

rijkswaterstaat wegbouwkundige dienst	
Nr. - 1964	d.d. 21 APR. 1981
Afdoen voor:	
Ter kennisneming aan:  Co	Ter afdoening aan:

deltadienst **Rijkswaterstaat**  
**hoofdafdeling waterloopkunde**  
 Dienst Weg- en Waterbouwkunde Delft  
 archief Asfalt in de Waterbouw  
 C-4  DED  81

Het Rijkswegenbouwlaboratorium  
 Postbus 5044  
 2600 GA DELFT  
 T.a.v. Ir. A.C.Pronk

uw kenmerk:

's-gravenhage, 15 april 1981

uw brief van:

ons kenmerk: WT 10.461

projectcode:

--	--	--	--	--	--	--	--

verzonden:


bijlagen:

in behandeling bij:

onderwerp: Toezending notitie DDWT-81.325

Hierbij zend ik U notitie DDWT-81.325 betreffende de golfrandvoorwaarden Flauwe Werk t.b.v. vermoedheidsberekeningen van de asfaltbekleding.

Met vriendelijke groeten,

  
 (J.G.A. van Marle)

## notitie DDWT-81.325

aan: Rijkswegenbouw laboratorium, tav ir. A.C. Pronk.  
van: J.G.A. van Marle.  
datum: 14 april 1981  
onderwerp: Golfrandvoorwaarden Flaauwe Werk tbv vermoeidheidsberekening van de  
asfaltbekleding.

Inleiding:

In het kader van de Deltawet moet het Flaauwe Werk, gelegen nabij de kop van Goeree, versterkt worden (bijlage 1). Op initiatief van de Directie Zuid Holland is de "Technische Werkgroep Flaauwe Werk" gevormd. Deze heeft als taak directie Zuid Holland van advies te dienen bij het tot stand komen van een ontwerp ter versterking van het Flaauwe Werk. Het ontwerp dient te voldoen aan de Deltanorm. Inmiddels heeft de werkgroep haar advies uitgebracht en vastgelegd in de nota: "Versterking van het Flaauwe Werk in het kader van de Deltawet", oktober 1979. In genoemde nota komt de werkgroep tot de conclusie dat een dijklichaam met asfalttaluds de voorkeur verdient boven kunstmatig aangelegde duinen (zandsuppletie). Een van de onderdelen van het ontwerp die nog nader bepaald moet worden is de dimensionering van asfaltbekleding. Naast de tot nu toe gebruikelijke dimensionering op overdrukken tegen de onderzijde van de asfaltbekleding tgv waterstandverschillen binnen en buiten het dijklichaam, wordt bij dit onderwerp tevens mogelijke vermoeiing van het asfalt tgv golfklappen in beschouwing genomen. Het onderzoek naar mogelijke vermoeiing van het asfalt zal door het Rijkswegenbouw laboratorium verricht worden.

In deze notitie zullen de voor het vermoeiingsonderzoek benodigde randvoorwaarden, zijnde de golven die bij stormen op het Flaauwe Werk breken gepresenteerd worden. Onder normale omstandigheden zullen de golven het asfalttalud over het algemeen niet of nauwelijks bereiken daar de waterstand dan niet hoog genoeg is terwijl het strand tot ca. NAP +2m. reikt. In hoofdstuk 2 zal een algemene beschrijving van de te verwachten golven tgv het Flaauwe Werk gegeven worden.

1000-80

- Vervolgens zal in hoofdstuk 3 de wijze waarop de golfrandvoorwaarden t.b.v. het vermoeiingsonderzoek bepaald zijn, uiteengezet worden.  
In hoofdstuk 4 worden de resultaten gepresenteerd en hoofdstuk 5 de conclusies.

## 2. Algemene beschrijving.

De golven die het Flauwe Werk tijdens stormen bereiken zullen grotendeels op het talud breken. Daarbij zal iedere brekende golf de asfaltbekleding van het talud belasten met een drukstoot. De plaats waar deze drukstoot het talud treft ligt over het algemeen even onder het stilwaterniveau, namelijk  $1/3$  à  $2/3$  van de golfhoogte. De duur van de drukstoot ligt in de orde van grootte van 0,1 seconde. De grootte van de drukstoot is sterk afhankelijk van de golfhoogte en de steilheid van de brekende golf. De grootte neemt toe bij toenemende golfhoogte en bij afnemende steilheid.

De frequentie van de golfklappen, die bij vermoeiing uiteraard van groot belang is, hangt af van de golfperioden. De hoogte, periode en steilheid van de golven die het Flauwe Werk naderen en er vervolgens op breken variëren in grootte. Bovendien kunnen golven met eenzelfde hoogte verschillende perioden en steilheden hebben. Bijlage 2 geeft een voorbeeld van een kansdichtheidsverdeling van hoogte en periode van individuele golven binnen een golfveld, zoals deze tijdens stormen in de mond van de Oosterschelde (OSIV) geregistreerd zijn. De hoogte van de golven die het Flauwe Werk tijdens stormen naderen worden sterk bepaald door het voorland en zijn afhankelijk van de waterstand. De waterdiepte vormt namelijk een fysieke begrenzing voor de maximale golfhoogte. De golfhoogten zijn dan ook zeer gevoelig voor de verticale getijbeweging. De golfperiode is echter minder afhankelijk van de waterdiepte. Over de verandering van golfperioden van licht brekende golven (zgn. spilling breakers), zoals op het voorland van het Flauwe Werk, is minder bekend. Enerzijds wordt beweerd dat de periode na het breken hetzelfde blijft (litt.1)\*. Anderzijds blijkt uit onderzoeken dat er toch een zeker verband tussen golfhoogte en -periode bestaat, zodat bij verandering van golfhoogte ook de periode moet veranderen (litt.2)

\* zie bladzijde 9

### 3. Aanpak en uitgangspunten

Over golfbelasting van brekende golven op taluds is nog weinig bekend. Voor het bepalen van de golfklappen op het Flaauwe Werk wordt ervan uitgegaan dat de theorie van Skladnev en Popov (litt.3) gebruikt kan worden. Deze hebben hydraulisch modelonderzoek (grote model-schaal) uitgevoerd naar golfbelasting op met beton verdedigde taluds van aarde dammen. Het betreft hier echter proeven met regelmatige golven die op taluds met helling 1: 4 braken.

In werkelijkheid hebben we te maken met onregelmatige golven en taluds 1 : 6. Een flauwere helling zal waarschijnlijk een geringere drukstoot veroorzaken, zodat toepassing van de resultaten van Skladnev en Popov aan de veilige kant is. Voor het vertalen van onregelmatige golven naar regelmatige zouden bijvoorbeeld alle individuele golven die op het talud van het Flaauwe Werk breken opgevat kunnen worden als golven uit een regelmatig golfveld. Dat is echter op korte termijn niet mogelijk. Daarvoor zouden namelijk kansdichtheidsverdeling van de hoogte, periode en steilheid van de individuele golven samengesteld moeten worden. Daar ook het punt waar de golf het talud treft voor vermoeiingsbeschouwingen van belang is zou bovengenoemde kansdichtheidsverdeling nog eens uitgebreid moeten worden met de waterstand. Daar het echter in het vermoeiingsonderzoek voor dit ontwerp om een afschatting gaat of vermoeiing van het asfalt een maatgevende rol ten opzichte van overdrukken aan de onderkant van het asfalttalud speelt, kan volstaan worden met meer globale golfinformatie. Dit temeer daar onderzoek naar vermoeiing door golfklappen van asfalttaluds nog maar kort geleden gestart is en de nauwkeurigheden nog niet groot zijn.

Daarom zullen in deze notitie golfvelden gekarakteriseerd worden door een significante golfhoogte en een gemiddelde golfperiode.

De verkregen golfparameters voor onregelmatige golven zullen vertaald moeten worden in golfparameters voor regelmatige golven zodanig dat ze dezelfde vermoeiing opleveren. Een advies daartoe wordt in hoofdstuk 4 gegeven.

Zoals in hoofdstuk 2 reeds gesteld, is onder stormcondities de waterdiepte op het voorland van het Flauwe Werk bepalend voor de hoogte van de golven t.p.v. de teen van de constructie. Daarom zal in eerste instantie de waterstand en bodemdiepte t.p.v. de teen van de constructie bepaald worden en vervolgens een schatting van de golfhoogte, golfperiode en golfsteilheid.

### 3.1. Waterstanden

De waterstand wordt bepaald door:

- a. astronomisch getij
- b. windopzet
- c. buistoten en bui-oscillatus
- d. wave sep-up

#### 3.1.1 Astronomisch getij en windopzet.

De waterstand t.g.v. het astronomisch getij met windopzet wordt bepaald uit de hoogwater overschrijdingskromme en de gemiddelde getijkromme. Het verloop van de waterstanden bij een storm met een bepaalde overschrijdingsfrequentie wordt op deze wijze als het ware opgehangen aan het hoogwater. Aangezien op deze wijze noch met het verloop van de windopzet noch met de invloed van spring- dootij cyclus rekening gehouden wordt kan slechts gesproken worden van een gemiddeld verloop van de waterstand behorende bij een bepaald hoogwater. Dit is voor het bepalen van golven tbv vermoeiingsproblematiek ruimschoots voldoende.

De gebruikte overschrijdingsfrequentie voor hoogwaterstanden in de mond van het Haringvliet is overgenomen uit het rapport van de Deltacommissie (litt. 4) en verhoogd met 20 cm i.v.m. de verandering in waterstanden t.g.v. de afsluiting van het Haringvliet en de relatieve zeespiegelrijzing (litt.4). De gemiddelde getijkrommen is bepaald t.p.v. de Haringvlietsluizen.

### 3.1.2 Buistoten en bui-oscillaties

Bui-oscillaties zijn onregelmatige schommelingen van de zeespiegel veroorzaakt door microscopische turbulenties in de atmosfeer bij storm. Hun periode varieert van enige minuten tot meer dan een uur, hun halve amplitude reikt vaak tot 2 à 3 dm.

Buistoten zijn éénmalige extra opslingeringen van de zeespiegel bij storm. Ze hebben een duur van enkele minuten tot een uur.

De grootte loopt aan de open kust normaal op tot 50 cm.

Buistoten en bui-oscillaties zijn niet verdisconteerd in de hoogwater overschrijdingfrequentiekrommen. Daarom worden de waterstanden met 0,10 m. verhoogd (bijlage 3).

### 3.1.3. Wave set-up

Wave set-up is een verhoging van de waterspiegel door het breken van de golven. Voor het bepalen van deze extra waterstandsverhoging t.p.v. de teen van het talud wordt uitgegaan van de formule (litt. 5):

$$\overline{\Delta h} = \frac{5}{16} \gamma (H_{s_0} - H_{s_t})$$

$\overline{\Delta h}$  = wave set-up

$\gamma$  = brekings index

$H_{s_0}$  = significante golfhoogte voor breken

$H_{s_t}$  = significante golfhoogte ter plaatse van de teen van het talud

Op arbitraire wijze wordt aangenomen dat wave set-up veroorzaakt wordt door golven die over een traject van 200 meter brekén voor zij het dijk-lichaam bereiken.

Uitgaande van een bodemhelling van 1 : 50 en een brekerkriterium van  $H_s/d = 0,5$  ( $d$ =waterdiepte) en  $\gamma = 0,5$  kan voor de wave set-up een vaste waarde van 0,3 meter aangehouden worden.

Opgemerkt moet worden dat voor de hoge golven dit wellicht wat aan de lage kant is en voor lage golven aan de (te) hoge kant.

### 3.2. Bodemdiepte

De bodemligging t.p.v. de teen van het talud kan variëren: verlagings door het optreden van stormen en opbouw onder normale omstandigheden.

In het algemeen is de teen, gelegen op N.A.P., bedekt met minstens een laag zand van 2 meter. Doch bij ernstige stormen kan bodemverlaging optreden, afhankelijk van de hevigheid van de storm. Op arbitraire wijze is aangenomen dat bij stormen met een overschrijvingsfrequentie van 10 keer per jaar de bodem t.p.v. de teen gemiddeld op N.A.P. + 1 meter ligt en bij stormen van 1 keer per 100 jaar op gemiddeld N.A.P. - 0,5 meter. Daartussen wordt geïnterpoleerd zoals op bijlage 3 is aangegeven.

### 3.3. Hoogten, perioden en steilheden van de golven.

#### 3.3.1. Golfhoogten.

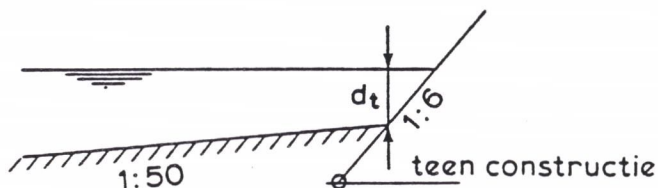
Voor het karakteriseren van de golfhoogte wordt uitgegaan van de significante golfhoogte ( $H_s$ ). Deze golfhoogte is het gemiddelde van het hoogste 1/3 deel van de golven die in een bepaalde periode een punt passeren.

Verder kan aangenomen worden dat de golfhoogten Rayleigh verdeeld zijn: echter met een maximale golfhoogte  $H_{max} = 1,5 H_s$ .

De  $H_s$  t.p.v. de teen van het talud wordt bepaald met de formule:

$$H_s/d_t = 0,5$$

$d_t$  = waterdiepte t.p.v. de teen van het talud volgens onderstaande figuur.



### 3.3.2. De golfperioden.

Zoals reeds eerder is opgemerkt bestaat er geen éénduidigheid in de literatuur over het veranderen van de perioden van brekende golven. Ten behoeve van het vermoeiingsonderzoek kan uitgegaan worden van de relatie:

$$H_s = 0,1 T_m^{1,8} \quad ; \quad T_m = \text{gemiddelde periode}$$

Deze relatie is afgeleid uit golfregistratie tijdens stormen t.p.v. de in het mondingsgebied van het Haringvliet gelegen golfmeetpaal HA 1 (litt.2).

### 3.3.3. De golfsteilheden.

De golfsteilheden van onregelmatige golven wordt meestal uitgedrukt door het quotiënt van de significante golflengte en de golflengte bepaald uit de gemiddelde golfperiode. Daar we echter de, zoals reeds vermeld, vermoedheid moeten bepalen aan de hand van experimentele proeven met regelmatige golven, moeten we ook de steilheid van de individuele golven bepalen.

Ook golfsteilheden zijn niet constant maar hebben een bepaalde verdeling. Deze verdeling is niet goed bekend. De steilheden liggen globaal tussen  $H/L = 0,02$  en  $0,10$ . Voor het bepalen van golfklappen wordt geadviseerd  $H/L = 0,03$  aan te houden.

## 4. Resultaten.

De randvoorwaarden die nodig zijn voor het bepalen van golfklappen op het Flaauwe werk zijn gepresenteerd op bijlage 4. In kolom 1 van de tabel worden de significante golfhoogten in meters gegeven, in kolom 2 de golfperioden in seconden en in kolom 3 de tijd in uren en minuten dat de golfhoogte en -periode per jaar voorkomt.



Omdat m.b.t. vermoeiing ook de plaats waar de golf het talud treft van belang is, is tevens in het resterende gedeelte van de tabel de tijd (kolom 3) onderverdeeld als functie van de waterstand.

De waarde van de waterstanden in meters t.o.v. N.A.P., zijn representatief voor een waterstandsinterval van 0,25 meter. De gegeven waarden zijn het gemiddelde van dit interval.

De gepresenteerde resultaten van de golfhoogten zijn een globale schatting. De (on)nauwkeurigheid wordt vooral bepaald door de geschatte bodemligging en de aanname dat wave set-up veroorzaakt wordt door golven die over een traject van 200 meter breken.

Voor de lagere gepresenteerde golfhoogten zijn enigzins aan de hoge kant omdat de brekerszone dan smaller is en ook nauwelijks sprake is van bui-oscillaties en buistoten. Berekende golven kleiner dan 0,25 m. zijn daarom niet in beschouwing genomen.

Verwacht wordt echter dat de nauwkeurigheid van de gepresenteerde resultaten binnen het geheel van nauwkeurigheden om de vermoeiing van asfalt door golfklappen te bepalen ruimschoots voldoende is.

##### 5. Conclusies en aanbevelingen.

De waarden van de significante golfhoogten en golfperioden zijn gepresenteerd op bijlage 4. Deze resultaten vormen een globale schatting. De golfperiode is bepaald met een empirische relatie afhankelijk van de significante golfhoogte. De golfhoogte is bepaald als functie van de waterdiepte.

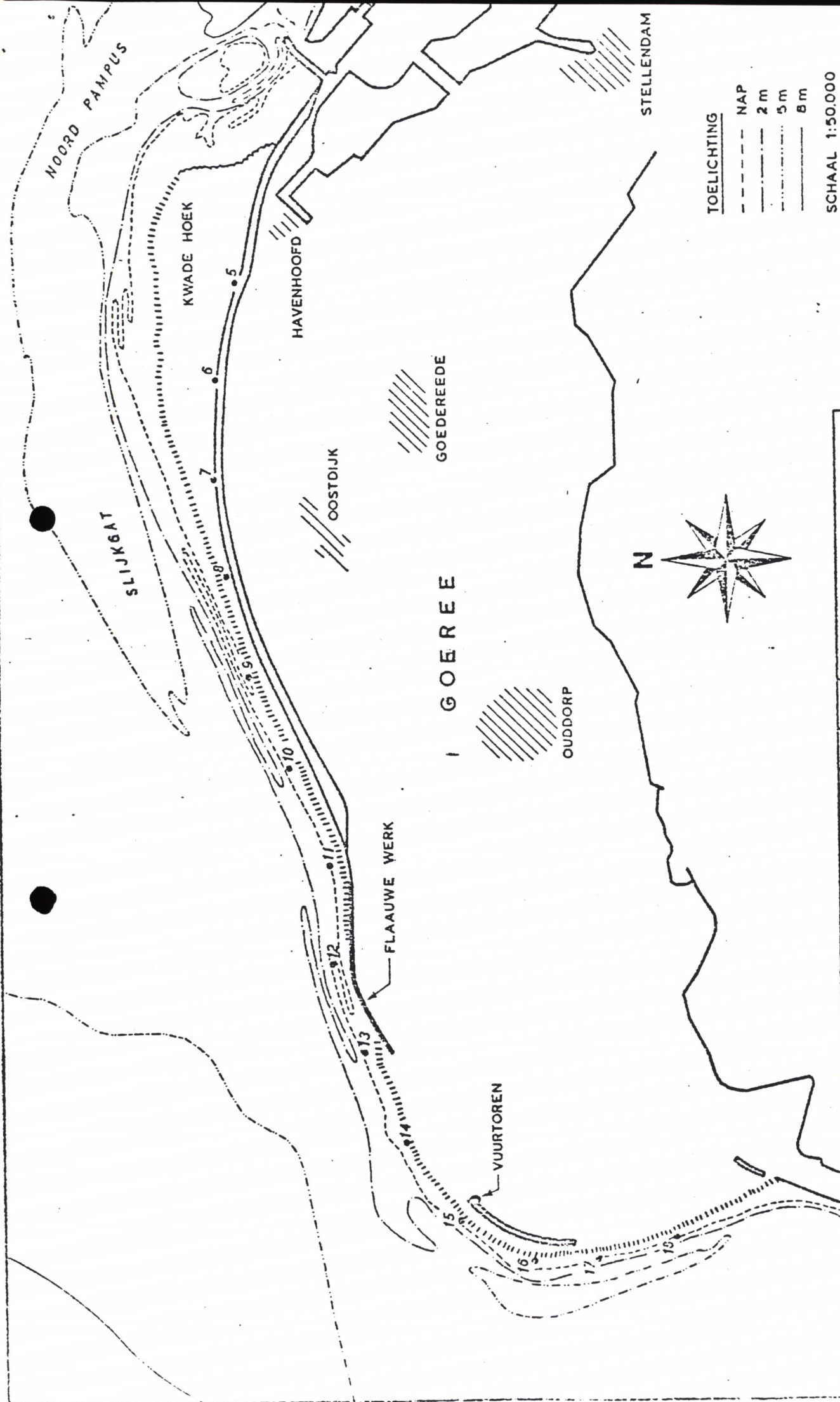
De grootste onnauwkeurigheid bij het bepalen van de waterdiepte is vooral de geschatte bodemligging en de aanname dat wave set-up veroorzaakt wordt door golven die breken over een traject van 200 meter.

Binnen het geheel van de nauwkeurigheden waarmee de vermoeiing van het asfalt bepaald wordt, wordt echter de nauwkeurigheid van de gepresenteerde significante golfhoogten en gemiddelde golfperioden ruimschoots voldoende geacht.

Over golfklappen van op taluds brekende golven is weinig bekend. Voor het bepalen van de golfklappen op het Flaauwe Werk wordt aanbevolen om van de theorie van Skladnev en Popov (litt.3) uit te gaan. Deze theorie is ook reeds eerder gebruikt, ter bepaling van de maximale golfbelasting (litt.6). Hun resultaten met modelproeven zijn echter gebaseerd op regelmatige golven. Het is daarom nodig om onregelmatige golfvelden om te zetten naar regelmatige golfvelden. Om op deze wijze in het kader van vermoeidheidsberekening representatieve resultaten te verkrijgen, wordt aanbevolen om golfhoogte met de gemiddelde golfenergie ( $H_{rms} = 0,7 H_s$ ) en de gemiddelde golfperiode als de golfhoogte en golfperiode van een regelmatig golfveld aan te houden. Voor het bepalen van de maximale druk wordt een steilheid van de golven van  $H/L = 0,03$  aanbevolen. Tenslotte wordt voor het oppervlak dat door de golfklap getroffen wordt een oppervlak van  $1/2$  à  $1$  maal de golfhoogte per strekkende meter golfkam lengte geadviseerd.

#### Literatuur.

1. Golfvervorming bij een laag voorland.  
Technische adviescommissie voor de waterkering, nov.1979, blz. 8.1
2. Golfomstandigheden tpv HA-I, HA-VI, BG-II en OS-X bij stormomstandigheden. Deltadienst, Hoofdafdeling Waterloopkunde nota W-74.160.
3. Studies of wave loads on concrete slope protections of earth dams, MF Skladnev en I Ya Popov, The B.E. Verteneer. All-Union Research Institute of Hydraulic Engineering. Leningrad, U.S.S.R. (Symposium Research of wave action, paper 1.)
4. Rapport Deltacommissie (deel 1 en deel 4).
5. Computation of set-up, long shore currents, run-up and overtopping due to windgenerated waves, J.A. Battjes, 1974.
6. Versterking Flaauwe Werk; golfbelasting op met asfalt verdedigd talud. Notitie WWKZ-80G.233 van District Kust en Zee.



TOELICHTING

- NAP
- 2 m
- 5 m
- 8 m

SCHAAL 1:50.000



not	r.v.	notitie DDWT-81.325
gec		projectcode L8004A00
gez		pagina 1
acc	A4	nr 81K008

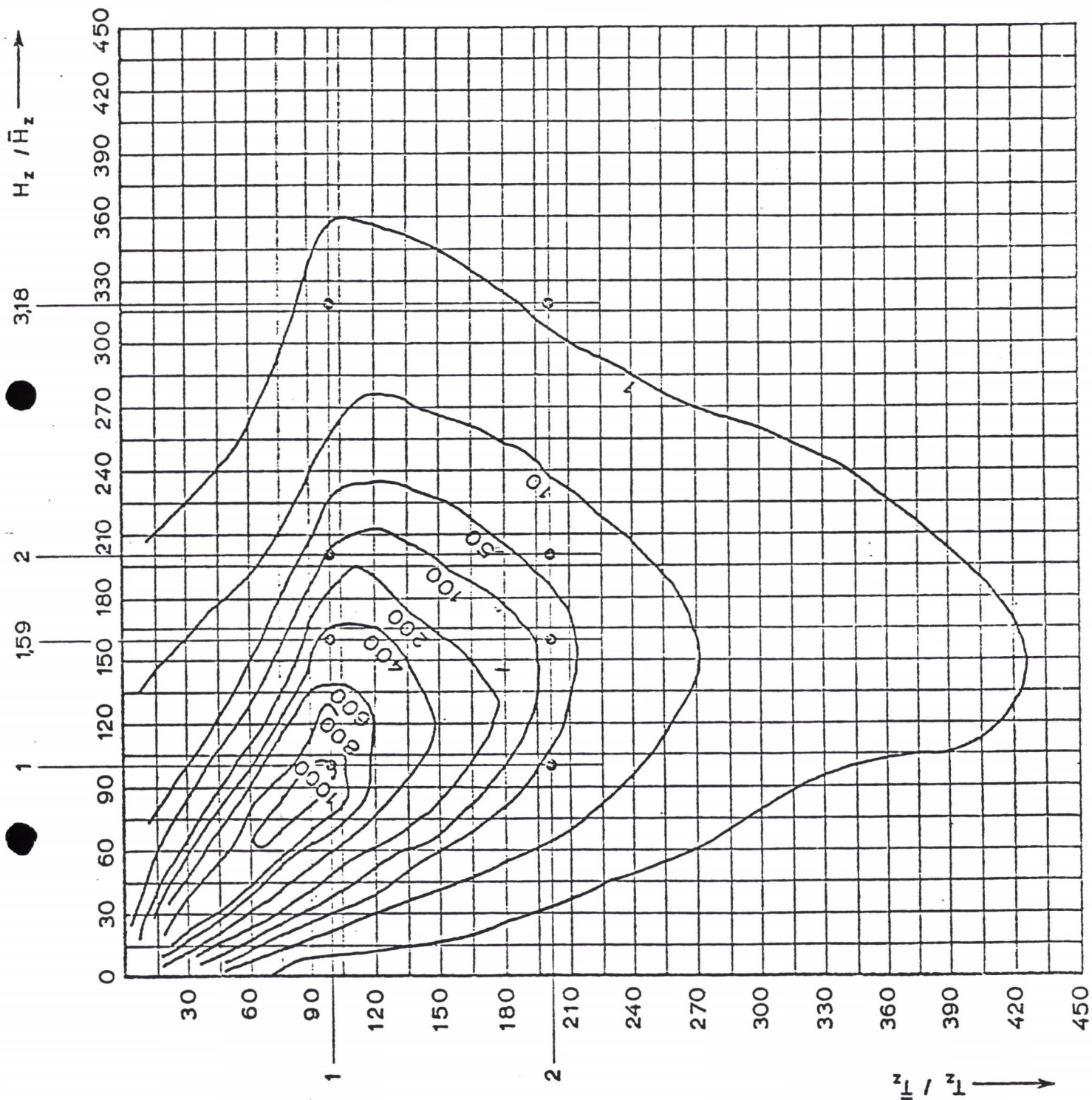
rijswaterstaat  
 dienst waterhuishouding en waterbewoging  
 SITUATIESCHETS FLAAUWE WERK

MEETPAAL: OS IV  
 STORM: APRIL '74  
 JAN. '76

KANSDICHTHEID  
 IN  $10^{-3}$

TOTAAL AANTAL  
 GOLVEN 458

$R_{z,1/3} = 1,59 H$



rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging  
 district kust en zee

KANSDICHTHEIDSVERDELING VAN GOLF-  
 HOOGTE EN GOLFPERIODE VAN  
 INDIVIDUELE GOLVEN

get. *AR*

gec.

gez.

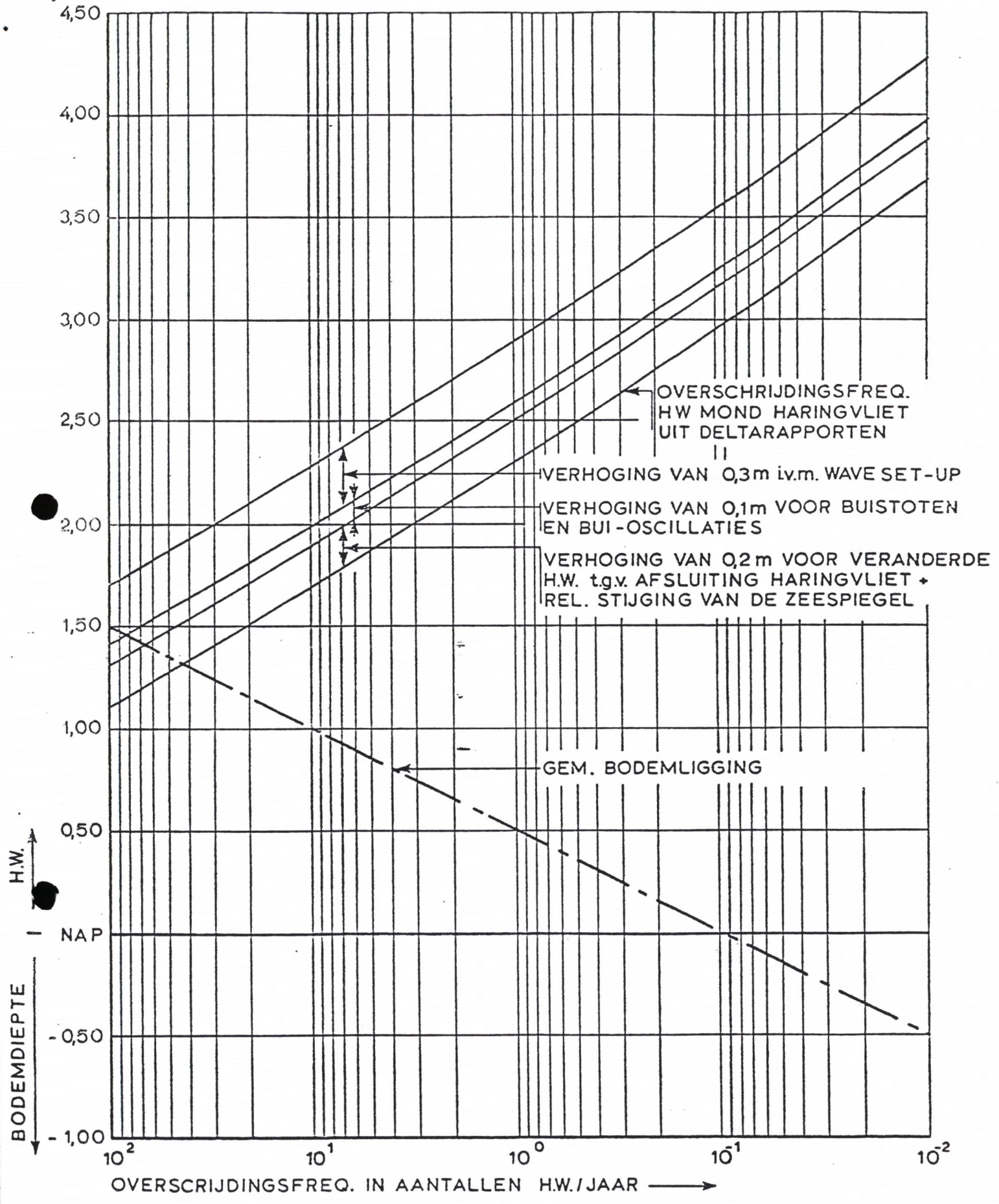
akk.

bijl. 2

projectcode L8004A00

notitie DDWT-81325

A4 nr. 81K009



rijkswaterstaat  
 directie waterhuishouding en waterbeweging  
 district kust en zee

OVERSCHRIJDINGSFREQ. VAN H.W. STANDEN  
 VOOR HET FLAAUWE WERK MET BIJBEH.  
 GESCHATTE GEM. BODEMLIGGING

get.	<i>A22</i>	bijl. 3
g3c.	projectcode	L8004A00
gez.	notitie DDWT-81.325	
akk.	A4 nr.	81K010

