



Pm 87-389

AFSLUITDIJK

PROBABILISTISCHE BEREKENING VAN
OPLOOP EN OVERSLAG

RIJKSWATERSTAAT
DIR. SLUIZEN & STUWEN
HOOFDAFDELING WATERBOUW

B.J. KOUWENHOVEN

juni 1987

INHOUDSOPGAVE

| | |
|--|----|
| INLEIDING..... | 3 |
| HOOFDSTUK 1: RANDVOORWAARDEN..... | 4 |
| HOOFDSTUK 2: OPLOOP..... | 7 |
| HOOFDSTUK 3: TOTALE OVERSLAGVOLUME..... | 8 |
| HOOFDSTUK 4: LOKALE OVERSLAGDEBIETEN..... | 13 |
| HOOFDSTUK 5: VERGELIJKING BEREKENINGSMETHODEN - SCHAALMODEL WL..... | 15 |
| HOOFDSTUK 6: KONKLUSIES..... | 20 |
| LITERATUURLIJST..... | 21 |
| BIJLAGEN..... | 22 |

INLEIDING

In het kader van de studie naar de veiligheid van de Afsluitdijk wordt in dit rapport een berekening gepresenteerd van ophoop en overslag tegen de Afsluitdijk.

De berekeningen zijn met een nivo-2 AFDA methode op probabilistische wijze uitgevoerd, met als resultaat de overschrijdingslijnen van verschillende berekeningen.

Alvorens met de berekening van ophoop en overslag wordt begonnen wordt in hoofdstuk 1 een overzicht gegeven van de relevante randvoorwaarden.

Er is in deze studie naar drie aspecten gekeken:

OPLOOP

De overschrijdingskans van de 2%-ophoop tegen de Afsluitdijk wordt bepaald bij het in gedachten voortzetten van het huidige buitentalud. De invloed van de taludhelling is eveneens weergegeven. Verslag hiervan in hoofdstuk 2.

OVERSLAGVOLUME TIJDENS ONTWERPSTORM

In hoofdstuk 3 komt de bepaling van het overslagvolume als gevolg van een ontwerpstorm aan de orde. Hiertoe is een simulatie van een storm uitgevoerd. Deze berekening levert eveneens de overschrijdingslijn van het totale overslagvolume voor twee berekeningsmethoden. De berekening is van belang voor de bepaling van de waterstandsverhoging en de zoutbelasting op het IJsselmeer.

OVERSLAGDEBIETEN

De debieten gedurende het hevigste moment van een storm worden berekend. De berekening is van belang voor de bepaling van de stabiliteit van het binnentalud. In hoofdstuk 4 worden de resultaten gegeven.

De overslagberekeningsmethoden zijn vergeleken met de resultaten van modelproeven uitgevoerd door het Waterloopkundig Laboratorium. In hoofdstuk 5 wordt hier aandacht aan besteed.

Konklusies en aanbevelingen volgen in hoofdstuk 6.

HOOFDSTUK 1 : RANDVOORWAARDEN

Astronomisch getij.

Het astronomisch getij ondergaat twee veranderingen, wanneer de Afsluitdijk vanuit Den Oever wordt gevolgd langs de dijkas.

Enerzijds verandert de amplitude van de getijbeweging, anderzijds treedt een faseverschuiving op tussen twee van elkaar verschillende posities langs de Afsluitdijk. Beide veranderingen, welke hun invloed op de overslag kunnen hebben, zijn in een eenvoudige formule weergegeven.

Het faseverschil van de getijbeweging langs de Afsluitdijk bedraagt ongeveer 1 uur over een afstand van ca. 25 km. Dit wordt vertaald door een "faseverschuivingsgolflengte" van $12.4 \cdot 25 = 310$ km in te voeren.

Het astronomisch getij luidt nu:

$$\text{Astro}(x,t) = (\text{ASTRO_ST}_{\text{Den Oever}} + 6.54 \cdot 10^{-3} \cdot x) \cdot \cos(2\pi \cdot ((t + \xi) / 12.4 + x / 310))$$

waarbij

$\text{ASTRO_ST}_{\text{Den Oever}}$ = astronomisch hoogwater te Den Oever.
 ξ = faseverschuiving t.o.v. de windopzet.
 x = coördinaat langs de dijkas.

Windopzet.

De windopzet heeft een licht verloop langs de Afsluitdijk. Tussen Den Oever en Kornwerderzand levert dit een verschil van -11 cm op. Er wordt van uit gegaan dat dit verloop een lineair karakter heeft. In formulevorm:

$$S_{\text{max}}(x) = \text{SMAX_ST}_{\text{Den Oever}} - 4.23 \cdot 10^{-3} x$$

met

$\text{SMAX_ST}_{\text{Den Oever}}$ = maximum windopzet te Den Oever.

SVS.

De stormvloedstand (SVS) wordt weergegeven door de optelling van astronomisch getij, windopzet en een veronderstelde zeespiegelrijzing.

Hs en Tp.

Deze golfgegevens volgen uit de Bretschneider-Sanders relatie.

Hkruin.

Voor de berekening van de totale overslag gedurende een ontwerpstorm wordt de kruinhoogte van de dijk als een stochastische variabele beschouwd. Gegevens hierover zijn in de vorm van kruinhoogtereregistraties per 100 m dijkvak beschikbaar. (Deze gegevens zijn afkomstig van tekening nr. A-71.107 van ZZW 1971) De gegevens zijn geanalyseerd en de volgende parameters zijn bepaald:

Gemiddelde kruinhoogte: NAP + 7.64 m
Standaardafwijking : 0.234 m

Voor de berekening van lokale overslagdebieten wordt de kruinhoogte per 100 m dijkvak apart beschouwd en er wordt een overslagberekening gemaakt. Hiermee wordt een indruk verkregen van de "zwakke plekken" in de Afsluitdijk.

R.

--
De ruwheidsfactor van de dijkbekleding is op 0.95 gesteld, hetgeen redelijk representatief is voor een grashelling.

HOEK_ST.

De hoek van inval van de wind is gesteld op 300° - 330°. Ten opzichte van de dijk (loodrecht op de dijkas) is dit dan:

-19° - 11°.

Fetch.

De strijklengte voor de Afsluitdijk wordt bepaald als functie van de coördinaat langs de dijkas. Wanneer het nulpunt wordt gekozen bij Den Oever, dan volgt de volgende relatie:

$x < 11 \text{ km} : \text{Fetch} = (16 + e^{0.23x}) \cdot 10^3 \text{ m}$
 $x > 11 \text{ km} : \text{Fetch} = 28500 \text{ m}$

Simulatie storm.

Ten behoeve van de overslagvolumeberekening worden alle hierboven vermelde parameters verwerkt in een stormsimulatie. Hierbij worden windopzet en astronomisch getij bij elkaar opgeteld.

De windkondities worden gesimuleerd door, uitgaande van de eerder opgestelde relatie (zie lit[3]) tussen windopzet en 5-uurs windsnelheid en een verondersteld faseverschil tussen windsnelheid en maximale windopzet van 2.5 uur, via de Rijkooft formule te berekenen hoe groot de instantane windsnelheid is. Deze instantane windsnelheid dient als invoer voor de berekening van de golfkondities op de Waddenzee. Bovendien wordt de duur van de storm, weergegeven in de tijdsduur van de opzet, als stochastische variabele aangenomen met een normale verdeling. De opzet heeft de volgende gedaante:

$$s(x,t) = S_{\max}(x) \cdot \cos^2(\pi(t-0.5 \cdot T_{\text{STORM}}) / T_{\text{STORM}})$$

waarbij

T_{STORM} = stormduur met:

gemiddelde = 48 uur
standaardafwijking = 12 uur

Om praktische redenen is gekozen voor $t=0$ op het tijdstip dat de opzet maximaal is.

Buistoot.

Met een buistoot is voor de berekening van de overslag geen rekening gehouden, omdat deze een te korte periode heeft ten opzichte van de stormduur om als konstante waterstandsverhoging te worden aangemerkt. Een kleine tijdstap rond $t=0$ zou wel de invloed van de eventuele buistoot kunnen weergeven. Dit vergt echter veel rekentijd. De verwachting is, dat het resultaat van de superpositie van een buistoot minimaal zal zijn.

opmerking.

Voor een meer uitgebreide bespreking van de hydraulische randvoorwaarden wordt verwezen naar lit[3].

HOOFDSTUK 2 : OPLOOP

De berekening van de 2%-oploop wordt uitgevoerd met de bekende oploopformule van Van Oorschot en d'Angremont. In lit[1] wordt de aanbeveling tot het gebruik van deze formule gedaan.

De formule luidt:

$$Z_{2\%} = C_{2\%}(\epsilon) \cdot T_p \cdot \sqrt{g \cdot H_m} \cdot \tan \alpha$$

met

$Z_{2\%}$ = oploop, door 2% van de golven overschreden
 $C_{2\%}(\epsilon)$ = konstante, afhankelijk van spektrumvorm
 ϵ = breedteparameter spektrum (zie lit[2])
 T_p = piekperiode spektrum
 H_m = significante golfhoogte
 α = taludhelling

De bepaling van de overschrijdingslijn van de 2%-oploop is geschied door in gedachte de kruinhoogte van de Afsluitdijk te laten toenemen en de helling van het buitentalud te laten continueren. In bijlage 1 wordt de overschrijdingslijn weergegeven voor verschillende buitentaludhellingen. De oploop is bepaald voor hellingen 1:4, 1:3 en 1:2.5.

De gemiddelde kruinhoogte van de Afsluitdijk in de huidige toestand is middels een stippellijn zichtbaar gemaakt. De bijbehorende overschrijdingskans van de 2%-oploop is hieruit af te lezen. In de huidige situatie is de overschrijdingskans van het 2%-oploopkriterium ca. 10^{-2} /jaar.

HOOFDSTUK 3 : TOTALE OVERSLAGVOLUME

De afsluitdijk faalt indien een of beide van de volgende gebeurtenissen optreden:

waterstand IJsselmeer te hoog
zoutbelasting IJsselmeer te hoog.

Om een indruk te krijgen van de invloed van de overslag op deze gebeurtenissen, wordt een berekening van de totale hoeveelheid overslaand water tijdens een storm gemaakt. Hierbij wordt verondersteld dat de Afsluitdijk niet bezwijkt, bijvoorbeeld door erosie binnentalud, als gevolg van het vele overslaande water.

Bij de bespreking van de randvoorwaarden is al globaal aan de orde gekomen hoe in deze studie een stormsimulatie is uitgevoerd. De storm wordt beschouwd als een proces, dat zich in de tijd en de ruimte afspeelt. Hiertoe zijn de variabelen tijd (tijdstip storm) en plaats (lokatie langs de Afsluitdijk) ingevoerd. De randvoorwaarden zijn inmiddels geschikt gemaakt voor een dergelijke analyse. Door nu met een regelmatig verdeeld tijdsinterval voor iedere lokatie (dwz. vakken van 2 km lengte) langs de Afsluitdijk een overslagberekening te maken en deze aandelen ter verkrijging van het totale overslagvolume te sommeren wordt het totale overslagvolume berekend na het verstrijken van de gehele storm.

De berekeningen zijn uitgevoerd, gebruikmakend van twee berekeningsmethoden:

- methode HRS
- methode BATTJES

De eerste methode is een door het Hydraulics Research Station te Wallingford ontwikkelde empirische berekeningswijze; de tweede, door Battjes ontwikkelde, berekening heeft een semi-theoretische grondslag, waarbij de vorm van het energiespectrum van invloed is op de berekende overslag.

In hoofdstuk 5 worden deze twee methoden vergeleken met de resultaten van modelproeven van het WL. Voor een variatie aan hydraulische randvoorwaarden worden de overslaggebieden volgens de metingen en de berekeningen naast elkaar gezet.

De beide methoden worden in het navolgende gedeelte toegelicht.

- methode HRS

Deze overslagberekening is afkomstig van het Hydraulics Research Station in Wallingford (Verenigd Koninkrijk). Het is een methode die op de empirie berust. Achtereenvolgens zullen de te berekenen grootheden worden opgesomd.

$$R_* = \frac{R_c}{T_{gem} \cdot \sqrt{gH_m}}$$

met: R_* = dimensieloze vrije hoogte
 R_c = vrije hoogte = $H_{kruin} - SVS$
 T_{gem} = gemiddelde periode
 H_m = significante golfhoogte

$$Q_* = A \cdot \exp(-(B/R) \cdot R_*)$$

met: Q_* = dimensieloos debiet
 R = ruwheidsfactor bekleding
 A = konstante ($1.92 \cdot 10^{-2}$)
 B = konstante (46.96)

A en B zijn konstanten, die in het geval van de Afsluitdijk (zonder berm) alleen van de taludhelling afhankelijk zijn. De getalwaarden behoren bij een taludhelling van 1:4.

$$Q_{gem} = Q_* \cdot T_{gem} \cdot g \cdot H_m$$

met: Q_{gem} = gemiddeld debiet per m'dijk lengte (in $m^3/s \cdot m$)

$$Q_t = Q_{gem} \cdot K_w \cdot \alpha \cdot L$$

met: K_w = windkorrektiefactor
 α = korrektiefactor schuine golfaanval
 Q_t = debiet over gehele dijk lengte
 L = dijk lengte

- methode BATTJES

De methode Battjes berust op een semi-theoretische grondslag. De overslag wordt hierbij in verband gebracht met de correlatie tussen de individuele golflengte en -hoogte, hetgeen inhoudt dat rekening wordt gehouden met de vorm van het energiespektrum van de golfbeweging, in de gedaante van een vormparameter.

Achtereenvolgens worden berekend:

$$k^2 = ro^* - ro^{*2}/16 - ro^{*3}/128$$

$$ro^* = (16 - 4 \cdot \pi) \cdot ro / \pi$$

met: ro = korrelatiecoëfficiënt tussen golflengte en golfhoogte.

De parameter ro is in lit[4] voor een vijftigtal prototype experimenten bepaald. Hierdoor is het mogelijk om ro als stochast in de berekening te betrekken. De parameters zijn:

$$\begin{aligned} \text{gemiddelde} &= 0.44 \\ \text{standaardafwijking} &= 0.08 \end{aligned}$$

Er wordt een normale verdeling verondersteld.

wanneer we definiëren:

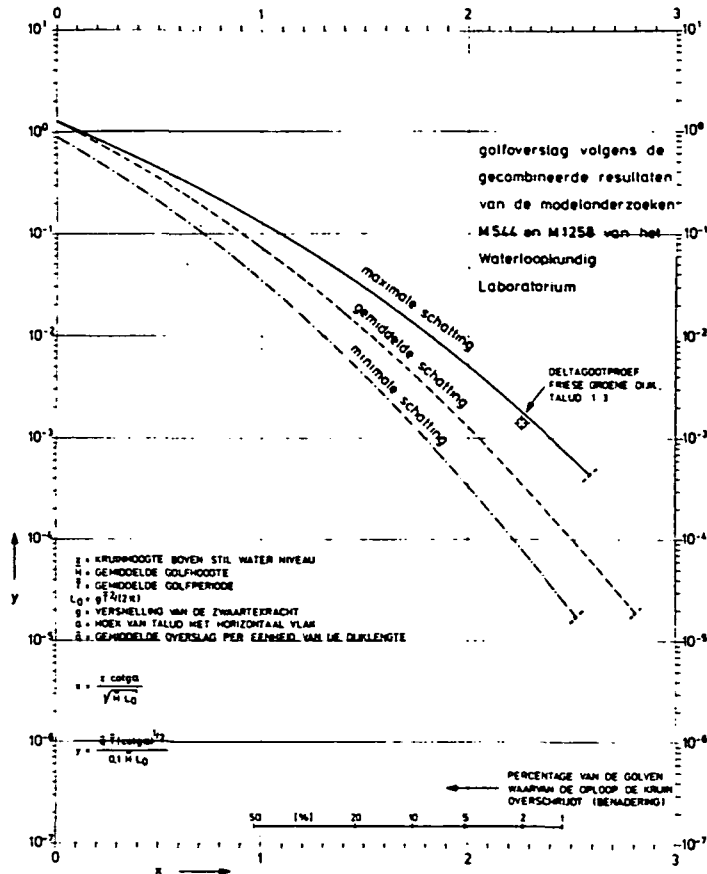
$$x = \frac{h_d \cot(\alpha)}{R \sqrt{H_{gem} L_0}}$$

$$y = \frac{q_{gem} T \sqrt{\cot(\alpha)}}{0.1 R^2 H_{gem} L_0}$$

met: h_d = vrije hoogte = Hkruin - SVS
 α = hoek talud
 R = ruwheid talud
 H_{gem} = gemiddelde golfhoogte
 L_0 = gemiddelde diepwater golflengte
 q_{gem} = gemiddeld debiet per m' dijklenqte
 T = significante golfperiode

dan volgt uit de grafiek op de volgende bladzijde dat:

$$y = f(x, k)$$



figuur 1. Gemiddeld overslagdebiët als functie van k

Met behulp van curvefitting is vervolgens deze grafische afbeelding in formulevorm geschreven.

De formule luidt nu:

$$y = \exp(A \cdot x^B)$$

met: $A = 0.450k^2 + 0.456k - 2.754$
 $B = 0.270k^2 - 0.319k + 1.563$

Uit y kan vervolgens de waarde van q_{gem} worden berekend.

$$Q_t = q_{gem} \cdot \beta \cdot L$$

met: Q_t = totale debiet over de dijk lengte
 β = korrektiefactor schuine golfaanval
 L = dijk lengte

Toegepaste golfparameters.

De overslagformules hebben in de berekening een waarde nodig van de gemiddelde golfperiode (T_z). Bij een verondersteld JONSWAP spektrum (jonge zeegang, golfgroei) bestaat een vaste relatie tussen de piekperiode (T_p) en T_z . Deze verhouding wordt gebruikt om T_p , volgend uit het golfgroeimodel, om te zetten in T_z , volgens:

$$T_z = 0.8T_p$$

berekeningsresultaten

De resultaten van de berekeningen zijn te vinden in bijlage 2. Hierin worden de overschrijdingslijnen weergegeven voor de twee berekeningsmethoden, onder toepassing van verschillende hydraulische randvoorwaarden.

Alhoewel uit de grafiek gekonkludeerd moet worden dat een eenduidige bepaling van het overslagvolume een moeilijke zaak is, kan wel worden gekonstateerd, dat de hoeveelheid van enkele miljoenen m^3 slechts leidt tot een minimale waterstandsverhoging op het IJsselmeer. Dit blijkt uit het volgende voorbeeld:

Het IJsselmeer heeft een oppervlak van ongeveer 2000 km^2 . Een overslagvolume van $ca. 10^6 \text{ m}^3$ leidt dan tot een waterstandsverhoging van slechts $0.5 \text{ mm}!!!!$

De methode van Battjes geeft circa 2 maal hogere overslaghoeveelheden bij eenzelfde overschrijdingsfrequentie. Het probleem bij deze berekeningsmethoden is dat ze bijzonder gevoelig zijn voor de keuze van de in te voeren golfperiode. Deze gevoeligheid maakt een zeer nauwkeurige schatting van de te verwachten perioden noodzakelijk. Metingen langs de Afsluitdijk om het golfklimaat vast te leggen zouden hierom geen overbodige luxe zijn.

In bijlage 5 wordt de listing van de gebruikte Z-functie gegeven.

HOOFDSTUK 4 : LOKALE OVERSLAGDEBIETEN

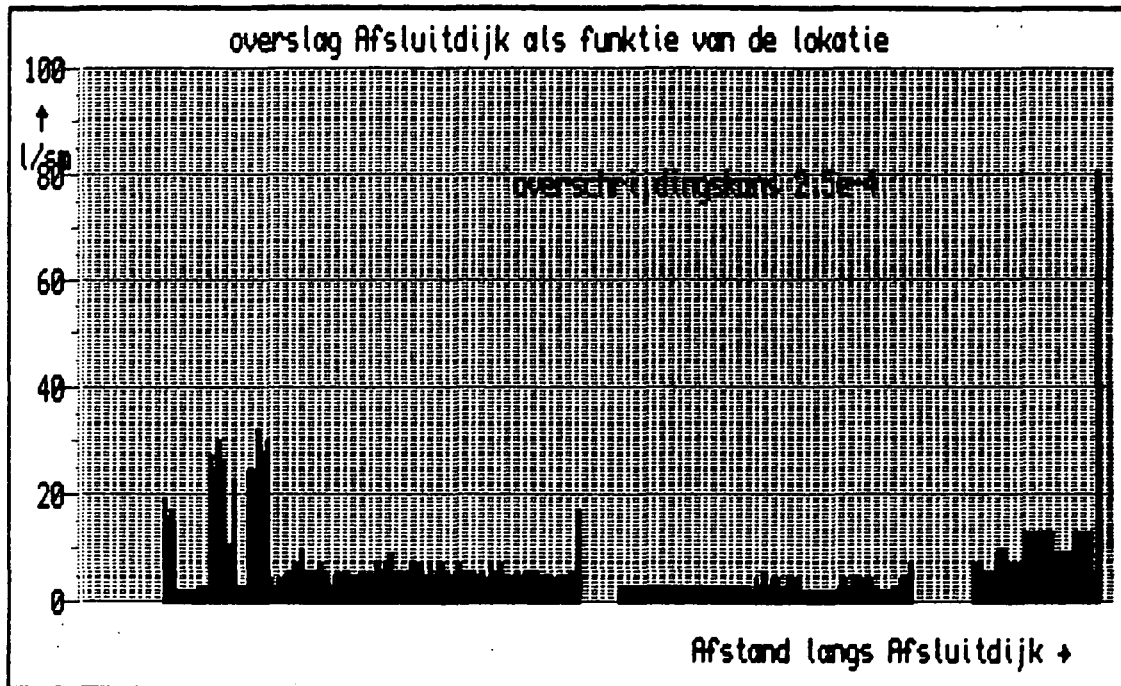
Ter bepaling van de erosiegevoeligheid van de bekleding van het binnentalud is een berekening van de gemiddelde overslagdebieten noodzakelijk. Hieruit kunnen stroomsnelheden over het binnentalud worden afgeschat. Om een zo nauwkeurig mogelijk beeld te krijgen van de overslagdebieten is de kruinhoogte per dijkvak van 100 m ingevoerd in de berekening. Deze kruinhoogten zijn bekend, na metingen van januari 1970. Dezelfde hydraulische randvoorwaarden zijn ingevoerd als bij de overige berekeningen, echter nu is alleen gekeken naar het moment waarop de storm op het hevigst woedt, namelijk tijdens de maximale windopzet. De berekening is uitgevoerd met behulp van de methode HRS, volgend uit de vergelijking van hoofdstuk 5.

In bijlage 3 worden de resultaten gepresenteerd.

De resultaten zijn dit keer moeilijk in een overschrijdingslijn weer te geven. De overschrijdingskansen slaan op het gemiddelde overslagdijbiet langs de totale Afsluitdijk. In de tabellen worden de gemiddelde overslagdebieten (in l/s·m) per dijkvak van 100 m weergegeven.

In figuur 2 worden de overslagdebieten uitgezet als functie van de lokatie op de Afsluitdijk. In deze figuur is als voorbeeld gekozen de overslag met een overschrijdingsfrequentie van $2.5 \cdot 10^{-4}$ /jaar. De zwakke, of overslaggevoelige plekken in de Afsluitdijk komen hierbij aan het licht.

Er moet worden opgemerkt dat de resultaten aan de lage kant lijken, in vergelijking met de modelproeven van het WL. De reden hiervan is de korte piekperiode, die uit de berekening van de Bretschneiderrelatie volgt, in vergelijking tot de gemeten piekperiode in de modelproeven. Hier wordt in hoofdstuk 5 verder op in gegaan.



figuur 2. Overslag Afsluitdijk als functie van de lokatie

HOOFDSTUK 5 : VERGELIJKING BEREKENINGSMETHODEN - MODEL WL

De twee toegepaste berekeningsmethoden zijn vergeleken met gebruikmaking van de hydraulische randvoorwaarden uit de proevenserie van het WL. Vervolgens zijn gemeten en berekende waarden tegenover elkaar geplaatst.

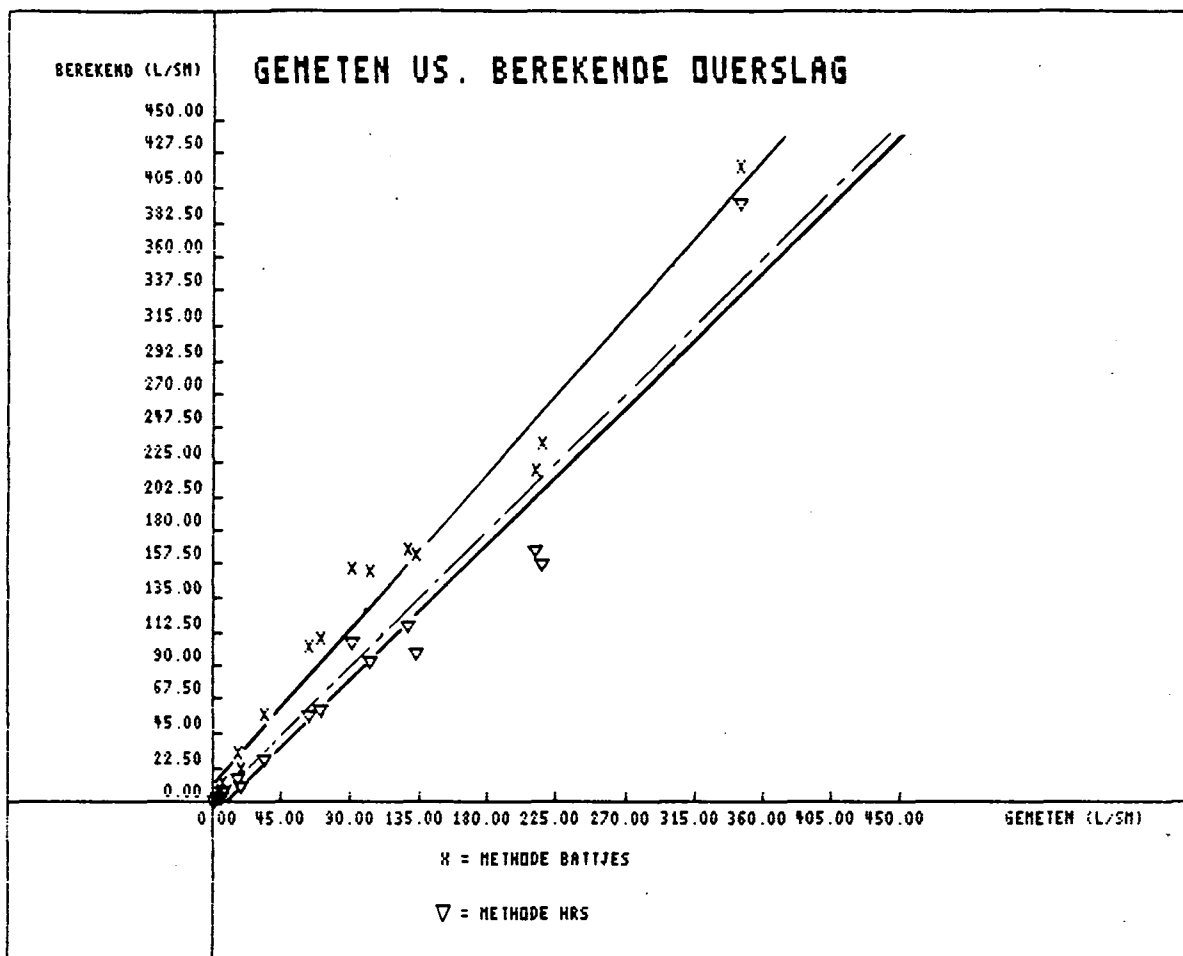
De geselecteerde WL proefresultaten hebben alle een JONSWAP spectrum. De tabellen van bijlage 4 geven de hydraulische randvoorwaarden tijdens de proeven, alsmede een vergelijking tussen gemeten en berekende overslagdebieten

Uit de vergelijking komt naar voren dat de methode Battjes, onder de veronderstelling dat $ro = 1$ (jonge zeegang, JONSWAP spectrum) een overschrijding geeft ten opzichte van de gemeten overslagdebieten, terwijl de methode HRS aan de lage kant zit.

In figuur 3 worden de resultaten nogmaals tegen elkaar uitgezet, met toevoeging van de regressielijnen.

De streep-stiplijn geeft aan wanneer berekende en gemeten overslag gelijk zijn. De getrokken lijnen zijn de regressielijnen voor de methoden HRS en Battjes. Het blijkt dat voor de ingevoerde randvoorwaarden de methode HRS een betere berekening levert dan de methode Battjes, uitgaand van de juistheid van de WL proefresultaten. Op grond van deze vergelijking wordt het verdere gebruik van de methode HRS aangeraden en in deze studie aangehouden.

Voor een meer gedetailleerde vergelijking tussen berekeningsmethoden en metingen wordt verwezen naar lit[6].



figuur 3. Vergelijking gemeten en berekende overslag-debieten.

lokale overslagdebieten.

De in hoofdstuk 4 gepresenteerde resultaten van de berekening van lokale overslagdebieten per 100 m dijkvak lijken in regelrechte tegenspraak met de proefresultaten van het WL. Dit is des te vreemder wanneer de vergelijking tussen de gebruikte methode HRS en de meetresultaten zo goed uitpakt.

Uit figuur 2 volgt de overslag als functie van de lokatie langs de Afsluitdijk. Wanneer overslagdebieten worden uitgekozen die bij een zelfde kruinhoogte optreden als in het schaalmodel van het WL (ca. NAP + 7.70 m), dan leidt een vergelijking tot:

berekening HRS : ca. 5 l/sm
meting WL : ca. 34 l/sm

Het verschil wordt enerzijds veroorzaakt door een verschil in ingevoerde randvoorwaarden, anderzijds (en dit is van wezenlijk belang) door afwijkende golfsteilheden.

Tijdens de uitvoering van de experimenten door het WL is vastgehouden aan de volgende steilheid:

$$H_m/L_0 = 2.9 \%$$

met

$$L_0 = gT_p^2/2\pi$$

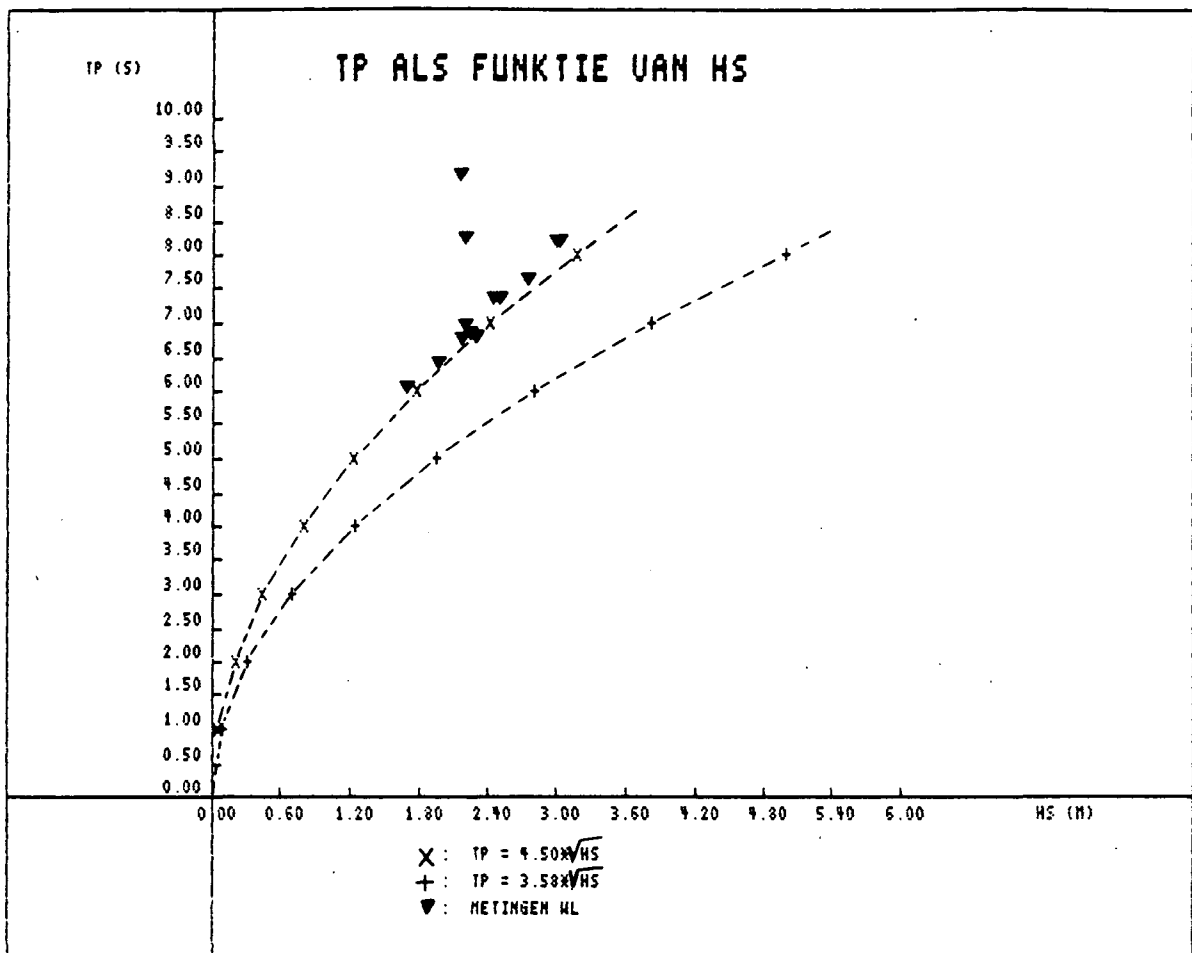
terwijl in de berekening met het golfgroeimodel van Bretschneider-Sanders een golfsteilheid van:

$$H_m/L_0 = 5 \text{ a } 6 \%$$

wordt verkregen.

De berekening met dit model leidt bij dezelfde H_m -waarde tot een beduidend lagere overslag. De vraag rijst nu welke steilheid in het ontwerp van de waterkering zal moeten worden gehanteerd. In de goot van het WL worden golfkondities gekreerd met behulp van een golfschot; in de natuur wordt dit veroorzaakt door een gierende wind met snelheden van 30 m/s en meer. De verschillen in golfopwekking lijken duidelijk.

Wanneer we de relatie tussen H_m en T_p bekijken, dan levert dit de figuur op de volgende pagina op:



figuur 4. T_p als functie van H_m .

De gemiddelde relatie wordt weergegeven door :

$$T_p = 4.5\sqrt{H_m} \quad \Rightarrow \quad H_m/L_0 = 3.2 \%$$

terwijl een bovengrens wordt gevormd door:

$$T_p = 3.58\sqrt{H_m} \quad \Rightarrow \quad H_m/L_0 = 5 \%$$

Voor een groeiend spektrum bij een ontwerpstorm zijn alleen lokaal opgewekte golven bepalend. (gierende wind) Deze golven bezitten, wanneer het jonge zeegang betreft, een maximale steilheid. Wanneer een storm langer duurt en elders opgewekte golven (deining, vgl golfschot) mede het spektrum gaan bepalen, zal de golfsteilheid af gaan nemen.

Voor ontwerpcondities langs de Afsluitdijk, waarbij de afschermdende werking van de Waddeneilanden een deining-
indringing verhindert, lijkt het dan ook aannemelijk dat

tijdens een ontwerpstorm een maximale golfsteilheid heerst. De resultaten van het WL onderzoek lijken dan ook een overschatting te geven van de overslagdebieten.

Deze opmerking wordt tevens bevestigd in lit[7]. In lit[7] wordt een overslag berekend van ca. 8 l/sm ter plaatse van Breezanddijk onder omstandigheden van een Deltastorm.

Het ontwerp van een binnentaludverdediging op basis van de WL proefresultaten zal dus zeer veilig zijn.

HOOFDSTUK 6 : KONKLUSIES

Oploop tegen de Afsluitdijk zou een kruinhoopte eisen van ca. NAP + 8.75 m, wanneer als eis gesteld zou worden dat er geen of nauwelijks overslag mag optreden onder ontwerpomstandigheden. (hierbij is uitgegaan van een buitentaludhelling van 1:4 en een 2 % golfoploop)

De overslag over de gehele afsluitdijk heeft bij een overschrijdingskans van $7 \cdot 10^{-4}$ /jaar de volgende grootte:

10^6 m^3 per storm.

Dit levert een waterstandsverhoging van het IJsselmeer van 0.5 mm op.

Vergelijking van de beide berekeningsmethoden met de gemeten overslag in modelproeven leert dat de methode HRS de beste overeenkomst biedt met de gemeten overslag.

De keuze van de maatgevende golfperiode in de berekening van de overslag is van zeer grote invloed op de berekende overslag.

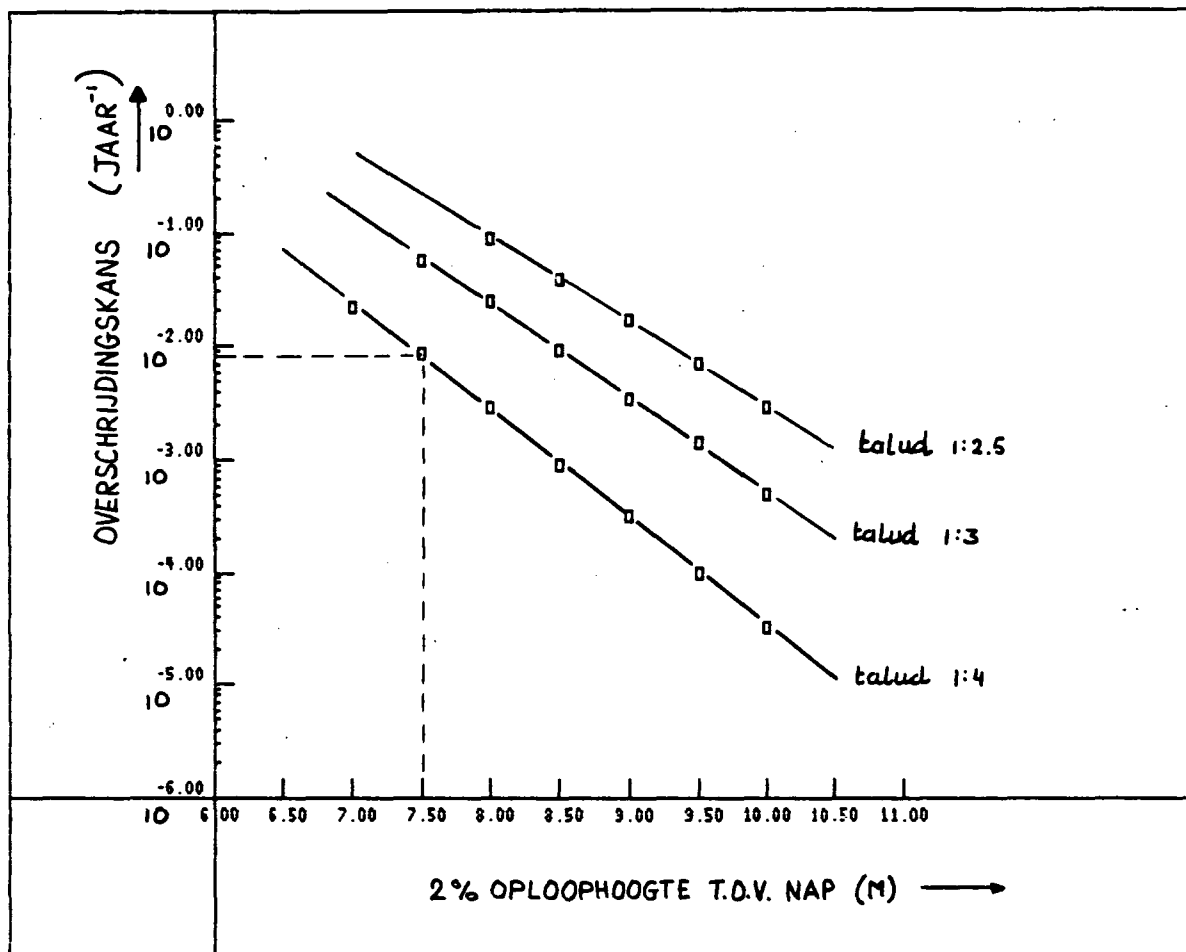
aanbeveling

Metingen langs de Afsluitdijk ter bepaling van de golfbrandvoorwaarden zijn zeer welkom.

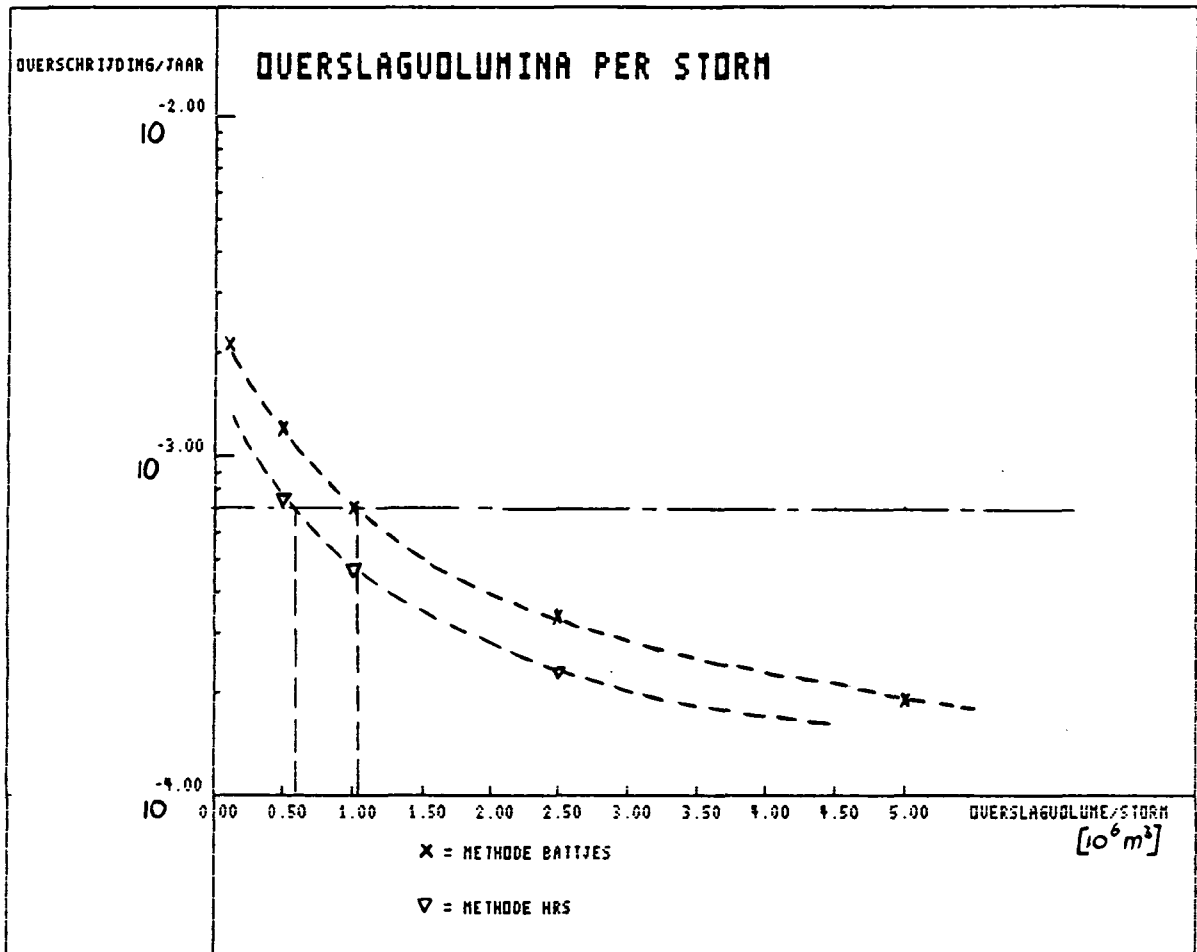
LITERATUURLIJST

1. Voorstudie van golfoploop en golfoverslag over de Oostvaardersdijk, Waterloopkundig Laboratorium H 18.00, 1986
2. Golfoploop en golfoverslag, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1972
3. Hydraulische randvoorwaarden voor de probabilistische berekening van de belasting op de sluizen in de Afsluitdijk, RWS, Dir sluizen & stuwen, Hoofdafd. Waterbouw, 1987.
4. Golfoploonderzoek aan de Afsluitdijk, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1981
5. Diktaat b78, Windgolven, J. A. Battjes, TH Delft afd. Civiele Techniek, 1982
6. Golfoverslag Afsluitdijk, verslag modelonderzoek, Waterloopkundig Laboratorium, H 24, 1987, concept.
7. Golfoverslag Afsluitdijk, verslag van berekeningen, Waterloopkundig Laboratorium, R 1428, 1979.

BIJLAGE 1



BIJLAGE 2



BIJLAGE 3A

OVERSLAG AFSLUITDIJK METHODE HRS

Datum: 25/ 3/1987

ONTWERFOVERSLAG = 50 M3/S. DIJKLENGTE
 Beta = 3.182
Overstroomingscoëfficiënt = 7.3E-004

| NAAM | TYPE | A | B | C | MU | NU | X | Alfa3 | n |
|----------|------|---------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|
| instroet | N | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.635 | 0.174 | 0.716 | 0.021 | -138.93 |
| max_et | S | 2.370 | 0.308 | 0.000 | 1.316 | 1.030 | 4.478 | 0.930 | -970.86 |
| inroet | N | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2.500 | 0.683 | 0.007 | -5.43 |
| oek_et | U | 300.000 | 330.000 | 0.000 | 315.075 | 11.565 | 318.151 | 0.007 | -532.53 |
| oess_et | N | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.100 | 0.025 | 0.102 | 0.000 | -19.71 |
| o | U | 1.050 | 1.530 | 0.000 | 1.290 | 0.191 | 1.309 | 0.001 | -50.01 |
| oetor_et | U | 0.400 | 1.130 | 0.000 | 0.890 | 0.175 | 0.980 | 0.033 | -233.82 |

antal iteraties = 4

Bekenduur = 177.19 s.

HOEVEELHEDEN OVERSLAG PER DIJKVAK (L/SM) (dijkvak = 100 m)

ONTWERFOVERSLAG = 3.3E-001 M3/S. DIJKLENGTE
 BETROEGENDE WAAKHOOGTE = 0.72 M T.O.V. NAP
 TOEGELATEN WAAKHOOGTE = 4.47 M
 VERONDERSTELDE WAF-DOELING = 1.10 M
 TOEGELATEN WAF-DOELING = 29.23 M/S
 TOEGELATEN WAF-DOELING = 1.77 M

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 4 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 7 | 8 | 7 | 3 | 3 | 3 | 6 | 1 | 1 |
| 1 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 | 9 | 8 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 20 | 0 | 0 |

BIJLAGE 3B

OVERSLAG AFSLUITDIJK METHODE HRS

Datum: 27/ 3/1997

OVERSLAGOVERSLAG = 100 M3/S. DIJKLENGTE
 Dijk = 3,333
 Overstromingsdikte = 4,35 + 0,4

| VAR | TYPE | A | B | C | MU | SI | X | Alfa) | n |
|-----------|------|---------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|----------|
| astro_at | N | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,635 | 0,174 | 0,717 | 0,020 | -270,30 |
| snak_at | G | 2,370 | 0,308 | 0,000 | 1,150 | 1,080 | 4,638 | 0,934 | -1938,31 |
| error_at | N | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,500 | 0,646 | 0,006 | -9,37 |
| hoek_at | U | 330,000 | 330,000 | 0,000 | 315,083 | 11,534 | 318,216 | 0,007 | -1050,02 |
| roos_at | N | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,100 | 0,025 | 0,102 | 0,000 | -38,31 |
| W | U | 1,050 | 1,530 | 0,000 | 1,250 | 0,190 | 1,310 | 0,001 | -99,97 |
| FAKTOP_ST | U | 0,800 | 1,130 | 0,000 | 0,874 | 0,184 | 0,985 | 0,032 | -444,85 |

Totaal iteraties = 3 Rekentijd = 34,87 s.

HOGVEELHEDEN OVERSLAG PER DIJKVAK (L/S/M) (dijkvak = 100 m)

OVERSLAGOVERSLAG = 100-002 M3/S. DIJKLENGTE
 Dijkhoogte = 0,72 M T.O.V. NAP
 Dijkdikte = 4,65 M
 VERONGERSTELDE NAP-DALING = 0,10 M
 Dijkhoogte waarschijnlijkheid = 29,22 M/S
 EVANGELISANTE GOLFHOOGTE = 1,79 M

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 9 | 9 | 8 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 15 | 13 | 15 | 14 | 5 | 6 | 6 | 12 | 2 | 2 |
| 2 | 13 | 13 | 13 | 17 | 16 | 15 | 15 | 3 | 2 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 |
| 3 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 |
| 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | | 2 | 3 | 1 | 3 |
| 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 7 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 0 | 41 | 0 | 0 |

BIJLAGE 3C

OVERSLAG WAFELUITDIJK METHODE HRS

Datum: 25/ 3/1987

N^o OVERSLAG = 200 M3/S. DIJKLENGTE
 Beta = 3.484
 Perceptri (dingskans) = 2.5E-004

| NAME | TYPE | A | B | C | MU | SI | X | Alfa) | n |
|----------|------|---------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|----------|
| afro_st | N | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.635 | 0.174 | 0.715 | 0.019 | -522.93 |
| max_st | S | 2.370 | 0.308 | 0.000 | 1.018 | 1.123 | 4.615 | 0.942 | -3854.69 |
| minn_st | N | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2.500 | 0.615 | 1.305 | -16.12 |
| okk_st | U | 300.000 | 330.000 | 0.000 | 315.092 | 1.502 | 318.328 | 0.007 | -2069.21 |
| open_st | S | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.100 | 0.025 | 0.102 | 0.000 | -73.98 |
| W | U | 1.050 | 1.530 | 0.000 | 1.250 | 0.190 | 1.311 | 0.001 | -200.24 |
| AKTOR_ST | J | 0.600 | 1.130 | 0.000 | 0.975 | 0.182 | 0.978 | 0.025 | -304.56 |

antal iteraties = 5

Rekenduur = 220.20 s.

OVERSLAG = 2.0E+002 M3/S. DIJKLENGTE
 HET WADENZEEL = 0.72 M T.O.V. NAP
 DEPT WADENZEEL = 4.82 M
 FRONDERTELBE NAP-DALING = 0.10 M
 HURE WADENZEEL = 29.92 M/S
 STRAFICANTE GOLFHOOGTE = 1.84 M

HOEVEELHEDEN OVERSLAG PER DIJKVAK (L/SM) (dijkvak = 100 m²)

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 17 | 16 | 16 | 3 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 29 | 26 | 31 | 27 | 12 | 12 | 12 | 24 | 4 | 4 |
| 4 | 21 | 26 | 25 | 33 | 30 | 29 | 31 | 5 | 4 |
| 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 | 11 | 7 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 | 5 | 4 | 6 | 7 |
| 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 |
| 6 | 9 | 9 | 7 | 9 | 7 | 10 | 7 | 7 | 7 |
| 6 | 7 | 9 | 6 | 8 | 8 | 6 | 6 | 8 | 6 |
| 7 | 8 | 8 | 7 | 6 | 6 | 7 | 8 | 7 | 7 |
| 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | 5 | 5 | 8 | 5 | 7 |
| 8 | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 6 | 6 | 7 | 6 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | 5 | 4 | 7 | 6 | 4 | 5 | 6 | 5 | 4 |
| 4 | 6 | 4 | 5 | 3 | 3 | 7 | 5 | 4 | 4 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 4 | 4 | 6 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 10 | 11 | 11 | 8 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 14 | 14 | 14 | 14 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 1 | 51 | 0 | 0 |

BIJLAGE 4

OVERSLAGBEREKENING VOLGENS METHODE HRS

RUWHEID = 1 TSEM = 1.00*TZ

| PROEF | WS (M) | KH (M) | HS (M) | TZ (S) | TP (S) | OVERSLAG (L/SM) | | VERH. |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|----------|-------|
| | | | | | | GEMETEN | BEREKEND | |
| 1 | 5.30 | 7.70 | 2.20 | 5.50 | 6.97 | 33.7 | 27.7 | 0.82 |
| 2 | 5.30 | 7.70 | 1.69 | 4.85 | 6.05 | 6.4 | 5.1 | 0.80 |
| 3 | 5.30 | 7.70 | 1.96 | 5.24 | 6.38 | 16.8 | 14.3 | 0.85 |
| 4 | 5.30 | 7.70 | 2.50 | 5.90 | 7.38 | 70.3 | 58.7 | 0.83 |
| 5 | 5.30 | 7.70 | 2.75 | 6.20 | 7.65 | 133.6 | 97.0 | 0.73 |
| 6 | 5.30 | 7.70 | 3.02 | 6.54 | 8.19 | 215.5 | 156.9 | 0.73 |
| 7 | 5.30 | 7.70 | 2.20 | 6.30 | 8.24 | 63.3 | 55.5 | 0.88 |
| 8 | 5.30 | 7.70 | 2.15 | 7.13 | 9.15 | 103.4 | 92.4 | 0.89 |
| 9 | 4.60 | 7.70 | 2.24 | 5.57 | 6.83 | 18.0 | 8.9 | 0.49 |
| 10 | 3.80 | 7.70 | 2.28 | 5.65 | 6.82 | 5.3 | 2.6 | 0.48 |
| 11 | 3.00 | 7.70 | 2.30 | 5.69 | 6.82 | 1.2 | 0.7 | 0.58 |
| 12 | 6.00 | 7.70 | 2.17 | 5.60 | 6.75 | 90.6 | 104.2 | 1.15 |
| 13 | 6.00 | 7.70 | 2.45 | 5.83 | 7.38 | 211.5 | 154.7 | 0.78 |
| 14 | 6.00 | 7.70 | 3.00 | 6.56 | 8.19 | 345.1 | 393.3 | 1.14 |
| 18 | 5.30 | 7.00 | 2.29 | 5.55 | 6.79 | 128.4 | 115.1 | 0.90 |

OVERSLAGBEREKENING VOLGENS METHODE BATTJES

RUWHEID = 1 RO = 1.00

| PROEF | WS (M) | KH (M) | HS (M) | TZ (S) | TP (S) | OVERSLAG (L/SM) | | VERH. |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|----------|-------|
| | | | | | | GEMETEN | BEREKEND | |
| 1 | 5.30 | 7.70 | 2.20 | 5.50 | 6.97 | 33.7 | 58.2 | 1.73 |
| 2 | 5.30 | 7.70 | 1.69 | 4.85 | 6.05 | 6.4 | 13.0 | 2.03 |
| 3 | 5.30 | 7.70 | 1.96 | 5.24 | 6.38 | 16.8 | 32.9 | 1.96 |
| 4 | 5.30 | 7.70 | 2.50 | 5.90 | 7.38 | 70.3 | 108.7 | 1.55 |
| 5 | 5.30 | 7.70 | 2.75 | 6.20 | 7.65 | 133.6 | 163.0 | 1.22 |
| 6 | 5.30 | 7.70 | 3.02 | 6.54 | 8.19 | 215.5 | 237.7 | 1.10 |
| 7 | 5.30 | 7.70 | 2.20 | 6.30 | 8.24 | 63.3 | 102.7 | 1.62 |
| 8 | 5.30 | 7.70 | 2.15 | 7.13 | 9.15 | 103.4 | 152.6 | 1.48 |
| 9 | 4.60 | 7.70 | 2.24 | 5.57 | 6.83 | 18.0 | 22.3 | 1.24 |
| 10 | 3.80 | 7.70 | 2.28 | 5.65 | 6.82 | 5.3 | 6.8 | 1.29 |
| 11 | 3.00 | 7.70 | 2.30 | 5.69 | 6.82 | 1.2 | 1.7 | 1.46 |
| 12 | 6.00 | 7.70 | 2.17 | 5.60 | 6.75 | 90.6 | 153.9 | 1.70 |
| 13 | 6.00 | 7.70 | 2.45 | 5.83 | 7.38 | 211.5 | 219.3 | 1.04 |
| 14 | 6.00 | 7.70 | 3.00 | 6.56 | 8.19 | 345.1 | 419.7 | 1.22 |
| 18 | 5.30 | 7.00 | 2.29 | 5.55 | 6.79 | 128.4 | 166.9 | 1.30 |

BIJLAGE 5A

PROCEDURE ZFUNKTIE(OVERSLAG:REAL; X:ARY; VAR Z:REAL; VAR UIT:ARY);

```
{           AANZET TOT DE PROBABILISTISCHE BEREKENING           }
{           VAN DE OVERSLAG LANGS DE AFSLUITDIJK           }
{           methode : Battjes           }
{           DOOR: B.J. KOUWENHOVEN           }
```

CONST

```
g      = 9.81;           {VERSN. ZWAARTEKRACHT }
rozout = 1025;          {DICHTHEID ZOUT WATER }
R      = 0.95;          {REDUKTIEFAKTOR RUMHEID}
B      = 46.96;         {KONSTANTE VOOR QSTER }
A      = 1.92E-2;       {KONSTANTE VOOR QSTER }
LDIJK  = 2000;          {DIJKLENGTE           }
F      = 0.95;          {RUMHEID TALUD        }
HELLING = 0.25;         {HELLING TALUD        }
```

VAR

```
astro_st,ASTRO,          {ASTRONOMISCH GETIJ }
smax_st,S,               {MAXIMUM WINDOPZET }
TSMAX,                   {STORMDUUR           }
error_st,                 {STORINGSVARIABELE }
hoek_st,                  {HOEK VAN INVAL GOLVEN}
zeesp_st,                 {ZEESPIEGELDALING }
KW,                       {VERM. FAKTOR OVERSLAG}
HKRUIJN,                  {KRUINHOOGTE DIJK }
PHIASTRO,                 {FASEVERSCHIL GETIJ }
RO,                       {CORRELATIE KO. H-LO }
FETCH,                    {STRIJKLENGTE WAD }
BODEM,                    {GEM BODEMLIGGING WAD}
GEMS,                     {GEM OPZET WAD }
Hs,HSMAX,                 {SIGN. GOLFHOOGTE }
L,                         {GOLFLENGTE }
LO,                       {DIEPWATER GOLFLENGTE}
Tp,                       {PIEKPERIODE GOLF }
K,                         {WINDFAKTOR }
SVS,                      {STORMVLOEDSTAND WAD }
DIEPTE,                   {DIEPTE WADDENZEE }
wind,                      {INSTANT.WINDSNELHEID}
wind_5,                    {5 UURS WINDSNELHEID }
WINDMAX,                   {1 UURS WINDSNELHEID }
KK,HGEM,HULP1,HULP2,LOGEM,ROSTER,HD,QGEM,QDIJK,ALFA,
TGEM,QTOT,QTIJD,AA,BB,GEMTSIG:REAL; {REDUKTIE GETIJ }
TO,TMAX,
XDIJK: INTEGER;           {KООORDINAAT LANGS DIJK}
```

{-----}

PROCEDURE Interface;

BEGIN

```
astro_st := X[1];
smax_st  := X[2];
TSMAX    := X[3];
```

```

error_st := X[4];
HOEK_st := X[5];
zeesp_st := X[6];
KW       := X[7];
HKRUIN  := X[8];
PHIASTRO := X[9];
RO       := X[10];
BODEM   := X[11];
GEMS    := X[12];
END;

```

(-----)

```

PROCEDURE golfgroei (U,H,F:real;var Hs,Tp:real);

```

```

CONST

```

```

    beta = 0.28;

```

```

VAR

```

```

    U_2,dim_U,dim_H,dim_F,alfa,gamma,delta,groEIFase,hulp1,hulp2:real;

```

```

BEGIN

```

```

    U_2 :=SQR(U);
    dim_U:=U_2/g;
    dim_H:=g*H/U_2;
    dim_F:=g*F/U_2;
    hulp1:=0.53*power(dim_H,0.75);
    hulp2:=0.0125*power(dim_F,0.42);
    hulp2:=tanh(hulp2/tanh(hulp1));
    groEIFase:=SQRT(tanh(hulp1)*hulp2);
    alfa:=((2120*groEIFase-4482)*groEIFase+2551)/4200;
    gamma:=((-360*groEIFase+386)*groEIFase+457)/700;
    delta:=SQRT(SQRT(alfa*(3-2*gamma))/beta/2);
    Tp:=2*pi*groEIFase*U/(delta*g);
    Hs:=-beta*SQR(groEIFase*U)/g;

```

```

END;

```

(=====HOOFDPROGRAMMA=====)

```

BEGIN

```

```

    Interface;
    wind_5 := error_st + (13.596*power(smax_st,0.5044));
    WINDMAX := 1.13*wind_5;
    HSMAX   := 0;
    QTIJD   := 0;
    TMAX := TRUNC(TSMAX);
    FOR TO := 10 TO (TMAX - 10) DO
    BEGIN
        K := ABS(5 - 2*(0.5*TSMAX - T0));
        WIND := WINDMAX/(POWER((K/26.8),1.2) + 1);
        QTOT := 0;
        XDIJK := 0;
        REPEAT
        BEGIN

```

```

S      := (SMAX_ST - 4.23E-3*XDIJK)*SQR(COS(PI*(T0 - 0.5*TSMAX)/TSMAX));
IF PHIASTRO < 0 THEN PHIASTRO := 0;
ASTRO := (ASTRO_ST+6.54E-3*XDIJK)*
          COS(2*PI*((0.5*TSMAX - T0) + PHIASTRO)/12.4+XDIJK/310));
IF XDIJK <= 11 THEN FETCH:=1E3*(16+EXP(0.23*XDIJK)) ELSE FETCH:=28500;
SVS    := ASTRO + S + zeesp_st;
DIEPTE := BODEM + ASTRO + S*GEMS + zeesp_st;
Golfgroei(wind,diepte,FETCH,Hs,TP);
IF HS > HSMAX THEN HSMAX := HS;
=====
}
-----METHODE BATTJES-----
}
=====
ROSTER := (16 - 4*PI)*RD/PI;
KK := SQR(ROSTER - SQR(ROSTER)/16 - POWER(ROSTER,3)/128);
HGEM := 0.63*HS;
LOGEM := 1,566*SQRT(TP);
GEMTSIG := 0.912*TP;
HD := HKRUIN - SVS;
HULP1 := HD/(F*HELLING*SQR(HGEM*LOGEM));
AA := 0.499806*SQR(KK) + 0.455597*KK - 2.75409;
BB := 0.2696*SQR(KK) - 0.3186*KK + 1.5625;
HULP2 := EXP(AA*POWER(HULP1,BB));
QGEM := 0.1*SQR(F)*HGEM*LOGEM*HULP2*SQR(HELLING)/GEMTSIG;
IF XDIJK <= 25 THEN
  IF HOEK_ST <= 311 THEN ALFA := 1
  ELSE
    ALFA := COS((HOEK_ST - 311)*PI/180)/
            POWER((2 - POWER(COS(2*(HOEK_ST - 311)*PI/180),3)),0.3333)
  ELSE
    ALFA := COS(-(HOEK_ST - 349)*PI/180)/
            POWER((2 - POWER(COS(-2*(HOEK_ST - 349)*PI/180),3)),0.3333);
QDIJK := QGEM*LDIJK*ALFA;
=====
}
QTOT      := QTOT + QDIJK;
XDIJK := XDIJK + 2;
END;
UNTIL XDIJK > 30;
QTIJD      := QTIJD + 3600*QTOT;
END;
WRITE(QTIJD);
Z          := OVERSLAG - QTIJD;
UIT[1]    := OVERSLAG;
UIT[2]    := ASTRO_ST;
UIT[3]    := PHIASTRO;
UIT[4]    := SMAX_ST;
UIT[7]    := ZEESP_ST;
UIT[8]    := HKRUIN;
UIT[9]    := WINDMAX;
UIT[10]   := HSMAX;
END;
=====
}

```

BIJLAGE 5B

PROCEDURE ZFUNKTIE(OVERSLAG:REAL; X:ARY; VAR Z:REAL; VAR UIT:ARY);

```
{           AANZET TOT DE PROBABILISTISCHE BEREKENING           }
{           VAN DE OVERSLAG LANGS DE AFSLUITDIJK           }
{           methode: hrs           }
{           DOOR: B.J. KOUWENHOVEN           }
```

CONST

```
g      = 9.81;           {VERS.N. ZWAARTEKRACHT }
rozout = 1025;          {DICHTHEID ZOUT WATER }
R      = 0.95;          {REDUKTIEFAKTOR RUWHEID}
B      = 46.96;         {KONSTANTE VOOR QSTER }
A      = 1.92E-2;       {KONSTANTE VOOR QSTER }
LDIJK  = 2000;          {DIJKLENGTE           }
```

VAR

```
astro_st,ASTRO,          {ASTRONOMISCH GETIJ }
smax_st,S,               {MAXIMUM WINDOPZET }
TSMAX,                  {STORMDUUR           }
error_st,               {STORINGSVARIABELE }
hoek_st,                {HOEK VAN INVAL GOLVEN}
zeesp_st,               {ZEESPIEGELDALING }
KW,                     {VERM. FAKTOR OVERSLAG}
HKRUIJN,                {KRUINHOOGSTE DIJK }
PHIASTRO,               {FASEVERSCHIL GETIJ }
F,                       {STRIJKLENGTE WAD }
BODEM,                  {GEM BODEMLIGGING WAD }
GEMS,                   {GEM OPZET WAD }
Hs,HSMAX,               {SIGN. GOLFHOOSTE }
L,                       {GOLFLENGTE }
L0,                     {DIEPWATER GOLFLENGTE }
Tp,                     {PIEKPERIODE GOLF }
K,                       {WINDFAKTOR }
SVS,                    {STORMVLOEDSTAND WAD }
DIEPTE,                 {DIEPTE WADDENZEE }
wind,                   {INSTANT.WINDSNELHEID }
wind_5,                 {5 UURS WINDSNELHEID }
WINDMAX,                {1 UURS WINDSNELHEID }
QSTER,RSTER,RC,QGEM,QDIJK,ALFA,
TGEM,QTOT,QTIID:REAL;   {REDUKTIE GETIJ }
TO,TMAX,
XDIJK: INTEGER;         {KOORDINAAT LANGS DIJK}
```

{-----}

PROCEDURE Interface;

```
BEGIN
  astro_st := X[1];
  smax_st  := X[2];
  TSMAX    := X[3];
  error_st := X[4];
  HOEK_st  := X[5];
  zeesp_st := X[6];
```

```

KW      := X[7];
HKRUIN  := X[8];
PHIASTRO := X[9];
BODEM   := X[10];
GEMS    := X[11];
END;

```

(-----)

```
PROCEDURE golfgroei (U,H,F:real;var Hs,Tp:real);
```

```
CONST
```

```
beta = 0.28;
```

```
VAR
```

```
U_2,dim_U,dim_H,dim_F,alfa,gamma,delta,groEIFase,hulp1,hulp2:real;
```

```
BEGIN
```

```

U_2 :=SQR(U);
dim_U:=U_2/g;
dim_H:=g*H/U_2;
dim_F:=g*F/U_2;
hulp1:=0.53*power(dim_H,0.75);
hulp2:=0.0125*power(dim_F,0.42);
hulp2:=tanh(hulp2/tanh(hulp1));
groEIFase:=SQRT(tanh(hulp1)*hulp2);
alfa:=((2120*groEIFase-4482)*groEIFase+2551)/4200;
gamma:=((-360*groEIFase+386)*groEIFase+457)/700;
delta:=SQRT(SQRT(alfa*(3-2*gamma))/beta/2);
Tp:=2*pi*groEIFase*U/(delta*g);
Hs:=beta*SQR(groEIFase*U)/g;

```

```
END;
```

(=====HOOFDPROGRAMMA=====)

```
BEGIN
```

```
Interface;
```

```
wind_5 := error_st + (13.596*power(smax_st,0.5044));
```

```
WINDMAX := 1.13*wind_5;
```

```
HSMAX := 0;
```

```
QTIJD := 0;
```

```
TMAX := TRUNC(TSMAX);
```

```
FOR TO := 10 TO (TMAX - 10) DO
```

```
BEGIN
```

```
K := ABS(5 - 2*(0.5*TSMAX - TO));
```

```
WIND := WINDMAX/(POWER((K/26.8),1.2) + 1);
```

```
QTOT := 0;
```

```
XDIJK := 0;
```

```
REPEAT
```

```
BEGIN
```

```
S := (SMAX_ST - 4.23E-3*XDIJK)*SQR(COS(PI*(TO - 0.5*TSMAX)/TSMAX));
```

```
IF PHIASTRO < 0 THEN PHIASTRO := 0;
```

```
ASTRO := (ASTRO_ST+6.54E-3*XDIJK)*
```

```
  COS(2*PI*(((0.5*TSMAX - TO) + PHIASTRO)/12.4+XDIJK/310));
```



```

IF XDIJK <= 11 THEN F := 1E3*(16 + EXP(0.23*XDIJK)) ELSE F:= 28500;
SVS := ASTRO + S + zeesp_st;
DIEPTE := BODEM + ASTRO + S*GEMS + zeesp_st;
Golfgroei(wind,diepte,F,Hs,Tp);
IF HS > HSMAX THEN HSMAX := HS;

```

```

=====
METHODE HRS
=====

```

```

RC := HKRUIN - SVS;
TGEM := Tp*0.79;
RSTER := RC/(TGEM*SQRT(g*Hs));
QSTER := A*EXP(-(B/R)*RSTER);
QGEM := QSTER*TGEM*g*Hs;
IF XDIJK <= 25 THEN
  IF HOEK_ST <= 311 THEN ALFA := 1;
  ELSE
    IF HOEK_ST >= 326 THEN ALFA := 1.65;
    ELSE ALFA := 1 + 0.65*SIN((PI/30)*(HOEK_ST - 311));
  ELSE ALFA := 0.03*HOEK_ST - 8.3;
QDIJK := QGEM*Kw*ALFA*LDIJK;

```

```

=====

```

```

QTOT := QTOT + QDIJK;
XDIJK := XDIJK + 2;
END;
UNTIL XDIJK > 30;
QTIJD := QTIJD + 3600*QTOT;
END;

```

```

WRITE(QTIJD);
Z := OVERSLAG - QTIJD;
UIT(1) := OVERSLAG;
UIT(2) := ASTRO_ST;
UIT(3) := PHIASTRO;
UIT(4) := SMAX_ST;
UIT(7) := ZEESP_ST;
UIT(8) := HKRUIN;
UIT(9) := WINDMAX;
UIT(10) := HSMAX;

```

```

END;

```

```

=====

```