h d.d. 1 - 2 - 1953
 5 } Zware storm met extreme rijzing
 6 } samen met getij van 12 - 5 - 1971

→ rijssnelheid gem. op tij van 12-5-1971

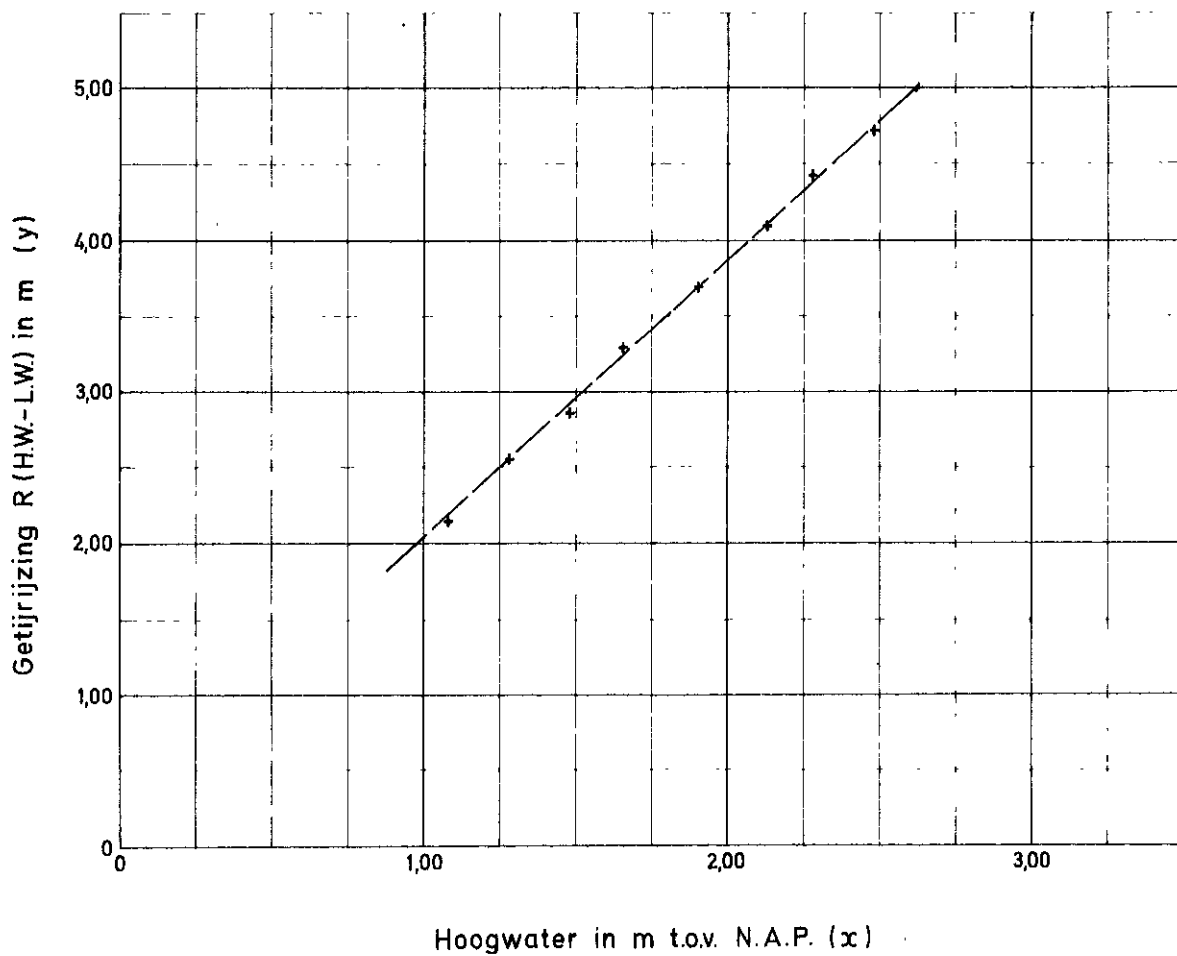
Verhoging Δh als functie van de rijssnelheid R/T te Vlissingen



Frequentieverdeling van het astronomisch getij te Vlissingen van 1974



Frequentieverdeling van de rijzing R van het astronomisch getij te Vlissingen van 1974



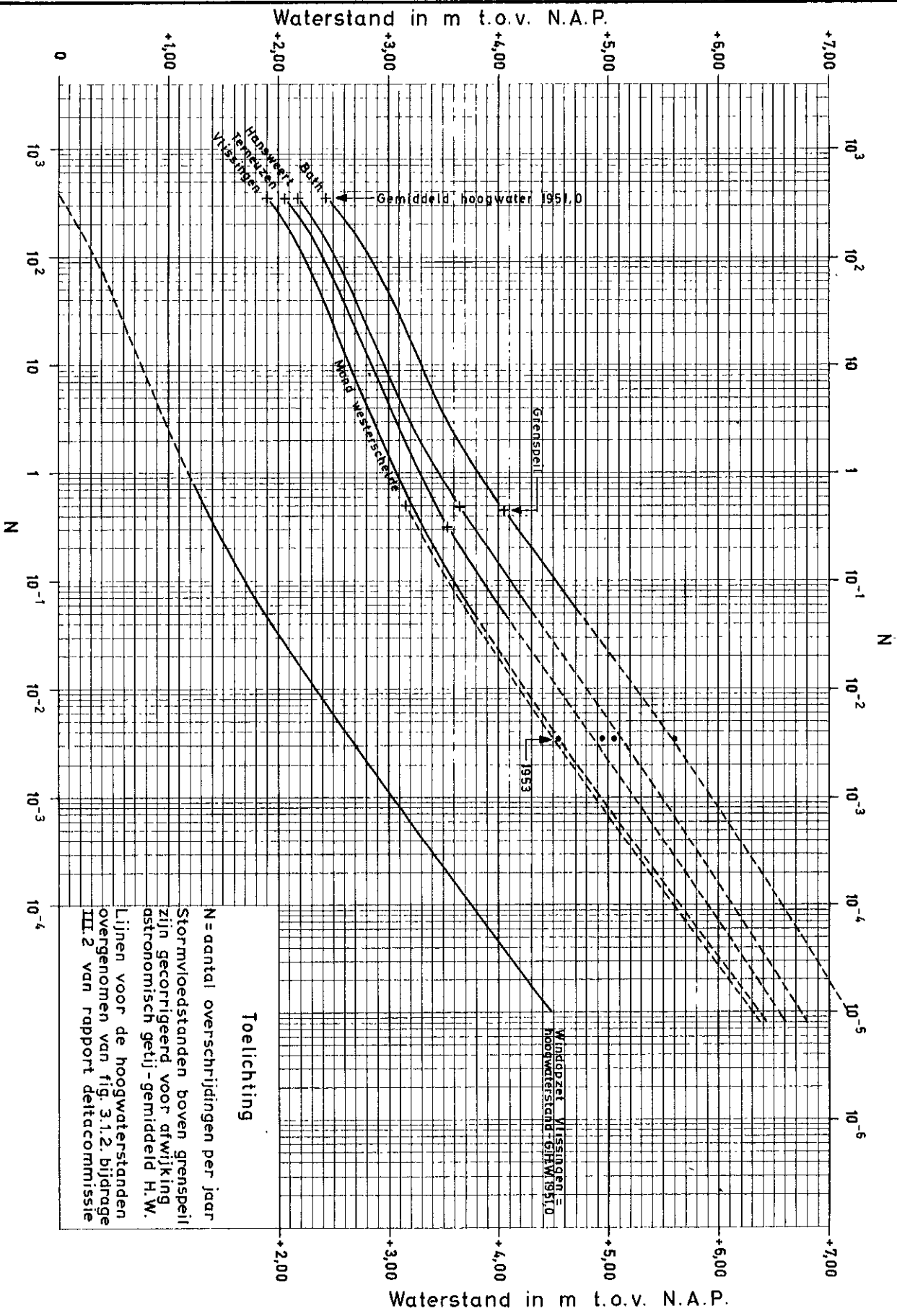
Toelichting

$\sigma_y \text{ res.} = 0,0182$

$y = 1,82 x + 0,2471$

R = rijzing = verschil H.W. - L.W.

Verband tussen H.W. en getijrijzing R voor het astronomisch getij te Vlissingen van 1974



Overschrijdinglijnen van de hoogwaterstanden 1901 - 1950 langs de westerschelde

A. Hoogwaterstanden hoger dan N.A.P. + 5,40 m

Astronomisch hoogwater		Windopzet		(5) F ^I	(6)	(7)
(1) Klassemidden (m)	(2) Frequentie	(3) Opzet (m)	(4) Overschrijding	(2) x (4)	F ^I cum	Klassegrens Astr. hoogwater (m)
1,30	3,2.10 ⁻²	4,10	3,2.10 ⁻⁵	1,02.10 ⁻⁶	1,02.10 ⁻⁶	1,40
1,50	1,15.10 ⁻¹	3,90	6,0.10 ⁻⁵	6,9.10 ⁻⁶	7,92.10 ⁻⁶	1,60
1,70	1,70.10 ⁻¹	3,70	1,2.10 ⁻⁴	2,04.10 ⁻⁵	2,83.10 ⁻⁵	1,80
1,90	1,6.10 ⁻¹	3,50	2,2.10 ⁻⁴	3,52.10 ⁻⁵	6,35.10 ⁻⁵	2,00
2,10	2,2.10 ⁻¹	3,30	4,0.10 ⁻⁴	8,8.10 ⁻⁵	1,52.10 ⁻⁴	2,20
2,30	2,0.10 ⁻¹	3,10	8.10 ⁻⁴	1,6.10 ⁻⁴	3,12.10 ⁻⁴	2,40
2,50	1,03.10 ⁻¹	2,90	1,5.10 ⁻³	1,55.10 ⁻⁴	4,66.10 ⁻⁴	2,60

F^{II}
0,22
1,70
6,07
13,63
32,62
66,95
100

B. Hoogwaterstanden hoger dan N.A.P. + 5,50 m

1,30	3,2.10 ⁻²	4,20	2,4.10 ⁻⁵	7,7.10 ⁻⁷	7,68.10 ⁻⁷	1,40
1,50	1,15.10 ⁻¹	4,00	4,5.10 ⁻⁵	5,2.10 ⁻⁶	5,94.10 ⁻⁶	1,60
1,70	1,70.10 ⁻¹	3,80	8,3.10 ⁻⁵	1,4.10 ⁻⁵	2,01.10 ⁻⁵	1,80
1,90	1,6.10 ⁻¹	3,60	1,8.10 ⁻⁴	2,9.10 ⁻⁵	4,89.10 ⁻⁵	2,00
2,10	2,2.10 ⁻¹	3,40	3,0.10 ⁻⁴	6,6.10 ⁻⁵	1,15.10 ⁻⁴	2,20
2,30	2,0.10 ⁻¹	3,20	5,8.10 ⁻⁴	1,2.10 ⁻⁴	2,31.10 ⁻⁴	2,40
2,50	1,03.10 ⁻¹	3,00	1,1.10 ⁻³	1,1.10 ⁻⁴	3,44.10 ⁻⁴	2,60

C. Hoogwaterstanden tussen N.A.P. + 5,40 m en N.A.P. + 5,50 m

(1) Klassegrens Astr. hoogwater (m)	(2) Δ F ^I cum	(3) F ^{II} (%)
1,40	2,56.10 ⁻⁷	0,21
1,60	1,98.10 ⁻⁶	1,63
1,80	8,27.10 ⁻⁶	6,79
2,00	1,47.10 ⁻⁵	12,04
2,20	3,67.10 ⁻⁵	30,09
2,40	8,07.10 ⁻⁵	66,19
2,60	1,22.10 ⁻⁴	100

T o e l i c h t i n g

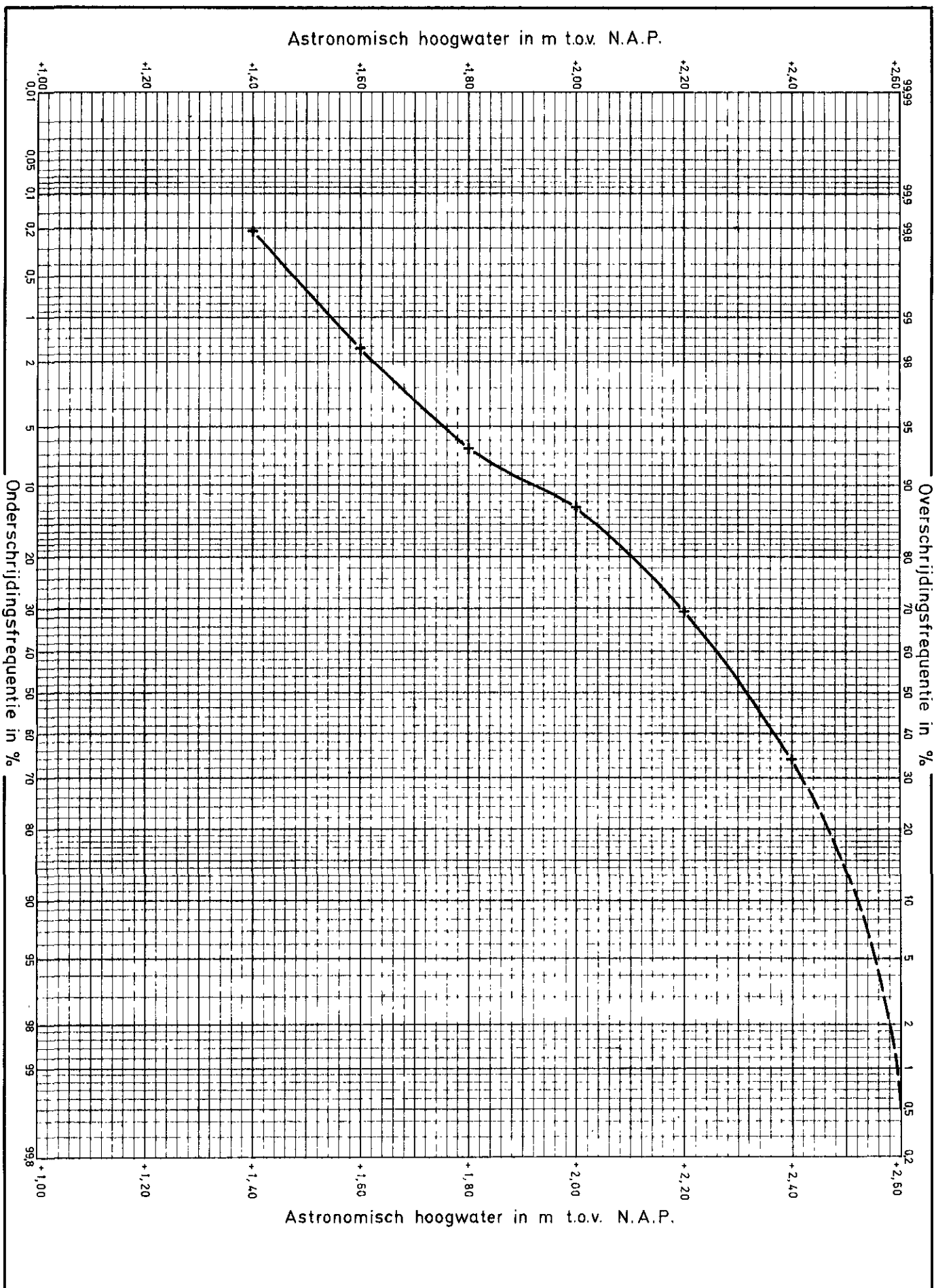
F^I = Overschrijdingsfrequentie per klasse van astronomisch hoogwater

Δ F^I cum = F^I cum (5,40) - F^I cum (5,50)

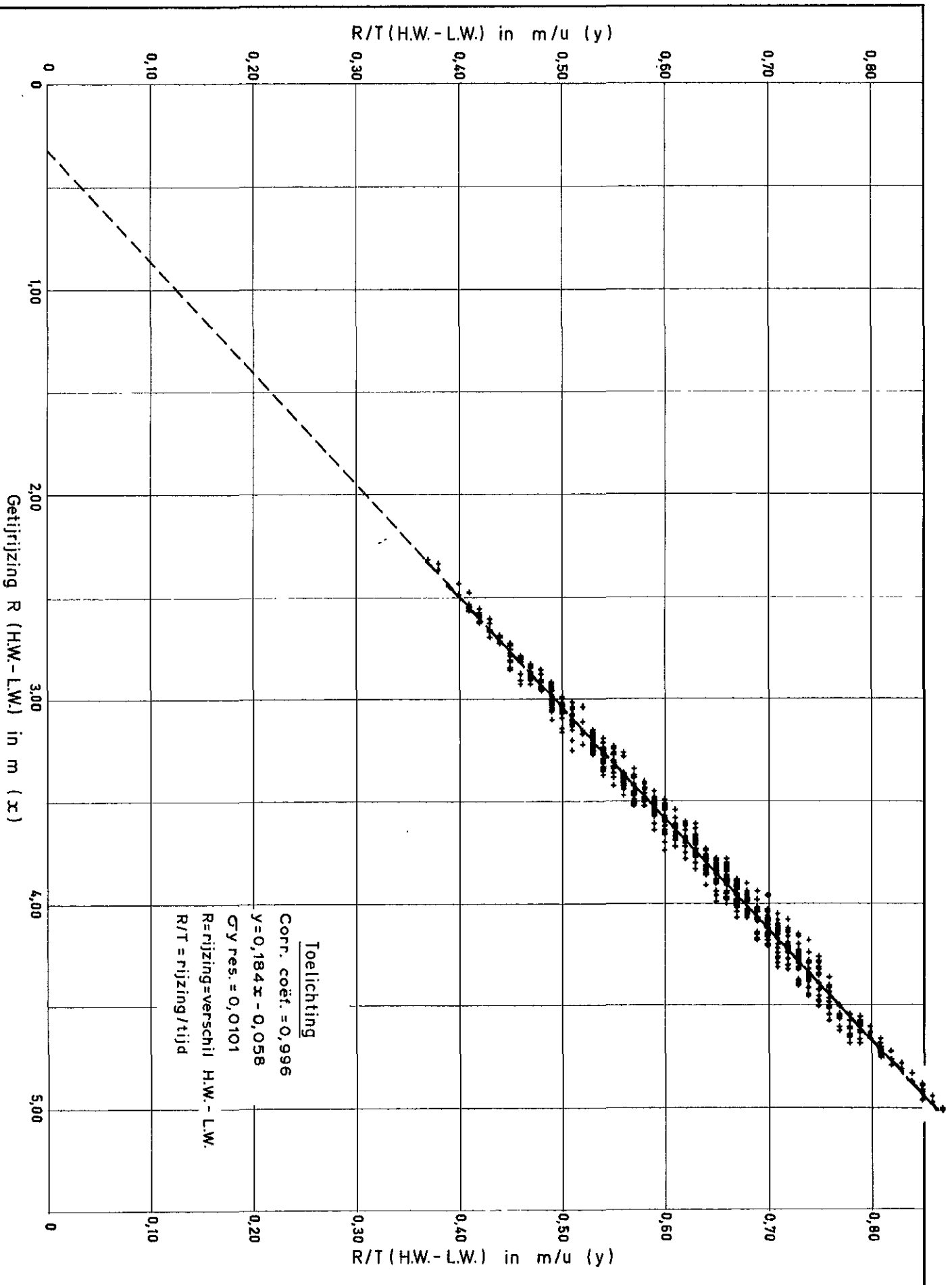
F^{II} = Onderschrijdingsfrequentie astronomisch hoogwater

Zie voor verdere toelichting appendix I

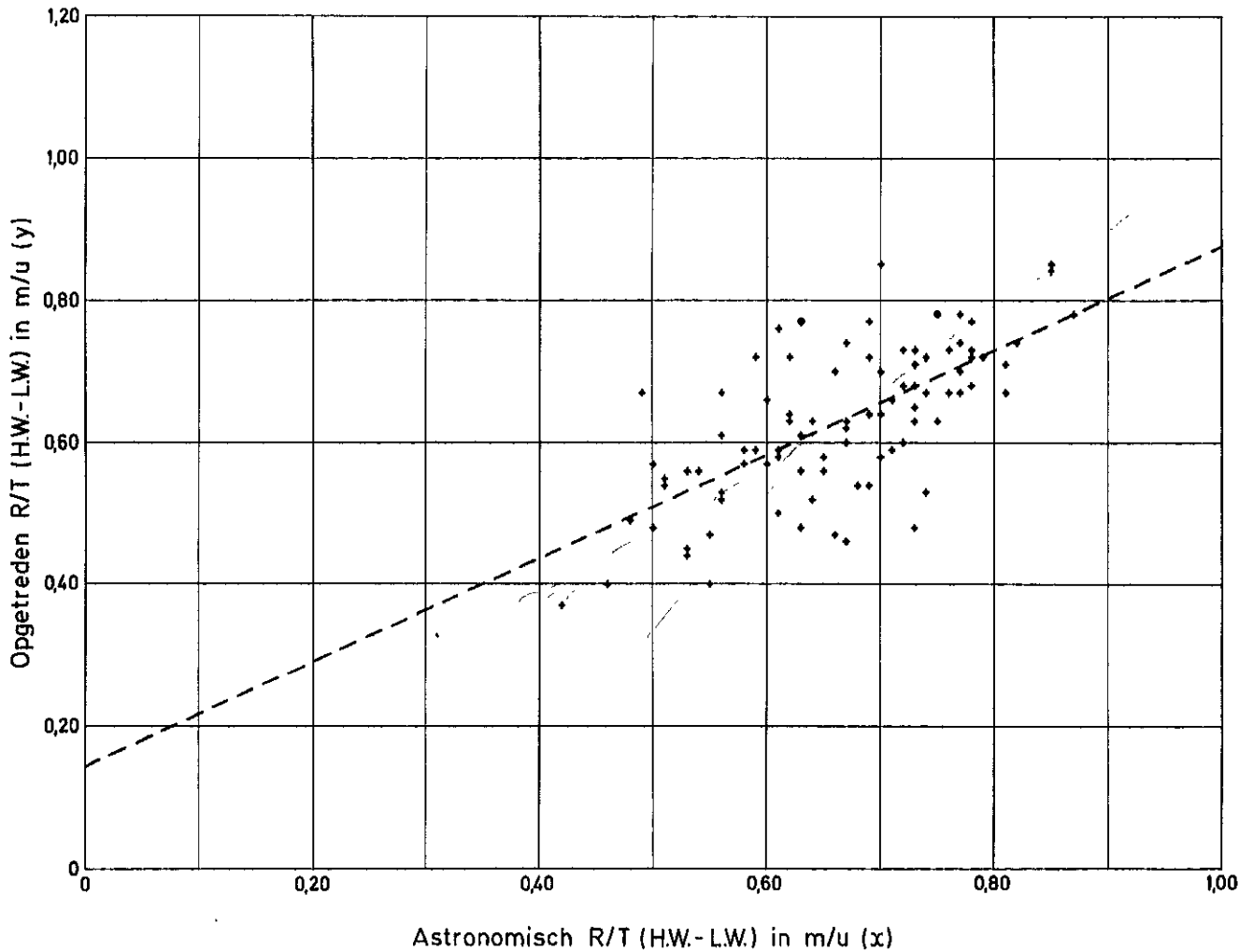
Onderschrijdingsfrequentieverdeling astronomisch hoogwater vliissingen



Frequentieverdeling astronomisch hoogwater te Vlissingen bij ontwerppeil N.A.P.+5,40 m



Rijssnelheid R/T als functie van de rijzing R voor het astronomisch getij 1975 te Vlissingen



Toelichting

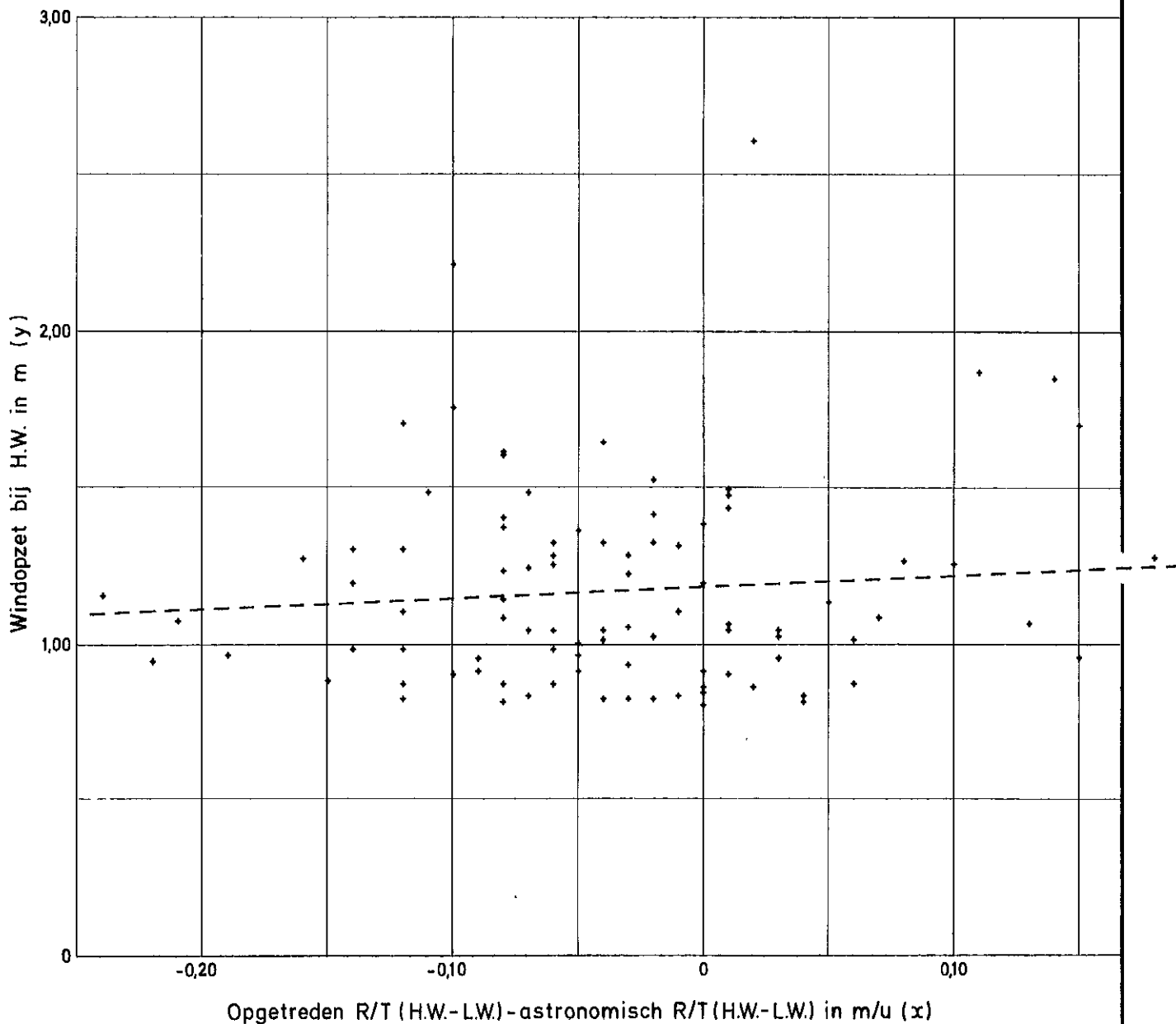
Corr. coëf. = 0,679

$y = 0,731 x + 0,143$

$\sigma_y \text{ res.} = 0,0766$

R/T = rijzing/tijd ; R = verschil H.W. - L.W.

Rijssnelheid R/T (opgetreden) als functie van de R/T (astronomisch) te Vlissingen



Toelichting

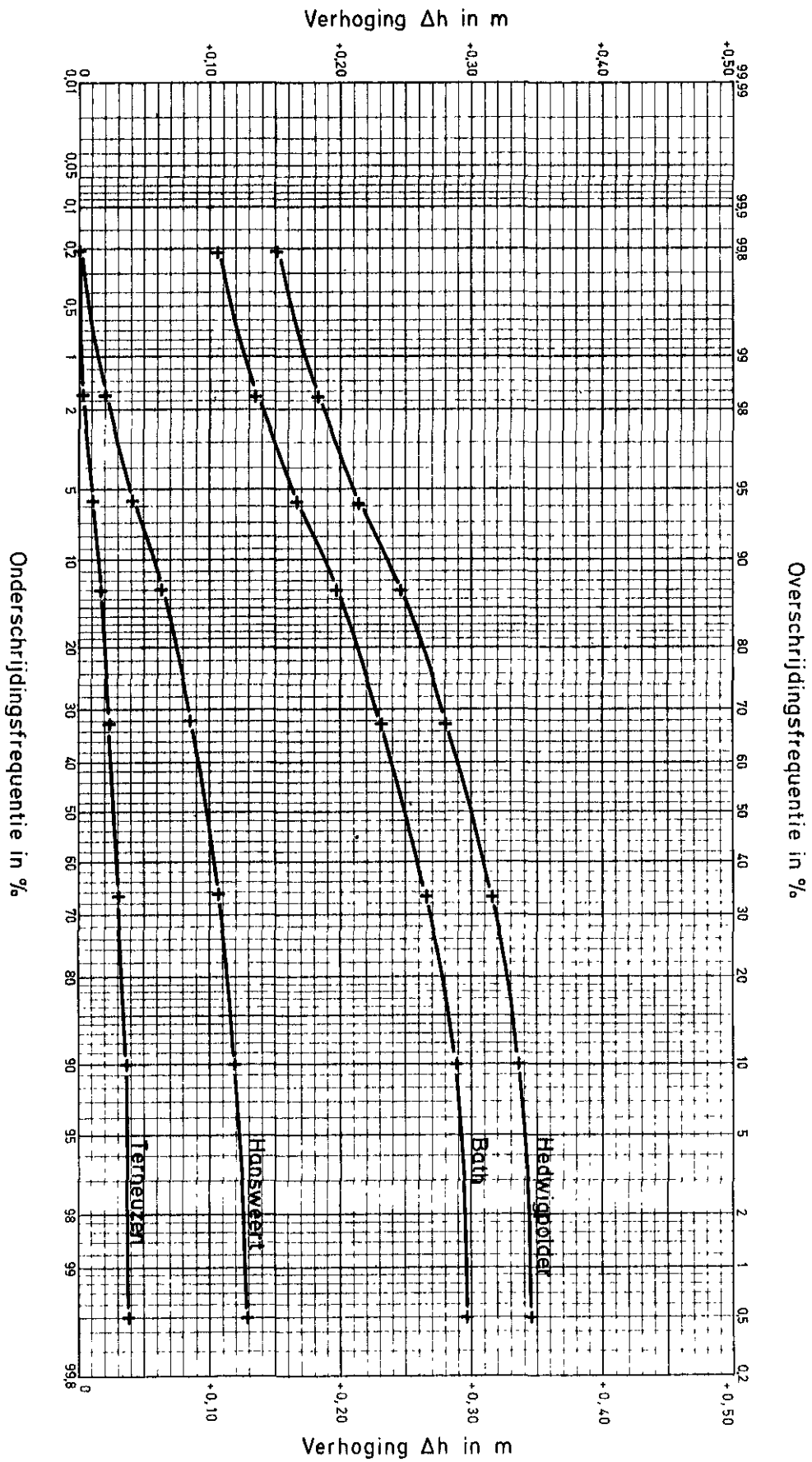
Corr. coëf. = 0,112

$y = 0,4750 x + 1,1903$

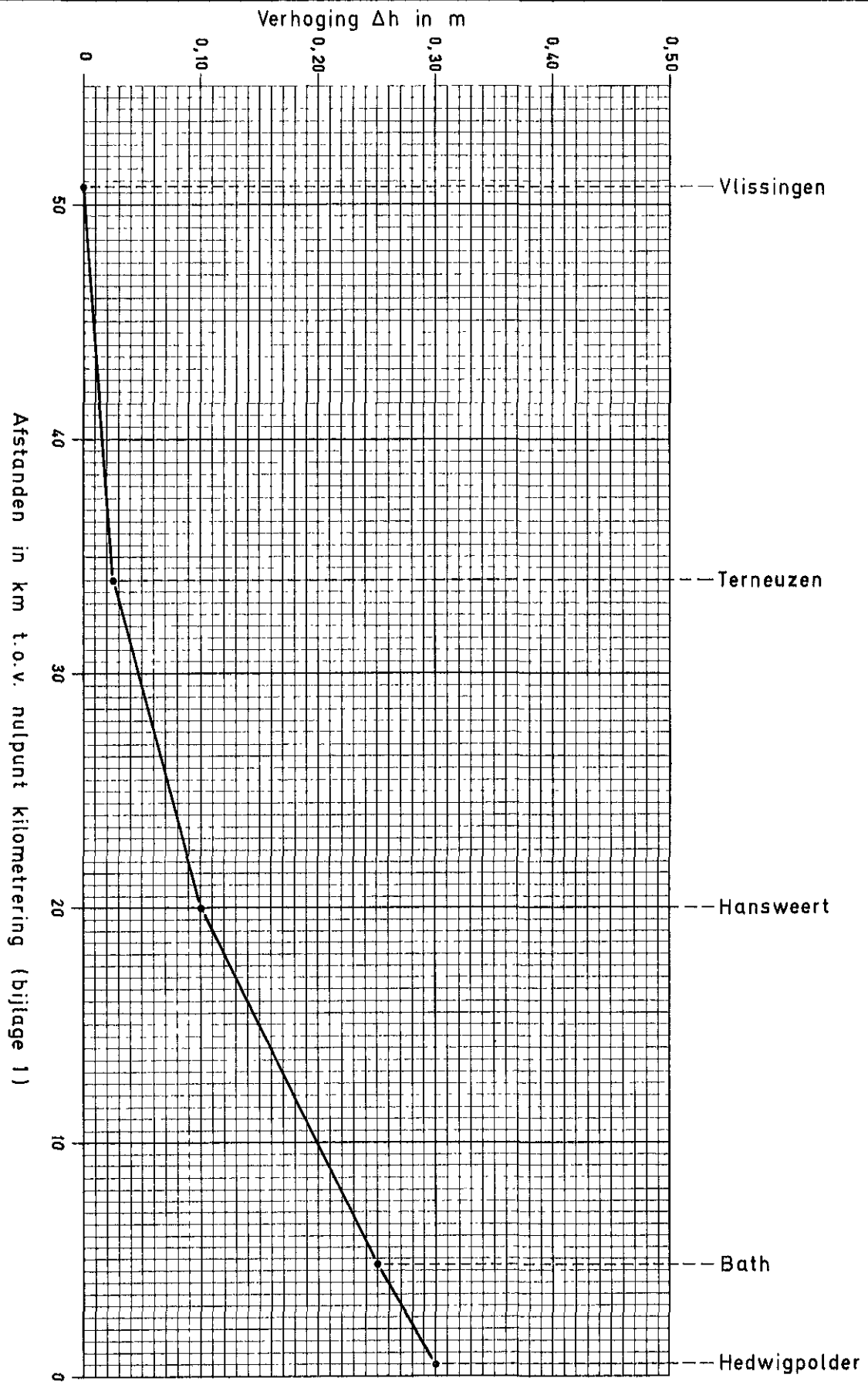
$\sigma_y \text{ res.} = 0,3212$

R/T = rijzing/tijd; R = verschil H.W. - L.W.

Windopzet bij H.W. Vlissingen als functie van het verschil tussen
R/T (astronomisch) en R/T (opgetreden)



Frequentieverdeling van de verhoging Δh van de ontwerphoogwaterstand



Verloop van de maatgevende waarde van Δh bij ontwerpomstandigheden