

32 B

Bijlagen bij het afstudeerverslag

**"Zandsuppletie op het strand van de Kop van Goeree,
uitgevoerd met behulp van de zogenaamde "Punaise"."**

A.H. van Berk

**Technische Hogeschool Delft
Afdeling ; Civiele Techniek
Vakgroep : (Kust)waterbouwkunde
Begeleider: Ir. R. Reinalda**

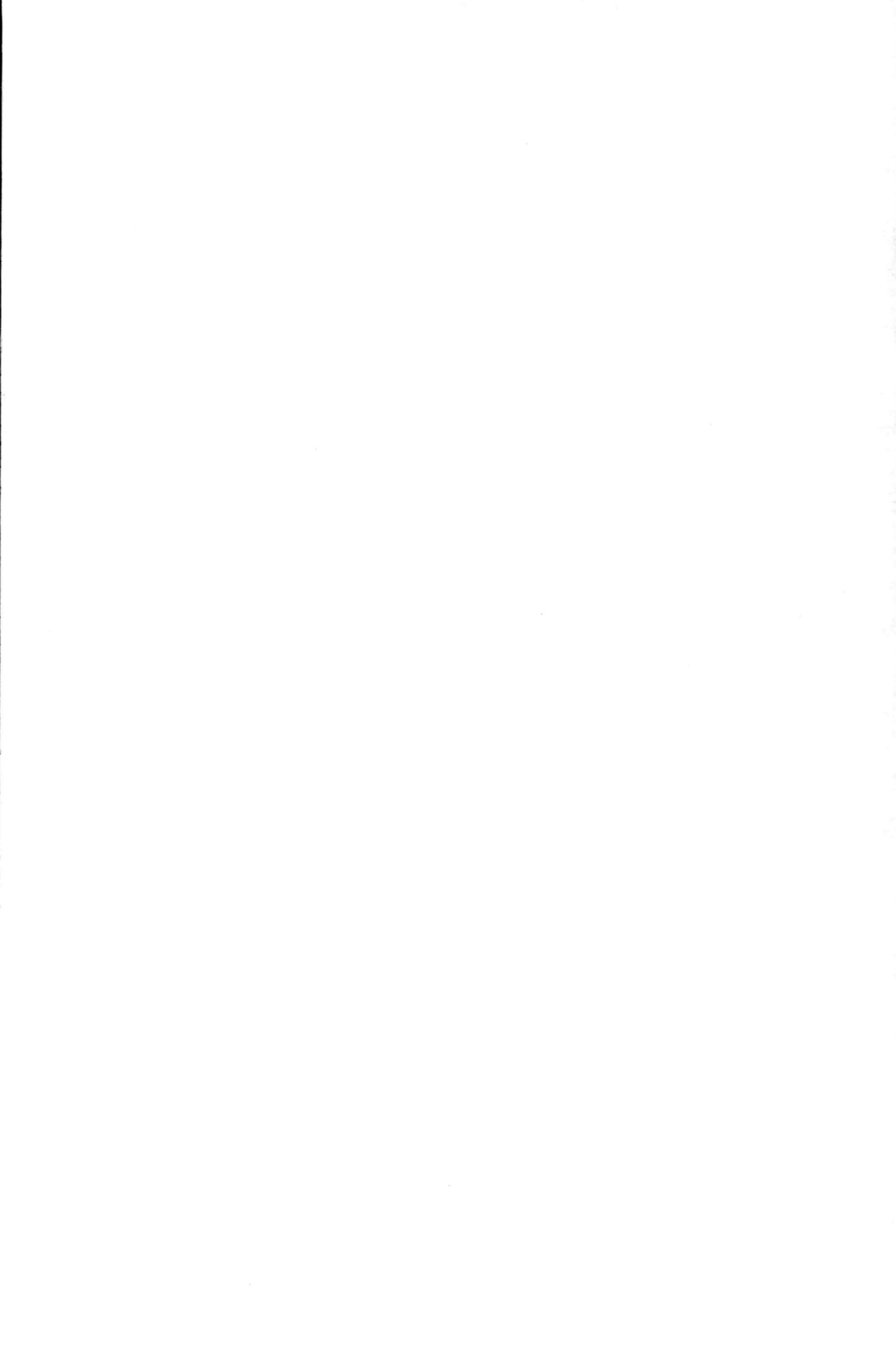
Delft, april 1985

INHOUD VAN DE BIJLAGEN

	pagina
I <u>Reductie van de golfhoogte door refractie</u>	
I : i Inleiding	4
I : ii Grafische methode voor het bepalen van het refractiepatroon	4
I : iii Reductie van de golfhoogte door refractie	6
I : iv Resultaten	6
II <u>Numerieke methode voor de berekening van het verloop van de golfhoogte door de dissipatie van golfenergie door breken</u>	
II : i Inleiding	8
II : ii Beschrijving van het model	9
II : iii Numerieke methode	11
II : iv Beginvoorwaarde	12
II : v Resultaten	14
II : vi Gevoeligheidstest parameters	15
III <u>Numerieke methode voor het berekenen van de golfopzet</u>	
III : i Inleiding	17
III : ii De differentiaalvergelijking	17
III : iii Numerieke methode	18
III : iv Beginvoorwaarde	20
III : v Resultaten	20
IV <u>Bepaling van de positie van het afslagpunt P</u>	
IV : i Inleiding	23
IV : ii Het afslagprofiel	23
IV : iii Toeslag voor de berekende duinafslag	24
IV : iv Resultaten	25

	pagina
V <u>De afslaglijn</u>	
V : i Inleiding	2 7
V : ii Kleinste kwadratenmethode	2 7
V : iii Berekening	2 8
V : iv Profielfluctuaties	2 9
V : v Resultaten	3 0
VI <u>Langtransportverschillen tijdens stormvloed</u>	
VI : i Inleiding	3 2
VI : ii Langtransportverschillen	3 2
VI : iii Resultaten	3 3
VII <u>Boringen</u>	
VII : i Inleiding	3 5
VII : ii Bespreking van de boringen	3 5
VIII <u>Horizontale snelheid aan de bodem</u>	
VIII : i Inleiding	3 7
VIII : ii Berekeningen	3 7
VIII : iii Resultaten	3 8
IX <u>Breshellingen</u>	
IX : i Inleiding	4 0
IX : ii Vergelijking van de omstandigheden in de wingebieden A, B, C en D met het wingebied van de Roggenplaat	4 0
IX : iii Hellingen in de winputten van de Roggenplaat	4 1
IX : iv Verwachting voor de hellingen in een winput, gezogen in de wingebieden A, B, C en D	4 2
X <u>Afmetingen van de winput</u>	
X : i Inleiding	4 3

	pagina
X : ii Verklaring van de gehanteerde waarden voor de parameters	4 3
X : iii Resultaten	4 4
XI <u>Berekening zandtransporten in wingebed A</u>	
XI : i Inleiding	4 6
XI : ii Bijkerformule	4 6
XI : iii Uitvoering berekeningen	4 9
XII <u>Berekening van de aanzanding van een winput, gezogen in wingebed A</u>	
XII : i Inleiding	5 1
XII : ii Uitgebreide model van Boeters	5 1
XII : iii Uitvoering berekening	5 3
<u>Literatuurlijst</u>	5 9
<u>Lijst van figuren</u>	6 0
<u>Tabellen</u>	



Bijlage I: REDUCTIE VAN GOLFHOOGTE DOOR REFRACTIE

I:i Inleiding

Om een inzicht te krijgen in de reductie dan wel verhoging van de golven op de Kop van Goeree tijdens een stormvloed door refractie is met behulp van de grafische methode het refractiepatroon aldaar bepaald. (lit. 1 en fig. B1)

Bij de berekeningen is uitgegaan van een waterstand van NAP +5,60 m = R(eken) P(eil). (zie paragraaf 3.2.1.) De golven worden verondersteld uit het noorden te komen. (zie paragraaf 3.2.3.) De bodemligging van het kustgebied van Goeree van 1974 is door Svasek geschematiseerd tot een aantal geknikte middendieptelijnen. (lit. 2) Bij de bepaling van het refractiepatroon is hiervan gebruik gemaakt.

I:ii Grafische methode voor het bepalen van het refractiepatroon

In figuur B2a staat weergegeven hoe de voortplantingsrichting van de golven wordt bepaald. Tussen de dieptelijn d_1 en d_2 wordt een middendieptelijn getrokken. Loodrecht daarop staat de loodlijn m . De hoek van de invallende golfstraal met m is α_1 en wordt bekend verondersteld. Als de voortplantingssnelheden van de golven c_1 en c_2 bekend zijn, kan met

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \quad (I : 1)$$

de waarde van α_2 worden bepaald, waarna de uitgaande golfstraal kan worden ingetekend. Deze is op zijn beurt de invallende golfstraal bij de volgende middendieptelijn met bekende invalshoek.

Overigens wordt er op gewezen dat de getekende lijnen in figuur B2 de raaklijnen zijn ter plaatse van d_1 en d_2 aan de werkelijke golfstraal. Gezien de geringe verschillen tussen α_1 en α_2 is het hier gerechtvaardigd om te spreken over golfstralen.

Loodrecht op de golfstralen kunnen de golfkammen worden getekend.

De onderlinge afstand van de golfkammen is recht evenredig met de voortplantingssnelheid van de golven. Neemt de snelheid af, dan komen de golfkammen dichterbij elkaar te liggen. (fig. B2b)

In tabel I : ii staan de voortplantingssnelheden van de golven per dieptelijn aangegeven, alsmede de verhouding van deze snelheden tussen de opeenvolgende dieptelijnen. De voortplantingssnelheden van de golven zijn berekend met de algemene uitdrukking:

$$c = \sqrt{\frac{g L}{2 \pi} \cdot \tanh kh} \quad (I : 2)$$

Hierin is:

c = voortplantingssnelheid van de golven (m/s)

g = versnelling van de zwaartekracht (9,81 m/s²)

L = golflengte (m)

h = waterdiepte (m)

k = golfgetal (1/m)

$$k = \frac{2 \pi}{L} \quad (I : 3)$$

De bewerkingen zijn toegepast op de bodemligging van het kustgebied van Goeree van 1974. Daarbij is gebruik gemaakt van de schematisatie van de middendieptelijnen zoals die door Svasek is uitgevoerd.

In figuur B3 is het resultaat van de bewerkingen weergegeven. Naar de kust toe is het patroon van golfstralen en golfkammen verfijnd om de refractie beter zichtbaar te maken.

Uit de figuur blijkt, dat de golven bij de kust ter hoogte van raai 14.50 dezelfde richting hebben als in dieper water. Bij raai 15.50 worden de golfstralen sterk naar de kust toe gebogen. De golf-richting is hier duidelijk anders dan op dieper water. Bij raai 16.50 lopen de golfstralen vrijwel evenwijdig aan de kustlijn. De golven kunnen het strand daar nauwelijks bereiken.

I:iii Reductie van golfhoogte door refractie

Reductie dan wel verhoging van de golfhoogte door refractie treedt op als de golfstralen achtereenvolgens uiteenlopen dan wel dichter bij elkaar komen. Aangenomen wordt dat er in het gebied tussen twee golfstralen geen energie verloren gaat. Omdat de energie evenredig is met de afstand tussen de twee golfstralen en met de golfhoogte in het kwadraat, leidt dit tot:

$$b_1 H_1^2 = b_2 H_2^2 \quad (I : 4)$$

Hierin is:

b = afstand tussen de golfstralen (m)

H = golfhoogte (m)

1 en 2 zijn indices behorend bij een bepaalde dieptelijn.

H_2 kan dan ook worden geschreven als:

$$H_2 = \sqrt{\frac{b_1}{b_2}} \cdot H_1 \quad (I : 5)$$

I:iv Resultaten

Vanaf ca. NAP -9,00 m tot NAP -3,00 m neemt de afstand tussen de golfstralen toe met 10%. (fig. B3) Ter hoogte van de kust bij raai 14.50 hebben de golfstralen weer de oorspronkelijke afstand. Bij NAP -1,00 m (het strand) ter hoogte van raai 14.50 treedt dus noch reductie noch verhoging van de golfhoogte op.

Dat is anders bij raai 15.50. De voortplantingssnelheid van de golven op het strand is veel kleiner dan in de diepe geul het "Schaar". De golfkammen worden hierdoor uitgerekt. De afstanden tussen de golfstralen bij NAP -9,00 m en op het strand bij raai 15.50 verhouden zich als 2,1 : 3,1. De golfhoogte op het strand bij raai 15.50 is dan volgens vergelijking (I : 5):

$$\begin{aligned} H_{\text{strand}} &= \sqrt{\frac{2,1}{3,1}} \cdot H_{\text{NAP -9,00 m}} \\ &\approx 0,8 H_{\text{NAP -9,00 m}} \end{aligned} \quad (I : 6)$$

De golfhoogte op het strand bij raai 15.50 mag dus met 20% worden verlaagd.

De golfstralen bij raai 16.50 lopen langs het strand. De golven uit het noorden kunnen de kust nauwelijks bereiken. De golfaanval zal gering zijn. Bij golfaanval uit meer westelijke richting zal een zelfde beeld als bij raai 15.50 ontstaan. In dat geval lijkt een vermindering met 20% van de golfhoogte op het strand dan ook redelijk.

Bijlage II: NUMERIEKE METHODE VOOR DE BEREKENING VAN
HET VERLOOP VAN DE GOLFHOOGTE DOOR DE
DISSIPATIE VAN GOLFENERGIE DOOR BREKEN

II:i Inleiding

In deze bijlage wordt het verloop van de golfhoogte ten gevolge van de dissipatie van golfenergie door breken voor raai 16.50 op Goeree bepaald. (fig. B1) Als de dissipatie van de golfenergie en de beginwaarde van de golfhoogte (op diep water) bekend zijn, dan kan de golfhoogte op het strand worden berekend. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het 1-dimensionale model zoals Battjes en Janssen dat hebben ontwikkeld. (lit. 3) De daarin gehanteerde vergelijkingen zijn met een eenvoudige numerieke methode opgelost.

Daarbij is uitgegaan van een waterstand van NAP -5,60 m, gelijk aan het R(eken) P(eil) (paragraaf 3.2.1.) en een significante golfhoogte van 8,2 m, gelijk aan de rekenwaarde van de golfhoogte. (paragraaf 3.3.1.) Aangenomen wordt dat de golven vanuit het noorden de Kop van Goeree zullen bereiken zonder dat er refractie optreedt. Voor het verloop van de waterdiepte in raai 16.50 is gebruik gemaakt van de lodingkaart kustgebied Goeree 3 juni - 6 oktober 1982.

In paragraaf II : ii worden de differentiaalvergelijkingen uit het model van Battjes en Janssen gegeven. In de daarop volgende paragraaf II : iii worden deze vergelijkingen omgezet in een numeriek schema. Voor het oplossen van de vergelijkingen is één beginvoorwaarde nodig. Deze wordt in paragraaf II : iv geformuleerd. De resultaten van de berekening worden in de daarop volgende paragraaf II : v gegeven. Daarin wordt ook aandacht besteed aan de nauwkeurigheid van de numerieke methode. Om de invloed van de diverse variabelen op het resultaat te toetsen, is de berekening enkele malen herhaald met verschillende waarden voor die variabelen. De resultaten hiervan worden in de laatste paragraaf II : vi behandeld.

II:ii Beschrijving van het model

Battjes en Janssen hebben een model ontwikkeld voor de dissipatie van golfenergie door breking in een onregelmatig golfveld. (lit. 3)
De differentiaalvergelijking hiervoor luidt:

$$\frac{\delta P}{\delta x} + D = 0 \quad (\text{II : 1})$$

Hierin is:

P = vermogen per lengte-eenheid langs een golfkam (W/m)

D = dissipatie per oppervlakte-eenheid van het
horizontale vlak (W/m²)

de x-as is horizontaal en valt samen met de golfrichting,
loodrecht op de kustlijn.

Het vermogen P wordt gegeven door:

$$P = c_g \cdot E \quad (\text{II : 2})$$

Hierin is:

c_g = groepssnelheid van de golven (m/s)

E = energie per oppervlakte-eenheid van het horizon-
tale vlak (J/m²)

De groepssnelheid wordt berekend met:

$$c_g = \frac{2\pi f_p}{k} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{k h}{\sinh 2 k h} \right) \quad (\text{II : 3})$$

Hierin is:

f_p = piekfrekwentie van het golfspectrum (Hz)

k = golfgetal (vergl. I:3) (1/m)

h = waterdiepte (m)

L = golflengte (m)

De energie is gelijk aan:

$$E = \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 \quad (\text{II : 4})$$

Hierin is:

ρ = dichtheid van zeewater (1030 kg/m³)

g = versnelling van de zwaartekracht (9,81 m/s²)

H_{rms} = root mean square golfhoogte (m)

In het model wordt de dissipatie van golfenergie bepaald door de fysisch maximale golfhoogte volgens:

$$D = \frac{\alpha}{4} \cdot f_p \cdot Q_b \cdot \rho \cdot g \cdot H_m^2 \quad (\text{II : 5})$$

Hierin is:

α = constante van de orde 1

Q_b = theoretische kans dat een golf hoger is dan H_m in een Rayleigh verdeeld golfveld

H_m = fysisch maximale golfhoogte (m)

De fysisch maximale golfhoogte wordt op zijn beurt bepaald door de diepte h en een constante γ volgens:

$$H_m = 0,88 k^{-1} \tanh \frac{\gamma k h}{0,88} \quad (\text{II : 6})$$

en:

$$\gamma = 0,5 + 0,4 \tanh \left(35 \frac{H_{rms,0}}{L_0} \right) \quad (\text{II : 7})$$

De index 0 geeft aan, dat het om de waarde van de parameter op diep water gaat.

De theoretische kans dat een golf in een Rayleigh verdeeld golfveld groter is dan de fysisch maximale golfhoogte (H_m) is een functie van deze golfhoogte en de root mean square golfhoogte van dat golfveld (H_{rms}):

$$\frac{1 - Q_b}{\ln Q_b} = - \left(\frac{H_{rms}}{H_m} \right)^2 \quad (\text{II : 8})$$

We keren nu weer terug naar de oorspronkelijke differentiaalvergelijking (II : 1). Als we de groepssnelheid c_g uit de vergelijking (II : 2) en de vergelijking (II : 3) elimineren, dan blijkt het vermogen per strekkende meter golfkam P een functie van de waterdiepte h te zijn. Hetzelfde geldt voor de dissipatie van golfenergie D als de fysisch maximale golfhoogte H_m uit de vergelijking (II : 5) en de vergelijking (II : 6) wordt geëlimineerd.

De waterdiepte h is volgens het kustprofiel afhankelijk van de afstand uit de kust. Met andere woorden, de waterdiepte is een functie van x . Omdat D en P functies zijn van de waterdiepte,

zijn D en P ook functies van x. Het analytisch oplossen van vergelijking (II : 1) is dan niet eenvoudig en wellicht onmogelijk. Daarom is voor het oplossen van de differentiaalvergelijking een numerieke methode gebruikt.

II:iii Numerieke methode

Bij de numerieke methode worden in ieder roosterpunt x_i de waarden van P_{x_i} en D_{x_i} berekend. Voor de index x_i wordt hier kortweg i geschreven. De differentiaalvergelijking (II : 1) wordt in een differentieschema omgezet:

$$\frac{P_{i+1} - P_i}{x_{i+1} - x_i} + D_i = \frac{1}{2} (x_{i+1} - x_i) \left. \frac{\delta^2 P}{\delta x^2} \right|_i \quad (\text{II : 9})$$

Nu wordt niet (II : 9), maar (II : 10) opgelost.

$$\frac{P_{i+1} - P_i}{x_{i+1} - x_i} + D_i = 0 \quad (\text{II : 10})$$

De orde van de afbreekfout is hierdoor $(x_{i+1} - x_i)$. Door (II : 10) anders te schrijven is te zien dat P_{i+1} expliciet bepaald wordt bij iedere stap $(x_{i+1} - x_i)$.

$$P_{i+1} = P_i - D_i (x_{i+1} - x_i) \quad (\text{II : 11})$$

Om de berekening te kunnen starten is dan ook één beginvoorwaarde nodig:

$$\text{Voor } x = x_0 \quad \text{is } P = P_0 \quad (\text{II : 12})$$

(zie II : iv)

Voor iedere stap $(x_{i+1} - x_i)$ worden de volgende berekeningen uitgevoerd:

- aflezen van de waterdiepte h_{i+1} in het kustprofiel
- berekening P_{i+1} met (II : 11)
- berekening $H_{m_{i+1}}$ met (II : 6)
- berekening $c_{g_{i+1}}$ met (II : 3)
- berekening $H_{rms_{i+1}}$ met (II : 13)

$$H_{rms_{i+1}} = \left(\frac{P}{\frac{1}{8} \rho g c_g} \right)_{i+1}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{II : 13})$$

- berekening van $\left(\frac{H_{rms}}{H_m} \right)_{i+1}^2$, met (II : 8) volgt na iteratie de waarde van $Q_{b_{i+1}}$
- berekening D_{i+1} met (II : 5)

Hierna wordt $i+1$ gelijk aan i en wordt opnieuw een stap ($x_{i+1} - x_i$) gedaan. Bij de nieuwe x_{i+1} wordt de waterdiepte h_{i+1} in het kustprofiel afgelezen en de hele procedure herhaald. De procedure stopt bij:

$$Q_{b_{i+1}} \approx 10 \% \quad (\text{II : 14})$$

Zou de berekening toch worden voortgezet, dan volgen niet-realistische resultaten, waarbij de root mean square golfhoogte groter is dan de waterdiepte. In de natuur zal de golfhoogte echter lager zijn door bodemwrijving. In het model is alleen rekening gehouden met dissipatie van golfenergie door breking van de hoogste golven van een golfveld en niet met de dissipatie door bodemwrijving.

II:iv Beginvoorwaarde

Als beginvoorwaarde moet voor een zekere x_0 de bijbehorende waarde van P_0 worden gegeven, zodat de berekening kan worden gestart. P_0 wordt berekend door (II : 3) en (II : 4) in (II : 2) in te vullen:

$$P_0 = c_g E \left[\frac{2 \pi f_p}{k} \left(\frac{1}{2} + \frac{k h_0}{\sinh k h_0} \right) \right] \cdot \frac{1}{8} \rho g H_{rms_0} \quad (\text{II : 15})$$

Nu is H_{rms_0} niet bekend, maar $H_{s,0}$ wel. $H_{s,0}$ is de rekenwaarde voor de golfhoogte op diep water voor de berekening van de duinafslag bij Goeree tijdens een stormvloed. Deze bedraagt 8,2 m. Indien wordt aangenomen dat deze rekenwaarde gelijk is aan de significante golfhoogte, dan kan H_{rms_0} worden berekend met:

$$H_{rms0} = \frac{1}{2} \sqrt{2} H_{s,0} \quad (\text{II : 16})$$

Met $H_{s,0} = 8,2$ m gaat (II : 16) over in:

$$H_{rms0} = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot 8,2 \text{ m} \approx 5,8 \text{ m} \quad (\text{II : 17})$$

Gezocht is naar een waterdiepte waarbij de dissipatie zo gering was, dat de golfhoogte H_{rms} constant 5,8 m zou blijven over een afstand dx overeenkomend met een afname van de waterdiepte van ca. 5 m. Voor de waterdiepte h werden verschillende waarden uitgeprobeerd. Uiteindelijk bleek dit het geval te zijn bij $h_0 = 30$ m. (fig. B4)

Volgens de leidraad (lit. 4) mag voor de periode T van de piek van het golfspectrum tijdens stormvloed 12 seconden worden gerekend. Dit komt overeen met:

$$f_p = 0,0833 \text{ Hz} \quad (\text{II : 18})$$

De golflengte op diep water L_0 kan dan worden berekend met:

$$L_0 = 1,56 T^2 \quad (\text{II : 19})$$

Invullen van $T = 12$ s levert:

$$L_0 = 1,56 \cdot 12^2 \approx 225 \text{ m} \quad (\text{II : 20})$$

Aan de hand van tabel II : iv kan bij een waterdiepte van 30 m de golflengte worden berekend. Dit leidt tot:

$$L \approx 176 \text{ m} \quad (\text{II : 21})$$

Het golfgetal k is dan met vergelijking (I : 3):

$$K = 0,0356/\text{m} \quad (\text{II : 22})$$

Invullen van (II : 17), (II : 18) en $h = 30$ m in (II : 15) geeft als beginvoorwaarde:

$$\text{Voor } x = x_0 \quad \text{is } P = 475.605 \text{ W/m} \quad (\text{II : 23})$$

Voor een beter begrip kan met (II : 23) ook als volgt formuleren:

$$\text{Voor } h = 30 \text{ m} \quad \text{is } H_{rms} = 5,8 \text{ m} \quad (\text{II : 24})$$

II:v Resultaten

In tabel II:v:a zijn de resultaten van de numerieke methode gegeven. In figuur B4 is het verloop van de root mean square golfhoogte H_{RMS} uitgezet tegen de afstand uit de kust. Daaruit blijkt, dat vanaf een waterdiepte van 25,5 m tot aan de voet van de bank de H_{RMS} geleidelijk afneemt van 5,8 tot 2,8 m. Daarna neemt de H_{RMS} op de steile voorkant toe tot 2,9 m. Op de bank wordt de H_{RMS} door breking gereduceerd tot 2,3 m. Daarna neemt door de grotere voortplantingssnelheid van de golven de H_{RMS} in de diepere geul af tot 2,1 m.

Verder naar de kust toe neemt de waterdiepte weer af en daarmee de voortplantingssnelheden van de golven. Hierdoor neemt de H_{RMS} toe tot 2,3 m bij dezelfde waterdiepte als boven de bank.

Een indruk van de nauwkeurigheid van de berekening kan worden verkregen door de berekening te herhalen met halve en dubbele stapgrootte. Dat is hier niet gedaan. Wel is een vergelijking gemaakt met een computerberekening van het W(aterloopkundig) L(aboratorium). Het computerprogramma was geschreven voor een Runge Kutta differentiemethode. De stapgrootte was twee tot acht maal kleiner dan de stapgrootte van de handberekening.

Zowel de handberekening als de computerberekening werden gedaan voor de profielen 16.50 en 15.01, waarbij de golven uit het noordwesten kwamen. In de tabellen II:v:b en c zijn de resultaten van de beide berekeningsmethoden naast elkaar gezet. In de figuren B5 en B6 zijn het kustprofiel en de root mean square golfhoogte, zoals berekend met de hand, getekend voor de beide gevallen.

Bij beschouwing van de tabellen II:v:b en c blijken er verschillen tussen de handberekende en computerberekende H_{RMS} te zijn van maximaal 0,2 m ($\approx 10\%$) na het passeren van de zandbank. De handberekening wordt daarom voldoende nauwkeurig geacht. Het verschil in H_{RMS} kan worden verklaard door de grotere stappen die in de handberekening zijn gemaakt. De computer past de dissipatie sneller aan de waterdiepte aan door de kleinere stapgrootte.

Door de snel toenemende diepte achter de kruin van de bank neemt de dissipatie snel af. De handberekening rekent echter over de hele stapgrootte nog met een hoge dissipatie die op de bank geldt, zodat de golfhoogte van de handberekening achter de bank kleiner is.

Op het strand ($h \approx 6,00$ m) zijn de handberekende golven daarentegen weer hoger dan de computerberekende golven. Ook hier zit de oorzaak in de stapgrootte. Door de kleinere stapgrootte rekent de computer eerder met een grotere dissipatie door de afnemende waterdiepte. De grotere dissipatie leidt tot lagere golfhoogten voor de computerberekening.

II : vi Gevoeligheidstest parameters

In de berekeningen van het verloop van de golfhoogte is steeds gewerkt met twee niet-fysische grootheden α en γ , die respectievelijk 1,0 en 0,8 waren. De berekeningen zijn voor raai 16.50 met golven uit het noordwesten voor verschillende waarden voor α en γ herhaald. In tabel II : vi : a is te zien hoe de rekenwaarde van de golfhoogte $H_{s,0}$ verandert met α of γ . De H_{rms} in tabel II : vi : a is de waarde van H_{rms} in het diepste punt van de geul achter de bank. De rekenwaarde van de golfhoogte $H_{s,0}$ is een vertaling van H_{rms} naar diep-watercondities voor een kust zonder banken. (fig. B7)

Een lagere γ geeft met (II : 6) een lagere H_m en dit leidt met (II : 8) tot een hogere Q_b en met (II : 5) tot een hogere dissipatie D . Een hogere dissipatie geeft weer een lagere golfhoogte. Aangezien γ is berekend met (II : 7) is er echter geen reden om van de waarde van 0,8 af te wijken. Uit tabel II : vi : a blijkt wel duidelijk, dat een verandering in γ tot een vrijwel evenredige verandering in de rekenwaarde van de golfhoogte $H_{s,0}$ leidt.

Een verlaging van α leidt met (II : 5) tot een verlaging van de dissipatie, zodat de golfhoogte toeneemt. Voor de waarde van α werd 1 aanbevolen. Uit tabel II : vi : a blijkt, dat een verandering in α slechts geringe invloed heeft op de rekenwaarde van de golfhoogte.

Voor het profiel van raai 16.50 bij golfaanval uit het noorden is de berekening herhaald met verschillende waarden voor de periode T. (tabel II:vi:b) Bij gebruik van (II : 19) in (II : 7) blijkt, dat γ met T verandert. Deze verandering bleek overigens niet erg groot. Pas bij een periode van T = 8 s in plaats van 12 s werd $\gamma = 0,9$ in plaats van 0,8. Laten we de invloed van T op de waarde van γ buiten beschouwing, dan is de invloed van een verandering in T op de rekenwaarde van de golfhoogte nihil.

Dat is anders met de kruinhoogte van de bank, zoals te zien is in tabel II:vi:c. De rekenwaarde van de golfhoogte neemt duidelijk af als de kruinhoogte van de bank toeneemt. Dit is gemakkelijk te verklaren. Als de bank hoger is, is de waterdiepte boven de bank geringer. Daardoor zal een groter percentage Q_b van de golven van het golfveld breken. Er wordt dan ook meer energie door breken gedissipeerd. Daardoor zullen de golven achter een hogere zandbank lager zijn.

Tenslotte is onderzocht wat de invloed is van de beginvoorwaarde op de rekenwaarde van de golfhoogte. Daartoe is de beginvoorwaarde (II : 24) veranderd in:

$$\text{Voor } h = 30 \text{ m} \quad \text{is} \quad H_{\text{rms}} = 2,1 \text{ m} \quad (\text{II} : 25)$$

De rekenwaarde van de golfhoogte wordt nauwelijks beïnvloed door de beginvoorwaarde volgens tabel II:vi:d, als de verandering van γ buiten beschouwing wordt gelaten. De waarde van γ verandert namelijk met die van $H_{\text{rms}0}$. (zie verg. II : 7) Uit tabel II:vi:d kan de conclusie worden getrokken, dat golfvelden met een lage H_{rms} de zandbank vrijwel ongehinderd passeren, terwijl golfvelden met een hoge H_{rms} veel van hun energie op de bank verliezen.

Resumerend kan worden gesteld, dat het model gevoelig is voor de waarde van γ en voor de kruinhoogte van de bank. De kruinhoogte van de bank kan in de natuur worden gemeten. De waarde van γ wordt bepaald door de periode T en de root mean square golfhoogte van het golfveld $H_{\text{rms}0}$ bij de start van de berekening. Gebleken is, dat alleen grote variaties in T en $H_{\text{rms}0}$ tot veranderingen in γ leiden. Vooralsnog kan voor γ de in de handberekening van II:v gehanteerde waarde van 0,8 worden aangehouden.

Bijlage III: NUMERIEKE METHODE VOOR HET BEREKENEN VAN DE GOLFOPZET

III : i Inleiding

De golfbeweging varieert met de waterdiepte. Door het op- en aflopen van de bodem verschilt de golfbeweging van plaats tot plaats. Dit heeft tot gevolg dat de gemiddelde waterstand niet langer horizontaal is. (lit. 5) Dit effect wordt golfopzet genoemd.

Het model van Battjes en Janssen geeft, naast de berekening van de golfhoogte (bijlage II), ook aan hoe de golfopzet kan worden berekend. In deze bijlage wordt de differentiaalvergelijking voor de golfopzet met een numerieke methode opgelost.

De uitgangspunten zijn gelijk aan die van bijlage II. Dat wil zeggen: Een stil-waterniveau van NAP +5,60 m met een significante golfhoogte van 8,2 m op diep water. De golven komen uit noordelijke richting bij raai 16.50 op het strand aan zonder dat er refractie optreedt. Daarbij wordt gerekend met het kustprofiel van 1982. De invloed van de golfopzet op de waterdiepte wordt verwaarloosd.

In de volgende paragrafen komen achtereenvolgens aan de orde: de differentiaalvergelijking voor het berekenen van de golfopzet, de numerieke methode die gebruikt is voor het oplossen van de differentiaalvergelijking, de beginvoorwaarde en ten slotte worden de resultaten besproken.

III : ii De differentiaalvergelijking

De in het model van Battjes en Janssen gegeven differentiaalvergelijking voor de golfopzet luidt:

$$\frac{dS_{xx}}{dx} + \rho g h \frac{d\eta}{dx} = 0 \quad (\text{III} : 1)$$

Hierin is:

S_{xx} = golfspanning (N/m)

h = waterdiepte (m)

η = golfopzet (m)

De x-as is horizontaal en staat loodrecht op de kustlijn.

De waterdiepte wordt gegeven door:

$$h = d + \eta \quad (\text{III : 2})$$

Hierin is:

d = stil-waterniveau (m)

De invloed van de golfopzet op de waterdiepte wordt verwaarloosd, zodat (III : 2) overgaat in:

$$h \approx d \quad (\text{III : 3})$$

De waarde van de golfspanning kan worden berekend met:

$$S_{xx} = \left(\frac{1}{2} + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 \quad (\text{III : 4})$$

Aangezien h een functie is van x (bijlage II), is S_{xx} met (III : 4) ook een functie van x. Het analytisch oplossen is dan wellicht onmogelijk. Daarom is hier voor een numerieke oplossing gekozen.

III : iii Numerieke methode

Vergelijking (III : 1) moet in een differentieschema worden omgezet. Voor ieder roosterpunt x_i (kortweg i) moet de waarde van de golfopzet η_i worden berekend. Daartoe wordt S_{i+1} in een Taylorreeks ontwikkeld:

$$S_{i+1} = S_i + \left. \frac{dS}{dx} \right|_i (x_{i+1} - x_i) + \frac{1}{2} \left. \frac{d^2S}{dx^2} \right|_i (x_{i+1} - x_i)^2 + \dots \quad (\text{III : 5})$$

of anders geschreven:

$$\left. \frac{dS}{dx} \right|_i = \left(\frac{S_{i+1} - S_i}{x_{i+1} - x_i} \right) - \frac{1}{2} \left. \frac{d^2S}{dx^2} \right|_i (x_{i+1} - x_i) \dots \quad (\text{III : 6})$$

Op dezelfde wijze volgt:

$$\left. \frac{d\eta}{dx} \right|_i = \left(\frac{\eta_{i+1} - \eta_i}{x_{i+1} - x_i} \right) - \frac{1}{2} \left. \frac{d^2\eta}{dx^2} \right|_i (x_{i+1} - x_i) \quad (\text{III : 7})$$

en na vermenigvuldiging met $\rho g h_i$:

$$\rho g h_i \left. \frac{d\eta}{dx} \right|_i = \rho g h_i \left(\frac{\eta_{i+1} - \eta_i}{x_{i+1} - x_i} \right) - \frac{1}{2} \rho g h_i \frac{d^2\eta}{dx^2} (x_{i+1} - x_i) \dots \text{(III : 8)}$$

Vergelijking (III : 8) bij (III : 6) opgeteld geeft:

$$\rho g h_i \left. \frac{d\eta}{dx} \right|_i + \left. \frac{dS}{dx} \right|_i = \rho g h_i \left(\frac{\eta_{i+1} - \eta_i}{x_{i+1} - x_i} \right) + \left(\frac{S_{i+1} - S_i}{x_{i+1} - x_i} \right) + O(x_{i+1} - x_i)$$

$$= 0 \quad \text{(III : 9)}$$

Vermenigvuldiging van (III : 9) met $(x_{i+1} - x_i)$ en herschrijven levert:

$$\rho g h_i (\eta_{i+1} - \eta_i) + (S_{i+1} - S_i) = O((x_{i+1} - x_i)^2) \quad \text{(III : 10)}$$

De orde van de afbreekfout is dus $O((x_{i+1} - x_i)^2)$. Wordt het rechterlid van (III : 10) gelijk aan nul gesteld, dan kan η_{i+1} worden berekend met:

$$\eta_{i+1} = \eta_i + \frac{S_i - S_{i+1}}{\rho g h_i} \quad \text{(III : 11)}$$

Nu kan een nieuwe η_{i+1} alleen worden berekend indien de voorafgaande η_i bekend is. Er moet dus een beginvoorwaarde worden geformuleerd als:

$$\eta = \eta_0 \quad \text{voor} \quad x = x_0 \quad \text{(III : 12)}$$

(Bijlage III : iv)

Bij iedere stap $(x_{i+1} - x_i)$ worden de volgende berekeningen uitgevoerd:

- aflezen van het stil-waterniveau d_{i+1} in het kustprofiel
- aflezen van $H_{rms_{i+1}}$ (bekend uit bijlage II)
- berekenen van S_{i+1} met (III : 4) (N.B. Daarbij is voor h_{i+1} de waarde van d_{i+1} gehanteerd volgens (III : 3))
- berekenen van η_{i+1} met (III : 11)

Hierna wordt $i+1$ gelijk aan i en wordt een nieuwe stap $(x_{i+1} - x_i)$ gedaan. Bij de nieuwe x_{i+1} wordt weer het stil-waterniveau d_{i+1} afgelezen. De procedure stopt gelijk met de berekening van de golfhoogte. (zie bijlage II : iii)

III : iv Beginvoorwaarde

De waarden van zowel de golfspanning S_{xx} als de waterdiepte h zijn als functie van x bekend. Daarom is voor het berekenen van de golfopzet η_{i+1} met vergelijking (III : 11) één beginvoorwaarde nodig:

$$\eta_{i+1} = \eta_i + \frac{S_i - S_{i+1}}{\rho g h_{i+1}} \quad (\text{III : 11})$$

Als beginvoorwaarde moet voor een zekere x_0 de bijbehorende waarde van η_0 worden gegeven. Aangezien h een functie van x is, kan men ook voor een zekere h_0 de waarde van η_0 als beginvoorwaarde voorschrijven. Een gebruikelijke beginvoorwaarde is:

$$\eta = 0 \quad \text{in diep water} \quad (\text{III : 13})$$

In bijlage II : iv werd voor de berekening van de golfhoogte opgelegd:

$$H_{rms} = 5,8 \text{ m} \quad \text{voor } h = 30 \text{ m} \quad (\text{III : 14})$$

Nu is de waarde van de golfhoogte H_{rms} van 5,8 m gelijk aan de waarde op diep water. Anders gezegd: de situatie bij $h = 30 \text{ m}$ komt overeen met de situatie op diep water.

III : v Resultaten

In tabel II : v : a zijn de resultaten van de numerieke methode gegeven. Daaruit blijkt dat vanaf een waterdiepte $h = 25,5 \text{ m}$ tot de voet van de zandbank ($h = 9,5 \text{ m}$) de golfopzet toeneemt van 0 tot 0,20 m. Op de steile voorkant van de bank neemt de golfopzet af tot 0,19 m ($h = 7,5 \text{ m}$) om van daar af over de bank tot in de geul ($h = 11,5 \text{ m}$) weer toe te nemen tot 0,28 m. Daarna zakt de golfopzet weer iets terug tot 0,26 m bij dezelfde waterdiepte als boven de bank ($h = 7,5 \text{ m}$). Nog verder op het strand neemt de golfopzet toe tot 0,30 m.

Bij een aangenomen stormvloedstand van NAP +5,60 m en een root mean square golfhoogte H_{rms} van 5,8 m zou bij Goeree dus met een waterstandsverhoging van 0,30 m moeten worden gerekend.

Om een indruk te krijgen van de nauwkeurigheid van de resultaten is de berekening herhaald met halve en dubbele stapgrootte. De berekende golfopzet bleef in centimeters gelijk. Dit zou op een nauwkeurige berekening moeten duiden.

Daarnaast werd echter de berekening gedaan voor de kustprofielen 16.50 en 15.01 met golven uit het noordwesten en vergeleken met een computerberekening van het W.L. voor dezelfde situatie. De computer gebruikte een Runge Kutta differentiëmethode met een 2 tot 8 maal kleinere stapgrootte dan de handberekening. De resultaten van beide methoden zijn in de tabellen III: v: a en b naast elkaar gezet.

Bij vergelijking van de resultaten valt op dat de golfopzet, berekend met de computer bijna de helft is van de handberekende golfopzet. De handberekening bleek dus niet nauwkeurig. Onderzocht werd of het verwaarlozen van de golfopzet op de waterdiepte hiervan de oorzaak was.

Daartoe werd de golfspanning in raai 16.50 bij golven uit het noordwesten bij een diepte $d = 6,00$ m vergeleken met de golfspanning bij een diepte $h = d + \eta = 6,24$ m. Bij deze diepte is de verhouding tussen h en d en dus ook de fout, die ontstaat bij het verwaarlozen van de golfopzet, maximaal. Uit de onderstaande tabel blijkt hierdoor een verschil in S_{xx} van slechts $32 \text{ N/mm} \approx 0,3 \%$.

d (m)	η (m)	h (m)	H_{rms} (m)	S_{xx} (N/m)
6,00	0	6,00	2,4	10.123
6,00	0,24	6,24	2,4	10.091

Door met $d = 6,00$ m in plaats van het $h = 6,24$ m te rekenen ontstaat er een verschil in van:

$$\Delta \eta = \frac{dS}{\rho g h} = \frac{32}{1030 \cdot 9,81 \cdot 6} \approx 0,5 \text{ mm} \quad (\text{III : 16})$$

Dit verschil verklaart geenszins het verschil tussen de handberekende en computerberekende golfopzet van ongeveer 10 cm bij $d = 6,00$ m. Wel kan worden geconstateerd dat de verwaarlozing van de invloed van de golfopzet op de waterdiepte gerechtvaardigd was.

Een andere mogelijke oorzaak voor het verschil in golfopzet zou de berekende H_{rms} kunnen zijn. De golfhoogte H_{rms} bepaalt volgens (III : 4) de waarde van de golfspanning S_{xx} .

$$S_{xx} = \left(\frac{1}{2} + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 \quad (\text{III : 4})$$

Uit een herhaling van de handberekening met de door de computer berekende H_{rms} bleek dat de golfopzet bij $d = 6,00$ m slechts 1 cm lager was dan in de eerste handberekening. Ook dit verschil is te gering om het eerder genoemde verschil in golfopzet van 10 cm te verklaren.

Waarschijnlijk zit het verschil in het feit, dat bij de computerberekening van de golfhoogte de golfopzet reeds in de waterdiepte wordt meegenomen, terwijl bij de handberekening eerst de golfhoogte wordt berekend en pas achteraf de golfopzet wordt bepaald.

Overigens vallen de verschillen in de golfopzet binnen de nauwkeurigheid van de gehanteerde lodingen. Deze kunnen namelijk 10 cm groter of kleiner zijn dan de opgegeven waarden.

Bijlage IV: BEPALING VAN DE POSITIE VAN HET
AFSLAGPUNT P

IV:i Inleiding

Door de invloed van golven, stroom en wind is het kustprofiel voortdurend in beweging. De denkbeeldige positie van het afslagpunt P (= de duinvoet na een stormvloed) verschilt hierdoor eveneens van tijd tot tijd. Met behulp van jaarlijkse lodingen - in de periode '77-'83 - en het berekende afslagprofiel is de positie van het punt P voor ieder jaar in raai 16.500 bepaald.

De uitgangspunten voor het kustprofiel waren de lodingkaarten van '77 tot en met '83 van het kustgebied Goeree, en voor het afslagprofiel een waterstand gelijk aan het R.P. = NAP +5,60 m (zie paragraaf 3.2.), een rekenwaarde voor de golfhoogte $H_{s,0} = 2,9$ m (bijlage II), een valsnelheid van zand in zeewater $w = 0,026$ m/s (zie paragraaf 3.4.) en de "leidraad" voor de berekening van duinafslag", zoals opgesteld door de T.A.W. (lit. 4).

In de volgende paragraaf wordt het afslagprofiel berekend. Dit afslagprofiel wordt in de kustprofielen van de verschillende jaren geschoven, zodat de afslag en aanzanding gelijk zijn. Hieruit volgt de positie van het afslagpunt P ter hoogte van het Rekenpeil. In paragraaf IV:iii wordt een toeslag berekend voor de duinafslag. Deze toeslag geeft een extra verschuiving van het afslagpunt. In de laatste paragraaf IV:iv worden de resultaten van de berekeningen samengevat en besproken.

IV:ii Het afslagprofiel

Het afslagprofiel wordt volgens de "leidraad" (lit. 4) berekend met:

$$\left(\frac{7,6}{H_{s,0}}\right)^y = 0,4714 \left[\left(\frac{7,6}{H_{s,0}}\right)^{1,28} \cdot \left(\frac{w}{0,0268}\right)^{0,56} \cdot x + 18 \right]^{0,5} - 2,00$$

(IV : 1)

x en y zijn in meters.

(zie figuur B8)

De x-as ($y = 0$) valt samen met het R(eken) P(eil) (= de stormvloedstand waarmee gerekend wordt). De y-as ($x = 0$) is de verticaal door het afslagpunt P direct na stormvloed met de coördinaten $(x, y) = (0, 0)$. Zeewaarts van het punt (x, y) met de coördinaten:

$$x = 250 \left(\frac{H_{s,0}}{7,6} \right)^{1,28} \cdot \left(\frac{0,0268}{w} \right)^{0,56} \quad (\text{IV : 2})$$

$$y = 5,717 \left(\frac{H_{s,0}}{7,6} \right)^{1,28} \quad (\text{IV : 3})$$

gaat het afslagprofiel over in een helling van 1 : 12,5. Landwaarts van het afslagpunt P is het duintalud 1 : 1.

Het afslagprofiel wordt zodanig in het aanwezige kustprofiel geschoven, dat de afslag en aanzanding gelijk zijn. (fig. B8)

Invullen van $H_{s,0} = 2,9$ m (bijlage II) en $w = 0,0261$ m/s (paragraaf 3.4.) in (IV : 2) en (IV : 3) geeft:

$$x \approx 74 \text{ m} \quad (\text{IV : 4})$$

$$y \approx 2,2 \text{ m} \quad (\text{IV : 5})$$

In figuur B9 zijn bovenstaande bewerkingen uitgevoerd voor het kustprofiel van raai 16.50 van 1983. De positie van de duinvoet direct na de stormvloed landwaarts van de hoofdstrandpalenlijn kan uit de figuur worden afgelezen. Voor de jaren '77 tot en met '82 zijn deze bewerkingen ook uitgevoerd. De onderstaande tabel geeft de positie van punt P landwaarts van de hoofdstrandpalenlijn in de achtereenvolgende jaren.

jaar	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83
positie van P	410	410	420	410	410	430	430
landwaarts v.d. hspl (m)							

IV:iii Toeslag voor de berekende duinafslag

Voor de variaties in de waterstand door bui-oscillaties, variaties in de stormduur en voor onnauwkeurigheden in het rekenmodel wordt een toeslag voor de berekende duinafslag boven het R.P. in

rekening gebracht. De toeslag is volgens de "leidraad":

$$\sigma = 0,25 A + 20 \text{ m}^3/\text{m} \quad (\text{IV : 6})$$

(fig. B10)

Hierin is:

σ = toeslag boven het R.P. (m^3/m)

A = berekende duinafslag boven het R.P. (m^3/m)

Het afslagpunt P krijgt herdoor een landwaartse verschuiving ΔP , zodat de toeslag juist in het aanwezige duinprofiel past. (fig. B10)

In de onderstaande tabel zijn de waarden van A, σ en ΔP in de jaren '77 tot en met '83 gegeven voor raai 16.50.

jaar	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83
A (m^3/m)	8	20	32	30	29	26	32
σ (m^3/m)	22	25	28	28	27	27	28
ΔP (m)	10	30	25	10	10	30	20

De waarden van $\Delta P \approx \frac{\sigma}{h}$ zijn vrij hoog. De oorzaak hiervan is dat de hoogte van het duin h landwaarts van het afslagpunt nauwelijks 1 m boven het R.P. uit komt. (fig. B9)

IV : iv Resultaten

De positie van het punt P wordt nu over een afstand ΔP landwaarts geschoven. De berekening hiervan staat in de onderstaande tabel.

jaar	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83
positie van P (IV : ii) (m t.o.v. hspl)	410	410	420	410	410	430	430
ΔP (m) (IV : iii)	10	30	25	10	10	30	20
positie van P, landwaarts v.d. hspl (m)	420	440	445	420	420	460	450

Bij de berekeningen voor de positie van het afslagpunt P is een rekenwaarde voor de golfhoogte van 2,9 m gehanteerd voor de jaren '77 tot en met '83. In bijlage II werd geconcludeerd dat de kruinhoogte van de bank bepalend is voor de golfhoogte. Omdat de kruin-

hoogte in deloop van de jaren verandert, zou de golfhoogte daaraan moeten worden aangepast. Met behulp van tabel II:vi:c is een schatting gemaakt van de golfhoogte $H_{S,0}$ als wel rekening wordt gehouden met de bankhoogte in de verschillende jaren.

jaar	'78	'79	'80	'81	'82	'83
bankhoogte (t.o.v. NAP)	-1,70	-1,00	-2,00	-1,50	-2,00	-2,00
$H_{S,0}$ (m)	2,8	2,7	2,9	2,8	2,9	2,9

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de verschillen met de aangehouden waarde van 2,9 m niet groot zijn. Door met een golfhoogte van 2,7 m in het kustprofiel van '79 te rekenen in plaats van met een golfhoogte van 2,9 m, bleek het verschil in de positie van het afslagpunt P kleiner dan 5 m. Deze afstand valt binnen de nauwkeurigheid waarmee de positie van het punt P in de eerste tabel van deze paragraaf is opgegeven. Er is dan ook geen reden om de resultaten van die tabel te wijzigen.

Bijlage V: DE AFSLAGLIJN

V:i Inleiding

In bijlage IV is de positie van het afslagpunt P voor ieder jaar in de periode '77-'83 berekend. In deze bijlage wordt aan de hand van de daar gevonden resultaten een zogenaamde afslaglijn geconstrueerd. De afslaglijn geeft de positie van het punt P landwaarts van de hoofdstrandpalenlijn, als functie van de tijd weer. Aangenomen is dat de verplaatsing van het afslagpunt P lineair met de tijd verloopt.

Om de afslaglijn te vinden is de kleinste-kwadratenmethode gebruikt. (lit 6) De methode wordt in de volgende paragraaf V:ii beschreven en in paragraaf V:iii toegepast. Omdat het kustprofiel voortdurend in beweging is, wordt de afslaglijn over een zekere afstand landwaarts verschoven. Deze afstand wordt in paragraaf V:iv bepaald. In de laatste paragraaf V:v wordt het uiteindelijke resultaat gegeven en besproken.

V:ii Kleinste kwadraten methode

Onder de veronderstelling dat de positie van het afslagpunt P lineair verloopt met de tijd, wordt de positie van het afslagpunt P gegeven door:

$$P_i = a t_i + b \quad (V : 1)$$

Hierin is:

P = positie van het afslagpunt P landwaarts van
de hoofdstrandpalenlijn (m)

a = constante (m/jr)

b = constante (m)

t = tijd na 1900 (jr)

i = index

Herschrijven van (V : 1) geeft:

$$P_i - a t_i - b = 0 \quad (V : 2)$$

Uit bijlage IV zijn P_i en t_i bekend voor de jaren '77 tot en met '83. Deze punten voldoen niet exact aan (V : 2), maar hebben een afwijking r_i . De punten voldoen wel aan het stelsel:

$$P_i - a t_i - b = r_i \quad (V : 3)$$

De constanten a en b , die nog onbekend zijn, bepalen de beste rechte. Om de best rechte te krijgen wordt de kleinste kwadraten methode toegepast. (lit. 6) Gezocht wordt naar zodanige waarden voor a en b , dat de som van de kwadraten van de afwijkingen r_i minimaal is:

$$\sum_{i=1}^n r_i^2 = \psi(a, b) \quad (V : 4)$$

Hierin is:

ψ = functie van a en b

n = aantal bekende punten (P, t)

Het minimum van ψ wordt gegeven door de vergelijkingen:

$$\frac{d\psi}{da} = 0 \quad (V : 5a) \quad \text{en} \quad \frac{d\psi}{db} = 0 \quad (V : 5b)$$

Met (V : 4) kan (V : 5a) worden geschreven als:

$$\begin{aligned} \frac{d\psi}{da} &= \frac{d \sum_{i=1}^n r_i^2}{da} = \sum_{i=1}^n \frac{dr_i^2}{da} \\ &= \sum_{i=1}^n 2 r_i \frac{dr_i}{da} = 0 \end{aligned} \quad (V : 6a)$$

Vergelijking (V : 5b) kan op dezelfde manier worden geschreven als:

$$\frac{d\psi}{db} = \sum_{i=1}^n 2 r_i \frac{dr_i}{db} = 0 \quad (V : 6b)$$

Het oplossen van de vergelijkingen levert de waarden op voor a en b . Daarmee is de beste rechte verkregen.

V:iii Berekening

In de tabellen V : iii : a en V : iii : b zijn de vergelijkingen (V : 6a) en (V : 6b) uitgewerkt. Dit leidt tot het stelsel:

$$\begin{cases} -244.505 + 44.828 a + 560 b = 0 & (V : 7a) \\ -3.055 + 560 a + 7 b = 0 & (V : 7b) \end{cases}$$

Oplossen van dit stelsel geeft:

$$a = 3,75 \text{ m/jr} \quad (V : 8)$$

en

$$b = 136 \text{ m} \quad (V : 9)$$

De vergelijking van de beste rechte is dus:

$$P = 3,75 \text{ (m/jr)} \cdot t + 136 \text{ m} \quad (V : 10)$$

De beste rechte is de gezochte afslaglijn. (fig. B11)

V:iv Profiel fluctuaties

Het kustprofiel is voortdurend in beweging door de werking van golven, stroom en wind. Daardoor fluctueert het afslagpunt P ook in de tijd. Volgens de "leidraad" (lit.4) moet de afslaglijn daarom over een afstand d landwaarts worden geschoven:

$$d = \frac{\sigma_P \bar{r}}{275} \quad (V : 11)$$

Hierin is:

d = landwaartse verschuiving van de afslaglijn (m)

\bar{r} = gemiddelde waarde van het verschil tussen het hoogste en laagste punt van het afslagprofiel (fig. B10) (m)

σ_P = standaardafwijking van de ligging van de punten P ten opzichte van de afslaglijn (m)

De waarde van \bar{r} wordt berekend met:

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i \quad (V : 12)$$

en σ_P met:

$$\sigma_P = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{r_i^2}{n-1}} \quad (V : 13)$$

Door de berekende waarden van a en b in vergelijking (V : 3) in te

vullen kan voor ieder punt (P_i, t_i) de waarde van r_i worden berekend. Als alle waarden van r_i bekend zijn, kan σ_P worden berekend met (V : 13).

De berekende waarden van r_i en r_i^2 zijn in tabel V : iv gegeven. Ook zijn de gemeten waarden r_i daarin opgenomen. De som van r_i^2 en de som van r_i staan onderaan de tabel.

Invullen van de som van r_i^2 uit de tabel met $n = 7$ in (V : 13) geeft:

$$\sigma_P = \frac{1246,6}{7-1} \approx 207 \text{ m} \quad (\text{V : 15})$$

Invullen van de som van r_i uit de tabel met $n = 7$ in (V : 12) geeft:

$$\bar{r} = \frac{27,7}{7} \approx 4 \text{ m} \quad (\text{V : 16})$$

De waarden van \bar{r} en σ_P ingevuld in (V : 11) geven:

$$d = \frac{207 \cdot 4}{275} \approx 3 \text{ m} \quad (\text{V : 17})$$

V : v Resultaten

Door de afslaglijn (V : 10) over een afstand van $d = 3 \text{ m}$ te verschuiven, gaat deze over in:

$$P = 3,75 t + 139 \quad (\text{V : 18})$$

Enige kanttekeningen zijn herbij gewenst. De veronderstelling dat de positie van het punt P volgens (V : 18) zal blijven verlopen is niet geheel juist. Indien het afslagpunt achter de tweede duintop komt te liggen, is er slechts weinig zand meer aanwezig in het duin voor de afslag. (fig. B9) Het afslagpunt P komt dan verder landinwaarts te liggen en de achteruitgang van het afslagpunt verloopt dan sneller in de tijd.

Uit bijlage IV is bekend dat de rekenwaarde van de golfhoogte invloed heeft op de positie van het afslagpunt P. Deze invloed was in de periode '77-'83 beperkt omdat de golfhoogte, die bepaald werd door de kruinhoogte van de bank, slechts weinig varieerde.

Indien er zich in de toekomst grote veranderingen in de kruinhoogte (meer dan 2 m) van de bank voordoen, dan zal dit ook gevolgen hebben voor de afslaglijn.

Tenslotte wordt gewezen op het aantal punten (P_i, t_i) waarop de afslaglijn is gebaseerd. De "leidraad" (lit. 4) geeft aan dat voor een betrouwbare uitkomst ongeveer vijftien punten van achtereenvolgende jaren nodig zijn. Hier is gebruik gemaakt van slechts zeven punten. Het verloop van de afslaglijn is daarom nog onzeker.

Bijlage VI: LANGSTRANSPORTVERSCHILLEN TIJDENS STORMVLOED

VI:i Inleiding

Tijdens een stormvloed zal er door scheve inval van de golven op de Kop van Goeree een zandtransport langs de kust worden opgewekt. Omdat de hoek van inval en de hoogte van de golven van raai tot raai verschillen, zal het langstransport ook van raai tot raai verschillen. Tijdens een stormvloed kan de kust als gevolg van deze verschillen extra achteruitgaan.

In deze bijlage wordt deze achteruitgang berekend met de CERC-formule. Daarbij is gerekend op een golfaanval vanuit het noorden en met de bodemligging van 1982. Overeenkomstig de bevindingen van bijlage II is er van uitgegaan, dat de kruinhoogte van de bank voor de kust de golfhoogte bepaald.

De CERC-formule wordt in de volgende paragraaf VI:ii gegeven. In de laatste paragraaf VI:iii worden de resultaten voor de situatie van Goeree besproken.

VI:ii Langstransportverschillen

Voor de raaien 15.01, 15.50 en 16.50 (fig. B1 en 12) is bij golfaanval vanuit het noorden (Iodigen '82) met behulp van Battjes en Janssen (bijlage II) de golfhoogte H_{rms} in het diepste punt van de geul achter de bank bepaald. Deze golfhoogte is omgezet naar de rekenwaarde voor de golfhoogte $H_{s,0}$ zoals in bijlage II is gedaan. (fig. B7) Voor profiel 14.50 was deze berekening niet nodig omdat er in dit profiel geen bank aanwezig was. (fig. B 12)

Met de CERC-formule zijn de langstransporten in de raaien 14.50, 15.01, 15.50 en 16.50 in de brekerzone berekend. De brekerzone is verondersteld te beginnen bij een diepte:

$$h_{br} = \frac{H_{s,0}}{0,8} \quad (VI : 1)$$

Hierin is:

h_{br} = waterdiepte waarbij de brekerzone begint (m)

$H_{s,0}$ = rekenwaarde voor de golfhoogte tijdens stormvloed (m)

Het langtransport wordt berekend met de CERC-formule:

$$S_t = 0,014 \cdot H_{s,0}^2 \cdot c_{br} \cdot \cos \varphi_0 \cdot \sin \varphi_0 \quad (\text{VI : 2})$$

(lit. 7)

Hierin is:

S_t = langtransport (m³/s)

c_{br} = snelheid van de golven bij de brekerdiepte (m/s)

φ_0 = hoek tussen de golfstralen en de raai loodrecht op de kustlijn

0 = index voor diep water

Bij een storm die verondersteld is vijf uur te duren, gaat (VI :2) over in:

$$S = 252 \cdot H_{s,0}^2 \cdot c_{br} \cdot \cos \varphi_0 \cdot \sin \varphi_0 \quad (\text{VI : 3})$$

Hierin is:

S = langtransport (m³)

Door de verschillen in langtransport ΔS tussen twee raaien te berekenen, kan worden bepaald hoeveel zand er tussen de raaien wordt afgezet of afgevoerd. Om te berekenen hoeveel zand G er uit het kustprofiel zal verdwijnen of worden afgezet, worden de verschillen ΔS gedeeld door de onderlinge afstand van de raaien, gemeten langs de kustlijn.

VI : iii Resultaten

De resultaten van de berekeningen voor de Kop van Goeree staan in tabel VI : iii. De belangstelling ging alleen uit naar de extra duinafslag door verschillen in langtransport. Daarom is de waarde van G uitsluitend voor negatieve waarden van ΔS bepaald.

Alleen tussen de raaien 15.01 en 15.50 werd een extra achteruit-

gang gevonden. De oorzaak hiervan is het verschil in golfhoogte waarmee gerekend is in de beide raaien.

Verder valt op dat in raai 16.50 vrijwel geen langstransport optreedt. De oorzaak hiervan is dat de golven, die uit het noorden komen, de kust bij raai 16.50 nauwelijks aanvallen. De hoek tussen de kustlijn en de golfrichting is slechts één graad. Op grond van de bovenstaande berekeningen behoeft in deze raai dus niet met een extra achteruitgang van de kust door langstransportverschillen tijdens stormvloed te worden gerekend.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat de CERC-formule slechts opgaat voor rechte kusten en niet voor sterk gekromde kusten als Goeree. Over het effect op de resultaten hiervan valt vooralsnog geen uitspraak te doen. Wel kan worden gesteld dat de gevonden waarde voor G relatief laag is door de lage golfhoogten waarmee is gerekend. De lage golfhoogte moet evenals in bijlage II worden toegeschreven aan de dissipatie van golfenergie door breking op de voor de kust gelegen zandbank de "Ooster".

Bijlage VII: BORINGEN

VII:i Inleiding

Eén van de werkomstandigheden die van belang zijn bij de keuze voor een wingebied, is de profielopbouw. De profielopbouw van een wingebied wordt in een boring weergegeven. In zo'n boring staan de grondsoort, de korreldiameters van de grondsoort en het niveau ten opzichte van NAP van de grondsoort vermeld. Bij de Rijks Geologische Dienst waren slechts twee boringen beschikbaar. Eén boring was gemaakt in één van de vier te onderzoeken wingebieden en de andere boring lag op enkele honderden meters van één van de vier wingebieden. (fig. B13)

In tabel VII:ii:a en b zijn de in figuur B13 aangegeven boringen gegeven. Hierna volgt een bespreking van de boringen.

VII:ii Bespreking van de boringen

Bij de laatste strandsuppletie op de Kop van Goeree in '77 lag de mediane korreldiameter van het gewonnen zand tussen 150 en 250 μm . (lit. 8) In beide boringen zijn er zandlagen aanwezig waarvan de mediane korreldiameter kleiner is dan 150 μm . Zand suppleren uit deze lagen wordt ontraden, omdat dit tot grote verliezen tijdens en ook na de suppletie zal leiden.

Tijdens het zuigen echter kunnen de lagen met te kleine korreldiameter door het bressen worden gemengd. Daarmee kan het zand dat op het strand wordt gespoten weer een mediane korreldiameter hebben die groter is dan 150 μm . De lagen met een te kleine korreldiameter mogen echter niet te groot zijn.

Volgens boring S6-4 zou daar zand kunnen worden gewonnen tot een diepte van NAP -13,84 m. De laag van NAP -9,00 m tot NAP -10,10 m met een te kleine korreldiameter zou door het bressen kunnen worden gemengd met de lagen met een grovere korreldiameter. De laag van NAP -13,84 m tot NAP -18,16 m wordt te

dik verondersteld om tot een goede menging te komen.

In boring S6-5 komt eveneens een laag voor waarvan de korreldiameter te klein is. Deze laag van NAP -5,28 m tot NAP -7,90 m, is groot. Hoe dieper men echter hier zou zuigen, hoe grover het zand wordt en des te beter de menging. Mits in een dergelijke situatie een diepe put wordt gezogen, kan daar zand worden gewonnen voor een zandsuppletie op de Kop van Goeree.

Tenslotte wordt opgemerkt dat in beide boringen kleilaagjes voorkomen. Deze kleilaagjes kunnen de watertoevoer naar onderliggende zandlagen bemoeilijken en daarmee het zuigproces verstoren. Met name in boring S6-5 werden laagjes van enige centimeters gevonden en kan dit problemen opleveren. In boring S6-4 was dit tot op de aangeraden zuigdiepte niet het geval.

Bijlage VIII: HORIZONTALA SNEIHEID AAN DE BODEM

VIII:i Inleiding

Om te weten hoe groot de oppervlakte van een winput met gegeven inhoud aan de zeebodem is, is het van belang om te weten hoe groot de breshellingen in een winput zullen zijn. Door de golfbeweging zullen de breshellingen van een winput in het kustgebied van Goeree flauwer zijn dan die van een winput in stil water. De horizontale component van de golforbitaalbeweging aan de bodem zou als parameter kunnen worden gebruikt. De waarde van deze component neemt met de diepte af. In deze bijlage wordt de overgangsdiepte tussen wel en geen golfinvloed op de breshellingen bepaald. Daartoe wordt de horizontale component bij de bodem voor verschillende waterdiepten in procenten van de component aan het wateroppervlak uitgedrukt. De gehanteerde vergelijkingen worden in de volgende paragraaf besproken. In de laatste paragraaf volgen de resultaten.

VIII:ii Berekeningen

De horizontale component van de golforbitaalbeweging wordt gegeven door:

$$u(z) = \frac{\omega H}{2} \cdot \frac{\cosh k(z+h)}{\sinh kh} \quad (\text{VIII : 1})$$

(lit. 9)

Hierin is:

$u(z)$ = horizontale watersnelheid (m/s)

ω = golffrekwentie (rad/s)

H = golfhoogte (m)

k = golfgetal (rad/m)

h = waterdiepte (m)

De z -as is vertikaal omhoog gericht, terwijl $z = 0$ samenvalt met het stil-waterniveau.

De bodem ligt dientengevolge op $z = -h$. Door deze waarde in (VIII : 1)

in te vullen vinden we de horizontale watersnelheid aan de bodem:

$$u(-h) = \frac{\omega H}{2 \sinh kh} \quad (\text{VIII : 2})$$

Aan het wateroppervlak ($z = 0$) geldt:

$$u(0) = \frac{\omega H \cosh kh}{\sinh kh} \quad (\text{VIII : 3})$$

De verhouding tussen de horizontale snelheid aan de bodem en aan het wateroppervlak wordt dan gegeven door:

$$\frac{u(-h)}{u(0)} = \frac{1}{\cosh kh} \quad (\text{VIII : 4})$$

De waarde van $\cosh kh$ kan worden afgelezen uit tabel II : iv als de waarde van $\frac{h}{L_0}$ bekend is. De golflengte op diep water L_0 kan worden berekend met:

$$L_0 = \frac{g}{2\pi} \cdot T^2 \quad (\text{VIII : 5})$$

Hierin is:

L_0 = golflengte op diep water (m)

T = periode van de golven (s)

g = versnelling van de zwaartekracht ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Uit gegevens van het lichtschip/lichteiland van Goeree (lit. 10) is bekend dat de representatieve periode van de gemeten golven ongeveer 5,45 is. Daarmee gaat (VIII : 5) over in:

$$L_0 = 1,56 \cdot 5,4^2 \approx 46 \text{ m} \quad (\text{VIII : 6})$$

Voor verschillende waterdiepten h is de waarde van $\frac{h}{L_0}$ berekend. Met tabel II : iv zijn de bijbehorende waarden van $\cosh kh$ bepaald. Deze waarden ingevuld in (VIII : 4) leverden de gevraagde verhoudingen tussen de horizontale watersnelheid aan de bodem en die aan het wateroppervlak.

VIII : iii Resultaten

In de onderstaande tabel is de horizontale component van de golf-orbitaalbeweging aan de bodem uitgedrukt in procenten van dezelfde

component aan het wateroppervlak als functie van de waterdiepte.

h (m)	1	2	5	10	15	20	30
w(-h)/u(0) (%)	94	88	68	43	24	13	1

Indien de waarde van $u(-h)/u(0)$ kleiner is dan 50%, wordt aangenomen dat de invloed van de golven op de breshellingen nihil is. Bij een waarde van meer dan 80 % zullen de golven wel invloed hebben op de breshellingen. Tussen de 50 en 80% ligt een overgangsgebied dat overeenkomt met een waterdiepte tussen de 5 en 10 meter.

In deze beschouwing is alleen rekening gehouden met de relatieve watersnelheid aan de bodem en niet met de absolute waarde daarvan. De absolute waarde van die snelheid zal zeker invloed hebben op de breshellingen van de winput. De absolute waarde van de snelheid is volgens (VIII : 2) afhankelijk van de golfhoogte. De golfhoogte in het kustgebied van Goeree is op zijn beurt gekoppeld aan een overschrijdingsfrequentie.

Om een eerste indruk te krijgen van de golfinvloed op de breshellingen zou het verdisconteren van de golfhoogte en de daaraan gekoppelde overschrijdingsfrequentie te ver voeren.

Bijlage IX: BRESHELLINGEN

IX:i Inleiding

De hellingen die in een winput ontstaan, bepalen hoe diep een put moet worden gezogen en hoe groot de oppervlakte aan de zeebodem zal worden bij een vastgesteld volume van die put. Het is dus van belang de hellingen van een te zuigen put te kunnen voorspellen. In deze bijlage wordt dat gedaan door de hellingen van eerder gezogen winputten te onderzoeken.

De omstandigheden bij deze eerder gemaakte winputten moeten vergelijkbaar zijn met de omstandigheden bij de wingebieden A, B, C en D in het kustgebied van Goeree. (fig. B13) In de volgende paragraaf worden de omstandigheden bij de wingebieden A, B, C en D vergeleken met die van de winputten van de Roggenplaat. De winputten van de Roggenplaat zijn in '75 in de Oosterschelde gezogen. (fig. B14) De in deze winputten gemeten hellingen komen in paragraaf IX:iii aan de orde. Tenslotte wordt in paragraaf IX:iv naar aanleiding van deze metingen besproken welke hellingen in een winput in de wingebieden A, B, C en D kunnen worden verwacht.

IX:ii Vergelijking van de omstandigheden in de wingebieden A, B, C en D met het wingebied van de Roggenplaat.

In deze paragraaf wordt gezien in hoeverre de werkomstandigheden in de wingebieden A, B, C en D overeenkomen met die in het wingebied van de Roggenplaat.

Bij beschouwing van de figuren B13 en B 14 valt op dat het wingebied van de Roggenplaat beschut ligt achter het werkeiland tegen de golfaanval uit zee, in tegenstelling tot de wingebieden A, B, C en D, die in open water liggen. Het golfklimaat bij deze wingebieden is dan ook veel ruwer dan bij de Roggenplaat.

De zeebodem van het wingebied van de Roggenplaat lag voor het zuigen van de winputten daar tussen NAP -4,00 m en NAP -8,00 m.

De zeebodem in de wingebieden A, B, C en D varieert van NAP -1,00 m tot NAP -4,00 m. Bij een gelijke waterstand van NAP is de waterdiepte bij deze wingebieden duidelijk minder.

De meest nabij het wingebied van de Roggenplaat gelegen beschikbare boring ligt 800 m noordelijk daarvan. (fig. B14) De zeebodem bij de boring lag op NAP -15,15 m (tabel IX:ii) en verschilt dus aanzienlijk met de ligging van de zeebodem in het wingebied van de Roggenplaat (NAP -4,00 m tot NAP -8,00 m). Bij gebrek aan betere gegevens wordt hier aangenomen dat de zeebodem bij de boring op dezelfde hoogte ligt als de zeebodem in het wingebied van de Roggenplaat. Bovendien wordt er van uitgegaan dat het bodemprofiel volgens de boring representatief is voor het hele wingebied van de Roggenplaat.

De eerste twee meter van de boring bij de Roggenplaat bevat grof zand tot 500 μm . In de dieper gelegen lagen variëren de korreldiameters van 90 tot 250 μm . De korreldiameters van de boringen bij de wingebieden A, B, C en D (fig. B13) liggen de eerste 10 meter tussen 90 en 350 μm . De eerste 2 meter van de boring bij de Roggenplaat bevat duidelijk grover zand dan de eerste 2 meter van de andere boringen. De korreldiameters van de daarop volgende 8 meter zijn voor alle boringen vrijwel gelijk.

Bij de beschrijving van de grondsoorten komen in alle boringen kleilaagjes voor, die het zuigproces kunnen verstoren. In dit opzicht komen de omstandigheden in het wingebied van de Roggenplaat en in de wingebieden A, B, C en D overeen.

IX:iii Hellingen in de winputten van de Roggenplaat

In het in figuur B14 aangegeven wingebied van de Roggenplaat zijn door drie winzuigers - de Isala, de Mosa en de Albis - winputten gezogen. Door in een raai in de lengterichting over de gemaakte putten te varen en de bodemligging op te meten konden langsdoorsneden van de put worden verkregen. Aan de uiteinden van die langsdoorsneden zijn de hellingen gemeten. In tabel IX:iii zijn de

resultaten van die metingen voor enkele raaien gegeven.

IX:iv Verwachting voor de hellingen in een winput gezogen in de wingebieden A, B, C en D

Uit tabel IX:iii blijkt dat de breshellingen in de gezogen winputten van de Roggenplaat schommelen tussen 1:5 en 1:20. Eén helling is steiler, namelijk 1:3. Wellicht was dit het gevolg van een plaatselijke kleilens in het zand.

Wat de invloed van de korreldiameter van het zand op de breshellingen is kan niet worden gezegd vanwege het ontbreken van ter plaatse uitgevoerde boringen. Wel waren boringen op enige afstand uit het wingebied van de Roggenplaat en in het kustgebied van Goeree beschikbaar. De korreldiameters van het zand, dat meer dan 2 meter onder de zeebodem lag, waren in deze boringen vrijwel gelijk. Daarom wordt hier aangenomen dat de breshellingen in een gezogen put in de wingebieden A, B, C of D ongeveer gelijk zullen zijn aan die van de gemeten hellingen in de winputten van de Roggenplaat. Deze varieerden van 1:5 tot 1:20.

Daarbij moet dan wel worden opgemerkt dat de golfinvloed op de hellingen van de winputten van de Roggenplaat verwaarloosbaar was. De winputten lagen in de luwte van het werkeiland en bovendien was de waterdiepte bij aanvang van het zuigen al meer dan 4 meter. De wingebieden A, B, C en D liggen daarentegen in open water en de waterdiepte is daar 1 tot 4 meter. Hier kan dus breking van golven optreden waardoor de hellingen flauwer zullen zijn. De vraag tot op welke diepte de golfinvloed zich zal doen gelden is in bijlage VIII behandeld.

Bijlage X: AFMETINGEN VAN DE WINPUT

X:i Inleiding

De mogelijke afmetingen van een winput ten behoeve van de zandsuppletie op de Kop van Goeree worden in deze bijlage bepaald. (fig. B15) Bezien wordt of de oppervlakte die een winput aan de bodem inneemt in de wingebieden A, B, C en D van figuur B13 passen.

Als het volume van de winput is gegeven, dan wordt de oppervlakte ervan aan de bodem bepaald door de hellingen in de winput en de diepte. De hellingen worden tot op een bepaalde diepte beïnvloed door de golfwerking. (bijlage VIII) De overgang tussen de wel en niet door golven beïnvloede zone is geschematiseerd tot een knikpunt in de hellingen.

Bij het berekenen van de afmetingen van de winput is uitgegaan van een horizontale zeebodem op NAP -1,00 m en een gemiddelde waterstand van NAP. De diepte van de winput is gevarieerd van 10 tot 20 meter.

In de hierna volgende paragraaf worden de gehanteerde waarden voor breshellingen, de diepte en de inhoud van de winput verklaard alsmede de diepte van het knikpunt in de breshellingen. Tot slot worden de resultaten besproken.

X:ii Verklaring van de gehanteerde waarden voor de parameters

Volgens het bestek voor de zandsuppletie op de Kop van Goeree in het najaar van '84 (lit. 11) moet er 850.000 m³ zand op het strand van Goeree worden gebracht. Bij eerdere zandsuppleties daar werden verliezen van 13 tot 25 % geconstateerd. Voor de zandsuppletie volgens het bestek is hier een verlies van 15 % aangenomen, zodat ongeveer 1 miljoen m³ zand gewonnen moet worden in één van de vier wingebieden A, B, C of D.

De breshellingen in de niet door golven beïnvloede zone zullen

volgens bijlage IX variëren van 1 : 20 tot 1 : 5. De hellingen in de ondiepere wel door golven beïnvloede zone zullen flauwer zijn en zijn hieronder gevarieerd van 1 : 50 tot 1 : 20. In het kustgebied van Goeree werden in de ondiepe delen hellingen van 1 : 50 tot 1 : 10 gemeten.

De overgang tussen de wel en niet door golven beïnvloede zone is geschematiseerd tot een knikpunt in de hellingen bij een waterdiepte h. (fig. B15) Volgens bijlage IX ligt deze overgang tussen 5 en 10 meter waterdiepte. In deze bijlage is het knikpunt bij 6 meter waterdiepte gelegd.

De diepte van de winput is gevarieerd van NAP -11,00 m tot NAP -21,00 m. In bijlage VII werd in geval van boring S6-4 aangeraden niet dieper te zuigen dan NAP -13,84 m. In geval van boring S6-5 werd juist aangeraden wel dieper te gaan, opdat de mediane korrel-diameter van het gesuppleerde zand voldoende grof zou zijn. De gekozen putdiepten van NAP -21,00 m en NAP -11,00 m komen ongeveer overeen met de aangeraden zuigdiepten.

X : iii Resultaten

In tabel X : iii zijn verschillende mogelijke afmetingen van een winput gezogen in de wingebieden A, B, C of D aangegeven.

Bij hellingen van 1 : 50 zou de winput slechts 7 meter diep behoeven te worden gezogen om de vereiste 1 miljoen m³ zand te winnen.

Mochten er hellingen ontstaan van 1 : 5, dan kan men één put met een lengte van 2.050 meter zuigen of drie putten met ieder een lengte van 700 meter naast elkaar zuigen.

Uit de tabel blijkt verder dat de grootste oppervlakte aan de zeebodem wordt ingenomen bij een put van 10 meter diepte en hellingen van 1 : 50 en 1 : 20. De oppervlakte, in dat extreme geval 870 x 700 m², beslaat vrijwel de gehele oppervlakte van de wingebieden C of D. (fig. B16) De wingebieden A en B zijn iets groter, zodat er zelfs nog uitwijkmogelijkheden binnen het wingebied zijn voor

het werktuig, indien nodig.

Zelfs in het extreme geval van hellingen van 1 : 50 en 1 : 20 is de oppervlakte van elk van de vier wingebieden A, B, C en D groot genoeg om een winput met een inhoud van 10^6 m^3 te zuigen.

Bijlage XI BEREKENING ZANDTRANSPORTEN IN WINGEBIED A

XI:i Inleiding

De aanzanding van een winput, gezogen in wingebied A (fig. B13), kan pas worden berekend, als het zandtransport dat die winput binnentreedt, bekend is. In deze bijlage is daarom het zandtransport in het ongestoorde wingebied A berekend.

Uitgegaan is van de Bijkerformule, die met de invloed van zowel golven als stroom op het zandtransport rekening houdt. (lit. 7) In paragraaf XI:ii staat het schema dat is gehanteerd bij de berekening van het zandtransport. Een onderdeel van het schema is de invoer van verschillende parameters. Deze zijn in diezelfde paragraaf gegeven.

Tenslotte is in paragraaf XI:iii de berekening uitgevoerd. Met behulp van tabellen en figuren zijn de stappen van het rekenschema geïllustreerd. Uiteindelijk resulteert dit in een over een jaar gemiddeld eb- en vloedtransport.

XI:ii Bijkerformule

Hieronder staat het schema voor het berekenen van de zandtransporten met de Bijkerformule. (lit. 12)

Stap	Parameters
1 Voer in de waterdiepte h (m)	h
2 Voer in de golfperiode T (s)	T
3 Voer in de golfhoogte H_0 op diep water (m)	H_0
Bereken de golfhoogte H (m)	h, H_0, T
,, de amplitude van de golfbeweging aan de bodem \hat{a}_b (m)	
,, de amplitude van de golfsnelheid aan de bodem \hat{u}_b (m)	
,, de golflengte λ (m) voor de waterdiepte h	

- 4 Voer in de dichtheid van zeewater ρ_w (kg/m³) ρ_w
 ,, de dichtheid van zand ρ_s (kg/m³) ρ_s
 ,, de D₅₀ (m) van zand D₅₀
 ,, de D₉₀ (m) van zand D₉₀
 ,, de valsnelheid w (m/s) van de D₅₀ in
 zeewater w
- 5 Bereken $\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$ ρ_s, ρ_w
- 6 Voer in de ribbelhoogte r (m) r
- 7 Bereken $A = \frac{r}{h}$ r, h
 ,, $C = 18 \log \frac{12 h}{r}$ (m^{1/2}/s) h, r
 ,, $C' = 18 \log \frac{12 h}{D_{90}}$ (m^{1/2}/s) h, D_{90}
- 8 Bereken $f_w = \exp \left[-5,977 + 5,213 \left(\frac{a_b}{r} \right)^{-0,194} \right]$ a_b, r
- 9 Voer in de over de diepte gemiddelde snelheid v (m/s) v
- 10 Bereken $\mu = \left(\frac{C}{C'} \right)^{3/2}$ C, C'
- 11 Bereken $\xi = C \sqrt{\frac{f_w}{2g}}$ (N.B. $g = 9,81$ m/s²) f_w, C
- 12 Bereken $\tau_c = \rho_w \cdot g \cdot \left(\frac{v}{C} \right)^2$ (N/m²) ρ_w, v, C
 (τ_c is de bodemschuifspanning)
- 13 Bereken $z_* = \kappa \sqrt{\tau_c \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{a_b}{v} \right)^2 \right]}$ $\rho_w, w, a_b, v, \tau_c$
 (N.B. $\kappa = 0,4$)
- 14 Bereken S_b (m²/s) (bodemtransport) Δ, D_{50}, C

$$S_b = \frac{B D_{50} v \sqrt{g}}{C} \exp \frac{-0,27 \cdot \Delta \cdot D_{50} \cdot C^2}{\mu v^2 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{a_b}{v} \right)^2 \right]}$$
 $v, \mu, \xi,$
 a_b
 (N.B. $B = 5$)
- 15 Bereken $\frac{S_s}{S_b}$ met tabel XI:iii:f A, z_*

16 Bereken $S_s = \frac{S_s}{S_b} \cdot S_b$ (m²/s) (het zwevend transport) $\frac{S_s}{S_b}, S_b$

17 Bereken $S_t = S_s + S_b$ (het totale transport) S_s, S_b

Het bovenstaande rekenschema telt zes invoerstappen, te weten 1, 2, 3, 4, 6 en 9. In paragraaf 6.2.2. van het rapport zijn de waarden voor de in te voeren parameters reeds vastgesteld.

De waterdiepte h (stap 1) is het verschil tussen de waterstand en de bodemhoogte. Uitgegaan is van een bodem op NAP - 3,0 m en de verschillende waterstanden volgens de geschematiseerde waterstandskromme. (fig. B17) Aan deze waterstandskromme zijn gelijk de stroomsnelheden en -richtingen (stap 9) gekoppeld. De zandtransporten zijn voor de belangrijkste combinaties van waterstand, stroomsnelheid en stroomrichting (tabel 6.2.2.1.) berekend.

Op grond van meetgegevens van het lichteiland Goeree is voor de periode T (stap 2) 5,4 s gehanteerd. (lit. 13) In het rapport (paragraaf 6.2.2.) is de golfhoogte in wingebied A afgeleid van de gemeten golfhoogte bij meetpaal BG V (fig. B13) Er zijn vier verschillende golfhoogten $H = 0 / 0,6 / 1,6 / 2,6$ m met overschrijdingsfrequenties van 100, 50, 7 en 1 % in beschouwing genomen. (stap 3) In tabel XI:ii:a zijn de bijbehorende waarden van \hat{a}_b en \hat{a}_b (stap 3) in wingebied A bepaald. In tabel XI:ii:b zijn de in rekening te brengen combinaties van waterstand, stroomsnelheid en stroomrichting en golfhoogte nog eens weergegeven.

De dichtheid van zeewater ρ_w (stap 4) is gesteld op 1030 kg/m³ en die van zand ρ_s op 2650 kg/m³. De waarden van D_{50} en D_{90} zijn gelijk genomen aan die van de waarden van de bovenste laag van boring S6-4 (fig. B13 en bijlage VII), namelijk 175 μ m en 210 μ m. De valsnelheid van een korrel met een diameter van 175 μ m in zeewater met een temperatuur van 15°C is dan 0,0191 m/s.

Tenslotte zijn voor de ribbelhoogte r (stap 6) twee geschatte waarden, namelijk 0,03 en 0,12 m in rekening gebracht.

XI:iii Uitvoering berekening

Na de invoersteps (1, 2, 3, 4, 6 en 9) uit de vorige paragraaf worden nu eerst de stappen waarin de golven geen rol spelen (7, 10 en 12), uitgevoerd, ofwel de waarden van A , C , C' , μ en τ_c (de bodemschuifspanning door stroom) worden berekend. (tabel XI:iii:a)

In tabel XI:iii:b en c wordt, voor achtereenvolgens een ribbelhoogte van 0,03 en 0,12 m, de waarde van de parameter z_* bepaald, bij de verschillende golfhoogten, door de stappen 8, 11 en 13 uit te voeren.

De term $\left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{\hat{u}_b}{v}\right)^2\right]$ is de factor waarmee τ_c moet worden vermenigvuldigd om de bodemschuifspanning bij de combinatie van stroom en golven te vinden. Deze term wordt W genoemd en is in tabel XI:iii:d en e met het totale bodemtransport S_b (stap 14) berekend.

Met de waarden voor A en z_* uit de tabellen XI:iii:a, b en c kan de verhouding tussen zwevend transport en bodemtransport S_s/S_b worden afgelezen uit tabel XI:iii:f. Tussenliggende waarden voor A en z_* zijn geïnterpoleerd. In de tabellen XI:iii:g en h zijn S_s/S_b , S_s en S_t berekend.

De resultaten worden omgewerkt naar een gemiddeld jaartransport. Eerst is het gemiddeld getijtransport berekend. De situatie waarbij $h = 2,3$ m, $v = 0,5$ m/s en de stroomrichting = 250° , duurt in de geschematiseerde getijkromme 5 uur. De berekende transporten uit tabel XI:iii:g en h in m^2/s moeten dus met 3600 s/uur maal 5 uur/getij worden vermenigvuldigd om het gemiddeld getijtransport te vinden. Zo moet de situatie met $h = 3,4$ m, $v = 0,3$ m/s en de stroomrichting = 55° met 3600 maal 1 worden vermenigvuldigd en de situatie met $h = 4,1$ m, $v = 0,5$ m/s en de stroomrichting = 55° met 3600 maal 2.

Het gemiddeld jaartransport per golfhoogte wordt gevonden door het getijtransport met 700 getijden/jaar te vermenigvuldigen. (tabel XI:iii:k en l) Daarbij is nog geen rekening gehouden met de over-

schrijdingsfrequentie van de golfhoogte.

Het vloedtransport wordt gevonden door de transporten met de richting 55° bij elkaar op te tellen. Het ebtransport heeft de richting 250° .

Het gemiddeld jaartransport is berekend met:

$$S_t = 0,25 S_t(0) + 0,465 S_t(0,6) + 0,245 S_t(1,6) + 0,04 S_t(2,6)$$

(XI:1)

De cijfers tussen haakjes geven de golfhoogte aan waarvoor de zandtransporten zijn berekend. Voor tussenliggende overschrijdingsfrequenties is lineair geïnterpoleerd. In figuur B19 is de afleiding van vergelijking (XI:1) geïllustreerd. De resultaten voor wingebed A staan in tabel XI:iii:m en figuur B20.

Bijlage XII BEREKENING AANZANDING VAN EEN WINPUT, GEZOGEN IN WINGEBIED A

XII : i Inleiding

In deze bijlage wordt het verloop van de aanzanding van een winput, gezogen in wingebied A (fig. B13) berekend. Daarvoor is het uitgebreide model van Boeters gehanteerd. Het rekenschema hiervan staat in paragraaf XII : ii.

Bij de berekeningen is uitgegaan van de in figuur B 21 geschematiseerde winput. De invoer van de verschillende parameters voor het rekenschema wordt na het rekenschema in paragraaf XI : ii gegeven.

Tenslotte zijn in paragraaf XII : iii de berekeningen volgens het rekenschema uitgevoerd en met enkele tabellen en figuren geïllustreerd. De resultaten zijn daarna bewerkt, zodat een indruk kan worden verkregen van de verandering van de vorm van de winput door de aanzanding in de tijd. Daaruit is weer berekend hoe lang het zal duren voor al eer de oorspronkelijke situatie in het wingebied zal zijn hersteld.

XII : ii Uitgebreide model van Boeters

Hieronder staat het schema voor het berekenen van de aanzanding met de uitgebreide methode van Boeters.

Stap	Parameters
1	Bereken S_b en S_t met de Bijkerformule in het ongestoorde wingebied (ofwel de bovenste trede van de geschematiseerde winput)
2	Bereken de stroomsnelheid en -richting op alle treden in de winput
3	Bereken de golfhoogte H_i op alle treden i in de winput

4 Bereken de evenwichtsbodemtransporten S_{bE_i} op alle treden i met de Bijkerformule

5 Bereken $c_{bE_i} = \frac{S_{b_i}}{6,34 \cdot r \sqrt{\frac{\tau_{c_i}}{\rho_w}}}$ voor alle treden i

$S_b, \rho_w,$
 τ_c, r

6 Bereken $\alpha_{2_i} = \frac{20 \text{ m}}{\sin \gamma_i}$ voor alle treden i (fig. B22)

γ_i

7 Bereken $\varepsilon_i = \frac{0,16 \bar{v}_i \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{u_{b_i}}{v_i} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot h_i \sqrt{g}}{C_i}$

$\bar{v}, \xi, u_b,$
 h, C, g

voor alle treden i

8 Bereken $\alpha_i = \frac{w^2}{\bar{v}_i \cdot \varepsilon_{i-1} \cdot h_i} \cdot \left[1 - \frac{\varepsilon_i h_{i-1}}{\varepsilon_{i-1} h_i} \right]$ voor alle treden i

$w, \bar{v}, \varepsilon, h$

9 Geef de bovenste trede van de winput (NAP - 3,0 m) de waarde $i = 0$

10 Verhoog i met 1

11 Vergelijk c_{bI_i} met c_{bE_i} en h_{i-1} met h_i
Bepaal de waarde van k

$c_{bI}, c_{bE},$
 h_{i-1}, h_i

12 Bereken $\alpha_{E_i} = \frac{-1}{k \alpha_i} \ln \frac{c_{bE_i}}{c_{bI_i}}$

$c_{bE}, c_{bI},$
 α, α_2

en vergelijk α_{E_i} met α_{2_i} :

Als $\alpha_{2_i} < \alpha_{E_i}$, ga dan verder met 13a.

Als $\alpha_{2_i} \geq \alpha_{E_i}$, ga dan verder met 13b.

13a Bereken $c_{bU_i} = c_{bI_i} \cdot \exp - k \alpha_i \alpha_{2_i}$

Bereken $S_{U_i} = S_{I_i} \cdot \exp - k \alpha_i \alpha_{2_i}$ (fig. B23)

$k, \alpha, \alpha_2,$
 c_{bI}, S_I

13b Bereken $c_{bU_i} = c_{bE_i}$

c_{bE}, S_E

en $S_{U_i} = S_{E_i}$ (fig. B23)

- 14 Bereken $dh_i = \frac{1}{20} (S_{I_i} \sin \gamma_{i-1} - S_{U_i} \sin \gamma_i)$ γ_{i-1}, γ_i
 S_{I_i}, S_{U_i}
- 15 Geef S_{I_i} de waarde van S_{U_i} S_{U_i}, h_i, h_{i+1}
 Ga terug naar stap 9 totdat $h_i = h_{i+1}$

De waarden voor de invoerparameters zijn gelijk gesteld aan de waarden die bij de berekening van de zandtransporten in het ongestoorde wingebied zijn gehanteerd. (bijlage XI) Daarom zijn weer de 3 belangrijkste combinaties van waterstand, stroomsnelheid en stroomrichting van de geschematiseerde getijkromme (fig. B17 en tabel 6.2.2.2.) in beschouwing genomen. Bij stap 4 is uitgegaan van dezelfde vier golfhoogten H bij golfmeetpaal BG V (fig. B18) van 0 / 0,6 / 1,6 / 2,6 m met overschrijdingsfrequenties van 100, 50; 7 en 1 %. Voor de periode is $T = 5,4$ s genomen.

De zeefdiameters waarbij 50 en 90 % van een zandmonster passeert, zijn wederom op 175 en 210 μm gesteld. De valsnelheid w van een zandkorrel met een diameter van 175 μm in zeewater met een temperatuur van 15°C is dan 0,0191 m/s. De dichtheid van het zand is verondersteld 2650 kg/m^3 te zijn en die van zeewater 1030 kg/m^3 . Tenslotte zijn de berekeningen voor de aanzanding uitgevoerd voor ribbelhoogten r van 0,03 en 0,12 m.

XII : iii Uitvoering berekening

Stap 1 van het rekenschema is reeds in bijlage XI uitgevoerd. De berekening van het stroombeeld (stap 2) is in paragraaf 6.3.2. beschreven. De resultaten staan in de figuren B24, B25 en B26. Alleen de stroomsnelheden en -richtingen die gelden in het niet door kopstromen beïnvloede deel van de winput, zijn in beschouwing genomen. De berekende stroombeelden aan de koppen zijn namelijk niet betrouwbaar. (paragraaf 6.3.3.)

Stap 3, de berekening van de golfhoogte op alle treden, is op dezelfde wijze uitgevoerd als in bijlage XI voor een bodem op

NAP - 3,0 m. Een illustratie van dezelfde berekening voor een dieper liggende trede leek daarom niet zinvol.

De berekening van de evenwichtsbodemtransporten S_{bE} (stap 4) op alle treden is bij de vier golfhoogten (0 / 0,6 / 1,6 / 2,6 m), een waterstand van NAP +1,1 m en een ribbelhoogte van 0,12 m met tabel XII:iii:a geïllustreerd. In diezelfde tabel is de berekening van het evenwichtsbodemtransport (stap 5) uitgevoerd. De bij deze berekeningen gebruikte parameters S_b , τ_c , ρ_w en r volgen uit de voorgaande stappen van de berekening.

De berekening van X_2 en ε (stap 6 en 7) is in tabel XII:iii:b gegeven voor alle traptreden, de vier golfhoogten en een waterstand van NAP +1,1 m bij ribbelhoogten van 0,03 en 0,12 m. De waarde van γ , de hoek tussen de rand van de traptrede en de stroomlijn, en de snelheid op de traptrede \bar{v} volgen uit stap 2. De overige parameters die voor deze stap nodig waren, ξ , u_b , h , C en g , zijn reeds in stap 4 bepaald.

De berekening van α (stap 8) is voor alle traptreden bij een golfhoogte van 0 en 0,6 m, een waterstand van NAP +1,1 m en ribbelhoogten van 0,03 en 0,12 m in tabel XII:iii:c gegeven. Ter illustratie zijn in tabel XII:iii:d de stappen 9 tot en met 15 gegeven voor een waterstand van NAP +1,1 m, een golfhoogte van 0,6 m en ribbelhoogten van 0,03 en 0,12 m.

Om een beeld van de aanzanding te krijgen zijn de gegevens die volgen uit de bovenstaande berekeningen bewerkt. Voor alle vier de golfhoogten afzonderlijk zijn de bijdragen van de drie stroombeelden bij elkaar geteld. Daarbij moet erop worden gelet dat de vloedstroom in twee bijdragen was gesplitst, namelijk één met een waterstand van NAP +0,4 m, die 1 uur per getij aanhoudt, en één met een waterstand van NAP +1,1 m, 2 uur per getij. De ebstroom bij NAP - 0,7 m duurt 5 uur per getij.

Tevens moet erop worden gelet dat de trede die voor de ebstroom bovenstrooms ligt, voor de vloedstroom juist benedenstrooms ligt en omgekeerd.

Met een analoge formule als voor de berekening van het gemiddelde jaartransport (fig. B20) kan nu de gemiddelde verhoging per trede worden berekend:

$$dh_T = 0,25 dh_0 + 0,465 dh_{0,6} + 0,245 dh_{1,6} + 0,04 dh_{2,6} \quad (\text{XII:1})$$

Hierin is:

- dh_T = gemiddelde verhoging van de trede (m/)
- T = index voor alle golven tesamen
- 1,6 = index voor golfhoogte van 1,6 m

In tabel XII:iii:e zijn de resultaten gegeven voor $r = 0,03$ en $0,12$ m.

Als de stroom uit de winput treedt, dan treedt er over een afstand x_E erosie op tot de evenwichtstransporten op de hoogste trede (NAP - 3,0 m) zijn bereikt. De gemiddelde waarde voor x_{ET} is berekend met een soortgelijke formule als hierboven:

$$x_{ET} = 0,25 x_{E0} + 0,465 x_{E0,6} + 0,245 x_{E1,6} + 0,04 x_{E2,6} \quad (\text{XII:2})$$

Omdat de vloedstroom twee bijdragen levert zijn deze gemiddeld. Het stroombeeld bij een waterstand van NAP +1,1 m houdt tweemaal zolang aan als dat bij een waterstand van NAP +0,4 m. De bijdrage in x_E van het eerste stroombeeld is dan ook tweemaal zo groot genomen als dat van het tweede stroombeeld. (zie tabel XII:iii:f)

Op de laatste trede aan de benedenstroomse zijde is de erosie over de afstand x_2 reeds berekend. In tabel XII:iii:g is ook de erosie over de afstand $x_{ET} - x_2$ berekend.

Het talud van de winput is geschematiseerd tot een trapjesprofiel waarbij de middens van de treden samenvielen met het talud. Bij een grafisch weergeven van de aanzanding in de tijd is het talud de verbindingslijn tussen de middens van de verhoogde treden. In de figuren B27 en B28 is de aanzanding voor $r = 0,03$ en $0,12$ m na een week weergegeven.

Voor de situatie na enkele weken is een benadering gemaakt. De wekelijkse aanzanding of erosie op de trede i blijft daarbij in de tijd constant. Als de trede meer dan 2 m is geërodeerd of aangezand, verandert de erosie dan wel aanzanding in die van de in de oorspronkelijke situatie 2 m lager of hoger liggende trede:

$$\left| dh_i \cdot t \right| > 2 \text{ m} \quad dh_i = dh_{i-1} \quad (\text{XII} : 3)$$

Hierin is:

$$dh_i = \text{gemiddelde verhoging van de trede } i \text{ (m/wk)}$$

$$t = \text{tijd (wk)}$$

Na 3-4 weken ligt de laagste trede (NAP - 13,0 m) door de aanzanding gelijk met die van de trede op NAP - 11,0 m, voor de ebstroom stroomafwaarts, die nauwelijks van hoogte verandert. De lengte van de onderste trede is nu dus niet x_2 maar $2x_2$. Dit heeft gevolgen voor het uitgaande transport S_U van de laagste trede (stap 13), voor de aanzanding van de laagste trede dh (stap 14) en voor het binnenkomend transport S_I (stap 15) van de eerstvolgende trede en daarmee voor het gehele voor de ebstroom benedenstroomse talud. Bij de benadering van de situatie na meerdere weken is alleen met de verandering in de aanzanding en erosie door de ebtransporten rekening gehouden, omdat deze het hele beeld van aanzanding en erosie domineren. In de figuren B27 en B28 staan de resultaten voor $r = 0,03$ en $0,12$ m.

De diepste punten van de winput volgens de figuren B27 en B28 zijn in figuur B28A en B tegen de tijd uitgezet. Met behulp van een standaard programma zijn met een rekenmachine de beste exponentiële krommen door deze punten bepaald. Het programma is gebaseerd op de kleinste kwadraten methode. Met behulp van deze krommen kan worden bepaald wanneer het diepste punt nog slechts 0,2 m verschilt met de oorspronkelijke bodemligging. Het tijdstip waarvoor dit het geval is, wordt de hersteltijd t_h genoemd.

Voor $r = 0,03$ m werd voor de exponentiële kromme de onderstaande vergelijking gevonden:

$$h = \text{NAP} - 3,0 \text{ m} - 9,93 \exp - 0,06 t \quad (\text{XII} : 4)$$

En voor $r = 0,12$ m:

$$h = \text{NAP} - 3,0 \text{ m} - 9,90 \exp - 0,04 t \quad (\text{XII} : 5)$$

Hierin is:

h = ligging van het diepste punt van de
winput in m t.o.v. NAP

t = tijd (wk)

De hersteltijd t_h voor $r = 0,03$ m volgt uit het gelijkstellen van h aan NAP - 3,2 m en vergelijking (XII:4). Voor $r = 0,03$ m geldt dan:

$$t_h = 65 \text{ weken} \quad (\text{XII} : 6)$$

En voor $r = 0,12$ m:

$$t_h = 98 \text{ weken} \quad (\text{XII} : 7)$$

Door toepassing van de methode Boeters ontstaat een relatieve fout ξ in de aanzanding:

$$\xi = \exp \frac{-w h_i}{c_i} \quad (\text{XII} : 8)$$

De relatieve fout werd voor de verschillende treden, ruwheden en golfhoogten berekend. Tabel (XII:iii:h) geeft daarvan een voorbeeld bij een waterstand van NAP + 1,1 m. De totale relatieve fout is berekend met de gebruikelijke formule:

$$\xi_t = 0,25 \xi_0 + 0,465 \xi_{0,6} + 0,245 \xi_{1,6} + 0,04 \xi_{2,6} \quad (\text{XII} : 9)$$

Bij de berekening van ξ_t bleek de fout het grootst te zijn bij een waterstand van NAP - 0,7 m - dus bij eb - op de bovenste trede van het talud. Bij dieper liggende treden neemt de fout snel af. Voor $r = 0,03$ m was de grootste fout 23 % en voor $r = 0,12$ m was dat 34 %.

Als de fout voor de gehele winput op deze waarden zou worden gesteld, hetgeen zeer sterk overdreven is, dan zouden de diepste punten zoals aangegeven in de figuren B27 en B28 lager moeten liggen.

Voor de diepste punten bij $r = 0,03$ m komen ze 23 % lager te liggen ten opzichte van de oorspronkelijke situatie op NAP -13,0 m. Voor $r = 0,12$ m is dat uiteraard 34 %.

Door deze punten zijn opnieuw de beste exponentiële krommen bepaald alsmede de hersteltijd t_h . Voor $r = 0,03$ m komt t_h nu op 98 weken, dit is ongeveer 2 jaar, en voor $r = 0,12$ m op 195 weken, dit is ruim $3\frac{1}{2}$ jaar.

LITERATUURLIJST BIJLAGEN

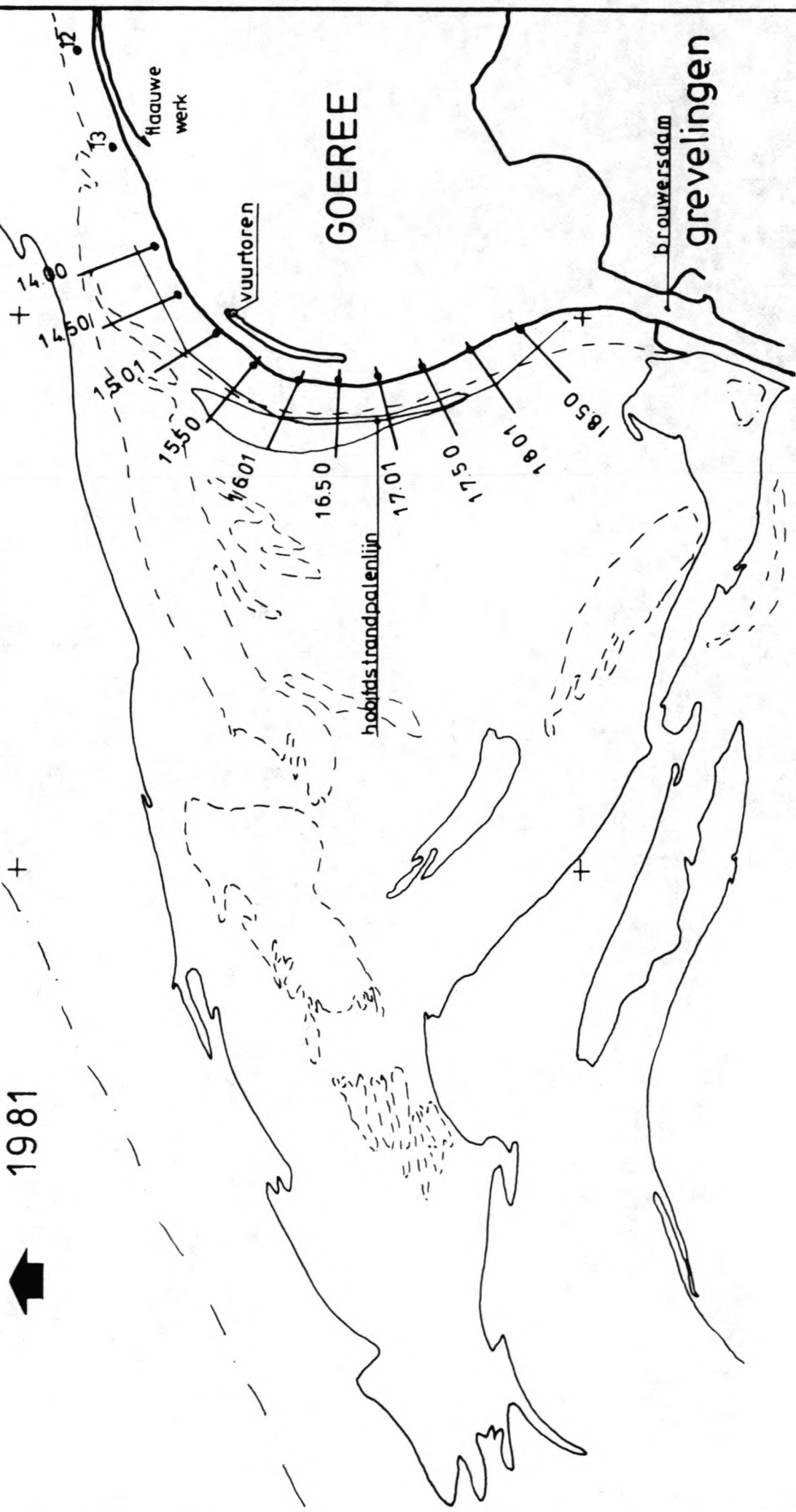
- 1 Zeegolven, Dr. P. Groen en Dr. R. Dorrestein, 1976.
- 2 Interpretatie van de berekeningen "Morfologie rond de Kop van Goeree" projekt 237, Ing. bureau Svasek BV, oktober 1977.
- 3 Energy loss and set-up due to breaking of random waves, J.A. Battjes and J.P.F.M. Janssen, Proceedings 16th international coastal engineering conference, Hamburg 1978, III, p. 569-587.
- 4 Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkering, Technische Adviescommissie voor de waterkeringen, concept februari 1984.
- 5 Handleiding College Korte Golven, Prof. dr. ir. J.A. Battjes, januari 1983.
- 6 Numerieke analyse, Collegediktaat, ir. J. van Kan, niet geadateerd.
- 7 Coastal engineering, volume II, Harbour and Beach problems, collegediktaat Prof. dr. ir. E.W. Bijker e.a., 1978.
- 8 Nota zandsuppletie Westhoofd Goeree 1977, Bergen op Zoom, februari 1979.
- 9 Coastal engineering, volume I, Introduction, collegediktaat Prof. dr. ir. E.W. Bijker, 1976.
- 10 Notitie WWKZ-83.S238 Onderzoek verdeling golf- en windfrequenties LS/LE Goeree 1949-1982, december 1983.
- 11 Bestek en voorwaarden voor het uitvoeren van een zandsuppletie op het strand van de Noordzeekust van Goeree Nr. ZH 2841, juni 1984.

LIJST VAN FIGUREN BIJ DE BIJLAGEN

- B 1 Het kustgebied van Goeree
- B 2 Principeschets voor de bepaling van het refractiepatroon
- B 3 Refractiepatroon bij de Kop van Goeree bij golfaanval uit het noorden en een waterstand van NAP +5,6 m
- B 4 Verloop van de waterdiepte h en de golfhoogte H_{rms} bij golfaanval uit het noorden in raai 16.50
- B 5 Idem bij golfaanval uit het noordwesten in raai 15.01
- B 6 Idem bij golfaanval uit het noordwesten in raai 16.50
- B 7 Vertaling van de situatie met bank en geul naar de situatie zonder bank en geul
- B 8 Definitieschets van het afslagprofiel
- B 9 Afslagprofiel in het duinprofiel van raai 16.50
- B10 Definitieschets voor de toeslag op de berekende duinafslag
- B11 Ontwerpafslaglijn raai 16.50
- B12 Kustprofielen 1982
- B13 Ligging wingebieden, boringen en meetpalen
- B14 Ligging van de winput van de Roggenplaat
- B15 Definitieschets van de vorm van de winput
- B16 Maximaal veronderstelde oppervlakte van de winput aan de zeebodem, geprojecteerd in de wingebieden A, B, C en D
- B17 Geschematiseerde waterstands-, stroomsnelheids- en stroomrichtingskromme
- B18 Golfmeetpaal BG V. Overschrijdingskromme voor de golfhoogte $H \frac{1}{3}$
- B19 Afleiding voor de berekening van het gemiddelde jaartransport S_t

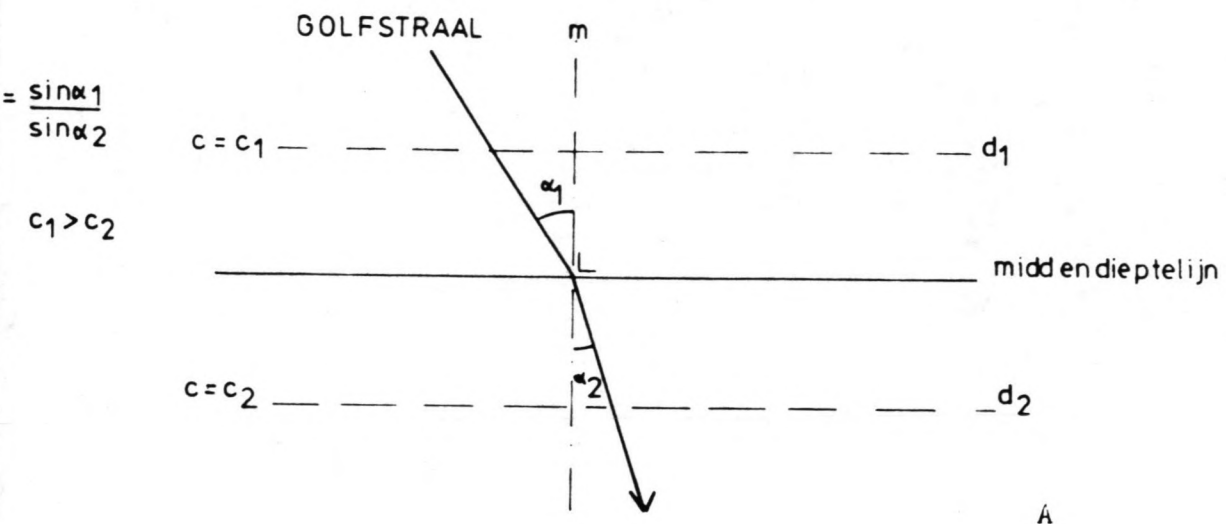
- B20 Gemiddeld jaarlijks zandtransport bij eb en vloed als functie van de golfhoogte en de overschrijdingsfrequentie
- B21 Geschematiseerde winput
- B22 Definitieschets in- en uitgaand transport per traprede en de lengte van de rede onder een stroomlijn
- B23 Definitieschets van het uitgebreide model van Boeters
- B24 Stroombeeld in de winput met de lengteas onder een hoek van 140° met het noorden en een waterstand van NAP - 0,7 m
- B25 Idem met een waterstand van NAP +0,4 m
- B26 Idem met een waterstand van NAP +1,1 m
- B27 Verloop van de aanzanding van een winput voor $r = 0,03$ m
- B28 Idem voor $r = 0,12$ m
- B29 Verhoging van het diepste punt van de winput in de tijd

1981

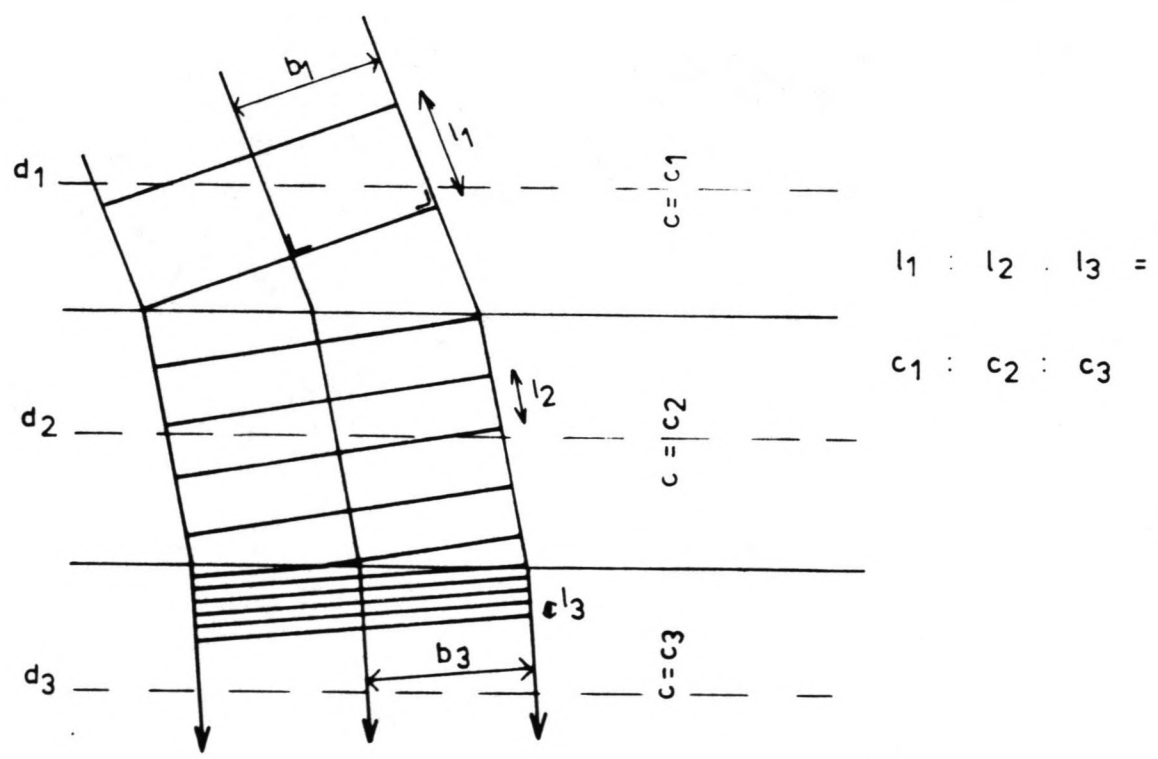


- NAP -2.50 m
- NAP -5.00 m
- - - - - NAP -10.00 m

Het kustgebied van Goeree
Schaal 1:50,000
Figuur B1



A



B

c = stroomsnelheid (m/s)

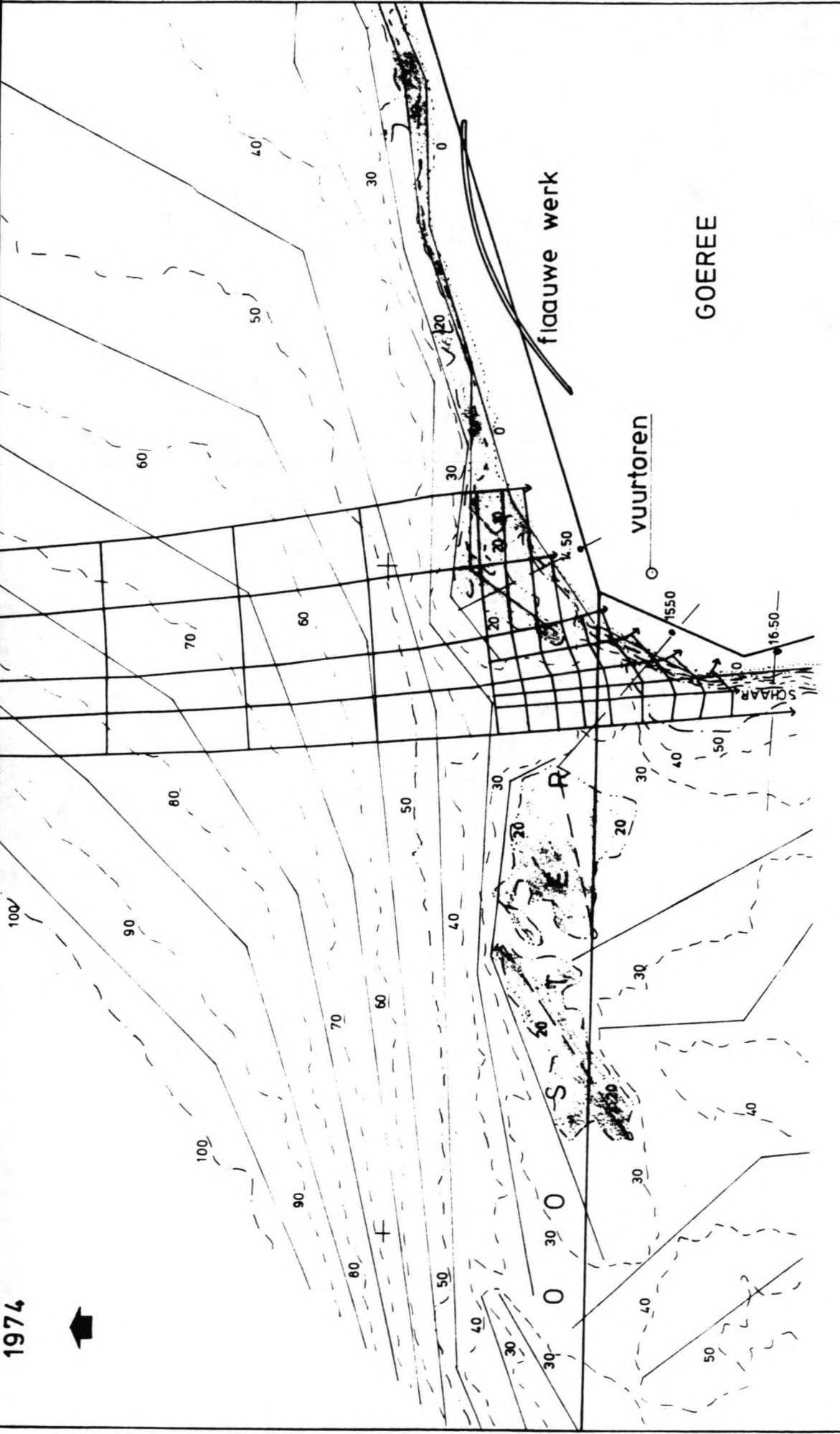
d = waterdiepte (m)

l = afstand tussen een bepaald
aantal golfkammen

Principeschets voor de bepaling
van het refractiepatroon

Figuur B2

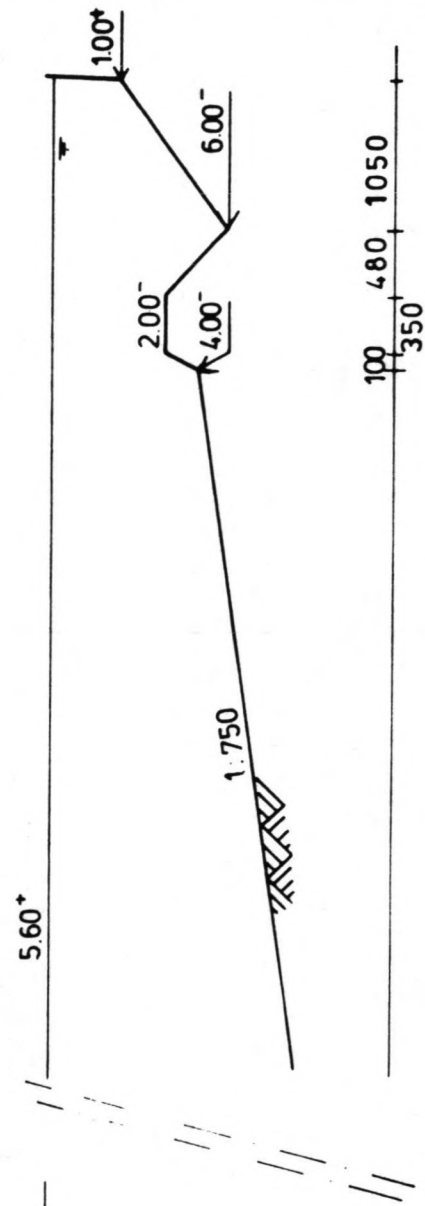
1974



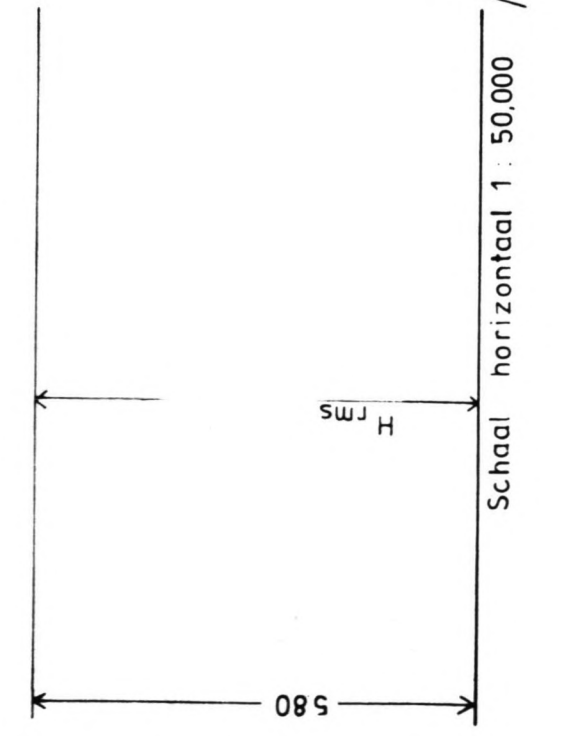
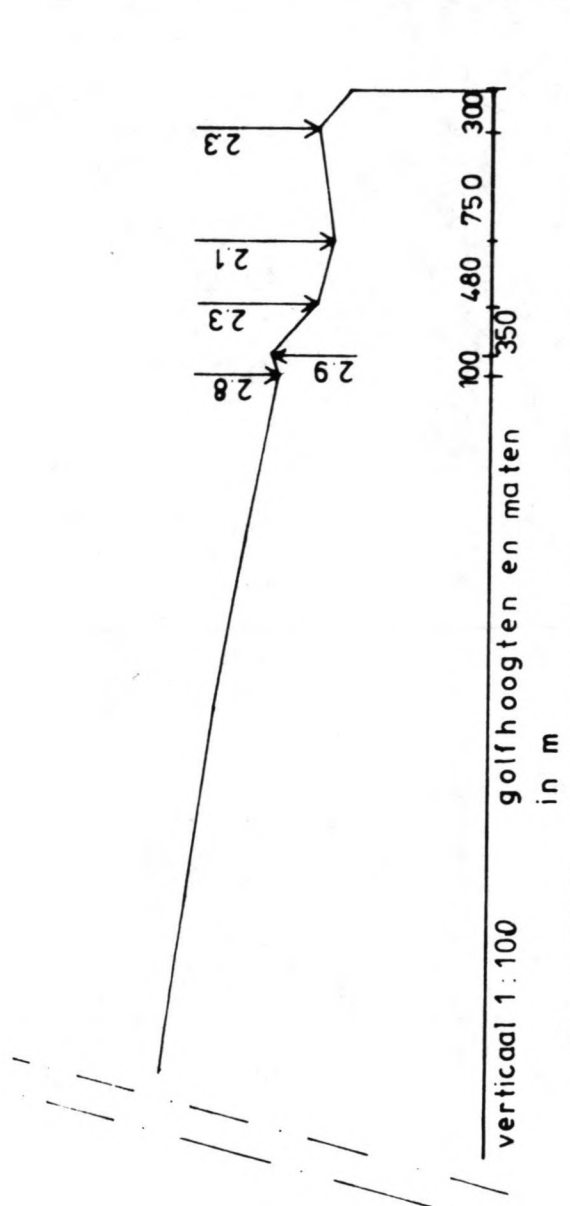
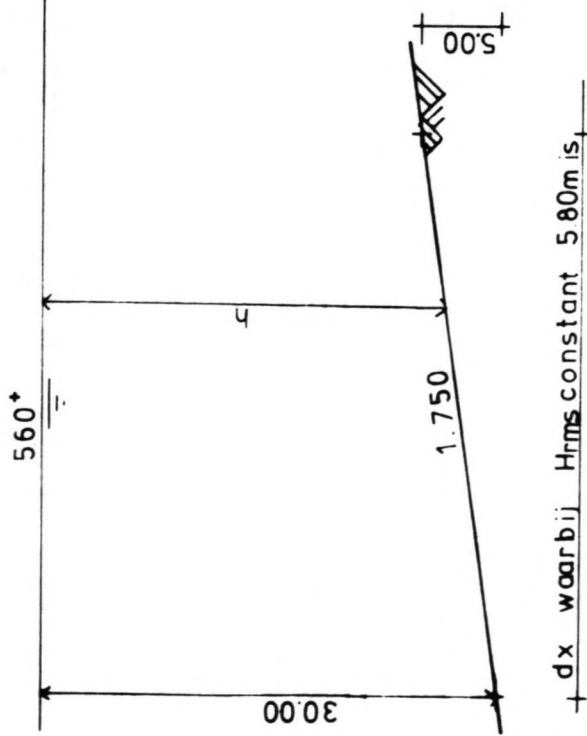
GOLF STRAAL ——— GOLFKAAM
 PELEN IN DM BENEDEN NAP ——— GESCHEMATISEERDE MIDDENDIEPTELIJN



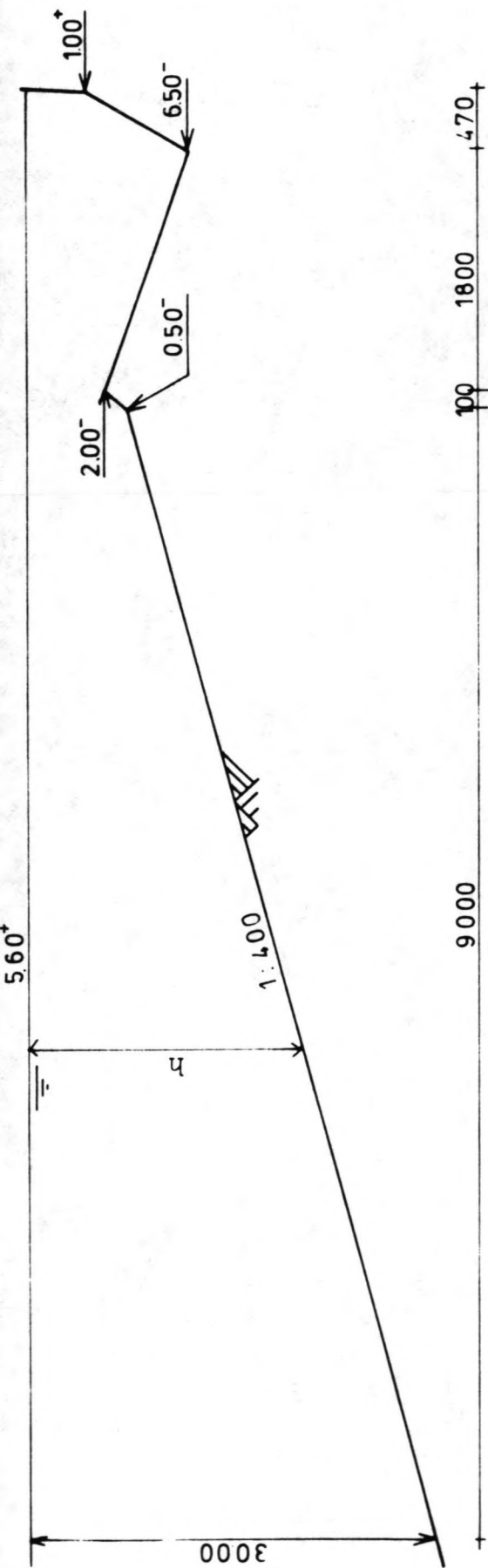
Refractiepatroon bij de Ken van Goeree bij
 golfaanval uit het noorden en een water-
 stand van NAP +5.6m. Figuur B3



Schaal horizontaal 1 : 50000 Peilen in m tov NAP
 verticaal 1 : 500 maten in m



Verloop van de waterdiepte h en de golfhoogte H_{rms} bij golfaanval uit het noorden in raai 16.50
 Figuur B4



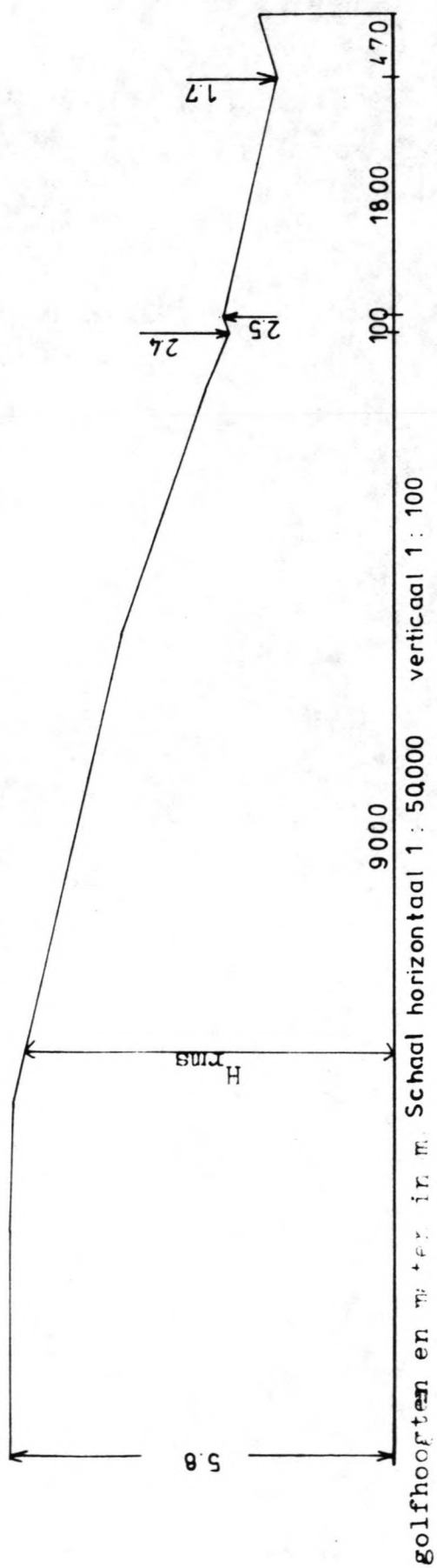
9000

100

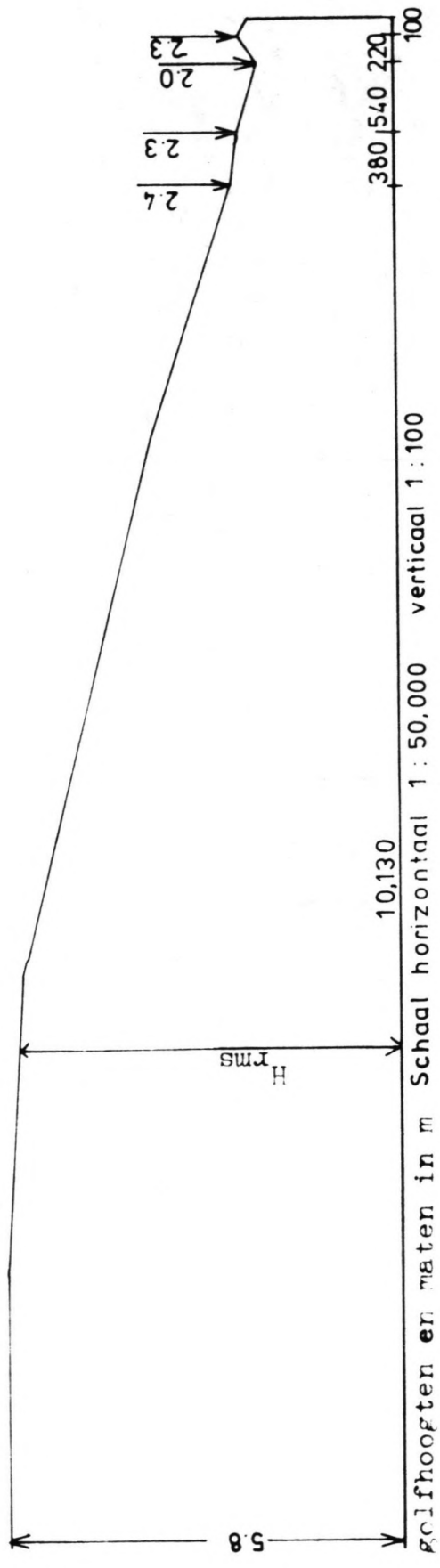
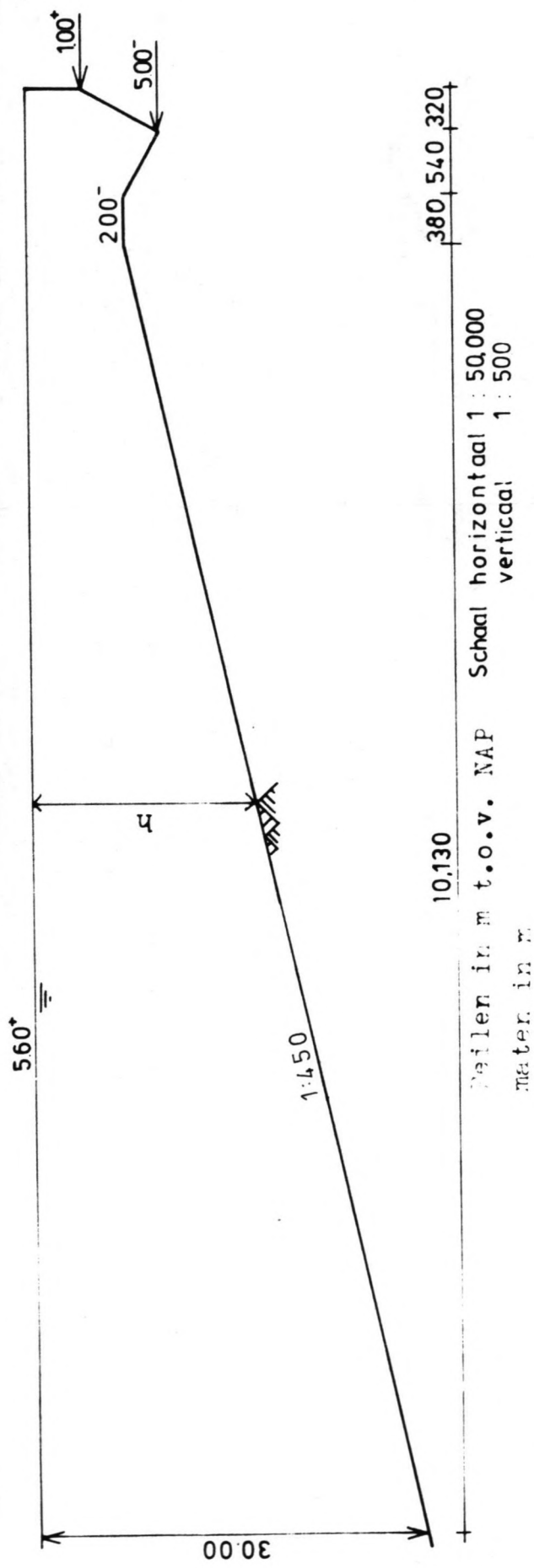
1800

470

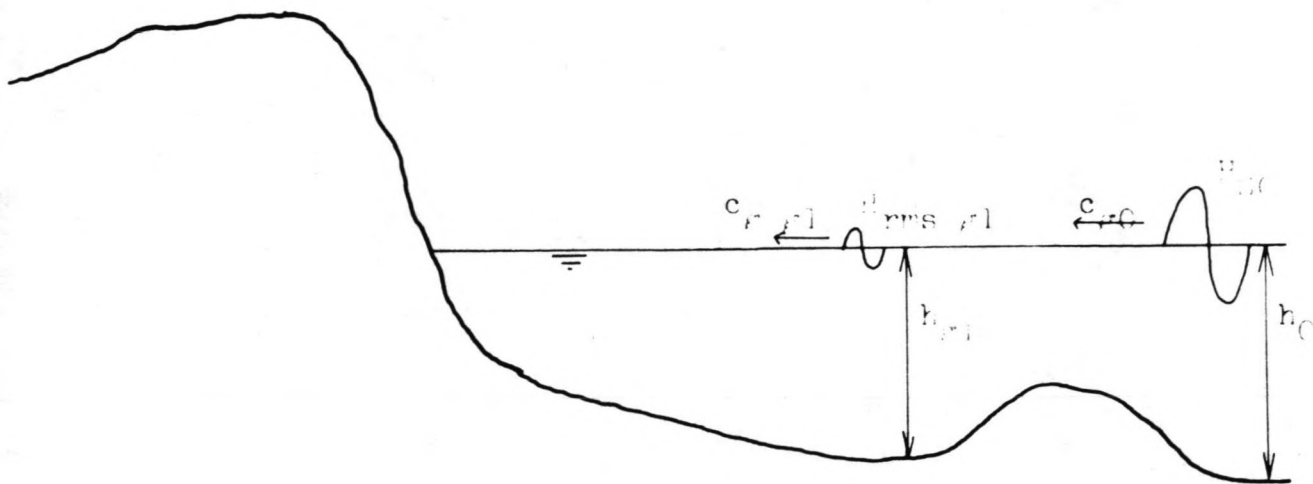
Feilen in m t.o.v. NAP Schaal horizontaal 1 : 50,000
 maten in m verticaal 1 : 500



Verloop van de waterdiepte h en de golfhoogte H_{rms}
 bij golfaanval uit het noordwester. in raai 15.01

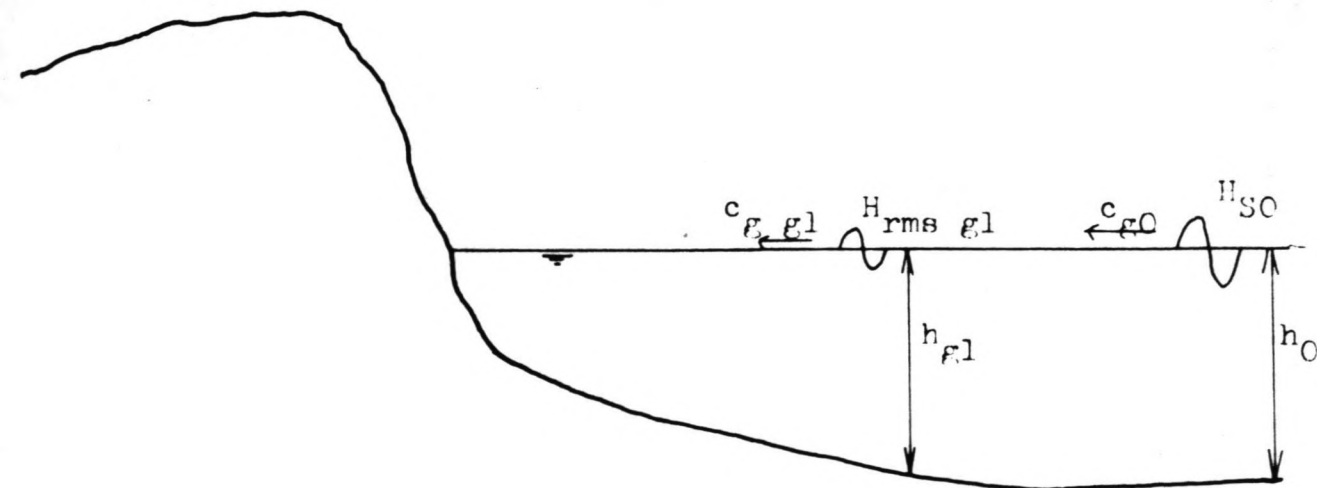


Verloop van de waterdiepte h en de golfhoogte H_{rms}
van de golfaanval uit het noordwester in raai 16.50
Figuur B6



$H_{rms\ g1}$ volgt met de dissipatieberekening volgens Battjes, Janssen uit H_{SO} in het profiel met bank.

H_{SO} = significante golfhoogte op diep water (m)



H_{SO} in het profiel zonder bank volgt uit

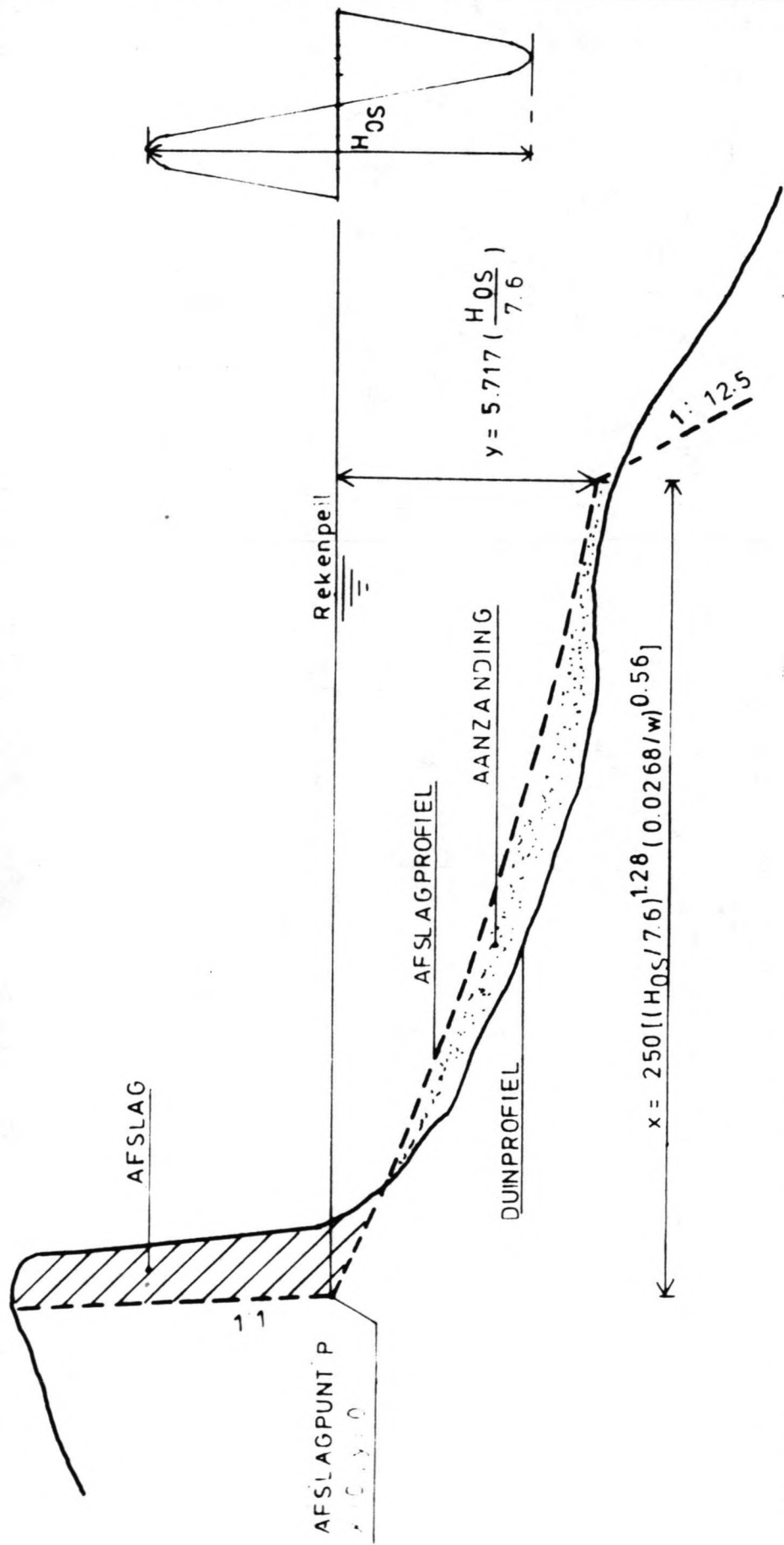
$H_{rms\ g1}$ met;

$$H_{SO} = \sqrt{\frac{2 \cdot c_{g1}}{c_{g0}}} \cdot H_{rms\ g1} \quad (3.5.15)$$

H_{SO} = rekenwaarde van de golfhoogte (m) in het profiel zonder bank

Vertaling van de situatie met bank en
geul naar de situatie zonder bank en
geul

Figuur B7



afslagprofiel schuift landwaarts tot afslag = aanzanding

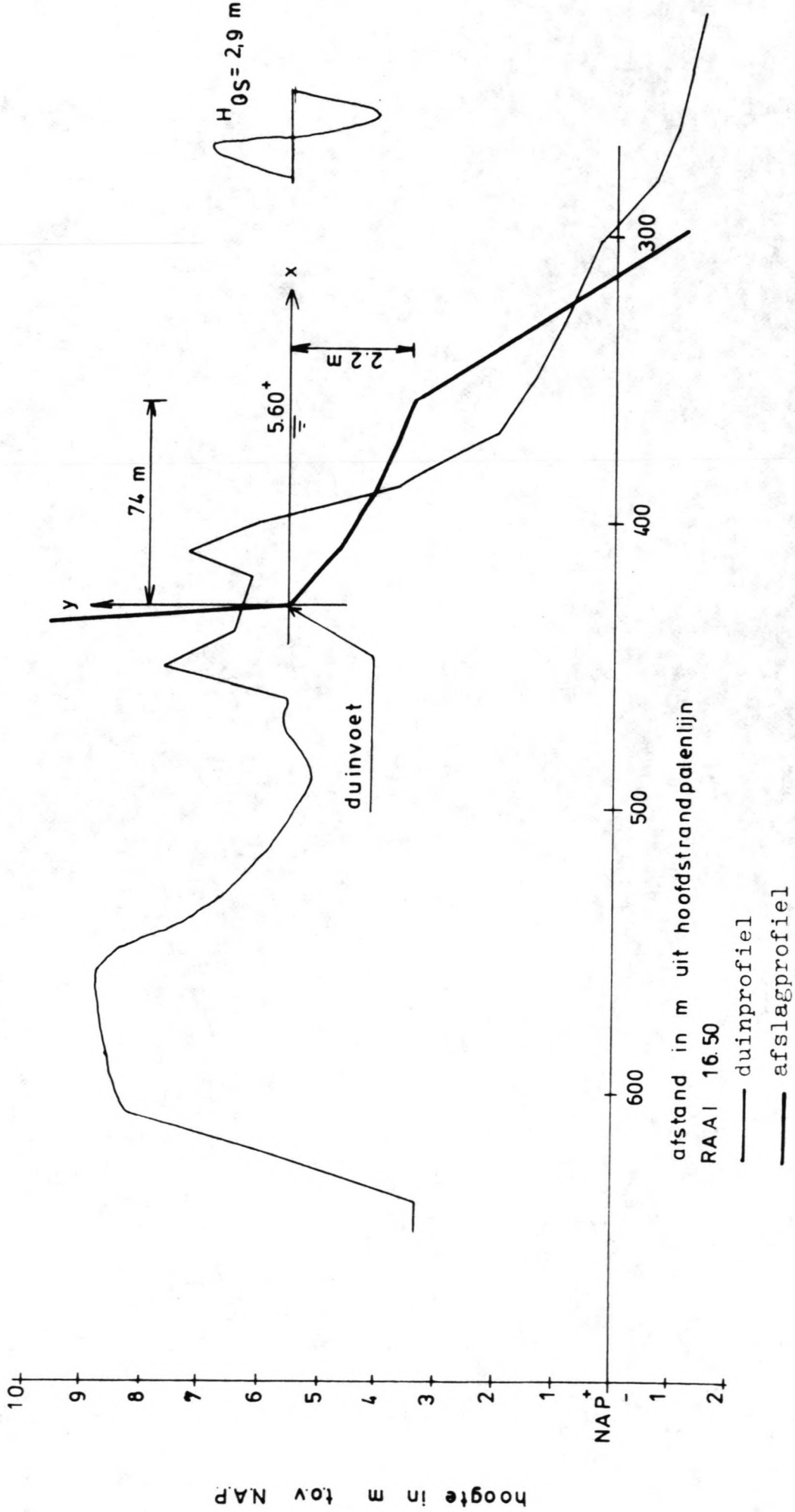
$$\text{afslagprofiel} \quad (76/H_{0S}) y = 0.4714 [(76/H_{0S})^{1.28} (w/0.0268)^{0.56} x + 18]^{0.5} - 2.00$$

H_{0S} is de rekenwaarde voor de golfhoogte in diep water, w is de rekenwaarde voor de valsnelheid van zand in water

H_{0S} , x en y in m, w in m/s

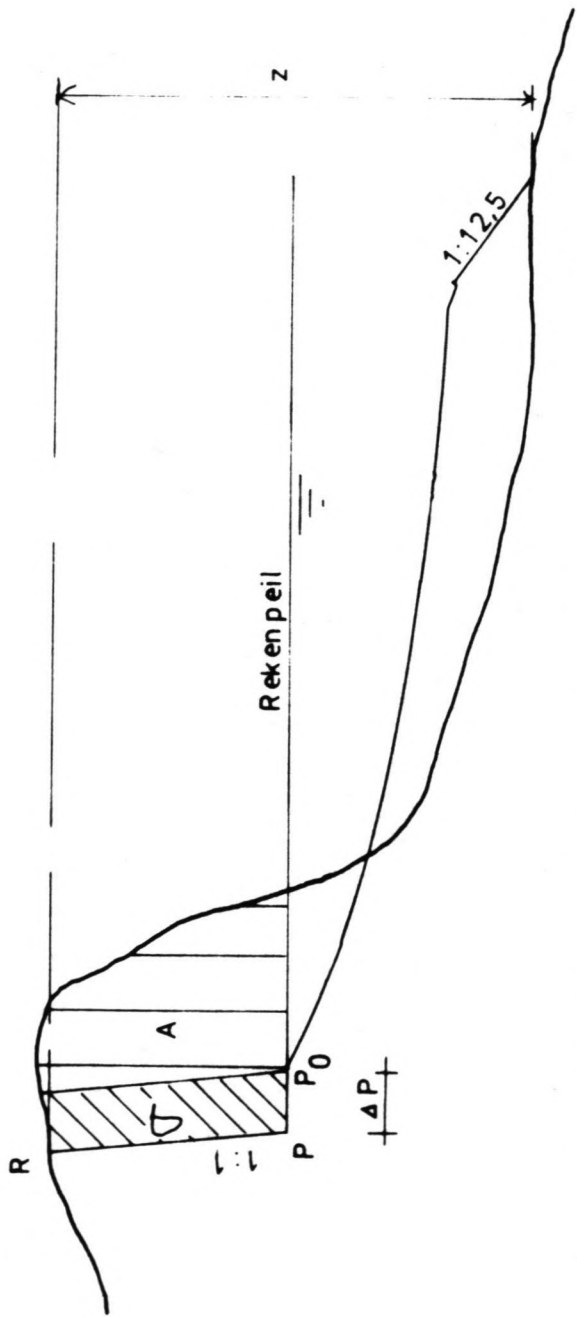
Definitie schets van het
afslagprofiel

Figuur B8



Afslagprofiel in het duinprofiel van raai 16.50 (juli '83)

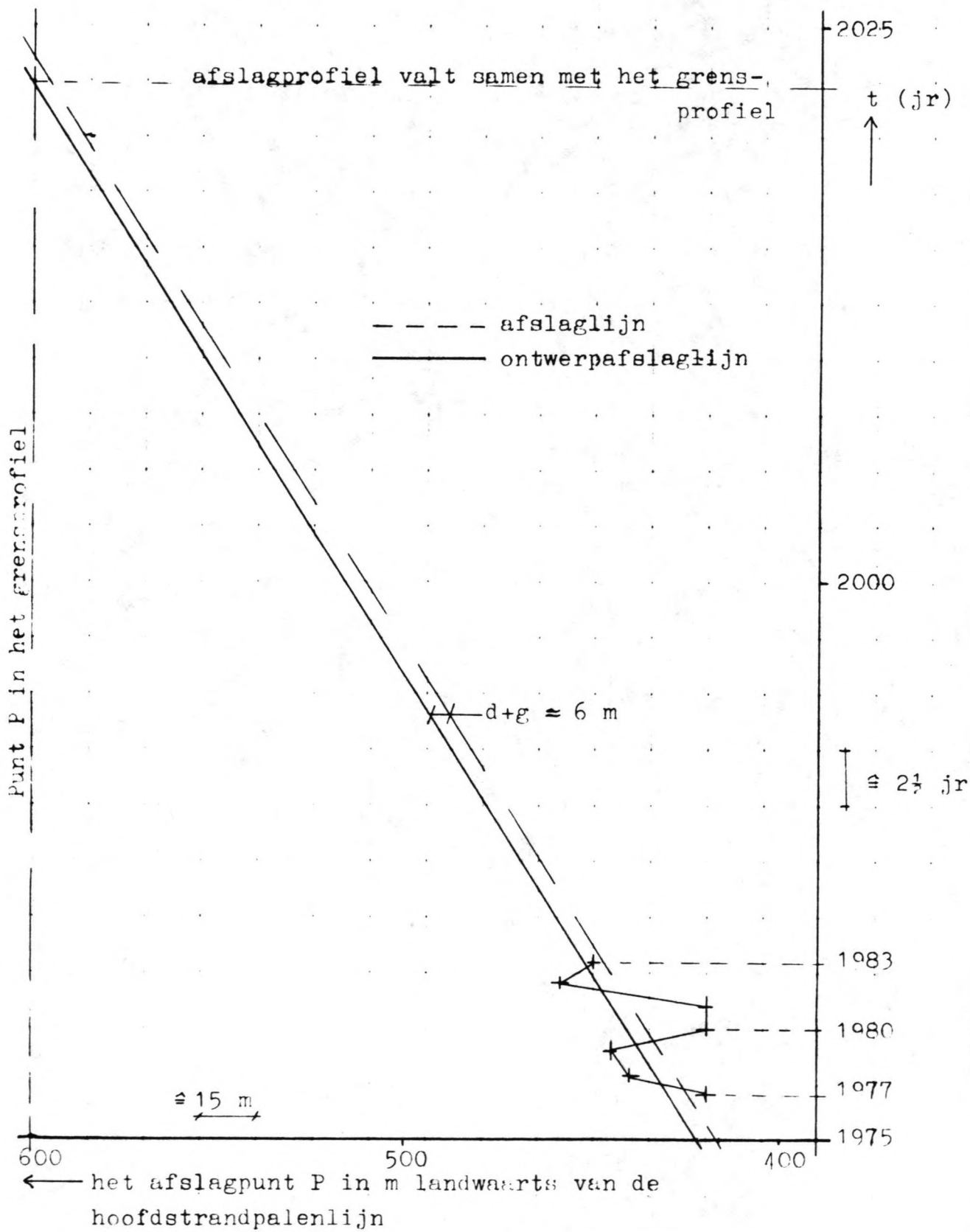
Figuur B9



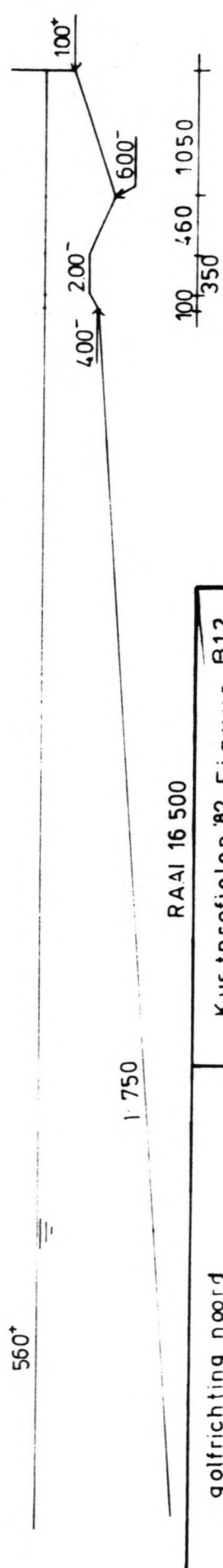
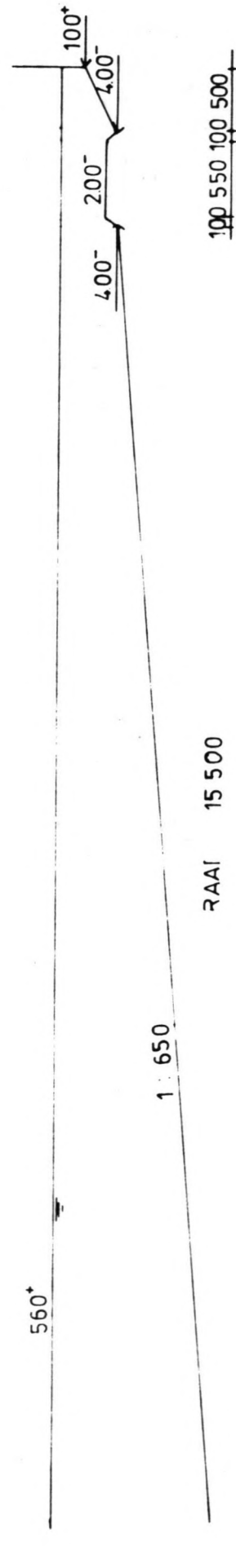
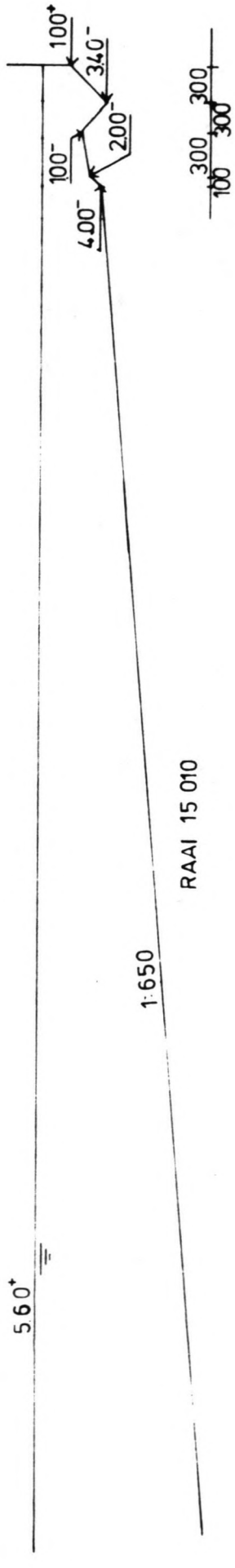
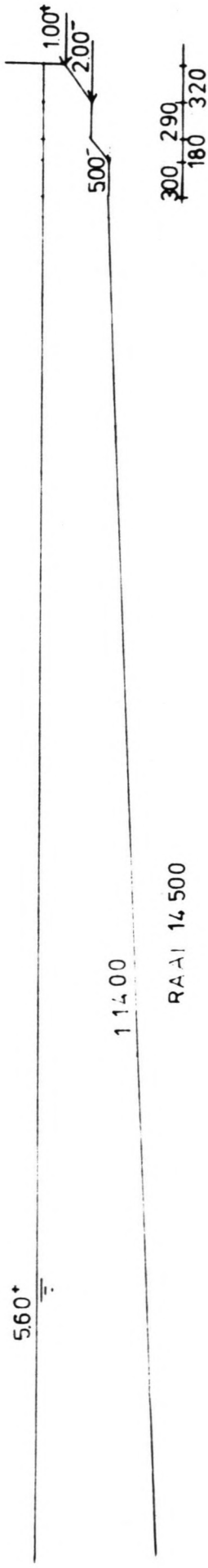
- A is de berekende duinafslag boven rekenpeil in m^3/m
- ∇ is de toeslag op A in m^3/m voor - stormvloedduur
 - buistoten en-oscillaties
 - nauwkeurigheid rekenmodel
- ΔP is de extra achteruitgang van als gevolg van ∇ in m

Definitie van de toeslag
 of de berekende duinafslag

Figuur B10

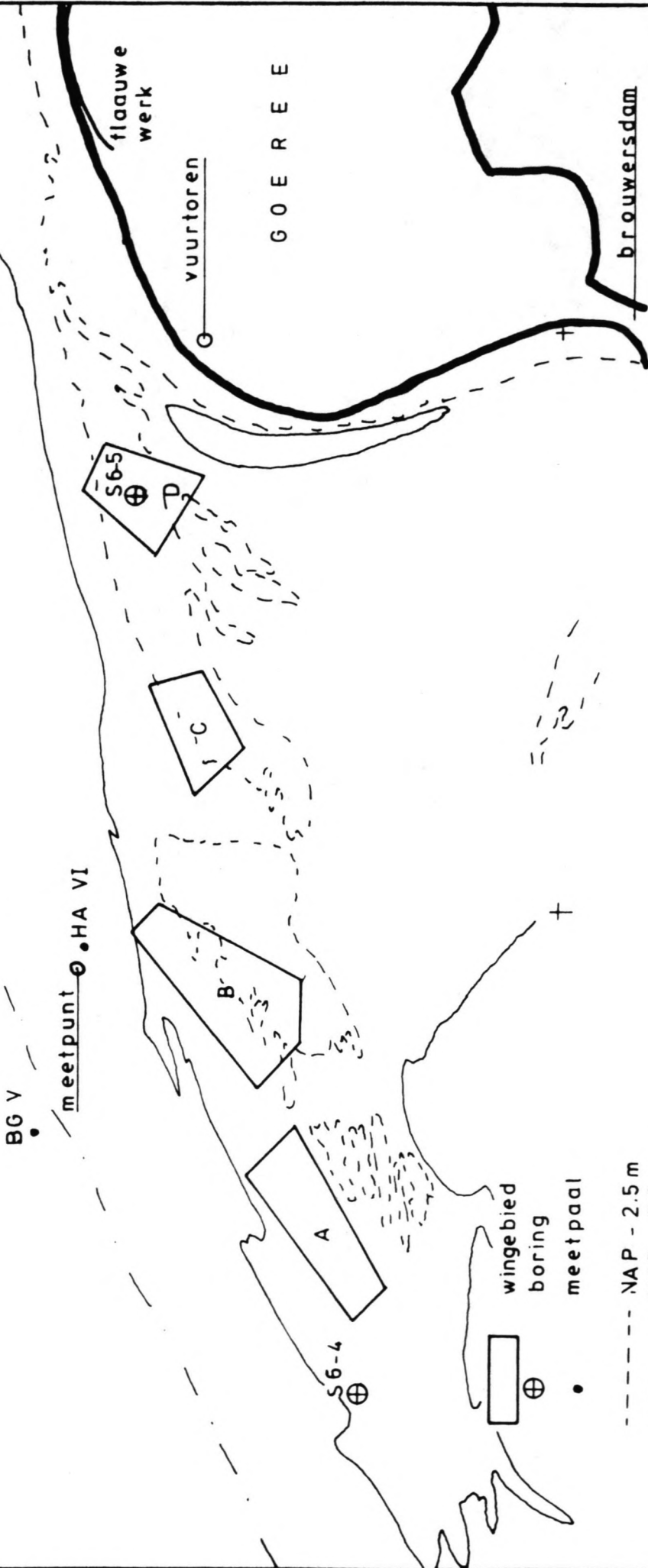


Ontwerpafslaglijn raai 16.50
Figuur B11



golfrichting noord maten in m peilen in m NAP	Kus tprofielen '82 Figuur B12 Schaal hor. 1:50.000 vert. 1:1000
---	---

1981

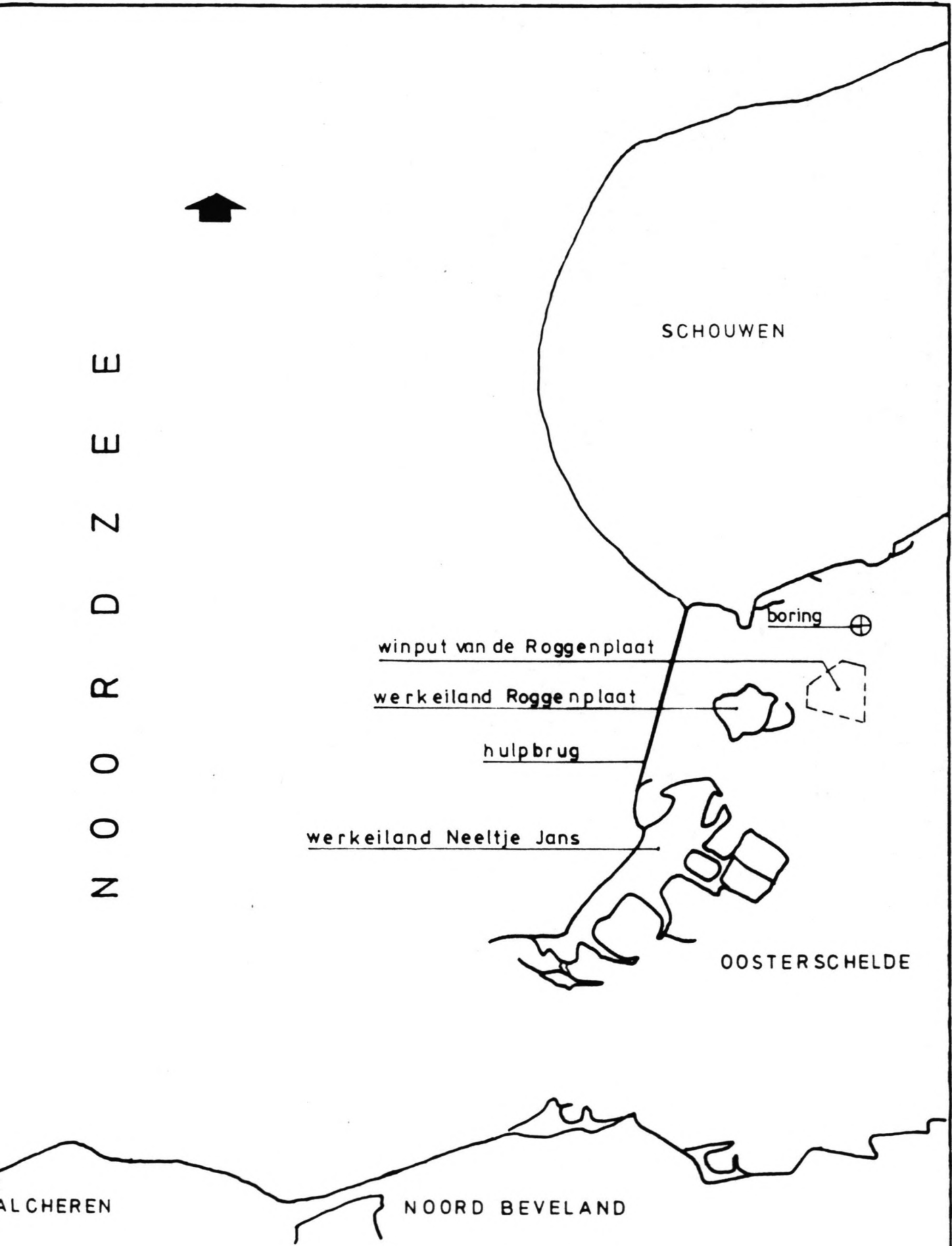


Ligging wingebieder, boringen en meetpalen

Schaal 1:50,000

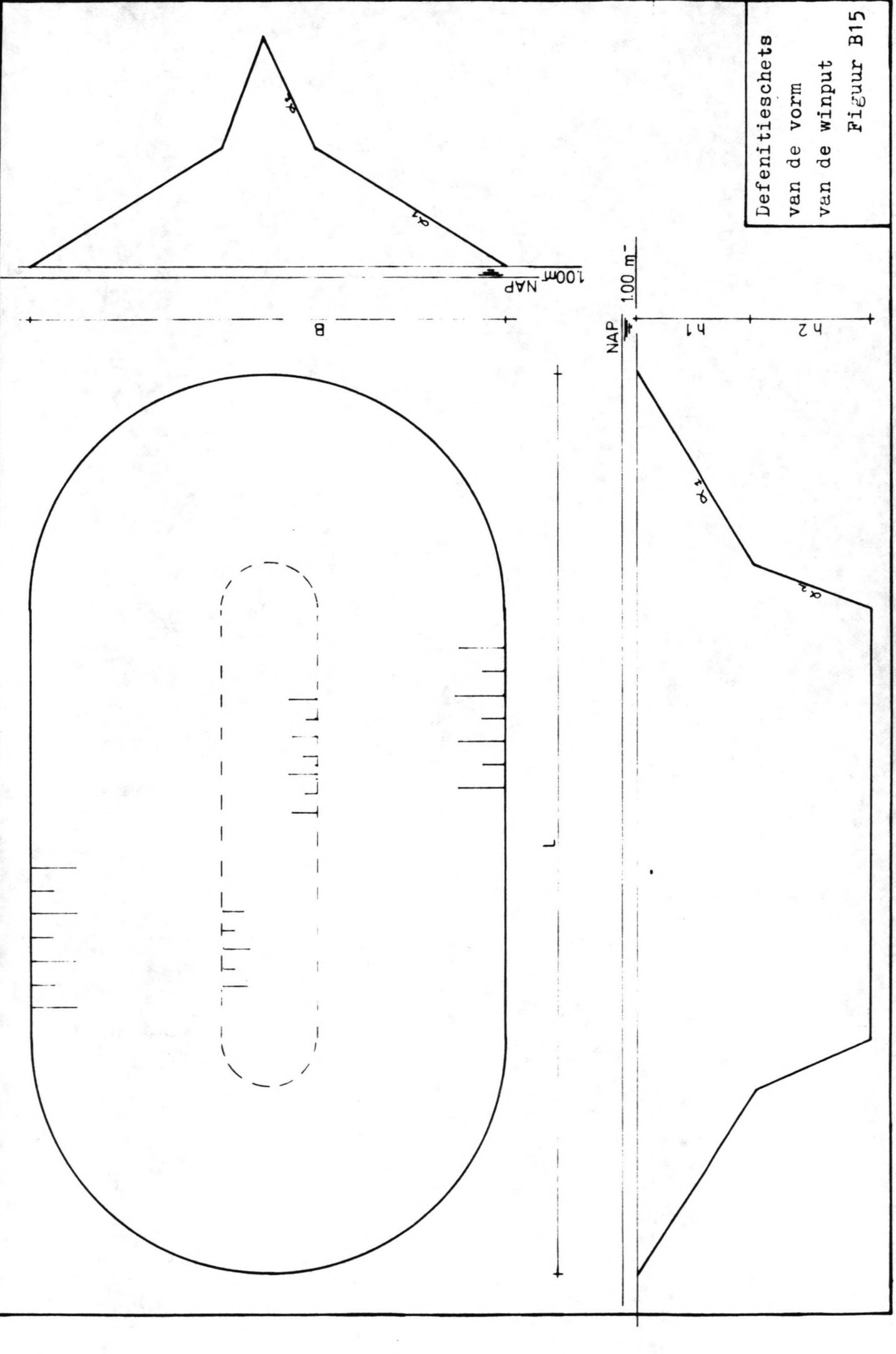
Figuur B13

N
O
O
R
D
Z
E
E



Ligging van de winput van de Roggenplaat
Schaal 1:75,000
Figuur B1'4

Defenitieschets
van de vorm
van de winput
Figuur B15

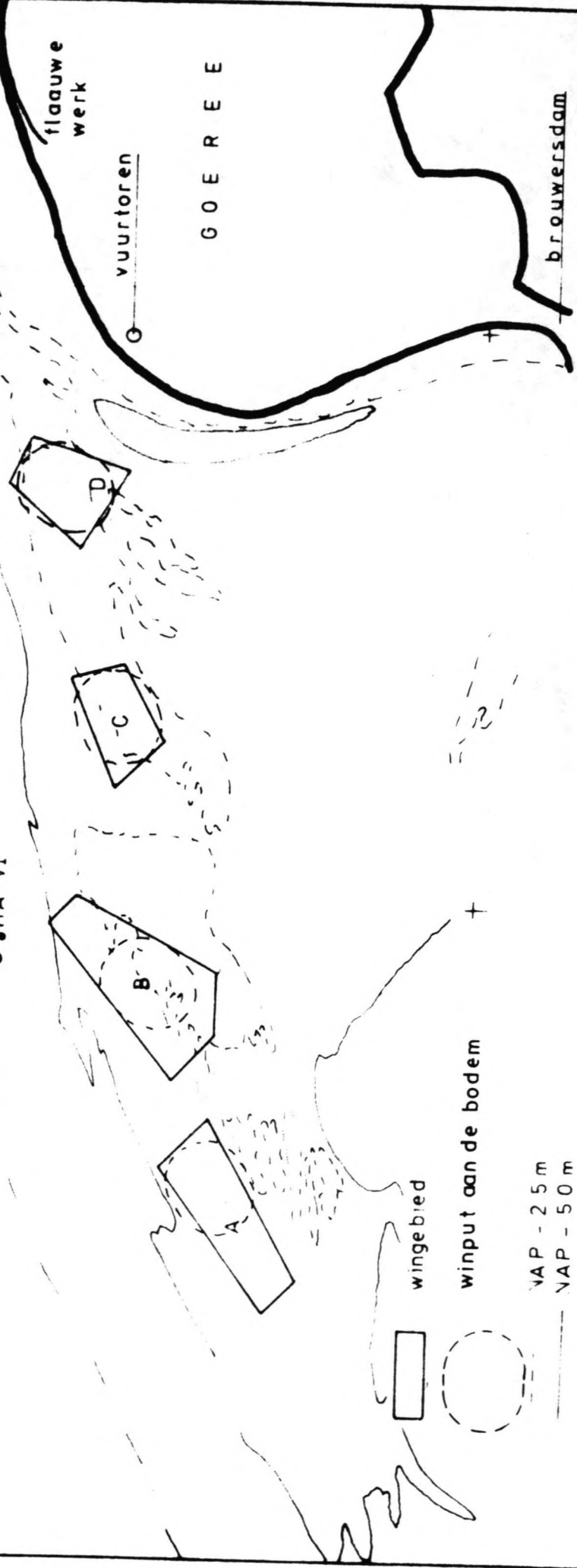




1981

BG V

meetpunt O HA VI

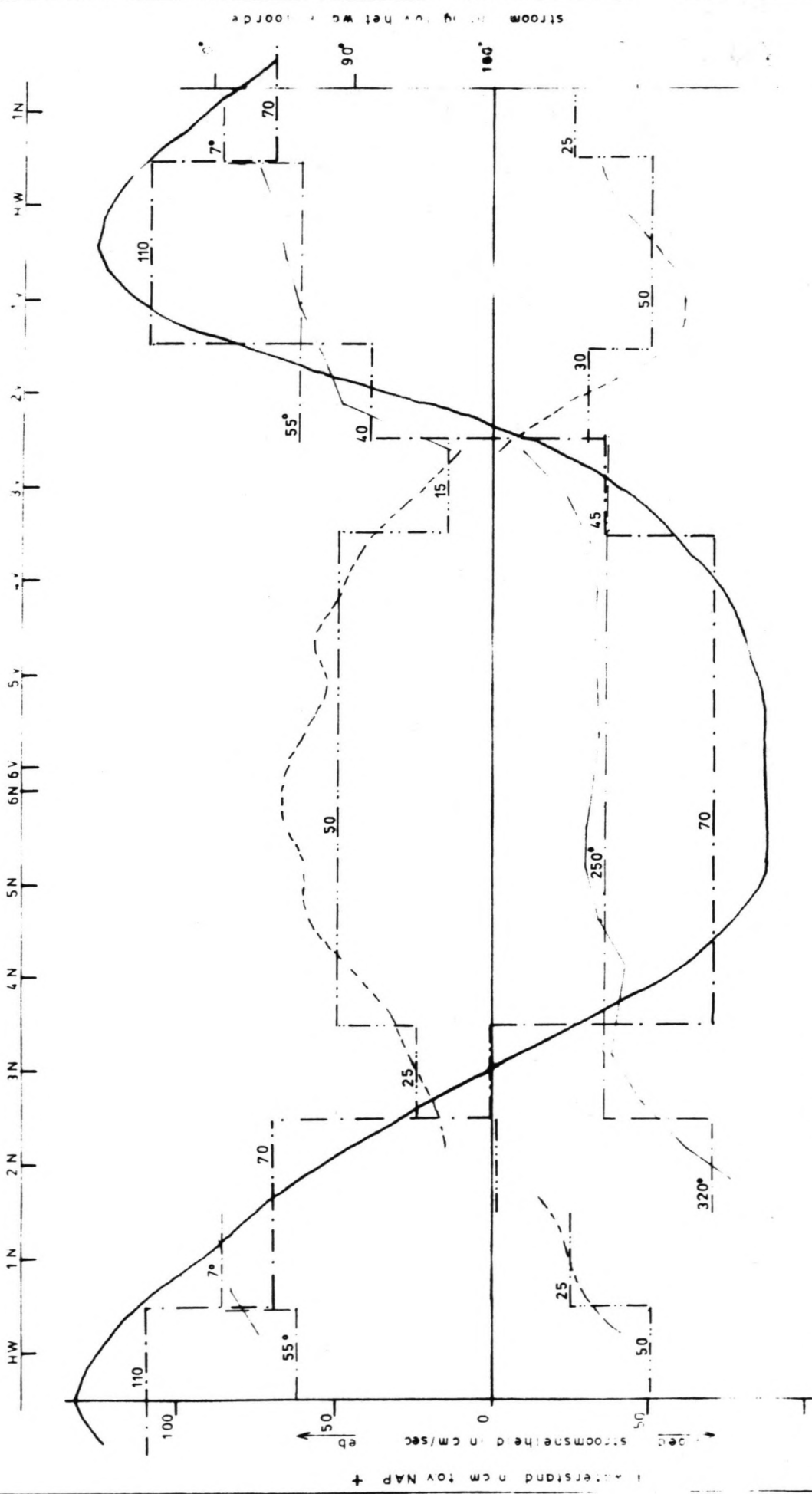


Maximaal veronderstelde oppervlakte van de winput aan de zeebodem geprojecteerd in de wingebieden A, B, C en D

Schaal 1:50,000

Figuur B16

uren voor en na HW Hoek van ...



- geschematiseerde waterstand
- stroomsnelheid
- . - . stroomrichting

Geschematiseerde waterstands-, stroomsnelheids- en stroomrichtingskromme

Figuur B17

behoort bij: nota

nr. WWK7 - 81.500

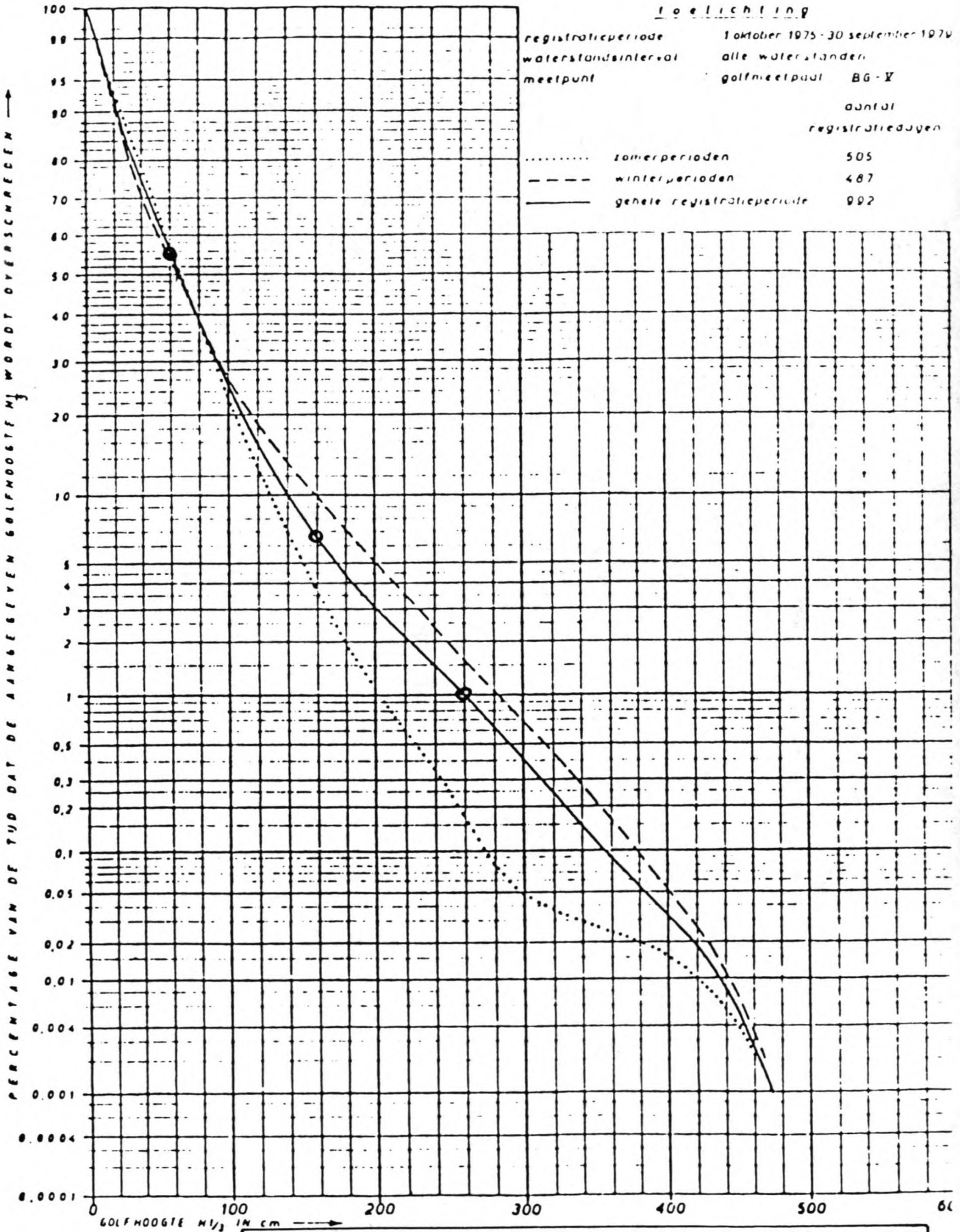
datum: juni 1981

bladnr: 31

toelichting

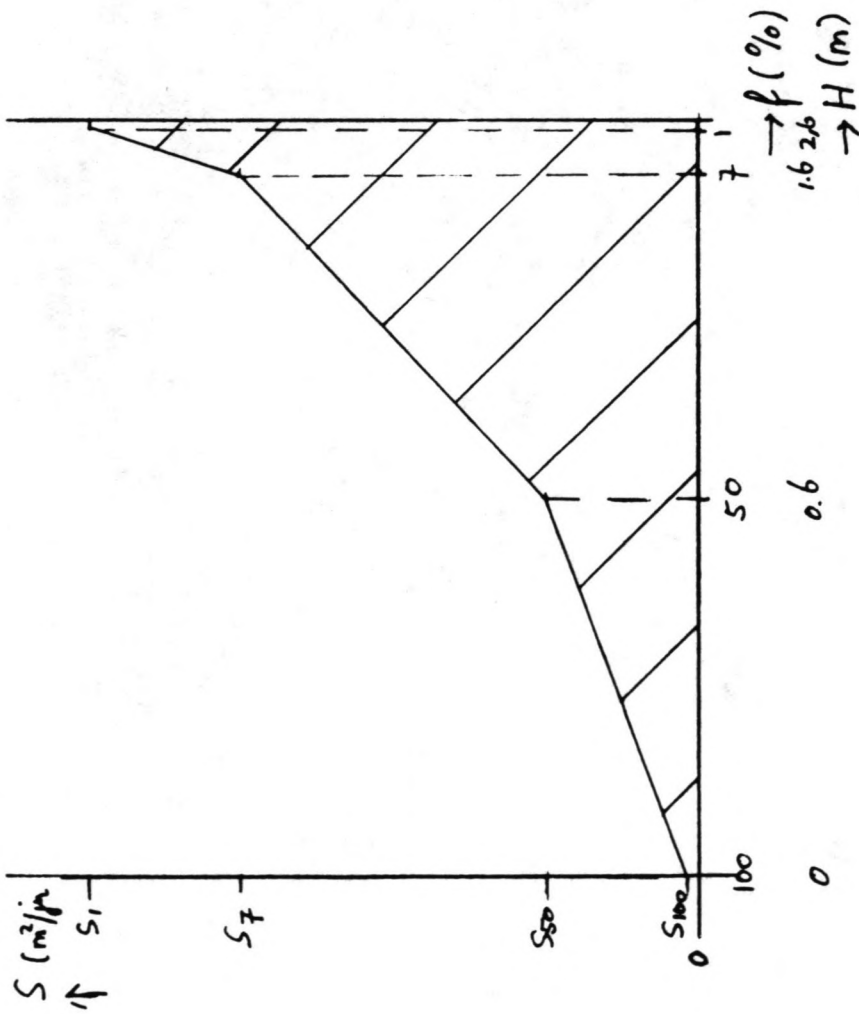
registratieperiode 1 oktober 1975 - 30 september 1979
 waterstandsinterval alle waterstanden
 meetpunt golfmeetpaal BG-Y

	aantal
	registratiedagen
.....	zomerperioden 505
-----	winterperioden 487
————	gehele registratieperiode 992



GOLFMEETPAAL BG-Y
 Overschrijdingsschrommen voor de golfhoogte $H_{1/3}$
 Gehele registratieperiode

Figuur B18



$$S_T = (100 - 50)\% * \left[\frac{S_{50} + S_{100}}{2} \right]$$

$$(50 - 7)\% * \left[\frac{S_{50} + S_7}{2} \right]$$

$$(7 - 1)\% * \left[\frac{S_7 + S_1}{2} \right]$$

$$\frac{1\% * S_1}{+}$$

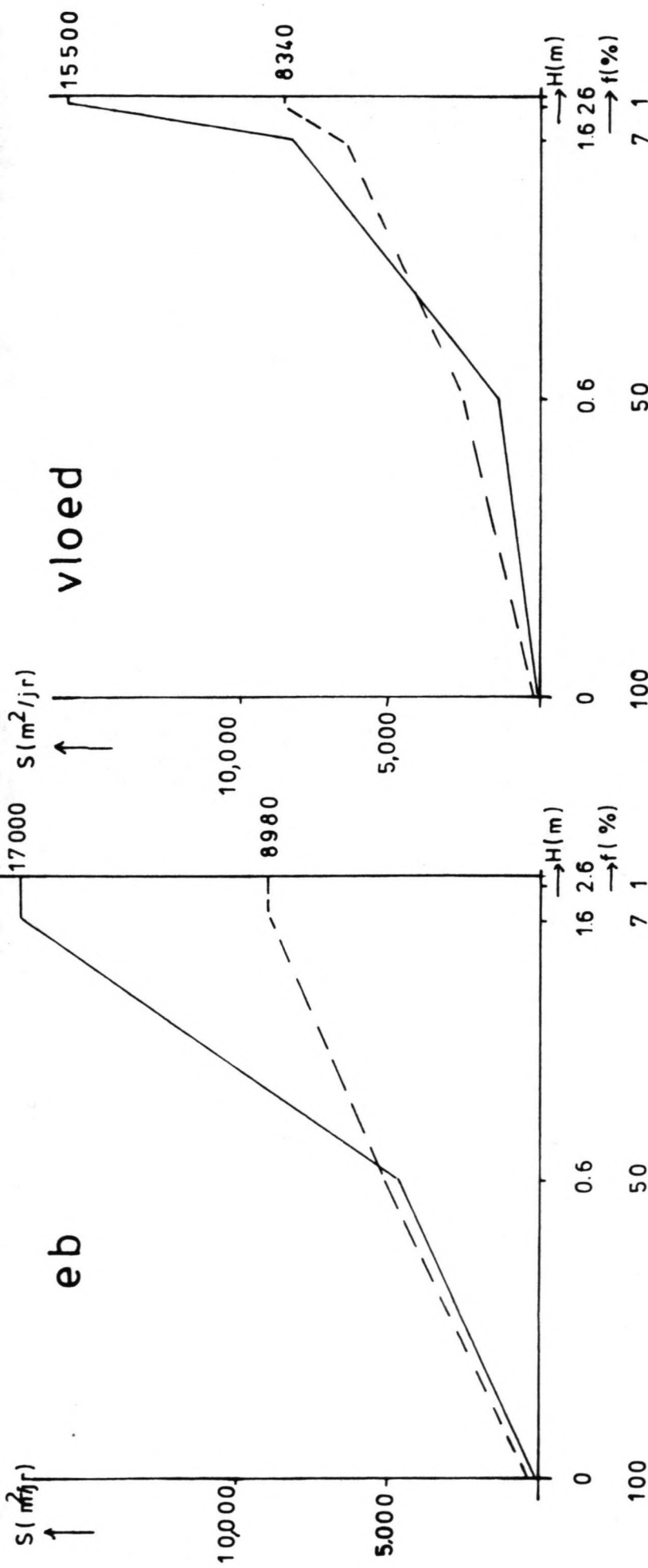
$$S_T = 0,25 S_{100} + 0,465 S_{50} + 0,245 S_7 + 0,04 S_1$$

of

$$S_T = 0,25 S_0 + 0,465 S_{0,6} + 0,245 S_{1,6} + 0,04 S_{2,6}$$

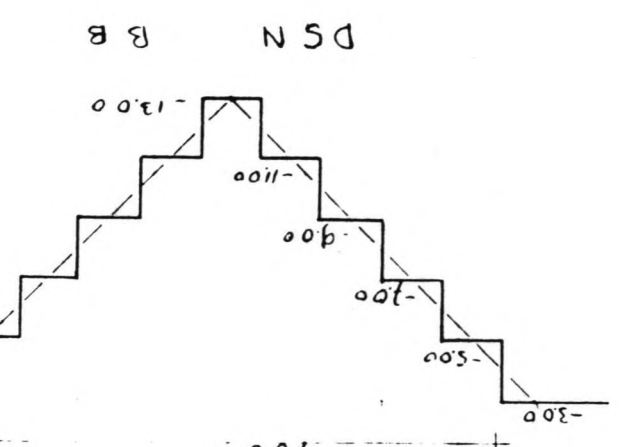
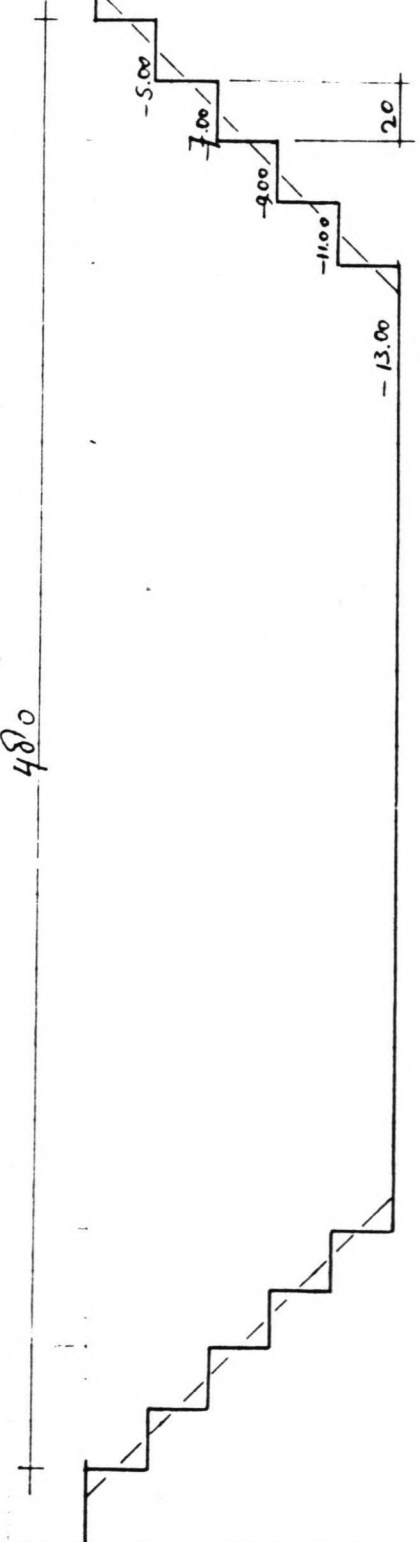
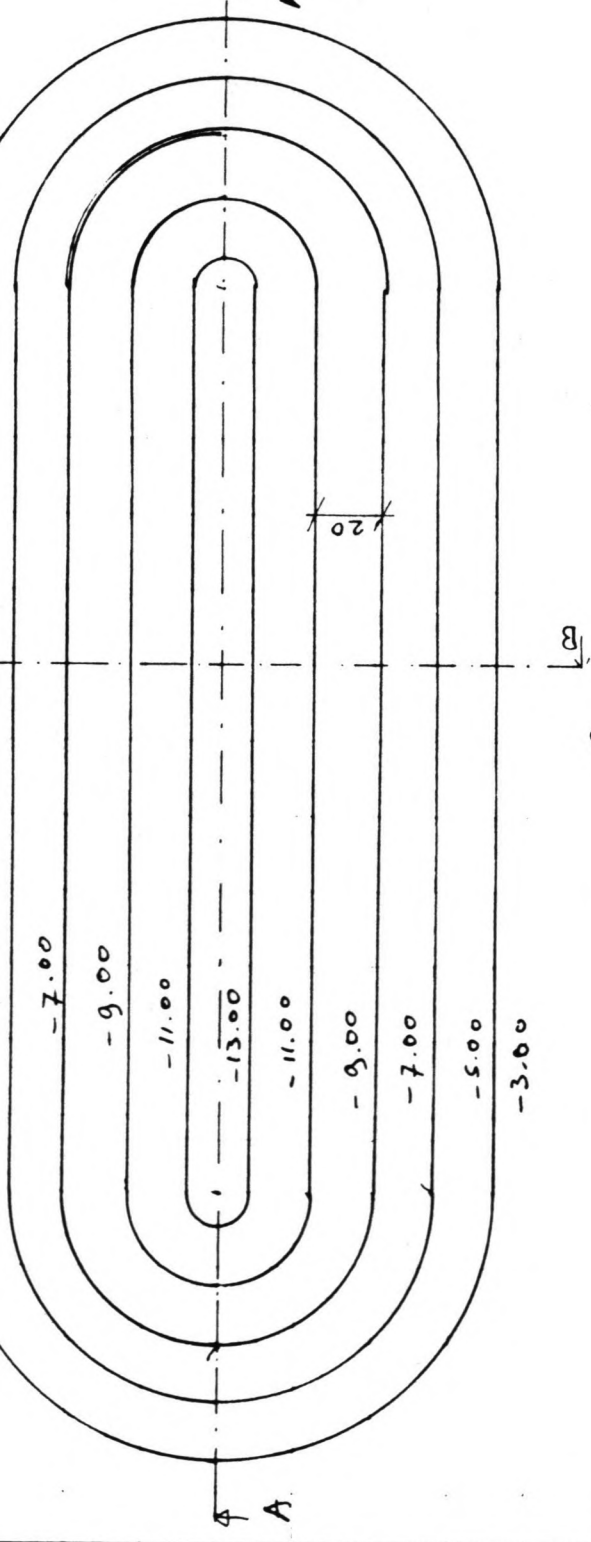
Afleiding voor de berekening van het gemiddeld jaartransport S_T

Figuur B19



Gemiddeld jaarlijks zandtransport bij eb en vloed als functie van de golfhoogte en de overschrijdingsfrequentie

Figuur B20



PSN AA

Geschematiseerde winput

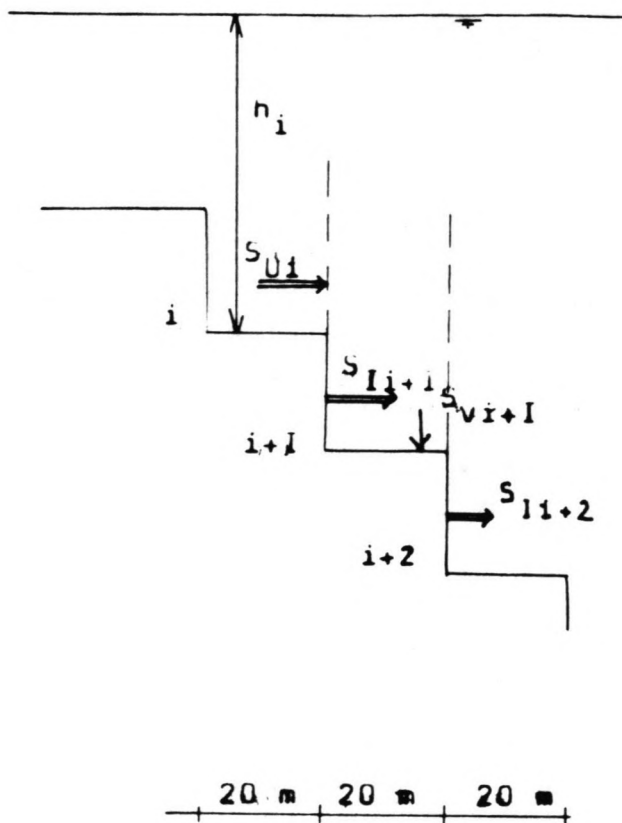
Schaal horizontaal 1:2500

Schaal verticaal 1:250

Figuur B21

Peilen in m t.o.v. NAP
maten in m

480



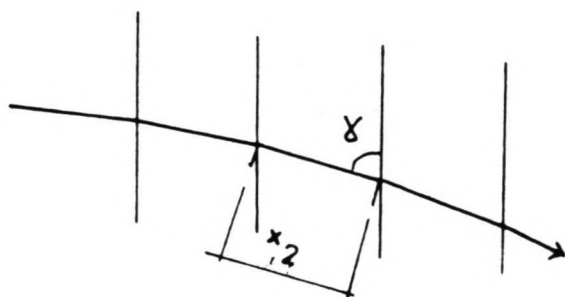
$$S_{U1} = S_{I1+1}$$

$$S_{I1+1} = S_{V1+1} + S_{U1+1}$$

S_U = uitgaand transport

S_I = inkomend transport

S_V = geaccumuleerde
aanzanding



$$x_2 = \frac{20 \text{ m}}{\sin \gamma}$$

x_2 = lengte van de
traprede onder
de stroomlijn

→ stroomlijn

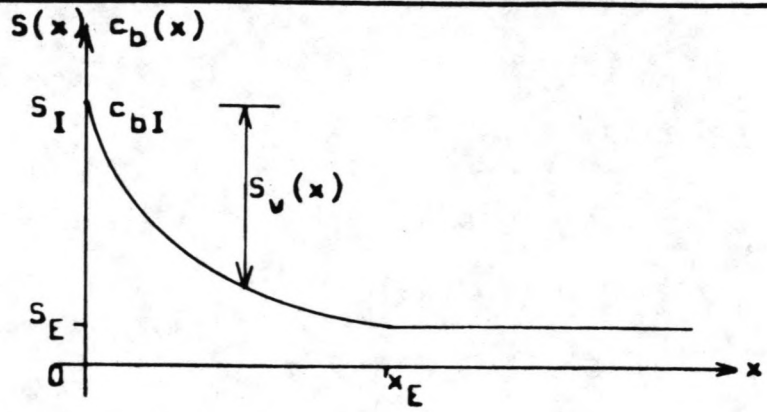
Definitie schets in- en uitgaand transport per traprede
en de lengte van de trede onder een stroomlijn

Figuur B22

$$h_{i-1} < h_i \Rightarrow \alpha > 0$$

$$c_{bIi} > c_{bEi}$$

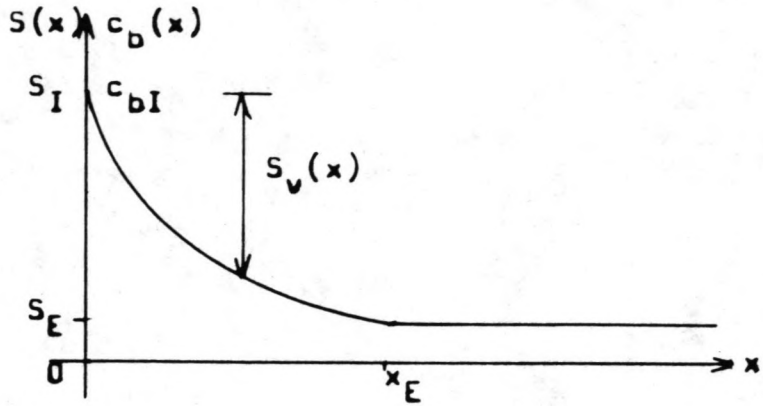
$$k = +1$$



$$h_{i-1} > h_i \Rightarrow \alpha < 0$$

$$c_{bIi} > c_{bEi}$$

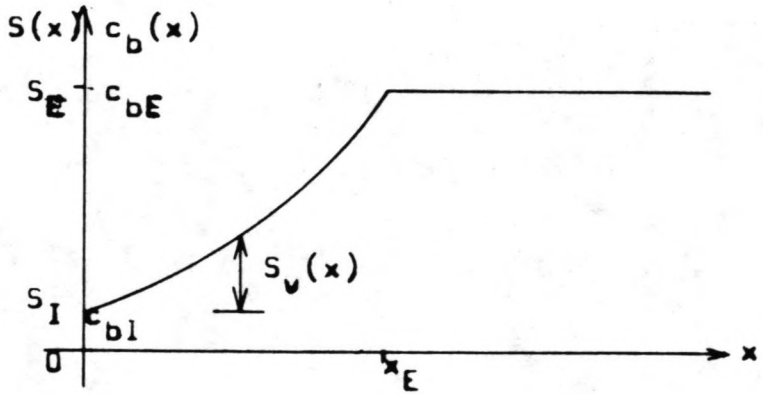
$$k = -1$$



$$h_{i-1} > h_i \Rightarrow \alpha < 0$$

$$c_{bIi} < c_{bEi}$$

$$k = +1$$



voor $0 < x < x_E$: $c_D(x) = c_{bI} \exp(-k\alpha x)$

$$S(x) = S_I \exp(-k\alpha x)$$

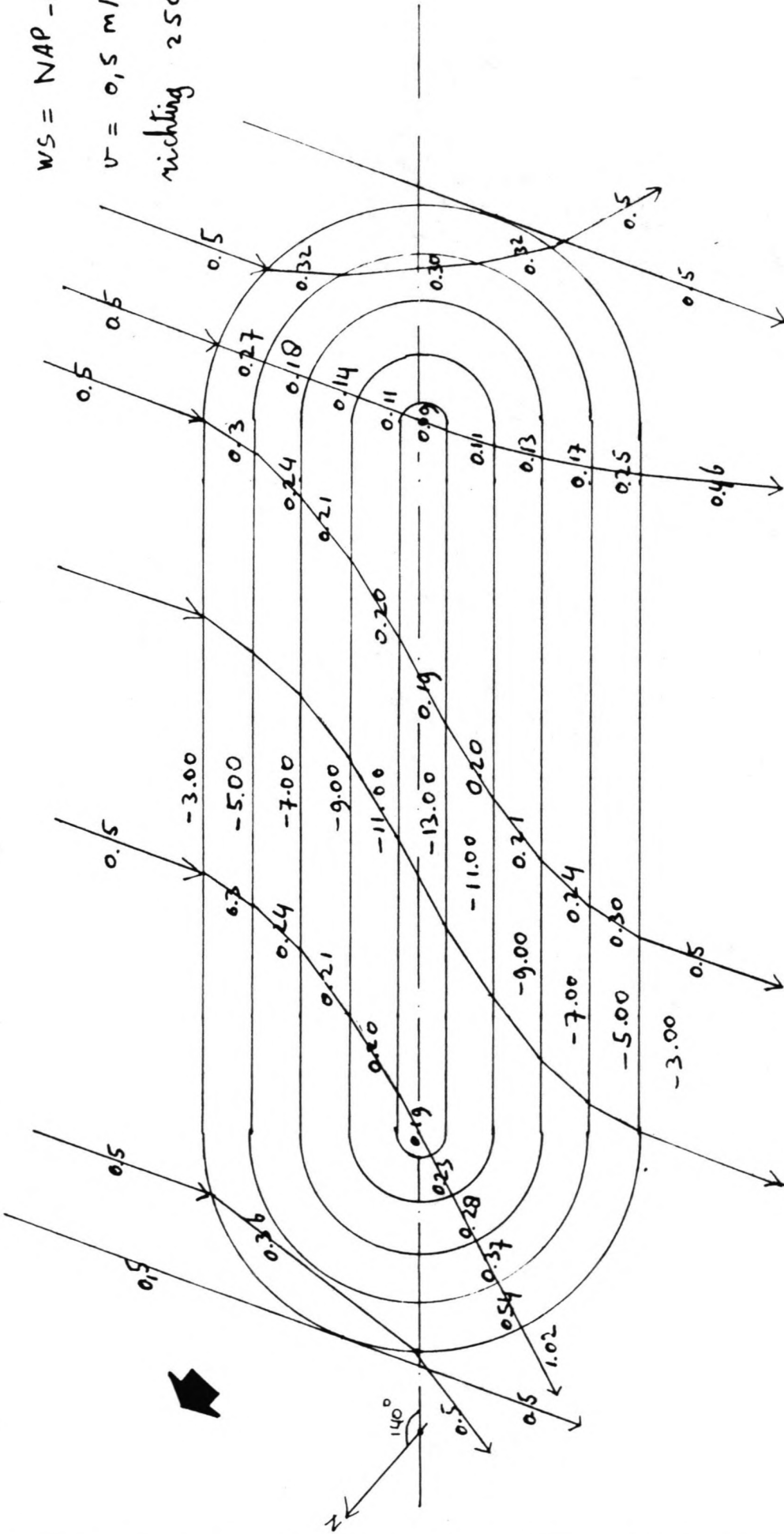
$$S_V(x) = S_I - S(x)$$

voor $x \geq x_E$; $c_D(x) = c_{bE}$

$$S(x) = S_E$$

$$S_V(x) = S_I - S_E$$

$WS = NAP - 0,7m$
 $v = 0,5 m/s$
 richting 250°



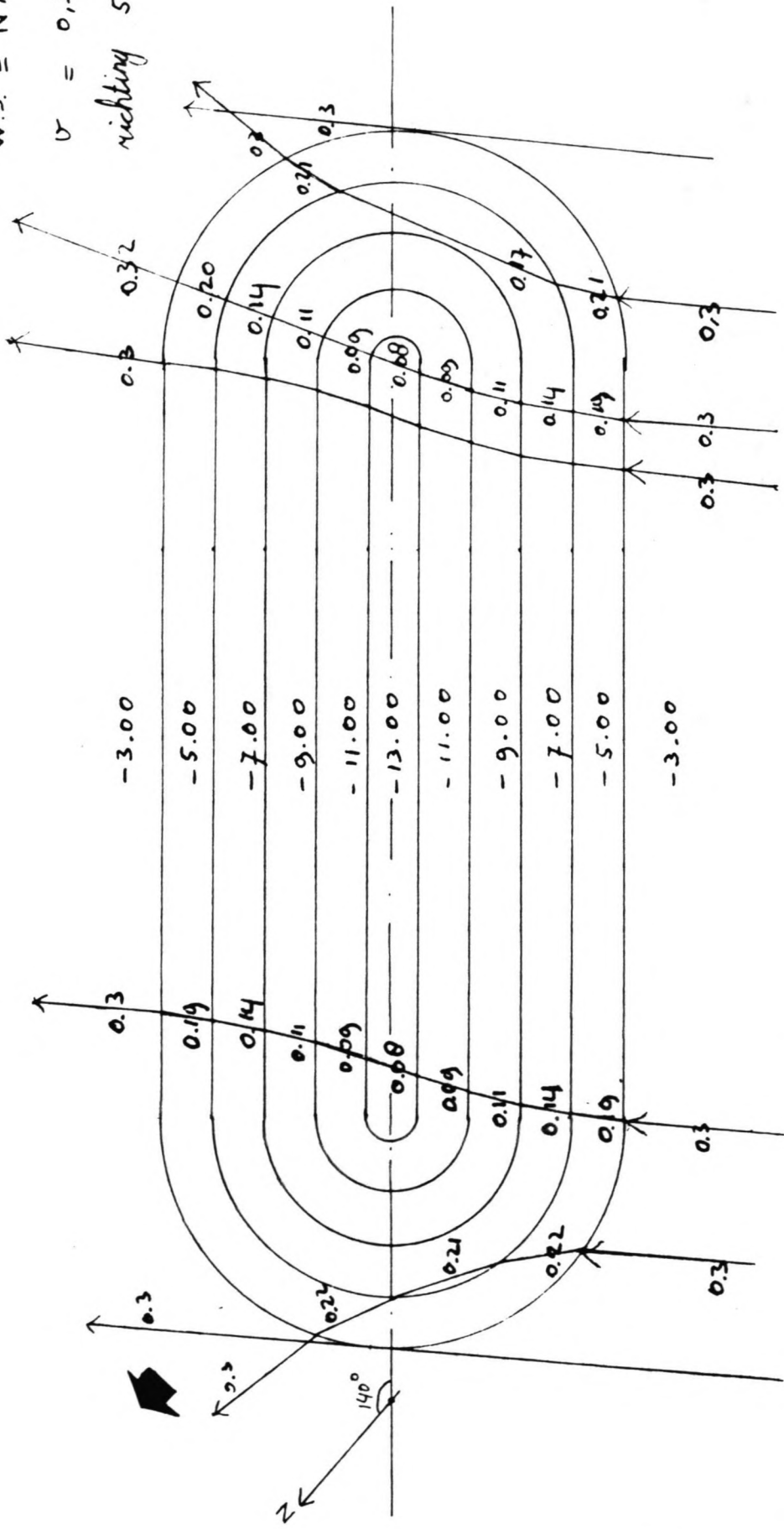
Peilen in m t.o.v. NAP
 stroomsnelheden in m/s
 —————> stroomlijn

Stroombeeld in de winput met de lantaars onder een hoek van 140° met het noorden en een waterstand van NAP $-0.7m$

Schaal 1:2500

Figuur B24

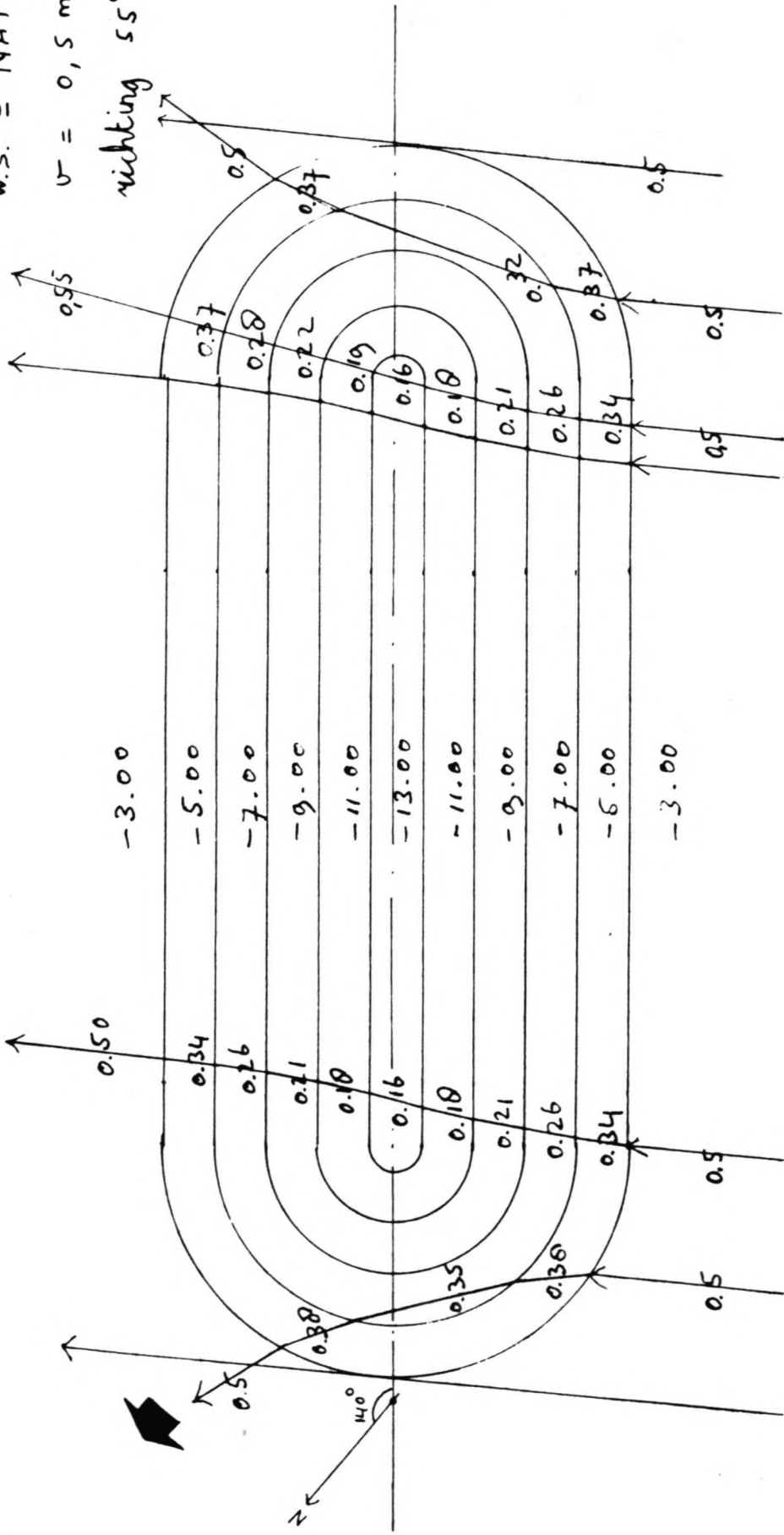
W.S. = NAP + 0,4 m
 v = 0,3 m/s
 richting 55°



Peilen in m t.o.v. NAP
 stroomsnelheden in m/s
 → stroomlijn

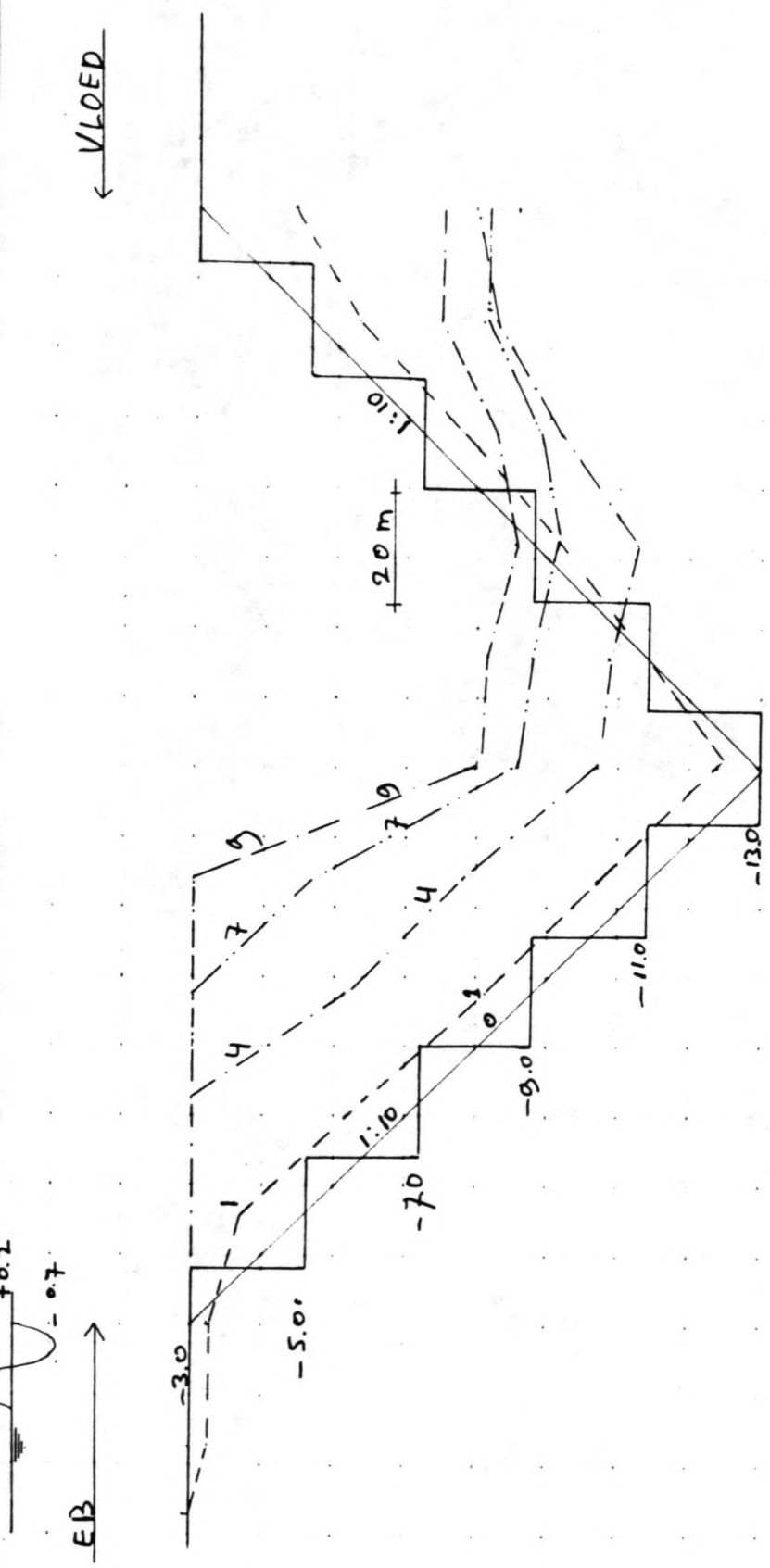
Stroombeeld in de winput met de lengteas onder een hoek van 140° met het noorden en een waterstarc van NAP + 0.4 m
 Schaal 1:2500
 Figuur B25

w.s. = NAP + 1,1m
 $v = 0,5 \text{ m/s}$
richting 55°



Peilen in m t.o.v. NAP
stroomsnelheden in m/s
→ stroomlijn

Stroombeeld in de winput met de lengteas onder een hoek van 140° met het noorden en een waterstand van NAP + 1.1m
Schaal 1:2500
Figuur B26



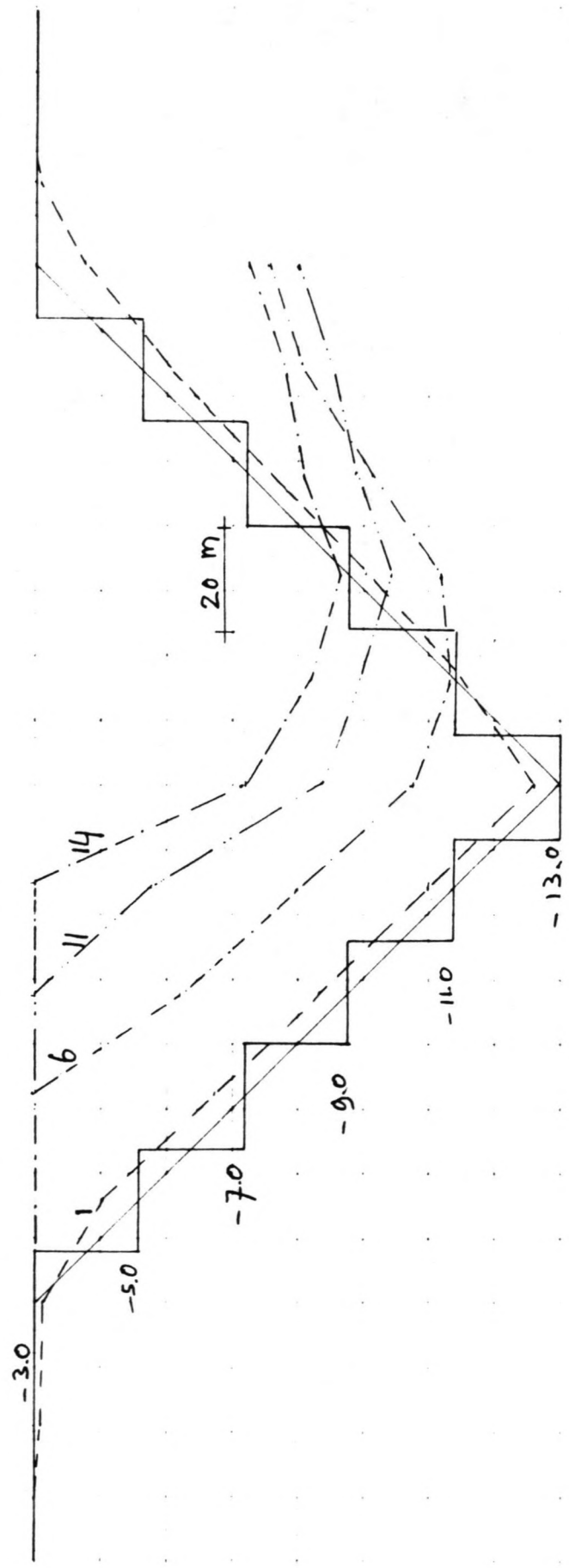
SITUATIE	BIJ AANVANG	PEILEN T.O.V. N.A.P.
—	SITUATIE BIJ AANVANG	
- - -	SITUATIE NA 1 WEEK	
- · - · -	" " " "	4
- · - · -	" " " "	7
- · - · -	" " " "	9

Verloop van de aanzanding van de winput
voor $r = 0.03$ m
Figuur B27



EB →

← VLOED



PEILEN T.O.V. N.A.P.

— SITUATIE BIJ AANVANG

- - - SITUATIE NA 4 WEEK

- - - " " 6 "

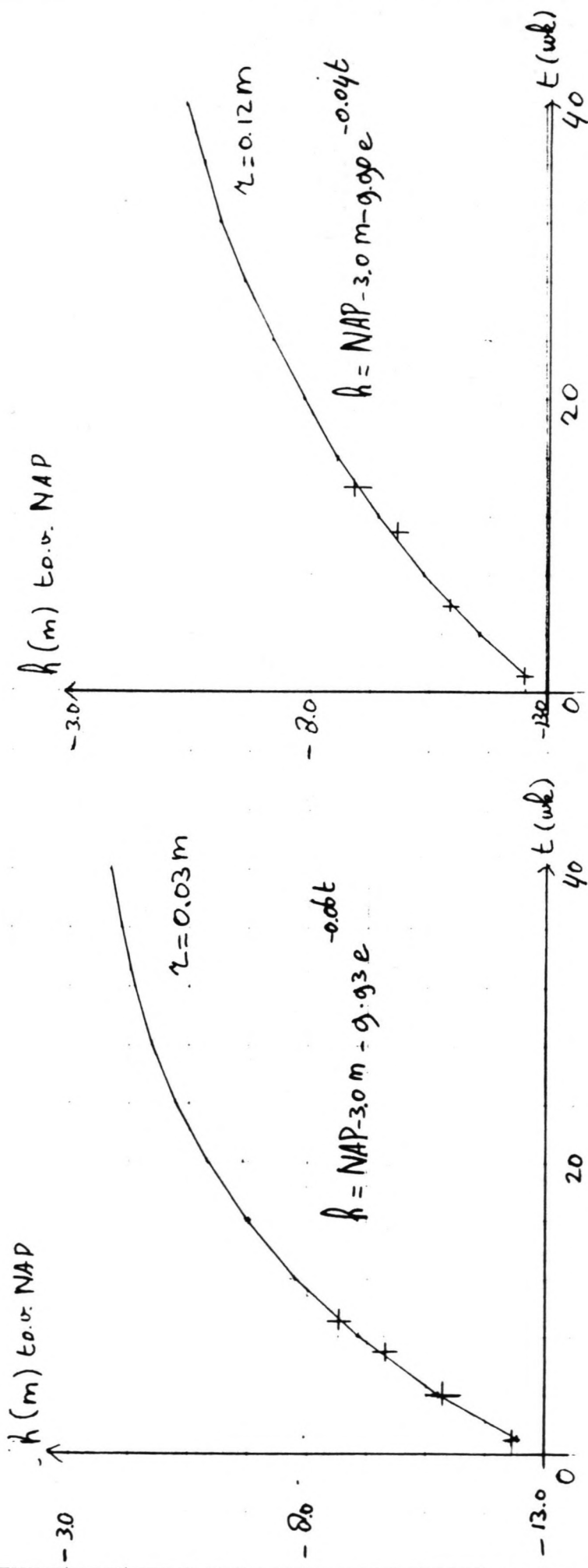
- - - " " 11 "

- - - " " 14 "

Verloop van de aanzanding van de winput

voor $r = 0.12$ m

Figuur B28



$t \text{ (wk)}$	$h \text{ (m) to NAP}$
1	12.53
4	10.85
7	9.44
10.85	8.69
14	8.85

Verhoging van het diepste punt van de winput in de tijd **Figuur B29**

LIJST VAN TABELLEN

- Tabel I : ii Berekening $\frac{C_1}{C_2}$ als functie van de waterdiepte h.
- II : iv Tabel voor het berekenen van golfparameters.
- II : v : a Verloop golfhoogte en golfopzet in raai 16.50, golfrichting N.
- II : v : b Verloop golfhoogte raai 16.50, golfrichting NW.
- II : v : c Verloop golfhoogte raai 15.01, golfrichting NW.
- II : vi : a H_{rms} en $H_{s,0}$ als functie van γ en α .
- II : vi : b $H_{rms,gl}$ en $H_{s,0}$ als functie van T en γ .
- II : vi : c $H_{s,0}$ voor verschillende raaien en golfrichtingen.
- II : vi : d De rekenwaarde voor $H_{s,0}$ voor verschillende startwaarden van $H_{rms,0}$ en .
- III : v : a Verloop golfopzet raai 16.50, golfrichting NW.
- III : v : b Verloop golfopzet raai 15.01, golfrichting NW:
- V : iii : a Berekening $\sum r_i \frac{dr_i}{da}$.
- V : iii : b Berekening $\sum r_i \frac{dr_i}{db}$.
- V : iv Berekening $\sum r_i^2$ en $\sum r_i$.
- VI : iii Berekening langstransportverschillen tijdens stormvloed.
- VII : ii : a Boorbeschrijving S6-4.
- VII : ii : b Boorbeschrijving S6-5.
- IX : ii Boorbeschrijving.
- IX : iii Gemeten ~~hellingen~~ hellingen in de winputten van de Roggenplaat.
- X : iii Afmetingen van een winput met een inhoud van 10^6 m^3 .
- XI : ii : a Berekening λ , a_b en u_b .
- XI : ii : b Invoergegevens Bijkerformule.
- XI : iii : a Berekening A, C, C', μ , τ_c .
- XI : iii : b Berekening f_w , ξ , z_* voor $r = 0,03 \text{ m}$.
- XI : iii : c Idem voor $r = 0,12 \text{ m}$.
- XI : iii : d Berekening W, S_b voor $r = 0,03 \text{ m}$.
- XI : iii : e Idem voor $r = 0,12 \text{ m}$.
- XI : iii : f Tabel voor de berekening van $\frac{S_s}{S_b}$.

- Tabel XI:iii:g Berekening $\frac{S_s}{S_b}$, S_s en S_t voor $r = 0,03$ m.
- XI:iii:h Idem voor $r = 0,12$ m.
- XI:iii:k Berekening gemiddeld getij- en jaartransport voor $r = 0,03$ m, per golfhoogte.
- XI:iii:l Idem voor $r = 0,12$ m.
- XI:iii:m Berekening totaal gemiddeld jaartransport.
- XII:iii:a Berekening f_w , ξ , τ_c , W , S_b en c_b voor $r = 0,12$ m en w.s. = NAP +1,1 m.
- XII:iii:b Berekening X_2 en ϵ voor $r = 0,03$ m en $0,12$ m en w.s. = NAP +1,1 m.
- XII:iii:c Berekening α voor $r = 0,03$ m en $0,12$ m, golfhoogte $H = 0$ m en $0,6$ m en w.s. = NAP +1,1 m.
- XII:iii:d Berekening X_E en dh voor $H = 0,6$ m en w.s. = NAP +1,1 m.
- XII:iii:e Berekening van totale aanzanding of erosie per trede bij eb en vloed tesamen.
- XII:iii:f Berekening X_{E_t} aan de benedenstroomse zijde van de winput bij eb en vloed.
- XII:iii:g Berekening erosie aan de benedenstroomse zijde van de winput.
- XII:iii:h Berekening van de relatieve fout in de aanzanding.

Tabel I:ii

Berekening $\frac{c_1}{c_2}$

$$T = 12 \text{ s}$$

$$w.s. = \text{NAP} + 5,60 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$L_0 = 1,56 T^2 \approx 225 \text{ m}$$

$$c = \sqrt{\frac{g L}{2\pi} \tanh kh}$$

$$h = \frac{2\pi}{L}$$

d (t.o.v. NAP)	h (m)	L (m)	c (m/s)	c_1/c_2
-9,00	14,60	134	11,2	1,03
-8,00	13,60	131	10,9	1,04
-7,00	12,60	126	10,5	1,04
-6,00	11,60	122	10,1	1,05
-5,00	10,60	116	9,7	1,05
-4,00	9,60	111	9,3	1,05
-3,00	8,60	106	8,8	1,06
-2,00	7,60	100	8,3	1,07
-1,00	6,60	94	7,8	1,08
0,00	5,60	87	7,2	

HOW TO CALCULATE SINUSOIDAL WAVES

1 LOCAL PARAMETERS

GIVEN: h and T DETERMINE: L , c
 Calculate $L_0 = \frac{g}{2\pi} T^2$
 (= 1.561 T^2 in SI-units)
 Calculate $\frac{h}{L_0}$ Find $\tanh kh$ from Table 4
 Determine $L = L_0 \tanh kh$ (check*)
 Determine $c = L/T$
 (Given values of h and L : Find h/L_0 from h/L in Table 4 and hence T)

2 SWOILING

GIVEN: H_0 and T (or L_0) at water depth h_0
 DETERMINE: H_b and L_b at water depth h_b
 Determine L_0 from (1)
 and H_0/L_0 from Table 4 and hence H_0
 Determine L_b from (1)
 and H_b/L_0 from Table 4 and hence H_b
 Check*

*Calculate: $U \in HL/h^3$
 If $U < 15$: Sinusoidal theory (ST) is applicable
 If $U > 15$ and $h/L_0 < 0.1$: Cnoidal theory (CT) will yield more reliable results
 If $U > 15$ and $h/L_0 > 0.1$: CT is meaningless and ST is unreliable

BASIC FORMULAE
 (lowest order expressions)

Quantity (SI-unit) General Expression Deep Water Shallow Water

L (Interval)	$0 < \frac{h}{L} < \infty$	$0.50 < \frac{h}{L} < \infty$	$0 < \frac{h}{L} < 0.050$
L_0 (Interval)	$0 < \frac{h}{L} < \infty$	$0.50 < \frac{h}{L} < \infty$	$0 < \frac{h}{L} < 0.105$
c (m/s)	$\sqrt{\frac{g L_0}{2\pi}} \tanh kh$	$\sqrt{\frac{g L_0}{2\pi}} \left(1 - \frac{3T}{L}\right)$	$\sqrt{\frac{g h}{2\pi}}$
C_g (m/s)	$\frac{1}{2} c (1 + C)$	$\frac{1}{2} c_0$	c
E (J/m ²)	$\frac{1}{8} \rho g H^2$	$\frac{1}{8} \rho g H_0^2$	$\frac{1}{8} \rho g H^2$
E_T (W/m)	$\frac{1}{16} \rho g H^2 c (1 + C)$	$\frac{1}{16} \rho g H_0^2 c_0$	$\frac{1}{8} \rho g H^2 c$
E_m (W/m)	$\frac{1}{16} \rho g H^2 (1 + C)$	$\frac{1}{16} \rho g H_0^2$	$\frac{1}{8} \rho g H^2$
E_p (W/m)	$\frac{1}{16} \rho g H^2 C$	0	$\frac{1}{96} \rho g H^2$
E_v (W/m)	$\frac{1}{16} \rho g H^2 (1 + 2C)$	$\frac{1}{16} \rho g H_0^2$	$\frac{1}{32} \rho g H^2$
G	$C \equiv \frac{2kh}{\sinh 2kh}$	0	1
Δh (m)	$\frac{H^2}{16h} G$	0	$\frac{H^2}{16h}$
P_{max} (W/m ²)	$P_{max} - \rho g z$	$\uparrow P_{max,0} - \rho g z$	$\rho \frac{z}{H} - \rho g z$
P_{max}^* (W/m ²)	$\rho \frac{H}{2} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \uparrow \rho \frac{H_0}{2} \exp(k_0 z)$	$\uparrow \rho \frac{H_0}{2} \exp(k_0 z)$	$\rho \frac{z}{H}$
u_{max} (m/s)	$\frac{H}{T} \frac{\cosh k(z+h)}{\sinh kh} \uparrow \frac{H_0}{T} \exp(k_0 z)$	$\uparrow \frac{H_0}{T} \exp(k_0 z)$	$\frac{H}{T} c$
v_{max} (m/s)	$\frac{H}{T} \frac{\sinh k(z+h)}{\sinh kh} \uparrow \frac{H_0}{T} \exp(k_0 z)$	$\uparrow \frac{H_0}{T} \exp(k_0 z)$	$\frac{H}{T} (1 + \frac{z}{H})$
α (m)	$-\frac{H}{2} \frac{\cosh k(z+h)}{\sinh kh} \uparrow \frac{H_0}{2} \exp(k_0 z)$	$\uparrow \frac{H_0}{2} \exp(k_0 z)$	$\frac{H}{2} \frac{L}{2\pi h}$
β (m)	$\frac{H}{2} \frac{\sinh k(z+h)}{\sinh kh} \uparrow \frac{H_0}{2} \exp(k_0 z)$	$\uparrow \frac{H_0}{2} \exp(k_0 z)$	$\frac{H}{2} (1 + \frac{z}{H})$

* Eqs. 20b-20d must not be used for $z < -h/2$

TABLE 4 SINUSOIDAL WAVE FUNCTIONS

$\frac{h}{L_0}$	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50																			
$\frac{h}{L}$	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50																			
$\frac{h}{L_0}$	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
$\frac{h}{L}$	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00

Table voor het berekenen van golfparameters
 Tabel II : iv

Tabel II:v:a

VERLOOP GOLFHOOGTE EN GOLFOFZET IN RAAI 16.500 (fig. B4)

Lodingen 1982

Richting golfstralen: Noord

$h_0 = 30 \text{ m}$

$H_{s,0} = 8,2 \text{ m}$

$T = 12 \text{ s}$

$H_{rms} = \frac{1}{2}\sqrt{2} H_{s,0} \approx 5,8 \text{ m}$

$\gamma = 0,8$

$L_0 = 1,56 T^2 \approx 225 \text{ m}$

i	dx (m)	h (m)	P (W/m)	H _m (m)	c _g (m/s)	H _{rms} (m)	$\left(\frac{H_{rms}}{H_m}\right)^2$	Q _b	D (W/m ²)	S _{xx} (J/m ²)	η (m)
0	750	30	475.605	18,6	11,2	5,8	0,098	0,4·10 ⁻⁴	2,9	42.944	0
1	750	29	473.420	18,1	11,2	5,8	0,102	0,6·10 ⁻⁴	4,1	42.789	0
2	1875	28	470.317	17,6	11,1	5,8	0,108	9,5·10 ⁻⁵	6,2	44.235	0
3	1875	25,5	458.702	16,4	10,9	5,8	0,1239	3,1·10 ⁻⁴	17,6	45.545	0
4	750	23,0	425.793	15,1	10,8	5,1	0,1369	6,8·10 ⁻⁴	32,6	44.139	+0,01
5	1125	22,0	401.314	14,6	10,7	5,4	0,1393	7,7·10 ⁻⁴	34,6	41.547	+0,02
6	750	20,5	362.444	13,8	10,6	5,2	0,1422	8,9·10 ⁻⁴	35,7	39.295	+0,03
7	750	19,5	335.685	13,3	10,5	5,0	0,1431	9,3·10 ⁻⁴	34,6	36.770	+0,04
8	1125	18,5	309.713	12,7	10,3	4,9	0,1476	1,2·10 ⁻³	40,7	35.800	+0,04
9	750	17,0	263.877	11,9	10,1	4,5	0,1461	1,1·10 ⁻³	32,8	30.574	+0,07
10	750	16,0	239.284	11,3	10,0	4,4	0,1484	1,2·10 ⁻³	32,3	29.881	+0,08
11	1125	15,0	215.092	10,7	9,8	4,2	0,1518	1,4·10 ⁻³	33,7	27.526	+0,09
12	750	13,5	177.133	9,7	9,5	3,8	0,1569	1,7·10 ⁻³	33,7	23.010	+0,12
13	750	12,5	151.880	9,1	9,28	3,6	0,1565	1,7·10 ⁻³	29,6	20.975	+0,14
14	750	11,5	129.654	8,3	9,07	3,4	0,1643	2,3·10 ⁻³	33,4	18.903	+0,15
15	750	10,5	104.638	7,7	8,75	3,1	0,1597	1,9·10 ⁻³	23,7	15.987	+0,18
16	50	9,5	86.853	7,1	8,55	2,8	0,1595	1,9·10 ⁻³	20,7	13.325	+0,20
17	25	8,5	85.845	6,3	8,08	2,9	0,2119	9,3·10 ⁻³	77,7	14.322	+0,19
18	25	8,0	83.902	6,0	7,85	2,9	0,2351	0,015	114	14.358	+0,19
19	50	7,5	81.060	5,6	7,79	2,9	0,2627	0,024	158	14.576	+0,19
20	50	7,5	73.138	5,6	7,79	2,7	0,2370	0,016	106	12.635	+0,21
21	100	7,5	67.857	5,6	7,79	2,6	0,2199	0,011	72,6	11.716	+0,23
22	150	7,5	60.595	5,6	7,79	2,5	0,1964	6,4·10 ⁻³	42,2	10.832	+0,24
23	60	7,5	54.258	5,6	7,79	2,3	0,1758	3,5·10 ⁻³	23,1	9.168	+0,26
24	60	8,0	52.872	6,0	7,85	2,3	0,1481	1,2·10 ⁻³	9,1	9.031	+0,26
25	360	8,5	52.326	6,3	8,08	2,3	0,1292	4,4·10 ⁻⁴	3,7	9.009	+0,26
26	150	11,5	51.003	8,3	9,07	2,1	0,0646	0	0	7.211	+0,28
27	150	10,5	51.003	7,7	8,75	2,1	0,0778	1,0·10 ⁻⁶	0	7.336	+0,28
28	300	9,5	51.001	7,1	8,55	2,2	0,0937	1,0·10 ⁻⁵	0,1	8.226	+0,27
29	150	7,5	50.969	5,6	7,79	2,3	0,1652	2,4·10 ⁻³	15,8	9.168	+0,26
30	75	6,5	48.592	4,9	7,28	2,3	0,2201	0,011	55,6	9.215	+0,26
31	75	6,0	44.422	4,6	7,02	2,2	0,2368	0,016	71,3	8.495	+0,27
32	75	5,5	39.077	4,2	6,81	2,1	0,2575	0,022	81,7	7.780	+0,29
33	75	5,0	32.950	3,8	6,60	2,0	0,2737	0,029	88,2	7.119	+0,30
34	2	4,5	26.339	3,5	6,23	1,8	0,2732	0,029	74,8	5.801	
35		4,0	26.189	3,1	5,90	1,9	0,3657	0,081			

Procedure stopt:

$Q_b = 8\% \approx 10\%$

Tabel II:v:b VERLOOP GOLFHOOGTE IN RAAI 16,500 (fig. B5)

Situatie 1992
Golfrichting: NW

$\gamma = 0,8$
 $\alpha = 1,0$

w.s. = NAP +5,60 m

h (m)	Handberekend				Computerberekend			
	H_m (m)	c_g (m/s)	H_{rms} (m)	$100 Q_b$	H_m (m)	c_g (m/s)	H_{rms} (m)	$100 Q_b$
30	18,6	11,2	5,8	0,004	18,546	11,171	5,798	0,00
29	18,1	11,2	5,8	0,006	18,096	11,139	5,798	0,01
28	17,6	11,1	5,8	0,010	17,636	11,104	5,796	0,01
25,5	16,4	10,9	5,8	0,030	16,435	10,981	5,758	0,03
23,0	15,1	10,8	5,7	0,100	15,166	10,812	5,642	0,07
20,5	13,8	10,6	5,5	0,180	13,582	10,583	5,353	0,16
19,5	13,3	10,5	5,3	0,190	13,031	10,472	5,112	0,19
18,5	12,7	10,3	5,1	0,230	12,474	10,348	4,930	0,21
16,0	11,3	10,0	4,6	0,240	11,029	9,981	4,534	0,27
13,5	9,7	9,50	4,1	0,380	9,516	9,510	3,988	0,34
12,5	9,1	9,28	3,8	0,350	8,893	9,288	3,756	0,38
11,5	8,3	9,07	3,6	0,480	8,261	9,043	3,516	0,41
10,5	7,7	8,75	3,3	0,420	7,616	8,771	3,269	0,45
9,5	7,1	8,55	3,0	0,400	6,961	8,472	3,015	0,50
8,5	6,3	8,08	2,8	0,700	6,298	8,140	2,753	0,52
7,5	5,6	7,79	2,4	0,490	5,606	7,600	2,525	0,79
7,0	5,3	7,57	2,4	0,950	5,273	7,563	2,514	1,39
6,5	4,9	7,28	2,5	2,0	4,922	7,341	2,493	2,47
6,0	4,6	7,02	2,4	3,3	4,641	7,163	2,476	3,34
6,5	4,9	7,28	2,0	0,32	4,922	7,341	2,220	1,05
7,5	5,6	7,79	1,9	0,016	5,606	7,600	2,127	0,10
12,5	9,1	9,28	1,7	0	8,893	9,288	1,955	0,00
7,5	5,6	7,79	1,9	0,012	5,606	7,600	2,104	0,89
7,0	5,3	7,57	1,9	0,038	5,273	7,563	2,097	1,70
6,0	4,6	7,02	2,0	0,41	4,641	7,163	2,041	4,22
5,0	3,8	6,60	2,0	2,9	3,193	6,653	1,920	7,81
4,5	3,5	6,23	2,0	5,2				
4,0	3,1	5,9	2,0	13,0				

Procedure stopt: $Q_b \approx 10\%$

Procedure stopt: $Q_b \approx 10\%$

Tabel II: v: c VERLOOP GOLFHOOGTE IN RAAI 15.01 (fig. B6)

Situatie 1982 $\gamma = 0,8$ w.s. = NAP +5,60 m
 Golfrichting: NW $\alpha = 1,0$

h (m)	Handberekend				Computerberekend			
	H_m (m)	c_g (m/s)	H_{rms} (m)	$100 Q_b$	H_m (m)	c_g (m/s)	H_{rms} (m)	$100 Q_b$
30	18,6	11,2	5,8	0,004	18,546	11,171	5,798	0,00
29	18,1	11,2	5,8	0,006	18,096	11,139	5,798	0,01
28	17,6	11,1	5,8	0,010	17,636	11,104	5,796	0,01
25,5	16,4	10,9	5,8	0,030	16,435	10,981	5,758	0,03
23,0	15,1	10,8	5,7	0,100	15,166	10,812	5,642	0,07
20,5	13,8	10,6	5,5	0,180	13,582	10,583	5,353	0,16
19,5	13,3	10,5	5,3	0,190	13,031	10,472	5,112	0,19
18,5	12,7	10,3	5,1	0,230	12,474	10,348	4,930	0,21
16,0	11,3	10,0	4,6	0,240	11,029	9,981	4,534	0,27
13,5	9,7	9,50	4,1	0,380	9,516	9,510	3,988	0,34
12,5	9,1	9,28	3,8	0,350	8,893	9,288	3,756	0,38
11,5	8,3	9,07	3,6	0,480	8,261	9,043	3,516	0,41
10,5	7,7	8,75	3,3	0,420	7,616	8,771	3,269	0,45
9,5	7,1	8,55	3,0	0,400	6,961	8,472	3,015	0,50
8,5	6,3	8,08	2,8	0,700	6,298	8,140	2,753	0,52
7,5	5,6	7,79	2,4	0,490	5,606	7,600	2,397	0,36
7,5	5,6	7,79	2,3	0,260	5,606	7,600	2,312	0,23
8,0	6,0	7,85	2,2	0,080	5,976	7,965	2,278	0,15
8,5	6,3	8,08	2,2	0,030	6,298	8,140	2,220	0,05
10,5	7,7	8,75	2,1	0,0	7,830	8,792	2,147	0,00
12,5	9,1	9,28	2,0	0,0	8,893	9,288	2,087	0,00
7,5	5,6	7,79	2,2	0,150	5,606	7,600	2,230	1,41
7,0	5,3	7,57	2,2	0,340	5,273	7,563	2,210	2,41
6,0	4,6	7,02	2,3	2,200	4,641	7,163	2,122	5,19
5,0	3,8	6,60	2,2	6,500	3,193	6,653	1,973	8,77
4,5	3,5	6,23	2,1	8,900				

Procedure stopt: $Q_b \approx 10\%$

Procedure stopt: $Q_b \approx 10\%$

Tabel II: vi: a H_{rms} en $H_{s,0}$ als functie van γ en α

Profiel 16.50 Situatie 1982		Golfrichting NW T = 12 s	
γ	α	H_{rms} (m)	$H_{s,0}$ (m)
0,8	1,0	1,7	2,4
0,5	1,0	1,1	1,5
0,8	0,5	1,9	2,7

Tabel II: vi: b $H_{rms,gl}$ en $H_{s,0}$ als functie van T en γ

Profiel 16.50 Situatie 1982		Golfrichting N $\alpha = 1,0$	
T (s)	γ	$H_{rms,gl}$ (m)	$H_{s,0}$ (m)
8	0,8	1,9	2,9
8	0,9	2,1	3,2
10	0,8	2,0	2,9
12	0,8	2,1	2,9

Tabel II: vi: c $H_{s,0}$ voor verschillende raaien en golfrichtingen

Situatie 1982		w.s. = NAP +5,60 m		
T = 12 s		$\alpha = 1,0$	$\gamma = 0,8$	
Profiel	golfrichting	bankhoogte (t.o.v. NAP)	h_b (m)	$H_{s,0}$
15.01	NW	-2,00	7,6	2,9
14.50	NW	-1,00	6,6	2,7
16.50	NW	-0,50	6,1	2,4
15.01	N	-1,00	6,6	2,7
16.50	N	-2,00	7,6	2,9

Tabel II: vi: d

Rekenwaarde voor $H_{s,0}$ voor verschillende
startwaarden van $H_{rms,0}$ en γ (fig. B7)

Profiel 16.50

Golfrichting N

Situatie 1982

$T = 12$ s

$\alpha = 1,0$

h (m)	$H_{rms,0}$ (m)	γ	$H_{s,0}$ (m)
30	5,8	0,8	2,9
30	2,1	0,8	2,9
30	2,1	0,6	2,4

Tabel III:v:a VERLOOP GOLFOFZET IN RAAI 16.500

Situatie 1982 w. s. = NAP +5,60 m
 Golfrioting: NW

h(m)	Handberekend		Computerberekend	
	H _{rms} (m)	η (m)	H _{rms} (m)	η (m)
30	5,8	0,00	5,798	0,000
29	5,8	0,00	5,798	-0,002
28	5,8	0,00	5,796	-0,004
25,5	5,8	0,00	5,758	-0,008
23,0	5,7	0,00	5,642	-0,010
20,5	5,5	0,01	5,353	-0,005
19,5	5,3	0,02	5,112	0,000
18,5	5,1	0,03	4,930	+0,005
16,0	4,6	0,06	4,534	+0,025
13,5	4,1	0,10	3,988	+0,050
12,5	3,8	0,13	3,756	+0,061
11,5	3,6	0,15	3,516	+0,074
10,5	3,3	0,18	3,269	+0,088
9,5	3,0	0,20	3,015	+0,097
8,5	2,8	0,22	2,753	+0,119
7,5	2,4	0,26	2,525	+0,134
7,0	2,4	0,26	2,514	+0,134
6,5	2,5	0,25	2,493	+0,135
6,0	2,4	0,24	2,476	+0,135
6,5	2,0	0,29	2,220	+0,152
7,5	1,9	0,30	2,127	+0,165
12,5	1,7	0,33	1,955	+0,177
7,5	1,9	0,32	2,104	+0,167
7,0	1,9	0,31	2,097	+0,166
6,0	2,0	0,31	2,041	+0,169
5,0	2,0	0,31	1,920	+0,179
4,5	2,0	0,31		
4,0	2,0	0,31		

Tabel III : v : b VERLOOP GOLFOPZET IN RAAI 15.01

Situatie 1982

w.s. = NAP +5,60 m

Golfrichting: NW

h (m)	Handberekend		Computerberekend	
	H _{rms} (m)	η (m)	H _{rms} (m)	η (m)
30	5,8	0,00	5,798	0,000
29	5,8	0,00	5,798	-0,002
28	5,8	0,00	5,796	-0,004
25,5	5,8	0,00	5,758	-0,008
23,0	5,7	0,00	5,642	-0,010
20,5	5,5	+0,01	5,353	-0,005
19,5	5,3	+0,02	5,112	0,000
18,5	5,1	+0,03	4,930	+0,005
16,0	4,6	+0,06	4,534	+0,025
13,5	4,1	+0,10	3,988	+0,050
12,5	3,8	+0,13	3,756	+0,061
11,5	3,6	+0,15	3,516	+0,074
10,5	3,3	+0,18	3,269	+0,088
9,5	3,0	+0,20	3,015	+0,097
8,5	2,8	+0,22	2,753	+0,119
7,5	2,4	+0,26	2,397	+0,143
7,5	2,3	+0,27	2,312	+0,149
8,0	2,2	+0,28	2,278	+0,151
8,5	2,2	+0,28	2,220	+0,154
10,5	2,1	+0,29	2,147	+0,162
12,5	2,0	+0,30	2,087	+0,165
7,5	2,2	+0,29	2,230	+0,154
7,0	2,2	+0,28	2,210	+0,155
6,0	2,3	+0,27	2,122	+0,166
5,0	2,2	+0,28	1,973	+0,172
4,5	2,1	+0,29		

Tabel V:iii:a Berekening $\sum r_i \frac{dr_i}{da}$

i	t (jr)	r_i (m)	$\frac{dr_i}{da}$ (jr)	$r_i \frac{dr_i}{da}$ (mjr)
1	'77	$420 - 77a - b$	-77	$-77(420 - 77a - b)$
2	'78	$440 - 78a - b$	-78	$-78(440 - 78a - b)$
3	'79	$445 - 79a - b$	-79	$-79(445 - 79a - b)$
4	'80	$420 - 80a - b$	-80	$-80(420 - 80a - b)$
5	'81	$420 - 81a - b$	-81	$-81(420 - 81a - b)$
6	'82	$460 - 82a - b$	-82	$-82(460 - 82a - b)$
7	'83	$450 - 83a - b$	-83	$-83(450 - 83a - b)$

$$\sum r_i \frac{dr_i}{da} = -244.505 + 44.828 a + 560 b$$

Tabel V:iii:b Berekening $\sum r_i \frac{dr_i}{db}$

i	t (jr)	r_i (m)	$\frac{dr_i}{db}$ (jr)	$r_i \frac{dr_i}{db}$ (mjr)
1	'77	$420 - 77a - b$	-1	$-420 + 77a + b$
2	'78	$440 - 78a - b$	-1	$-440 + 78a + b$
3	'79	$445 - 79a - b$	-1	$-445 + 79a + b$
4	'80	$420 - 80a - b$	-1	$-420 + 80a + b$
5	'81	$420 - 81a - b$	-1	$-420 + 81a + b$
6	'82	$460 - 82a - b$	-1	$-460 + 82a + b$
7	'83	$450 - 83a - b$	-1	$-450 + 83a + b$

$$\sum r_i \frac{dr_i}{db} = -3055 + 560a + 7b$$

Tabel V:iv

Berekening $\sum r_i^2$ en $\sum r_i$

i	t (jr)	r_i (m)	r_i^2 (m ²)	r_i (m)
1	'77	- 4,75	22,6	3,8
2	'78	11,5	132,3	3,5
3	'79	12,8	163,8	4,2
4	'80	16,0	256	4,7
5	'81	19,8	392	5,2
6	'82	16,5	272,3	2,2
7	'83	2,75	<u>7,6</u>	<u>4,1</u>

$$\sum r_i^2 = 1246,6 \quad \sum r_i = 27,7$$

Tabel VI:iii

BEREKENING LANGSTRANSPORTVERSCHILLEN TIJDENS
STORMVLOED

w.s. = NAP +5,60 m

T = 12 s

Raainr.	14.50	15.01	15.50	16.50
bankhoogte (t.o.v. NAP)	-	-1,00	-2,00	-2,00
geuldiepte (t.o.v. NAP)	-	-3,50	-4,00	-6,00
$H_{rms,gl}$ (m)		2,00	2,20	2,10
$H_{s,0}$ (m)	8,2	2,7	3,0	2,9
h_{br} (m)	10,3	3,4	3,8	3,6
c_{br} (m)	9,55	5,66	5,98	5,87
φ_0 (graden)	26	37	50	89
S (m^3)	63.800	5000	5120	220
ΔS (m^3)		+58.800	-120	+4900
h.o.h. raaien (m)	480	450	770	
G (m^3/m)			-0,27	
kromming kustlijn	3	15	27	

$$S = 252 H_{s,0}^2 \cdot c_{br} \cdot \cos \varphi_0 \cdot \sin \varphi_0$$

DIEPTE ONDERKA LAAG IN M :	KLEURCODE	GRONDSOORT	GESCHAT	
			GRENZEN	GEM. DIAM.
14, 30-	C	zand, enkele laagjes klei en een schelp	75-125	100
14, 40-		kleihoudend zand	60-105	90
14, 74-		zand, zeer veel laagjes klei en enkele sporen veen	60-105	70
15, 00-		leeg		
16, 18-		sterk kleihoudend zand, laagjes zuiver zand en enkele schelpen	60-105	70
17, 08-		slibhoudend zand, stukjes klei en enkele schelpen	75-125	70
17, 12-		leeg		
17, 35-		slibhoudend zand, stukjes klei en schelpen	75-125	70
17, 77-		slibhoudend zand, stukjes klei en enkele schelpen	75-125	90
17, 80-		leeg		
17, 16-		slibhoudend zand, stukjes klei, laagjes klei en weinig schelpenresten	75-125	70
19, 20-		leeg		
19, 56-	B	weinig slibhoudend zand, stukjes klei en schelpen	150-250	200
19, 65-	C	zand	150-250	200
19, 85-	BC	zand, enkele stukjes klei en veel schelpenresten	150-250	200
19, 90-		leeg		
20, 18-	C	zand	150-250-	200
20, 26-		leeg		
20, 71-	C	zand met enkele stukjes schelp	150-250	200

MW / BODEM-4,85 m-N.A.P

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

BORINGEN NOORDZEE	X--114.200	Y--38.300		
BOORBESCHRIJVING: 42E 1-1			A ₁	BILLAGE B26WAB3 CO-16456 28

DIEPTE ONDERKA LAAG IN M :	KLEURCODE	GRONDSOORT	GESCHAT	
			GRENZEN	GEM. DIAM.
5, 17-	C	zand met weinig stukjes schelp	125-210	175
5, 22-		leeg		
7, 57-	C	zand met weinig schelpenresten	125-210	175
8, 32-	C	zand met enkele stukjes klei	105-175	150
8, 35-		leeg		
8, 65-	C	zand, enkele stukjes klei en een spoor veen	105-175	150
9, 00-	C	zand	105-175	150
9, 20-	C	zand met enkele stukjes klei	105-175	125
9, 31-	C	zand, stukjes klei en enkele schelpen	105-175	125
9, 40-		leeg		
9, 75-	A	zand, laagjes klei, enkele schelpen en een spoor veen	105-175	125
10, 10-	A	zand met enkele stukjes klei	105-175	125
10, 12-		leeg		
11, 00-	A	zand, enkele laagjes klei, stukjes klei en enige schelpen	125-210	175
11, 30-	A	zand met enkele stukjes schelp	125-210	175
12, 00-	A	zand, zeer veel stukjes klei en op 11,80- schelpengruis	125-210	175
12, 37-	A	zand, laagjes klei en stukjes klei	175-350	250
12, 54-	A	zand	175-350	250
13, 00-	A	zand, zeer veel stukjes klei, laagjes klei, schelpenresten en weinig sporen	175-350	250
13, 13-	A	zand, weinig laagjes klei en veel schelpen	175-350	250
13, 28-		klei met laagjes zand		
13, 84-	A	zand, enkele stukjes klei en weinig schelpenresten	175-350	250

MW / BODEM-4,85 m-N.A.P

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

BORINGEN NOORDZEE	X--114.200	Y--38.300		
BOORBESCHRIJVING: 42E 1-1			A ₁	BILLAGE B26WAB3 CO-16456 27

X

LAAG IN DE ONDERZOEK	DIEPTE ONDERZOEK	KLEURCODE	GRONDSOORT	GRENZEN	GEM. DIAM.
20,74-			leeg	150-250	200
21,70-		C	zand met een stukje schelp	150-250	200
21,80-		C	zand met enkele stukjes klei	150-250	200
22,25-		C	zand	150-250	200
23,02-		C	zand met schelpenresten	150-250	200
23,06-			leeg		
23,24-		C	schalprijk zand	105-175	150
23,61-		C	zand, enkele laagjes slib, enkele sporen veen en enkele schelpen	105-175	150
23,74-			leeg		
24,00-		C	zand, enkele laagjes slib en een spoor veen	105-175	150
24,70-		C	zand met enkele laagjes slib	105-175	150
25,00-		C	zand	105-175	150
25,44-		C	zand met enkele bandjes slib	175-420	350
25,50-			leeg		
25,68-		C	zand	105-175	150
25,74-			veen		
25,81-		C	zand met een spoor veen	175-420	350

WY / BODEM- 4,85m-N.A.P.

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

BORINGEN NOORDZEE	X = 114.200	Y = 38.300	BUREAU B220W853
BOORBESCHRIJVING: 42E11	A ₁		CO-16456 29

DIEPTE IN m ±	NAP	GRONDSOORT	W. V. 51-49 m O.L. 3° 50' 48"	ZANDFRACTIE
		2,00 m	W. V. 51-49 m O.L. 3° 50' 48"	in µm geschat
4.00-				125-210-150
5.00-				125-210-150
5.22-				125-210-150
5.28-				75-125-100
5.39-				90-150-125
5.76-				90-150-125
5.77-				
5.87-				90-150-125
5.95-				
6.00-				90-150-125
6.21-				90-150-125
6.39-				90-150-125
6.48-				
6.80-				90-150-125
6.83-				
7.10-				90-150-125
7.18-				
7.90-				90-150-125
7.98-				105-175-150
8.00-				
9.00-				105-175-150
9.76-				105-175-150
10.33-				105-175-150
10.74-				105-175-150
10.86-				105-175-150

BODEM-3,33m-N.A.P. en enige sporen veen

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

BORINGEN NOORDZEE	X = 106.400	Y = 36.400	BUREAU B220W853
BORING : 36G 20-11 (36G 25-7)	A ₁		CO-16456 -31-

DIEPTE IN m ± NAP	GRONDSOORT	ZANDFRACTIE in µm geschat
17.00-	zand, zeer veel schelpen en schelpenresten	250-420-275
17.27-	zand, enkele laagjes klei en enige schelpen	250-420-275
18.00-	zand, schelpen en schelpenresten	250-420-350
19.00-	zand, enkele schelpen en enige sporen klei	125-250-175
20.48-	zand met verspreide sporen slib	125-250-175
22.00-	zand, zeer veel schelpen en schelpenresten	300-500-400
22.45-	zand, enkele sporen klei, weinig kleine schelpen en schelpenresten	175-350-250
22.66-	klei	
22.85-	zand, enige zeer dunne laagjes klei en enkele sporen veen	90-150-125
22.92-	veen	
23.12-	zand met enige sporen veen	150-250-210
23.20-	veen	
23.28-	leeg	
23.59-	zand, enkele laagjes klei en enige resten veen	150-250-210
23.62-	leeg	
25.05-	zand, enkele laagjes klei en enige sporen veen	150-250-210

BODEM = 3.33 m - NAP

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

BORINGEN NOORDZEE	X = 106400 Y = 36400	BUREAU B229W853
BORING : 36G 25-7	A,	CO-16456-33-

DIEPTE IN m ± NAP	GRONDSOORT	ZANDFRACTIE in µm geschat
10.99-	zand	150-250-210
11.00-	leeg	
11.34-	zand, weinig stukjes klei en enige sporen veen	175-350-250
11.42-	klei	
11.64-	zand, laagjes klei en enige sporen veen	175-350-250
11.86-	zand met een laagje klei	175-350-250
11.95-	klei met schelpen	
12.32-	zand met weinig stukjes klei	175-350-250
12.58-	iets slibhoudend zand, stukjes klei en enkele dunne laagjes veen	90-150-125
13.00-	zand, enige stukjes klei en enkele schelpen	175-350-250
13.18-	zand, dunne laagjes klei en stukjes klei	175-350-250
13.60-	zand, enkele stukjes klei en enige schelpenresten	175-350-250
13.76-	slibhoudend zand, laagjes veen en een schelpje	90-160-125
14.00-	zand, stukjes klei, schelpen en een stukje hout	250-420-350
14.32-	zand, enkele dunne laagjes klei, enige stukjes klei en enkele schelpen	250-420-350
15.00-	zand, enkele stukken schelp en enige sporen veen	125-210-175
15.68-	zand, sporen veen, sporen klei en een schelp	125-210-175
16.00-	zand met enkele stukken schelp	175-350-275
16.11-	zand, een schelp en enige stukjes klei	175-350-275
16.37-	klei, schelpen en enige insluitingen van zand	
16.61-	zand, grote stukken klei, schelpen, en	250-420-275

BODEM = 3.33 m - NAPen zeer grote schelp (7 cm.)

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

BORINGEN NOORDZEE	X = 106400 Y = 36400	BUREAU B229W853
BORING : 36G 25-7	A,	CO-16456-33-

GRONDSOORT.	ZANDFRAKTIE IN μm (geschat)
slibhoudend zand met sporen (geroerd)	60-210
leeg	50-175
zand met veel kleillaagjes (ongeroerd)	60-175
leeg	90-210
zand met kleisporen (geroerd)	90-210
zand (ongeroerd)	90-210
leeg	90-210
zand (geroerd)	90-210
zand (ongeroerd)	90-210
leeg	90-250
zand (geroerd)	90-250
leeg	60-350
slibhoudend zand en kleisporen en enkele schelpresten (geroerd)	90-210
zand en schelpresten (ongeroerd)	90-210
zand (ongeroerd)	90-210
slibhoudend zand met kleisporen en veel schelpresten	90-210
zand met enkele schelpresten	90-250
zand	90-250

GRONDSOORT.	ZANDFRAKTIE IN μm (geschat)
zand met 'n enkel kleispoor (ongeroerd)	90-250
leeg	90-250
zand (geroerd)	90-250
zand (ongeroerd)	90-250
leeg	90-250
zand (geroerd)	90-250
zand met enkele kleillaagjes (ongeroerd)	90-250
leeg	90-250
zand met enige kleistukjes (geroerd)	90-250
zand met kleillaagjes en veensporen (ongeroerd)	90-210
leeg	90-210
zand met enige kleisporen en slijbsjes (ongeroerd)	90-210
leeg	90-210
iets slijbhoudend zand (geroerd)	90-210
zand met slijbsjes en wat klei (ongeroerd)	90-210
leeg	90-210
slibhoudend zand en wat kleisporen (geroerd)	90-210
iets slijbhoudend zand (ongeroerd)	90-210
leeg	90-210
slibhoudend zand met kleisporen (geroerd)	90-210
leeg	90-210
zand met enige slijbsporen (ongeroerd)	90-210
leeg	90-210
zand, iets slijbhoudend (geroerd)	90-210
leeg	90-210

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT		
KABELBAAN OOSTERSCHIELDE	3,57	BIJLAGE
X = -113640	15	
Y = -53425	A ₁	CO-17684-5
BORING 42 G 6 - 9.		

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT		
KABELBAAN OOSTERSCHIELDE	3,57	BIJLAGE
X = -113640	15	
Y = -53425	A ₁	CO-17684-4
BORING 42 G 6 - 9.		

Tabel IX : iii GEMETEN HELLINGEN IN DE WINPUTTEN VAN DE ROGGENPLAAT (fig. B14)

Zuiger	Raainr.	Helling links	Helling rechts	Bodem bij aanvang (t.o.v.NAP)	Putdiepte na het werk (t.o.v.NAP)
Isala	126	1 : 11	1 : 6	-4,00	-15,70
	129	1 : 3	1 : 14	-4,50	-16,60
Mosa (L)	141	1 : 11	1 : 12	-4,00	-17,70
	144	1 : 16	1 : 7	-4,50	-18,60
Albis (R)	145,5	1 : 11	1 : 13	-6,00	-17,20
	135	1 : 20	1 : 15	-5,50	-15,90
	138	1 : 17	1 : 19	-6,50	-16,00
	139,5	1 : 20	1 : 18	-7,00	-15,10
	141	1 : 11	1 : 6	-6,50	-14,50
	142,5	1 : 7	1 : 7	-7,50	-16,70
	145,5	1 : 8	1 : 9	-8,00	-16,10

Gemiddelde waarde van de hellingen: 1 : 9

Standaardafwijking: 1 : 15

Tabel X: iii AFMETINGEN VAN EEN WINPUT MET EEN INHOUD VAN 10^6 m^3 (fig. B15)

w.s. = NAP zeebodem = NAP - 1,00 m

Bodem v.d. put (t.o.v. NAP)	h_1 (m)	h_2 (m)	α_1	α_2	L	B
- 11,00	5	5	1 : 5	1 : 5	2050	100
- 11,00	5	5	1 : 5	1 : 55	700	3 x 100
- 11,00	5	5	1 : 20	1 : 5	1320	250
- 11,00	5	5	1 : 20	1 : 5	750	2 x 250
- 11,00	5	5	1 : 20	1 : 20	700	400
- 11,00	5	5	1 : 50	1 : 20	870	700
- 8,00	5	2	1 : 50	1 : 50	700	700
- 21,00	10	10	1 : 5	1 : 5	600	200
- 21,00	10	10	1 : 20	1 : 5	640	500
- 21,00	5	15	1 : 20	1 : 5	650	350

Tabel XI: ii: a BEREKENING a_b , σ_b en λ (Stap 3)

h(m)	$\frac{h}{L_0}$	H (m)	λ (m)	a_b (m)	σ_b (m)
2,3	0,0506	0,7	24,3	0,555	0,646
		1,8		1,43	1,66
		1,8		1,43	1,66
3,4	0,0747	0,6	28,6	0,367	0,427
		1,7		1,04	1,21
		2,7		1,65	1,92
4,1	0,0901	0,6	31,1	0,324	0,377
		1,6		0,864	1,01
		2,6		1,40	1,63

$$L_0 = 45,5 \text{ m}$$

$$a_b = \frac{H}{2} \cdot \frac{1}{\sinh k h}$$

$$w = \frac{2\pi}{T}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\sigma_b = \frac{w H}{2} \cdot \frac{1}{\sinh k h}$$

$$T = 5,4 \text{ s}$$

Tabel XI: ii: b INVOERGEGEVENS BIJKERFORMULE

h(m)	H (m)	v (m/s)	richting	r (m)	h(m)	H (m)	v (m/s)	richting	r (m)
2,3	0	0,5	250°	0,03	2,3	0	0,5	250°	0,12
	0,7					0,7			
	1,8					1,8			
3,4	0	0,3	55°		3,4	0	0,3	55°	
	0,6					0,6			
	1,7					1,7			
4,1	0	0,5	250°		4,1	0	0,5	55°	
	0,6					0,6			
	1,6					1,6			
	2,6					2,6			

$$T = 5,4 \text{ s}$$

$$D_{50} = 175 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\rho_w = 1030 \text{ kg/m}^3$$

$$w_{D50} = 0,0191 \text{ m/s}$$

$$\Delta = 1,573$$

$$D_{90} = 210 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Tabel XI.iii.a

BEREKENING A, C, C', μ , τ_c

Stapnummer	7	7	7	10	12		
h (m)	r (m)	A	C (m ^{1/2} /s)	C' (m ^{1/2} /s)	μ	v (m/s)	τ_c (N/m ²)
2,3	0,03	0,0130	53,3	92,1	0,440	0,5	0,889
	0,12	0,0522	42,5		0,314		1,40
3,4	0,03	0,0088	56,4	95,2	0,456	0,3	0,286
	0,12	0,0353	45,6		0,332		0,437
4,1	0,03	0,0073	57,9	96,7	0,463	0,5	0,754
	0,12	0,0293	47,0		0,339		1,14

$$A = \frac{r}{h}$$

$$C = 18 \log \frac{12 h}{r}$$

$$C' = 18 \log \frac{12 h}{D_{90}}$$

$$\mu = \left(\frac{C}{C'} \right)^{3/2}$$

$$\tau_c = \rho_w g \left(\frac{v}{C} \right)^2$$

$$D_{90} = 210 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\rho_w = 1030 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Tabel XI: iii: b

BEREKENING f_w, ξ, z_* voor $r = 0,03$ m

Stapnummer		8			11			13		
h (m)	H (m)	a_b (m)	f_w	C ($m^{1/2}/s$)	ξ	q_b (m/s)	v (m/s)	τ_c (N/m^2)	z_*	
2,3	0	0	-	53,3	-	0	0,5	0,889	1,63	
	0,7	0,555	0,0489		2,66	0,646			0,688	
	1,8	1,43	0,0298		2,08	1,66			0,363	
	1,8	1,43	0,0298		2,08	1,66			0,363	
3,4	0	0	-	56,4	-	0	0,3	0,286	2,87	
	0,6	0,367	0,0627		3,19	0,427			0,853	
	1,7	1,04	0,0349		2,38	1,21			0,418	
	2,7	1,65	0,0278		2,13	1,92			0,296	
4,1	0	0	-	57,9	-	0	0,5	0,754	1,77	
	0,6	0,324	0,0678		3,40	0,377			0,852	
	1,6	0,864	0,0384		2,56	1,01			0,466	
	2,6	1,40	0,0301		2,27	1,63			0,332	

$$f_w = \exp \left[-5,977 + 5,213 \left(\frac{a_b}{r} \right)^{-0,194} \right] \quad \xi = \frac{1}{\alpha} \sqrt{\frac{f_w}{2}} \quad z_* = \frac{w \cdot \sqrt{\rho_w}}{\alpha \cdot \sqrt{\tau_c} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{q_b}{v} \right)^2 \right]}$$

$$\alpha = 0,4 \quad w = 0,0191 \text{ m/s} \quad \rho_w = 1030 \text{ kg/m}^3$$

Tabel XI: iii: c

BEREKENING f_w, ξ, z_* voor $r = 0,12$ m

Stapnummer		8			11			13		
h (m)	H (m)	a_b (m)	f_w	C ($m^{1/2}/s$)	ξ	q_b (m/s)	v (m/s)	τ_c (N/m^2)	z_*	
2,3	0	0	-	42,5	-	0	0,5	1,40	1,30	
	0,7	0,555	0,122		3,35	0,646			0,402	
	1,8	1,43	0,0637		2,42	1,66			0,224	
	1,8	1,43	0,0637		2,42	1,66			0,224	
3,4	0	0	-	45,6	-	0	0,3	0,437	2,32	
	0,6	0,367	0,169		4,23	0,427			0,531	
	1,7	1,04	0,0782		2,88	1,21			0,280	
	2,7	1,65	0,0583		2,49	1,92			0,205	
4,1	0	0	-	47,0	-	0	0,5	1,14	1,44	
	0,6	0,324	0,187		4,59	0,377			0,543	
	1,6	0,864	0,0887		3,16	1,01			0,311	
	2,6	1,40	0,0646		2,70	1,63			0,228	

$$f_w = \exp \left[-5,977 + 5,213 \left(\frac{a_b}{r} \right)^{-0,194} \right] \quad \xi = \frac{1}{\alpha} \sqrt{\frac{f_w}{2}} \quad z_* = \frac{w \cdot \sqrt{\rho_w}}{\alpha \cdot \sqrt{\tau_c} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{q_b}{v} \right)^2 \right]}$$

$$\alpha = 0,4 \quad w = 0,0191 \text{ m/s} \quad \rho_w = 1030 \text{ kg/m}^3$$

Tabel XI:iii:d

BEREKENING W, S_b voor $r = 0,03$ m

Stapnummer								14
h (m)	v (m/s)	C (m ² /s)	μ	H (m)	ξ	u_b (m/s)	W	S_b (10 ⁻⁶ m ² /s)
2,3	0,5	53,3	0,440	0	-	0	1	3,77
				0,7	2,66	0,646	6,91	19,5
				1,8	2,08	1,66	24,8	23,8
				1,8	2,08	1,66	24,8	23,8
3,4	0,3	56,4	0,456	0	-	0	1	0,0459
				0,6	3,19	0,427	11,3	8,75
				1,7	2,38	1,21	47,0	12,9
				2,7	2,13	1,92	93,5	13,7
4,1	0,5	57,9	0,463	0	-	0	1	2,75
				0,6	3,40	0,377	4,29	14,3
				1,6	2,56	1,01	14,4	20,4
				2,6	2,27	1,63	28,3	21,9

$$W = \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{u_b}{v} \right)^2 \right]$$

$$S_b = \frac{B D_{50} v \sqrt{g}}{C} \exp \frac{-0,27 D_{50} \Delta C^2}{\mu v^2 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{u_b}{v} \right)^2 \right]}$$

$B = 5$ $D_{50} = 175 \cdot 10^{-6}$ m
 $\Delta = 1,573$ $g = 9,81$ m/s²

Tabel XI:iii:e

BEREKENING W, S_b voor $r = 0,12$ m

Stapnummer								14
h (m)	v (m/s)	C (m ² /s)	μ	H (m)	ξ	u_b (m/s)	W	S_b (10 ⁻⁶ m ² /s)
2,3	0,5	42,5	0,314	0	-	0	1	5,83
				0,7	3,35	0,646	10,4	27,3
				1,8	2,42	1,66	33,3	30,6
				1,8	2,42	1,66	33,3	30,6
3,4	0,3	45,6	0,332	0	-	0	1	0,102
				0,6	4,23	0,427	19,1	13,8
				1,7	2,88	1,21	68,4	16,7
				2,7	2,49	1,92	128	17,3
4,1	0,5	47,0	0,339	0	-	0	1	4,2
				0,6	4,59	0,377	6,98	22,1
				1,6	3,16	1,01	21,4	26,6
				2,6	2,70	1,63	39,6	27,8

$$W = \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{u_b}{v} \right)^2 \right]$$

$$S_b = \frac{B D_{50} v \sqrt{g}}{C} \exp \frac{-0,27 D_{50} \Delta C^2}{\mu v^2 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{u_b}{v} \right)^2 \right]}$$

$B = 5$ $D_{50} = 175 \cdot 10^{-6}$ m
 $\Delta = 1,573$ $g = 9,81$ m/s²

Tabel III:iii:BEREKENING $\frac{S_s}{S_b}$, S_s en S_t voor $r = 0,03$ m

Stapnr.		15					16		17
h (m)	H (m)	v (m/s)	A (10^{-3})	z _a	$\frac{S_s}{S_b}$	$S_b (10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$	$S_s (10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$	$S_t (10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$	
2,3	0	0,5	13,0	1,63	2,51	2,77	9,47	13,2	
	0,7			0,688	18	19,5	351	371	
	1,8			0,363	55,7	23,8	1330	1350	
	1,8			0,363	55,7	23,8	1330	1350	
3,4	0	0,3	8,8	2,87	0,875	0,0459	0,0402	0,066	
	0,6			0,853	12,9	8,75	113	122	
	1,7			0,418	58,1	12,9	749	762	
	2,7			0,296	104	13,7	1420	1440	
4,1	0	0,5	7,3	1,77	2,32	2,75	6,37	9,12	
	0,6			0,852	14,2	14,3	203	217	
	1,6			0,466	58,8	20,4	1200	1220	
	2,6			0,332	107	21,9	2350	2370	

$$S_s = \frac{S_s}{S_b} S_b$$

$$S_t = S_b + S_s$$

$$A = \frac{r}{h}$$

Tabel III:iii:BEREKENING $\frac{S_s}{S_b}$, S_s en S_t voor $r = 0,12$ m

Stapnr.		15					16		17
h (m)	H (m)	v (m/s)	A (10^{-2})	z _a	$\frac{S_s}{S_b}$	$S_b (10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$	$S_s (10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$	$S_t (10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$	
2,3	0	0,5	52,2	1,30	2,77	5,83	16,2	22,0	
	0,7			0,402	13,8	27,3	376	403	
	1,8			0,224	22,3	30,6	682	713	
	1,8			0,224	22,3	30,6	682	713	
3,4	0	0,3	35,3	2,32	1,16	0,102	0,118	0,220	
	0,6			0,531	15,7	13,8	217	231	
	1,7			0,280	33,8	16,7	564	581	
	2,7			0,205	41,2	17,3	712	729	
4,1	0	0,5	29,3	1,44	2,77	4,2	11,6	15,8	
	0,6			0,543	17,2	22,1	379	401	
	1,6			0,311	35,7	26,6	950	977	
	2,6			0,228	45,5	27,8	1270	1290	

$$S_s = \frac{S_s}{S_b} S_b$$

$$S_t = S_b + S_s$$

$$A = \frac{r}{h}$$

Tabel XI:iii:k

Berekening GEMIDDELD GETIJTRANSPORT EN JAARTRANSPORT voor $r = 0,03 \text{ m}$

h (m)	v (m/s)	richting	$\frac{\text{uren}}{\text{getij}}$	H (m)	f (%)	$S_t (10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$	$S_t (10^{-3} \text{ m}^2/\text{g})$	$S_t (\text{m}^2/\text{jr})$
2,3	0,5	250°	5	0	100	13,2	238	166
				0,7	50	371	6.680	4.680
				1,8	7	1350	24.300	17.000
				1,8	1	1350	24.300	17.000
3,4	0,3	55°	1	0	100	0,086	0,310	0,217
				0,6	50	122	439	307
				1,7	7	762	2.740	1.920
				2,7	1	1440	5.180	3.630
4,1	0,5	55°	2	0	100	9,12	65,7	46,0
				0,6	50	217	1,560	1.090
				1,6	7	1220	8,780	6.150
				2,6	1	2370	17,100	11.900

f = overschrijdingskans voor H

Tabel XI:iii:l

Berekening GEMIDDELD GETIJTRANSPORT EN JAARTRANSPORT voor $r = 0,12 \text{ m}$

h (m)	v (m/s)	richting	$\frac{\text{uren}}{\text{getij}}$	H (m)	f (%)	$S_t (10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$	$S_t (10^{-3} \text{ m}^2/\text{g})$	$S_t (\text{m}^2/\text{jr})$
2,3	0,5	250°	5	0	100	22,0	396	277
				0,7	50	403	7.250	5.080
				1,8	7	713	12.800	8.980
				1,8	1	713	12.800	8.980
3,4	0,3	55°	1	0	100	0,220	0,799	0,560
				0,6	50	231	832	582
				1,7	7	581	2.090	1.460
				2,7	1	729	2.620	1.840
4,1	0,5	55°	2	0	100	15,8	114	79,6
				0,6	50	401	2.890	2.020
				1,6	7	977	7.030	4.920
				2,6	1	1290	9.290	6.500

f = overschrijdingskans voor H

Tabel XI: iii: m Berekening GEMIDDELD JAARTRANSPORT

VLOED	r (m)	S_{100} (m ² /jr)	S_{50} (m ² /jr)	S_7 (m ² /jr)	S_1 (m ² /jr)	S_t (m ² /jr)	richting
bijdrage 1	0,03	0,217	307	1.920	3.630		55°
bijdrage 2		46,0	1.090	6.150	11.900		
totaal		46,2	1.400	8.070	15.500	3.260	
EB		166	4.680	17.000	17.000	7.060	250°

VLOED	r (m)	S_{100} (m ² /jr)	S_{50} (m ² /jr)	S_7 (m ² /jr)	S_1 (m ² /jr)	S_t (m ² /jr)	richting
bijdrage 1	0,12	0,560	582	1.460	1.840		55°
bijdrage 2		79,6	2.020	4.920	6.500		
totaal		80,2	2.600	6.380	8.340	3.130	
EB		277	5.080	8.980	8.980	4.990	250°

$$S_t = 0,25 S_{100} + 0,465 S_{50} + 0,245 S_7 + 0,04 S_1$$

Tabel XII: in: a

BEREKENING: $t_w, \xi, \epsilon, W, S_b$ en c_b voor $r = 0,12$ m

h (m)	v (m/s)	H_0 (m)	θ_b (m)	θ_b (m/s)	μ	C (m ² /s)	t_w	ξ	ξ_c (N/m ²)	W	S_b (10 ⁻⁶ m ² /s)	c_b (10 ⁻³)	f (%)
4,1	0,5	0	-	47,0	0,339	47,0	-	-	1,14	1	4,2	0,166	100
		0,6	0,324	0,277	0,339	47,0	0,187	4,59		6,98	22,1	0,875	50
		1,6	0,864	1,01			0,0887	3,16		21,4	26,6	1,05	7
		2,6	1,40	1,63			0,0646	2,70		39,6	27,8	1,10	1
6,1	0,34	0	-	50,1	0,356	50,1	-	-	0,465	1	0,200	0,0124	100
		0,6	0,233	0,271			0,248	5,64		11,1	12,4	0,767	50
		1,6	0,622	0,723			0,112	3,79		32,4	16,2	1,00	7
		2,6	0,971	1,13			0,0819	3,24		58,9	17,2	1,06	1
8,1	0,26	0	-	52,4	0,368	52,4	-	-	0,249	1	0,004	0,0003	100
		0,6	0,178	0,207			0,317	6,66		15,1	7,89	0,667	50
		1,6	0,474	0,551			0,138	4,39		44,2	11,3	0,955	7
		2,6	0,740	0,861			0,0989	3,72		76,9	12,2	1,03	1
10,1	0,21	0	-	54,1	0,377	54,1	-	-	0,152	1	-	-	100
		0,6	0,136	0,158			0,411	7,83		18,4	5,22	0,565	50
		1,6	0,362	0,422			0,171	5,04		52,4	8,29	0,897	7
		2,6	0,589	0,685			0,117	4,17		93,6	9,25	1,00	1
12,1	0,18	0	-	55,5	0,384	55,5	-	-	0,106	1	-	-	100
		0,6	0,105	0,122			0,524	9,16		20,3	3,58	0,464	50
		1,6	0,280	0,326			0,211	5,76		55,4	6,38	0,827	7
		2,6	0,455	0,529			0,142	4,72		97,3	7,36	0,954	1
14,1	0,16	0	-	56,7	0,389	56,7	-	-	0,0805	1	-	-	100
		0,6	0,081	0,094			0,704	10,7		20,9	2,46	0,366	50
		1,6	0,216	0,252			0,266	6,60		55,0	5,00	0,743	7
		2,6	0,352	0,409			0,174	5,35		94,4	6,00	0,892	1

$$t_w = \exp \left[-5,977 + 5,213 \left(\frac{\theta_b}{r} \right)^{-0,194} \right] \cdot \xi \cdot C \cdot \sqrt{\frac{f_w}{2g}} \cdot \epsilon = \rho_w g \frac{v^2}{C^2}, \quad w = \left[1 + \xi \left(\frac{\theta_b}{r} \right)^2 \right] \cdot S_b = \frac{BD \sqrt{f_w} \cdot \exp \left[\frac{-0,27 \cdot DC^2}{v^2 \cdot W} \right] \cdot \Delta \cdot \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}, \quad c_b = \frac{S_b}{6,34 r \sqrt{f_w}}$$

$g = 9,81$ m/s², $\rho_w = 1030$ kg/m³, $B = 5$, $D = 175 \cdot 10^{-6}$ m, $\rho_s = 2650$ kg/m³

Tabel XII: iii: b

BEREKENING X_2 en ϵ

w. s. NAP + 1,1 m

voor $r = 0,03$ m en $r = 0,12$ m

h (m)	v (m/s)	γ	X_2 (cm)	H_0 (m)	I (%)	$r = 0,03$ m		$r = 0,12$ m	
						C (m ² /s)	ϵ	C (m ² /s)	ϵ
4,1	0,5	85°	20	0	100	57,9	1	47,0	1
				0,6	50	4,29	0,0368	6,98	0,0578
				1,6	7	14,4	0,0673	21,4	0,101
6,1	0,34	83°	20,2	2,6	1	28,3	1	39,6	1
				0	100	61,0	0,0170	50,1	0,0208
				0,6	50	6,07	0,0420	11,1	0,0691
8,1	0,26	81°	20,3	1,6	7	20,7	1	33,4	1
				2,6	1	38,8	0,106	58,9	0,159
				0	100	63,2	0,0167	52,4	0,0201
10,1	0,21	79°	20,4	0,6	50	7,56	1	15,1	1
				1,6	7	25,5	0,0843	44,2	0,134
				2,6	1	47,5	0,115	76,9	0,177
12,1	0,18	77°	20,5	0	100	64,9	1	54,1	1
				0,6	50	8,52	0,0478	18,4	0,0843
				1,6	7	28,4	0,0873	52,4	0,142
14,1	0,16	75°	20,7	2,6	1	55,0	1	93,6	1
				0	100	66,3	0,0165	55,5	0,0197
				0,6	50	8,78	0,0488	20,3	0,0886
16,1	0,14	73°	20,9	1,6	7	28,4	1	55,4	1
				2,6	1	54,2	0,121	97,3	0,194
				0	100	67,5	0,0168	56,7	0,0199
18,1	0,12	71°	21,1	0,6	50	8,49	1	20,9	1
				1,6	7	26,6	0,0864	55,0	0,148
				2,6	1	49,8	0,118	94,4	0,194

$$X_2 = \frac{20}{\sin \gamma} \epsilon \quad \epsilon = \frac{0,16 \cdot v \cdot h \cdot \sqrt{W \cdot g}}{C}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Tabel XII: iii:c

BEREKENING α VOOR $r = 0,03$ m en $r = 0,12$ m, $f = 100\%$, en 50% w.s., NAP + 1,1 m

h_1 (m)	h_2 (m)	v_2 (m/s)	$H = 0$ m, $f = 100\%$, $r = 0,03$ m				$H = 0$ m, $f = 100\%$, $r = 0,12$ m				$H = 1,6$ m, $f = 7\%$, $r = 0,03$ m				$H = 1,6$ m, $f = 7\%$, $r = 0,12$ m			
			ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	
4,1	6,1	0,34	0,0177	0,0170	14,4	0,0219	0,0208	11,9	0,0673	0,0775	2,42	0,101	0,120	1,44				
6,1	8,1	0,26	0,0170	0,0167	16,2	0,0208	0,0201	13,8	0,0775	0,0843	2,47	0,120	0,134	1,40				
8,1	10,1	0,21	0,0167	0,0164	17,7	0,0201	0,0197	14,8	0,0843	0,0873	2,80	0,134	0,142	1,56				
10,1	12,1	0,18	0,0164	0,0165	16,5	0,0197	0,0197	14,2	0,0873	0,0877	3,13	0,142	0,146	1,69				
12,1	14,1	0,16	0,0165	0,0168	15,0	0,0197	0,0199	13,2	0,0877	0,0864	3,45	0,146	0,148	1,74				
14,1	12,1	0,18	0,0168	0,0165	-20,3	0,0199	0,0197	-18,2	0,0864	0,0877	-5,00	0,148	0,146	-2,39				
12,1	10,1	0,21	0,0165	0,0164	-24,1	0,0197	0,0197	-20,9	0,0877	0,0873	-4,57	0,146	0,142	-2,36				
10,1	8,1	0,26	0,0164	0,0167	-28,8	0,0197	0,0201	-24,2	0,0873	0,0843	-4,09	0,142	0,134	-2,18				
8,1	6,1	0,34	0,0167	0,0170	-30,0	0,0201	0,0208	-26,5	0,0843	0,0775	-3,73	0,134	0,120	-2,01				
6,1	4,1	0,50	0,0170	0,0177	-35,1	0,0208	0,0219	-29,6	0,0775	0,0673	-4,09	0,120	0,101	-2,28				

h_1 (m)	h_2 (m)	v_2 (m/s)	$H = 0,6$ m, $f = 50\%$, $r = 0,03$ m				$H = 0,6$ m, $f = 50\%$, $r = 0,12$ m				$H = 2,6$ m, $f = 1\%$, $r = 0,03$ m				$H = 2,6$ m, $f = 1\%$, $r = 0,12$ m			
			ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	ϵ_1	ϵ_2	α (10^{-3})	
4,1	6,1	0,34	0,0368	0,0420	4,56	0,0578	0,0691	2,45	0,0944	0,106	1,87	0,138	0,159	1,18				
6,1	8,1	0,26	0,0420	0,0459	4,45	0,0691	0,0783	2,24	0,106	0,115	1,82	0,159	0,177	1,07				
8,1	10,1	0,21	0,0459	0,0478	5,00	0,0783	0,0843	2,43	0,115	0,122	1,81	0,177	0,190	1,10				
10,1	12,1	0,18	0,0478	0,0488	5,23	0,0843	0,0886	2,46	0,122	0,121	2,39	0,190	0,194	1,32				
12,1	14,1	0,16	0,0488	0,0488	5,69	0,0886	0,0912	2,58	0,121	0,118	2,64	0,194	0,194	1,43				
14,1	12,1	0,18	0,0488	0,0488	-8,00	0,0912	0,0886	-3,42	0,118	0,121	-3,90	0,194	0,194	-2,01				
12,1	10,1	0,21	0,0488	0,0478	-7,40	0,0886	0,0843	-3,29	0,121	0,122	-3,58	0,194	0,190	-1,86				
10,1	8,1	0,26	0,0478	0,0459	-7,22	0,0843	0,0783	-3,28	0,122	0,115	-2,52	0,190	0,177	-1,49				
8,1	6,1	0,34	0,0459	0,0420	-6,68	0,0783	0,0691	-3,13	0,115	0,106	-2,78	0,177	0,159	-1,55				
6,1	4,1	0,50	0,0420	0,0368	-7,85	0,0691	0,0578	-3,84	0,106	0,0944	-3,33	0,159	0,138	-1,99				

$$\alpha = \frac{w^2}{v_2} \frac{h_1}{\epsilon_1 h_2} \left[1 - \frac{\epsilon_2 h_1}{\epsilon_1 h_2} \right]$$

w = 0,0191 m/s

Tabel XII.iii.d

BEREKENING N_E en dh voor $I = 50\%$ (II 0,6 m) v.s. NAP + 1,1 m

r (m)	h_1 (m)	h_2 (m)	$\alpha(10^{-3})$	C_{b1} (10^{-3})	C_{bE} (10^{-3})	N_E (m)	N_2 (m)	C_{b2} (10^{-3})	S_1 ($10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	S_2 ($10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	dh (10^{-6} m/s)	
0,03	4,1	6,1	4,56	2,78	2,02	70,0	20,2	2,54	203	185	0,985	
	6,1	8,1	4,45	2,54	1,40	134	20,3	2,32	185	169	0,833	
	8,1	10,1	5,00	2,32	0,855	199	20,4	2,09	169	153	0,845	
	10,1	12,1	5,23	2,09	0,466	287	20,5	1,88	153	137	0,794	
	12,1	14,1	5,69	1,88	0,212	384	20,7	1,67	137	122	0,801	
	14,1	12,1	-8,00	1,67	0,466	160	20,5	1,42	122	104	0,843	
	12,1	10,1	-7,40	1,42	0,855	68,3	20,4	1,22	104	89	0,686	
	10,1	8,1	-7,22	1,22	1,40	19,2	20,3	1,40	89	102	-0,673	
	8,1	6,1	-6,68	1,40	2,02	54,9	20,2	1,60	102	117	-0,756	
	6,1	4,1	-7,85	1,60	2,78	70,2	20,0	1,88	117	137	-1,05	
										137	203	(-3,3)
	0,12	4,1	6,1	2,45	0,875	0,767	53,8	20,2	0,833	379	361	1,09
		6,1	8,1	2,24	0,833	0,667	99,1	20,3	0,796	361	345	0,878
8,1		10,1	2,43	0,796	0,565	141	20,4	0,757	345	328	0,900	
10,1		12,1	2,46	0,757	0,464	199	20,5	0,720	328	312	0,865	
12,1		14,1	2,58	0,720	0,366	262	20,7	0,683	312	296	0,931	
14,1		12,1	-3,42	0,683	0,464	113	20,5	0,636	296	276	0,837	
12,1		10,1	-3,29	0,636	0,565	36,2	20,4	0,595	276	258	0,811	
10,1		8,1	-3,28	0,595	0,667	34,8	20,3	0,636	258	276	-0,937	
8,1		6,1	-3,13	0,636	0,767	59,9	20,2	0,678	276	294	-0,958	
6,1		4,1	-3,84	0,678	0,875	66,4	20,0	0,732	294	317	-1,32	
										317	379	-3,09

Tabel XII: iii: c

BEREKENING TOTALE AANZANDING PER TREDE voor $r = 0,03$ m en $r = 0,12$ m

Treedhoogte (t.o.v. N.A.P.)	$r = 0,03$ m					$r = 0,12$ m				
	dh_0 (m/mnd)	$dh_{0,6}$ (m/mnd)	$dh_{1,6}$ (m/mnd)	$dh_{2,6}$ (m/mnd)	dh_t (m/mnd)	dh_0 (m/mnd)	$dh_{0,6}$ (m/mnd)	$dh_{1,6}$ (m/mnd)	$dh_{2,6}$ (m/mnd)	dh_t (m/mnd)
- 3,0	-0,008	-0,690	- 2,74	- 4,23	-1,16	-0,024	-0,865	-1,38	-1,24	-0,796
- 5,0	0,250	4,20	10,6	9,30	4,99	0,373	3,26	4,13	4,03	2,78
- 7,0	0,123	3,09	9,03	8,37	4,02	0,217	2,66	4,04	6,43	2,54
- 9,0	0,056	2,79	7,74	5,14	3,41	0,111	2,63	3,07	4,02	2,16
-11,0	0,026	2,32	8,62	8,73	3,55	0,547	2,39	3,88	2,98	2,20
-13,0	0,0201	1,76	7,81	9,39	3,11	0,438	1,97	3,90	4,10	2,05
-11,0	0,0186	0,921	-1,97	-0,58	-0,073	0,0904	0,306	-1,52	-1,50	-0,268
- 9,0	0,0244	-0,617	-6,14	-5,48	-2,00	0,142	-1,25	-2,72	-2,79	-1,32
- 7,0	0,0339	-1,50	-7,91	-6,98	-2,91	0,0653	-1,85	-3,41	-3,35	-1,81
- 5,0	0,0352	-2,47	-9,29	-8,44	-3,75	0,0666	-2,63	-4,13	-4,14	-2,38
- 3,0	-0,0598	-7,08	-12,9	-12,9	-6,99	0,107	-5,18	-5,27	-5,27	-3,94

$$dh_t = 0,25 dh_0 + 0,465 dh_{0,6} + 0,245 dh_{1,6} + 0,4 dh_{2,6}$$

index t totale aanzanding
index 0,6 aanzanding bij golfhoogte 0,6 m

Tabel XII: iii: f Berekening \bar{X}_E bij eb envloed aan de benedenstroomse zijde van de winput

H (m)	r = 0,03 m			r = 0,12 m		
	Vloed X_{E1} (m)	Vloed X_{E2} (m)	Eb X_3	Vloed X_{E1} (m)	Vloed X_{E2} (m)	Eb X_E (m)
0	37,9	81,2	40,6	43,7	72,4	427
0,6	38,5	70,2	24,4	28,9	66,4	18,6
1,6	9,9	48,6	9,06	9,24	33,3	7,74
2,6	6,8	34,3	9,06	4,7	21,6	7,74

r (m)	Vloed \bar{X}_E (m)	Eb \bar{X}_E (m)	Vloed X_2 (m)	Eb X_2 (m)	Vloed $\bar{X}_E - X_2$ (m)	Eb $\bar{X}_E - X_2$ (m)
0,03	54,2	24,1	20	21,3	24,2	42,8
0,12	47,6	35,5			27,6	14,2

$$X_E \text{ bij vloed} = \frac{X_{E1} + 2 X_{E2}}{3}$$

$$\bar{X}_E = 0,25 X_{E0} + 0,465 X_{E0,6} + 0,245 X_{E1,6} + 0,04 X_{E2,6}$$

1,6 = index voor H = 1,6 m

1 = bijdrage aan vloed bij w.s. NAP +0,4 m

2 = bijdrage aan vloed bij w.s. NAP +1,1 m
bijdrage 1 duurt 1 uur/getij

bijdrage 2 duurt 2 uur/getij

Tabel XII: iii: g Berekening dh (m/mnd) aan de benedenstroomse zijden van de winput

Eb	r (m)	$S_{E0} - S_{U0}$	$S_{E0,6} - S_{U0,6}$	$S_{E1,6} - S_{E2,6}$	$S_{U2,6} - S_{U1,6}$	$S_{E1,6} - S_{U1,6}$	$S_{E2,6} - S_{U2,6}$	$S_{Et} - S_{Ut}$	$\bar{X}_E - \bar{X}_U$	dh (m/mnd)
	0,03	8,53	23,1	-	-	-	-	12,9	2,8	4,60
	0,12	14,4	-	-	-	-	-	3,6	14,2	0,254
Vloed	0,03	2,37	33,5	54,6	45,8	-	-	31,4	24,2	1,30
	0,12	3,84	28,8	11,8	-	-	-	17,2	27,6	0,625

$$S_{Et} - S_{Ut} = 0,25 (S_{E0} - S_{U0}) + 0,465 (S_{E0,6} - S_{U0,6}) + 0,245 (S_{E1,6} - S_{U1,6}) + 0,04 (S_{E2,6} - S_{U2,6})$$

$$dh = \frac{S_{Et} - S_{Ut}}{\bar{X}_E - \bar{X}_U}$$

0,6 = index voor H = 0,6 m

t = index voor het totaal

S_E en S_U in m^2/mnd

Tabel XII: iii: h

Berekening relatieve fout in SV_x

w.s. = NAP + 1,1 m

r (m)	treehoogte (t.o.v. NAP)	f = 100%, H = 0 m		f = 50%, H = 0,6 m		f = 7%, H = 1,6 m		f = 1%, H = 2,6 m	
		ϵ	ξ (%)	ϵ	ξ (%)	ϵ	ξ (%)	ϵ	ξ (%)
0,03	- 3,00	0,0177	1,20	0,0368	11,9	0,0673	31,2	0,0944	43,6
	- 5,00	0,0170	0,11	0,0420	6,24	0,0775	22,2	0,106	33,3
	- 7,00	0,0167	0,01	0,0459	3,44	0,0843	16,0	0,115	26,1
	- 9,00	0,0164	-	0,0478	1,77	0,0873	11,0	0,122	20,6
	-11,00	0,0165	-	0,0488	0,88	0,0877	7,17	0,121	14,8
	-13,00	0,0168	-	0,0488	0,40	0,0864	4,43	0,118	10,2
0,12	- 3,00	0,0219	2,80	0,0578	25,8	0,101	46,1	0,138	56,7
	- 5,00	0,0208	0,37	0,0691	18,5	0,120	37,9	0,159	48,1
	- 7,00	0,0201	0,05	0,0783	13,9	0,134	31,5	0,177	41,7
	- 9,00	0,0197	0,01	0,0843	10,1	0,142	25,7	0,190	36,2
	-11,00	0,0197	-	0,0886	7,37	0,146	20,5	0,194	30,4
	-13,00	0,0199	-	0,0912	5,22	0,148	16,2	0,194	25,0

$$\frac{SV_x}{SV_x} = \exp - \frac{w h}{\epsilon}$$

$$w = 0,0191 \text{ m/s}$$