

---

## Geertjesgolf CV

### industriezandwinningsplan Geertjesgolf

### optimalisatie kadehoogten

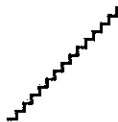


Witteveen+Bos  
Raadgevende ingenieurs b.v.

Van Twickelostraat 2  
postbus 233  
7400 AE Deventer  
telefoon 0570 69 79 11  
telefax 0570 69 73 44

---

water  
 Infrastructuur  
 milieu  
 bouw




## Geertjesgolf CV

### industriezandwinningsplan Geertjesgolf

### optimalisatie kadehoogten

|                   |                  |            |
|-------------------|------------------|------------|
| registratie       | projectcode      | status     |
| SECI/NORI/rap.001 | Beun13.5         | definitief |
| projectleider     | projectdirecteur | datum      |
| Ir. A.P. Salverda | drs. M.P. Grimm  | 99-05-03   |

|             |                      |   |
|-------------|----------------------|---|
| autorisatie | naam                 | paraaf  |
| goedgekeurd | drs. M.J.D. de Vries |  |

Witteveen+Bos  
 Raadgevende ingenieurs b.v.

Van Twickelostraat 2  
 postbus 233  
 7400 AE Deventer  
 telefoon 0570 69 79 11  
 telefax 0570 69 73 44



De kwaliteitssystemen van Witteveen+Bos zijn gecertificeerd volgens  
 NEN-EN-ISO 9001

© Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs b.v.  
 Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

## INHOUDSOPGAVE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INLEIDING</b>                                   | <b>2</b>  |
| <b>2. AANGEPASTE BEREKENING OPSLINGERING PLASPEIL</b> | <b>4</b>  |
| 2.1. Aanpassingen aan het bestaande model             | 4         |
| 2.2. Doorgerekende scenario's                         | 6         |
| 2.3. Resultaten                                       | 7         |
| <b>3. OPWAAIING, GOLFOPLOOP EN GOLFOVERSLAG</b>       | <b>9</b>  |
| 3.1. Uitgangspunten                                   | 9         |
| 3.2. Methodiek  | 9         |
| 3.3. Doorgerekende scenario's                         | 10        |
| 3.4. Resultaten                                       | 13        |
| <b>4. GEOPTIMALISEERDE KADEHOOGTEN</b>                | <b>15</b> |
| <b>LITERATUURLIJST</b>                                | <b>17</b> |
| laatste bladzijde                                     | 17        |

## BIJLAGEN

|   | aantal bladzijden |
|---|-------------------|
| I Gemeten en berekende stijghoogten in omgeving H-locatie | 1                 |
| II Beoordeling resultaten calibratie                      | 1                 |
| III Verloop hoogwatergolf in Waal en Maas                 | 1                 |
| IV Berekeningen opwaaiing, golfoploop en golfoverslag     | 5                 |
| V Geoptimaliseerde oeverprofielen                         | 1                 |

## 1. INLEIDING

In het definitief waterhuishoudingsplan industriezandwinningsplan Geertjesgolf (ref. 6) is globaal vastgesteld welke dimensies van de kaden rond de plas dienen te worden gehanteerd. De waterstanden zijn hierbij ontleend aan het geohydrologische modelonderzoek dat is uitgevoerd door DHV in het kader van de Milieu-effectrapportage in 1993 (ref. 2). In de berekeningen van DHV is echter uitgegaan van een hydrologisch gemiddelde situatie. Daarnaast is een verouderde MHW-golf gebruikt, welke bovendien stationair is doorgerekend.

In het kader van het waterhuishoudingsplan is primair uitgegaan van de berekeningen van DHV. Gezien de bovengenoemde beperkingen is door Witteveen+Bos een indicatieve berekening uitgevoerd voor een extreem natte periode waarin een maatgevende hoogwatergolf optreedt. Door het indicatieve karakter van deze berekening zijn conservatieve aannamen gemaakt. De berekende kadehoogten in het definitief waterhuishoudingsplan moeten derhalve als een bovengrens worden gezien. Voor het optimaliseren van de kadehoogten dienen thans twee aspecten nader te worden onderzocht:

- a. de maximale opslingering van het plaspeil bij een MHW-golf op de Waal in de begin- en eindsituatie van de ontzanding;
  - b. de opwaaiing, golfoploop en golfoverslag van de kaden in de verschillende situaties.
- De grootste mate van beperking van de kadehoogten is te bereiken met het nauwkeuriger bepalen van de maximale opslingering van het plaspeil in de begin- en eindsituatie van de ontzanding.

### **doel onderzoek**

Het doel van de werkzaamheden is het optimaliseren van de hoogte van de kaden rond de zandwinplas Geertjesgolf. Dit in verband met de wens van de gemeente Beuningen om zo laag mogelijke kaden toe te passen, zodat de plassen visueel zichtbaar zijn vanuit de omgeving.

### **leeswijzer**

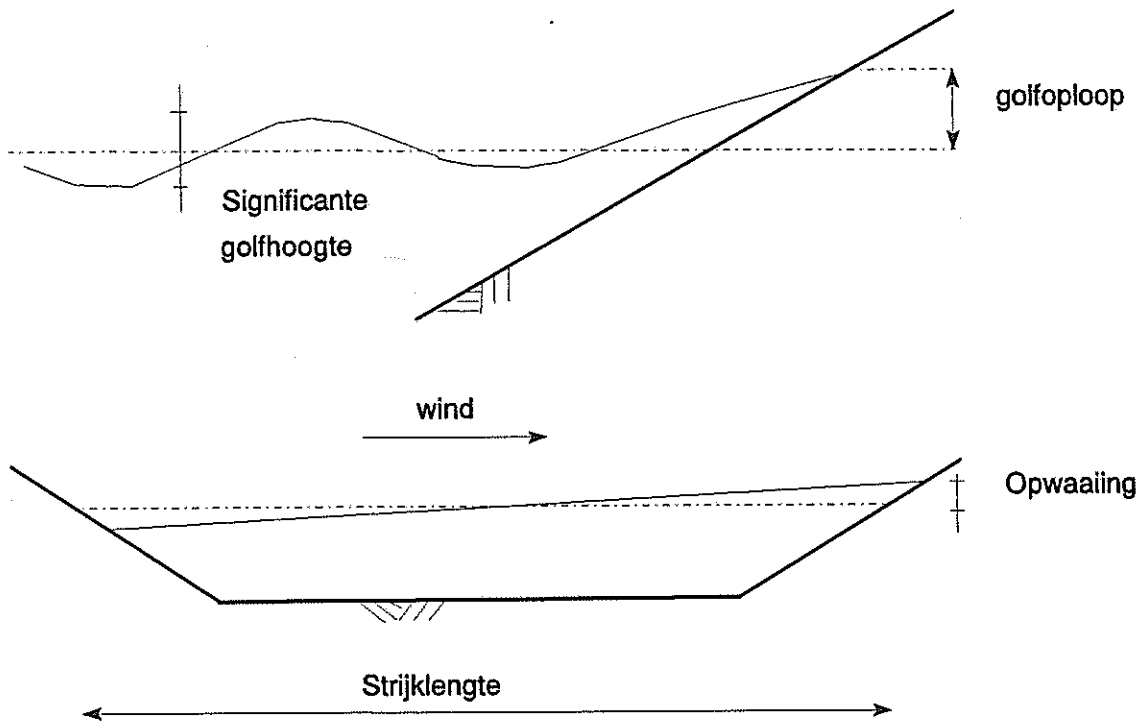
In hoofdstuk 2 worden de berekeningen van de opslingering van het plaspeil toegelicht. Hierbij wordt ingegaan op de aanpassingen van het grondwatermodel, de doorgerekende scenario's en de resultaten. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten besproken van de berekeningen van de opwaaiing, golfoploop, en golfoverslag. Tot slot worden in hoofdstuk 4 de resultaten vertaald naar de benodigde kadehoogten.

In tabel 1.1. en figuur 1.1. worden de gehanteerde termen in deze rapportage gedefinieerd.

**Tabel 1.1. Gehanteerde terminologie (zie ook figuur 1.1.)**

| terminologie            | beschrijving   |
|-------------------------|--|
| Gemiddeld plaspeil      | Plaspeil dat zich instelt in een gemiddelde hydrologische situatie   |
| Opslingering            | Verhoging van het plaspeil door hoogwater op de Waal.  |
| MHW-golf                | Theoretische hoogwatergolf op de grote rivieren die eens in de 1.250 jaar zal optreden (extremer dan de hoogwaters die in 1993 en 1995 zijn opgetreden).                 |
| Golfoploop              | Hoogte tot waar de significante golfhoogte oploopt langs het talud van de kade, ten opzichte van het momentane plaspeil (gemiddeld plaspeil + opslingering + opwaaiing). |
| Golfoverslag            | Hoeveelheid water die per tijdseenheid over de dijk / kade heen slaat, per strekkende meter dijk.  |
| Golftransmissie         | Verhouding tussen de significante golfhoogte voor de vooroever en de golfhoogte achter de vooroever.   |
| Opwaaiing               | Stijging van het peil aan de oever ten gevolge van een verhang in de plas dat ontstaat door de wind.   |
| Significante golfhoogte | Golfhoogte die maatgevend is voor de berekening van de golfoploop en golfoverslag.   |

**Figuur 1.1. Gehanteerde terminologie**



## **2. AANGEPASTE BEREKENING OPSLINGERING PLASPEIL**

### **2.1. Aanpassingen aan het bestaande model**

Met het bestaande geohydrologische model dat door DHV aan Geertjesgolf ter beschikking is gesteld, zijn aanvullende modelberekeningen uitgevoerd. Het model is hiervoor op de volgende punten aangepast:

- actuele MHW-golf (in plaats van de in het MER gehanteerde verouderde golf);
- niet-stationaire berekeningen (in plaats van conservatieve semi-stationaire berekeningen);
- uitgangssituatie plaspeil voor een extreem natte periode (in plaats van een gemiddelde periode).

Naast de bovenstaande punten is het model aangepast op de volgende punten:

- detaillering model (meest recente contouren van het plan Geertjesgolf);
- zomer- en winterpeilen;
- globale calibratie.

#### **detaillering model**

De contouren van het plan Geertjesgolf in het MER-model zijn afgeleid van de voorlopige contouren van de ontzanding zoals bekend in 1993. Het model is daarom wat betreft de detaillering op de volgende punten aangepast:

- de meest recente contouren van het plan Geertjesgolf;
- de voorhaven ten zuiden van Deest is gedigitaliseerd en in het model ingevoerd.
- de contouren van de bestaande Uivermeertjes en de Ganzekull zijn verfijnd.

#### **zomer- en winterpeilen**

De oppervlaktewaterpeilen in het MER-model zijn afgeleid van de in 1993 gehanteerde zomer- en winterpeilen. Na uitvoering van de MER is een gewijzigd peilenplan voor het studiegebied opgesteld (ref. 4). In het model zijn de actuele oppervlaktewaterpeilen volgens het peilenplan ingevoerd. Tevens is de grens van een aantal peilgebieden in het model gewijzigd.

#### **globale calibratie**

Om de betrouwbaarheid van de berekeningsresultaten te verbeteren, is een beperkte calibratie uitgevoerd. Deze calibratie heeft plaatsgevonden door vergelijking van gemeten grondwaterstanden, verspreid over het gehele modelgebied, met de berekende grondwaterstanden. Om vast te stellen of deze calibratie voldoende is geweest voor de berekening van de plaspeilen ter plaatse van het plan Geertjesgolf, is een controleberekening uitgevoerd, waarbij het accent is gelegd op de omgeving van het plan Geertjesgolf. Hiervoor is gebruik gemaakt van aanvullende grondwaterstandsgegevens van TNO. Van 12 peilbuizen zijn grondwaterstanden opgevraagd van de periode januari 1985 tot januari 1990.

Met stationaire berekeningen zijn gemiddelde grondwaterstanden berekend. Hiertoe zijn in het rekenmodel de gemiddelde oppervlaktewaterpeilen, de gemiddelde waterstand in de rivier en het gemiddelde neerslagoverschot ingevoerd. De berekende grondwaterstanden zijn vervolgens vergeleken met de gemiddelde, gemeten stijghoogten, in de omgeving van het plan Geertjesgolf.

In de tabel in bijlage I zijn de berekende en de gemeten stijghoogten per peilbuis weergegeven. Voor de beoordeling van het calibratieproces is gebruik gemaakt van enkele statistische methoden. Deze zijn in bijlage II nader uitgewerkt. Uit de tabel in bijlage II blijkt dat de berekende grondwaterstanden gemiddeld slechts 8 cm hoger zijn dan de gemeten grondwaterstanden. Het model is daarmee voldoende gekalibreerd.

De resultaten van deze controleberekening geven geen aanleiding tot aanpassing van de gehanteerde waarden van de geohydrologische parameters. Op grond van stationaire berekeningen is een betere calibratie van het model niet mogelijk.

### actuele MHW-golf

Voor de niet-stationaire berekening is in de rivieren de hoogwatergolf ingevoerd zoals gehanteerd voor het plan Watergoed (ref. 3). Hierbij is de hoogwatergolf geïnterpoleerd tussen Nijmegen en Tiel (zie tabel 1, pagina 14 in ref. 3). De top van de hoogwatergolf komt overeen met de MHW. Deze waterstand treedt op bij een afvoer die éénmaal per 1.250 jaar wordt bereikt of overschreden (ref. 3). Dit is de situatie die ook wordt gehanteerd voor het ontwerp van dijken langs de grote rivieren.

Het verloop van de maatgevende hoogwatergolf is in bijlage III weergegeven. Het begin van de golf wordt verwacht begin oktober. De hoogste waterstand treedt op rond de jaarwisseling. Begin april is de rivierwaterstand weer op het gemiddelde niveau.

### niet-stationaire berekeningen

Voor het berekenen van de plaspeilen tijdens een hoogwatergolf zijn in het kader van de MER alleen stationaire berekeningen uitgevoerd. Hierbij werd de peilstijging met waterbalansberekeningen voor verschillende tijdstippen van de hoogwatergolf vastgesteld. De hoeveelheid grondwater die per dag netto de plas instroomt, bepaalt de peilstijging. Het nadeel van deze methode is dat geen rekening is gehouden met het effect van berging in het watervoerend pakket.

Daarom is het model geschikt gemaakt voor niet-stationaire berekeningen. Hiervoor zijn de volgende punten aangepast en/of ingevoerd:

- neerslagoverschot;
- elastische-bergingscoëfficiënt;
- grondwaterstandsafhankelijke drainage-weerstand.

#### *neerslagoverschot*

Als invoer voor de niet-stationaire berekeningen kan niet worden volstaan met het gemiddeld, jaarlijks neerslagoverschot, omdat een hoogwatergolf in de rivieren vaak voorafgegaan wordt door, en gepaard gaat met, een extreme hoeveelheid neerslag in het stroomgebied van de rivier. Voor de niet-stationaire berekeningen is daarom gebruik gemaakt van de hoogste seizoensommen van het meetstation De Bilt, gemeten in de periode 1961-1990 (ref. 5). Voor De Bilt bedragen deze voor de herfst en winter respectievelijk 403 en 319 mm. Er is geen rekening gehouden met verdamping. In de winter is deze te verwaarlozen.

#### *elastische bergingscoëfficiënt*

In niet-stationaire stromingsprocessen hangt de verandering van de stijghoogte in de tijd onder andere af van de elastische berging van het grondwater in de bodem. De elastische bergingscoëfficiënt is gedefinieerd als de verandering van het geborgen watervolume ten opzichte van de verandering van stijghoogte per eenheid van oppervlak. De bergingscoëfficiënten van de watervoerende pakketten zijn berekend volgens de empirische formule van Van der Gun:

$$S = 1,8 * 10^{-6} * (d_2 - d_1) + 0,86 * 10^{-3} * (d_2^{0,3} - d_1^{0,3})$$

Hierin is  $d$  de diepte beneden de grondwaterstand. In het model zijn twee watervoerende pakketten onderscheiden. De coëfficiënten voor deze watervoerende pakketten zijn in tabel 2.1. weergegeven.

**Tabel 2.1. Elastische bergingscoëfficiënten watervoerende pakketten**

| watervoerend pakket | dikte (m) | $d_1$ (m) | $d_2$ (m) | S (-)               |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| 1                   | 20-25     | 3,0       | 25,5      | $1,0 \cdot 10^{-3}$ |
| 2                   | 0-10      | 28,0      | 33,0      | $1,3 \cdot 10^{-4}$ |

Waar een vrij wateroppervlak voorkomt in een zandwinplas en het kleidek is verwijderd, is de verandering van berging gelijk aan de verandering van het open-waterpeil. De bergingscoëfficiënt is dan gelijk aan 1. Voor het freatisch grondwater is een bergingscoëfficiënt aangehouden van 0,15.

#### *grondwaterstandsafhankelijke drainage-weerstand.*

In het model is de voorwaarde ingebouwd dat tijdens het passeren van de MHW-golf, in combinatie met extreme neerslag, het freatisch grondwaterpeil wordt aangepast als deze boven het maaiveld stijgt. Als het grondwater boven het maaiveld uitstijgt, wordt de neerslag via oppervlakkige afvoer afgevoerd naar het afwateringsstelsel van het Polderdistrict Groot Maas en Waal. Het freatisch grondwaterpeil in het rekenmodel is dus altijd lager of gelijk aan het maaiveld. Hiermee wordt voorkomen dat te hoge plaspeilen worden berekend.

## **2.2. Doorgerekende scenario's**

In het onderstaande worden de doorgerekende scenario's besproken. Tevens zijn de gehanteerde uitgangspunten voor de berekeningen weergegeven.

### **uitgangspunten berekeningen**

In de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Open verbinding tussen de oostelijke en de westelijke plas.  
In de berekeningen is er vanuit gegaan dat in de eindsituatie de westelijke en oostelijke plas in open verbinding met elkaar staan.
- Plassen vormen een geïsoleerde eenheid.  
Er is vanuit gegaan dat de plassen in de eindsituatie geïsoleerde eenheden vormen die niet in verbinding staan met de waterhuishoudkundige infrastructuur in de polder. Deze eis is gesteld door het Polderdistrict Groot Maas en Waal, om overbelasting van het afwateringsstelsel te voorkomen.
- Effecten tijdens de uitvoering: de effecten op de plaspeilen van het plan Geertjesgolf, als gevolg van de methode van ontzanding zijn niet berekend.
- Ligging andere ontzandingen.  
In het model is gerekend met de voorhaven ten oosten van Deest, de bestaande plassen van de Uivermeertjes en de Ganzekuil. De voorgenomen uitbreiding van de Uivermeertjes is niet opgenomen in het model.

### **doorgerekende scenario's**

De scenario's bestaan uit een combinatie van:

- het ontzandingsstadiumen;
- de hydrologische situatie.

In de berekeningen zijn de twee ontzandingsstadia onderscheiden. Voor de **maatgevende ontzandingsfase** is uitgegaan van de start van de ontzanding in vak 1. Voor de berekeningen is uitgegaan van een oppervlak van circa 30 ha, overeenkomend met het oppervlak van blok 1. Voor de locatie van de te ontzanden blokken binnen het plan Geertjesgolf wordt verwezen naar bijlage I van ref. 6. Voor de **eindsituatie** is uitgegaan van de volledige ontzanding van de westelijke en oostelijke plas van het plan Geertjesgolf. Daarnaast is de **huidige situatie** doorgerekend als referentiekader om de effecten te kunnen bepalen op de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket ten opzichte van de huidige situatie.

Voor de hydrologische situatie zijn twee situaties onderscheiden. In de **gemiddelde situatie** wordt uitgegaan van een gemiddelde plaspel bij een gemiddeld oppervlaktewaterpeil in de polder, een gemiddelde waterstand in de rivieren en een gemiddeld neerslagoverschot. Bij de **maatgevende situatie (MHW)** wordt uitgegaan van een extreem hoog oppervlaktewaterpeil in de polder, een MHW-golf op de rivieren en een extreem hoog neerslagoverschot.

De berekende scenario's zijn weergegeven in tabel 2.2.



**Tabel 2.2. Scenario's hydrologische berekeningen**

| nr. | ontzandingsstadium                   | hydrologischesituatie  | type berekening |
|-----|--------------------------------------|--|-----------------|
| 1.  | maatgevende ontzandingsfase (blok 1) | gemiddelde situatie<br>gemiddeld polderpeil<br>gemiddelde Waalstand<br>gemiddeld neerslagoverschot | stationair      |
| 2.  | maatgevende ontzandingsfase (blok 1) | maatgevende situatie (MHW)<br>extrem hoog polderpeil<br>MHW-golf<br>extrem hoog neerslagoverschot  | niet-stationair |
| 3.  | eindsituatie (oost- en westplas)     | gemiddelde situatie<br>gemiddeld polderpeil<br>gemiddelde Waalstand<br>gemiddeld neerslagoverschot | stationair      |
| 4.  | eindsituatie (oost- en westplas)     | maatgevende situatie (MHW)<br>extrem hoog polderpeil<br>MHW-golf<br>extrem hoog neerslagoverschot  | niet-stationair |

### 2.3. Resultaten

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in tabel 2.3. Om schijnnaauwkeurigheden te vermijden, zijn alle berekende plaspeilen afgerond op 0,05 m. In deze tabel zijn tevens de berekende peilen uit het definitief waterhuishoudingsplan opgenomen (ref. 6).

**Tabel 2.3. Berekende plaspeilen**

| scenario |                             |                               | resultaten   |   |                 |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|--|---|-----------------|
| nr.      | ontzandingsstadium          | hydrologischesituatie         | plaspeil<br>oude berekening<br>(ref. 6)<br>(m + NAP) | plaspeil<br>geoptimaliseerde<br>berekening<br>(m + NAP) | verschil<br>(m) |
| 1.       | maatgevende ontzandingsfase | gemiddelde situatie           | 6,30   | 6,10  | 0,20            |
| 2.       | maatgevende ontzandingsfase | maatgevende situatie<br>(MHW) | 7,10 (± 0,30)  | 6,80 (± 0,10)   | 0,30            |
| 3.       | eindsituatie                | gemiddelde situatie           | 6,30   | 6,20  | 0,10            |
| 4.       | eindsituatie                | maatgevende situatie<br>(MHW) | 6,90 (± 0,30)  | 6,60 (± 0,10)   | 0,30            |

Uit de geoptimaliseerde berekening blijkt dat het berekende plaspeil in de **gemiddelde situatie** 0,1 á 0,2 m lager is in vergelijking met de berekening uit het definitief waterhuishoudingsplan. Dit wordt met name veroorzaakt door de andere polderpeilen die zijn aangehouden.

Daarnaast wordt voor de maatgevende ontzandingsfase een iets lager peil berekend dan in de eindsituatie. Door de zuidwestelijk gerichte grondwaterstroming is de gemiddelde stijghoogte in blok 1 lager dan de gemiddelde stijghoogte in de oost- en westplas. Dit verklaart het lagere plaspeil tijdens de maatgevende ontzandingsfase.

In de **maatgevende situatie (MHW)** blijkt het berekende plaspeil 0,3 m lager is in vergelijking met de berekening uit het definitief waterhuishoudingsplan. Ten opzichte van de oude berekeningen is het uitgangspeil 0,1 á 0,2 m lager. Daarnaast is de opslingering door de MHW-golf iets lager: tijdens de maatgevende ontzandingsfase 0,7 m in plaats van 0,75 m (0,25 m door de MHW-golf en 0,5 m door extreme neerslag, tabel 4.1 in ref. 6), en tijdens de eindsituatie 0,4 m in plaats van 0,56 m (0,06 m door de MHW-golf en 0,5 m door extreme neerslag, tabel 4.1 in ref. 6).

Uit de vergelijking blijkt dat het thans berekende, maximale plaspeil zowel in de maatgevende ontzandingsfase als in de eindsituatie 0,30 m lager is dan in het verleden is berekend. Daarnaast kan een lagere modelnauwkeurigheid worden aangehouden. Deze wordt geschat op 0,1 m in plaats van 0,3 m. De benodigde kadehoogte kan hiermee totaal 0,5 m worden verlaagd (zie hoofdstuk 4).

### **3. OPWAAIING, GOLFOLOOP EN GOLFOVERSLAG**

Aan de hand van de berekende plaspeilen in hoofdstuk 2 zijn de opwaaiing, golfoploop en golfoverslag berekend. In dit hoofdstuk wordt achtereenvolgens ingegaan op de uitgangspunten, de methodiek, de doorgerekende scenario's en de resultaten. Op basis hiervan worden in hoofdstuk 4 de kadehoogten vastgesteld.

#### **3.1. Uitgangspunten**

##### **Plaspeilen**

De berekende plaspeilen uit tabel 2.3 worden gehanteerd.

##### **Oeverprofielen**

Voor de oeverprofielen is uitgegaan van tekening 711-50-2501 van Landschappartners, adviseurs voor ruimtelijke planning en vormgeving d.d. 26-10-1998.

Voor het oeverprofiel van de startplas is uitgegaan van het standaard oeverprofiel van de westplas.

##### **Strijklengte**

De strijklengte is vastgesteld aan de hand van tekening 711-50-2500 van Landschappartners, adviseurs voor ruimtelijke planning en vormgeving d.d. 20-02-1998.

##### **Windgegevens**

Voor de vaststelling van de windgegevens zijn twee bronnen gebruikt, te weten:

- KNMI publicatie 'Windklimaat van Nederland' (ref. 10);
- de TAW 'leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken' (ref. 9).

#### **3.2. Methodiek**

Voor het vaststellen van de kadehoogte zijn de opwaaiing, golfoploop en golfoverslag berekend. In het onderstaande wordt aangegeven hoe deze zijn berekend.

##### **opwaaiing**

Ten gevolge van windwrijving op het wateroppervlak zal zich een verhang instellen. Dit verhang treedt op als de wind gedurende langere tijd uit dezelfde richting waait. Ten gevolge van dit verhang zal het peil aan de te berekenen oever stijgen ten opzichte van het gemiddelde peil.

##### **golfoploop**

De golfoploop die wordt berekend is de 2% golfoploop. Dit is de oploop die door 2% van de golven wordt overschreden. De golfoploop wordt berekend op basis van de significante golfhoogte. Dit is de maatgevende golfhoogte, die wordt berekend volgens Bretschneider (ref. 7 en 8). Deze methode bepaalt de significante golfhoogte op basis van de windsnelheid, de strijklengte en de waterdiepte.

In het geval van een vooroever dient de invloed van deze vooroever te worden verdisconteerd in de golfoploop. De verhouding tussen de golfhoogte achter de vooroever en de golfhoogte van de inkomende golf (significante golfhoogte) is de golftransmissie. Deze golftransmissie over de vooroever wordt berekend volgens van der Meer (ref. 7).

##### **golfoverslag**

Bij de gehanteerde methode voor de berekening van de golfoploop, is de golfoverslag verwaarloosbaar klein (ref. 9). De golfoverslag wordt derhalve niet meegenomen in de berekening van de gewenste kruinhoogte.

### **optimalisatie**

De berekende golfoploop is afhankelijk van het talud van de kade: hoe flauwer het talud des te lager de golfoploop. Uit de eerste berekeningen blijkt dat de kadehoogte kan worden verlaagd. Als gevolg hiervan kan in het plan worden volstaan met een kleiner ruimtebeslag voor de kade, zodat weer een flauwer talud kan worden toegepast. Op deze wijze zijn de kadehoogten uitgaande van het planontwerp iteratief geoptimaliseerd.

### **3.3. Doorgerekende scenario's**

Bij de scenario's wordt aangesloten op de scenario's 1 t/m 4 voor de hydrologische berekeningen (zie tabel 2.2). De scenario's zijn vervolgens verder uitgesplitst en bestaan uit een combinatie van:

- een maatgevende oeverprofiel;
- een maatgevende windsituatie.

#### **maatgevend oeverprofiel**

Voor de startfase, de oost- en de westplas zijn locaties vastgesteld waar de opwaaiing en golfoploop het grootste zal zijn. Deze locatie is afhankelijk van:

- De windrichting: bij wind uit de richting tussen zuidwest en west is de ontwerpwaarde voor de windsnelheid het grootst (ref.9).
- De strijklengte behorende bij de beschouwde windrichting: hoe groter de strijklengte, hoe hoger de significante golfhoogte.
- De invalshoek van de golven: bij golven loodrecht op de kade treedt de grootste golfoploop op.
- Het oeverprofiel zelf: een brede begroeide strook tussen de oever en de kade wordt niet als maatgevend verondersteld.

Op basis van bovenstaande criteria zijn de onderstaande oeverprofielen als maatgevend beschouwd. De berekening van de kadehoogte is voor deze oeverprofielen uitgevoerd:

- standaardoever startplas;
- standaardoever westplas (aan de noordzijde van de westplas, langs van Heemstraweg);
- groene oever westplas (aan de oostzijde van de westplas, langs Betenlaan);
- standaardoever oostplas (aan de noordelijke zijde van de oostplas);
- vooroever oostplas (aan de oostelijke zijde van de oostplas).

#### **maatgevende windsituatie**

Voor de berekening van de kadehoogte voor de maatgevende oeverprofielen, is de locatie gekozen waar de grootste golfoploop optreedt, aan de hand van de bovengenoemde criteria. De maatgevende windrichting is derhalve afhankelijk van de locatie van het maatgevende oeverprofiel.

De windsnelheid is afhankelijk van de windrichting. De maatgevende windsnelheid verschilt bovendien voor de verschillende hydrologische situaties. Dit is een gevolg van de afhankelijkheid tussen de kans van optreden van hoogwater en de kans van optreden van een bepaalde windsnelheid. Doordat de kans op extreme windsnelheden tijdens een MHW-golf kleiner is, is de maatgevende windsnelheid tijdens een MHW-golf lager dan tijdens een gemiddelde situatie. Voor beide hydrologische situaties geldt dat de golfoploop wordt berekend met een overschrijdingsfrequentie van 1:50 jaar.

#### **1. Maatgevende windsnelheid bij (hydrologisch) gemiddelde situatie**

Voor de hydrologisch gemiddelde situatie wordt de uurgemiddelde windsnelheid met een overschrijdingsfrequentie van 1:50 jaar gebruikt. Aan de hand van de KNMI publicatie 'Windklimaat van Nederland' [10] is voor de omgeving van Beuningen de bepalende windsnelheid van 25 m/s (windkracht 10) vastgesteld. Omdat het hier de onafhankelijke kans van optreden van windsnelheden betreft, wordt in deze situatie uitgegaan van het gemiddelde peil.

## *2. Maatgevende windsnelheid in combinatie met hoogwater (MHW)*

De kans dat er hoge windsnelheden optreden gelijktijdig met hoge waterstanden is kleiner dan de onafhankelijke kans op een bepaalde windsnelheid zoals hierboven beschreven. Daarom wordt in combinatie met hoge waterstanden een lagere maatgevende windsnelheid gehanteerd. In bijlage 12 van de TAW 'leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken' (ref. 9) wordt voor deze combinatie van wind en hoogwater, de windsnelheid als functie van de windrichting gegeven, met een overschrijdingsfrequentie van 1:50 jaar. Voor het betreffende gebied zijn de windgegevens van het station Deelen gebruikt. Afhankelijk van de windrichting varieert deze tussen 9 en 12 m/s;

Tabel 3.1. Scenario's berekeningen opwaaiing en golfoploop

| nr. | ontzandingsstadium          | scenario                   |                      |                        |   | invoer        |               |               |
|-----|-----------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|---|---------------|---------------|---------------|
|     |                             | hydrologische situatie     | plas                 | oeverprofiel           | locatie oeverprofiel in de betreffende plas | Strijk lengte | Wind richting | Wind snelheid |
| 1.  | maatgevende ontzandingsfase | gemiddelde situatie        | startfase (westplas) | standaard-profiel      | noord/oost zijde                            | 800 m         | 270° (W)      | 25 m/s        |
| 2.  | maatgevende ontzandingsfase | maatgevende situatie (MHW) | startfase (westplas) | standaard-profiel      | noord/oost zijde                            | 800 m         | 270° (W)      | 12 m/s        |
| 3a. | eindsituatie                | gemiddelde situatie        | westplas             | standaard oeverprofiel | noordzijde                                  | 1100 m        | 220° (ZZW)    | 25 m/s        |
| 3b. | eindsituatie                | gemiddelde situatie        | westplas             | groene oever           | oostzijde                                   | 1420 m        | 305° (NW)     | 25 m/s        |
| 3c. | eindsituatie                | gemiddelde situatie        | oostplas             | standaard oeverprofiel | noordzijde                                  | 620 m         | 190° (ZZW)    | 25 m/s        |
| 3d. | eindsituatie                | gemiddelde situatie        | oostplas             | vooroever              | oostzijde                                   | 1500 m        | 290° (NW)     | 25 m/s        |
| 4a. | eindsituatie                | maatgevende situatie (MHW) | westplas             | standaard oeverprofiel | noordzijde                                  | 1100 m        | 220° (ZZW)    | 12 m/s        |
| 4b. | eindsituatie                | maatgevende situatie (MHW) | westplas             | groene oever           | oostzijde                                   | 1420 m        | 305° (NW)     | 11 m/s        |
| 4c. | eindsituatie                | maatgevende situatie (MHW) | oostplas             | standaard oeverprofiel | noordzijde                                  | 620 m         | 190° (ZZW)    | 11 m/s        |
| 4d. | eindsituatie                | maatgevende situatie (MHW) | oostplas             | vooroever              | oostzijde                                   | 1500 m        | 290° (NW)     | 11,3 m/s      |

### 3.4. Resultaten

In tabel 3.2. zijn de resultaten weergegeven.

De golfoploop is berekend voor de geoptimaliseerde oeverprofielen (zie bijlage V). De golfoploop blijkt met name afhankelijk van de strijklengte en het talud op en boven de waterlijn.

Voor de standaardoevers langs zowel de westplas als de oostplas is een onderwater talud van 1:5 toegepast. De oever met vooroever heeft een talud van 1:6. Het profiel Groene Oever van de westplas heeft tenslotte een onderwater-talud van 1:7. Alle kades hebben een talud van 1:4. Afhankelijk van het talud bij de waterlijn volgt het talud dat wordt gebruikt voor de berekeningen.

Uit de berekeningen blijkt dat de opwaaiing in de plassen verwaarloosbaar klein is.

De golfoverslag is verwaarloosd.

**Tabel 3.2. Berekende opwaaiing en golfloop**

| nr. | scenario                       |                               |                         |                             |  | invoer              |                |                  | resultaten      |  |
|-----|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|---------------------|----------------|------------------|-----------------|--|
|     | ontzandings-<br>stadium        | hydrologische<br>situatie     | plas                    | oeverprofiel                | locatie oeverprofiel in<br>de betreffende plas | breedte berm<br>(m) | talud<br>(1:n) | opwaaiing<br>(m) | golfloop<br>(m) |  |
| 1.  | maatgevende<br>ontzandingsfase | gemiddelde<br>situatie        | startfase<br>(westplas) | standaard-profiel           | noord/oost zijde                               | 0*                  | 5              | 0                | 0,86            |  |
| 2.  | maatgevende<br>ontzandingsfase | maatgevende<br>situatie (MHW) | startfase<br>(westplas) | standaard-profiel           | noord/oost zijde                               | 4                   | 4              | 0                | 0,37            |  |
| 3a. | eindsituatie                   | gemiddelde<br>situatie        | westplas                | standaard oever-<br>profiel | noordzijde                                     | 4                   | 5              | 0                | 0,75            |  |
| 3b. | eindsituatie                   | gemiddelde<br>situatie        | westplas                | groene oever                | oostzijde                                      | 4                   | 7              | 0                | 0,60            |  |
| 3c. | eindsituatie                   | gemiddelde<br>situatie        | oostplas                | standaard oever-<br>profiel | noordzijde                                     | 0*                  | 5              | 0                | 0,77            |  |
| 3d. | eindsituatie                   | gemiddelde<br>situatie        | oostplas                | vooroever                   | oostzijde                                      | 0*                  | 6              | 0                | 0,61            |  |
| 4a. | eindsituatie                   | maatgevende<br>situatie (MHW) | westplas                | standaard oever-<br>profiel | noordzijde                                     | 4                   | 4              | 0                | 0,39            |  |
| 4b. | eindsituatie                   | maatgevende<br>situatie (MHW) | westplas                | groene oever                | oostzijde                                      | 4                   | 4              | 0                | 0,43            |  |
| 4c. | eindsituatie                   | maatgevende<br>situatie (MHW) | oostplas                | standaard oever-<br>profiel | noordzijde                                     | 0*                  | 5              | 0                | 0,32            |  |
| 4d. | eindsituatie                   | maatgevende<br>situatie (MHW) | oostplas                | vooroever                   | oostzijde                                      | 0*                  | 6              | 0                | 0,34            |  |

\*) De bermbreedte is op nul gesteld indien het peil + golfloop de bermhoogte niet of nauwelijks bereikt.



#### 4. GEOPTIMALISEERDE KADEHOOGTEN

##### vaststellen kadehoogte

De kadehoogte zijn berekend voor de twee maatgevende windsituaties:

- $H_{\text{kruin, gewenst}} = \text{Gemiddeld peil} + \text{opwaaiing} + \text{golfoploop}$   
(windsituatie bij gem. peil)
- $H_{\text{kruin, gewenst}} = \text{Gemiddeld peil} + \text{opslingering} + \text{opwaaiing} + \text{golfoploop}$   
(windsituatie bij extreem peil)

De kadehoogte is uiteindelijk vastgesteld op basis van de hoogste gewenst kruinhoogte.

Hierbij geldt dat de gewenste kruinhoogte altijd groter of gelijk moet zijn aan het maximale peil in de plas ten gevolge van de maatgevende hydrologische situatie plus de waakhoogte. Daarbij is de minimale waakhoogte in het bovenrivierengebied vastgesteld op 0,50 m (ref. 8 en 9). Gezien het feit dat er niet of nauwelijks schade kan optreden bij golfoverslag, kan met deze minimale waakhoogte worden volstaan.

Er geldt dus voor alle gevallen dat de kadehoogte tenminste gelijk moet zijn aan

- $H_{\text{kruin, gewenst}} = \text{gemiddeld peil} + \text{opslingering} + \text{waakhoogte}$

##### oeverprofielen

In bijlage V zijn de geoptimaliseerde oeverprofielen opgenomen. Dit zijn de profielen die zijn aangehouden in de definitieve berekeningen zoals weergegeven in tabel 4.2.

##### berekende kadehoogten

In tabel 4.1. worden de berekende kadehoogten weergegeven.

Er is geen rekening gehouden met een extra toeslag voor extreme neerslag op de plassen omdat in het model reeds extreme maandhoeveelheden zijn ingevoerd.

De berekende kadehoogte geldt voor het gehele vak. Het Polderdistrict Groot Maas en Waal eist dat per vak slechts één kadehoogte wordt gehanteerd.

Er wordt uitgegaan van de blijvende kadehoogte, waarbij geen rekening is gehouden met eventuele zetting.

Vanwege de verschillen in strijklengte en talud zijn de gewenste kadehoogten voor de westplas en de oostplas verschillend.

Tabel 4.1. Berekende kadehoogten

| nr. | ontzandings-<br>stadium             | hydrologische<br>situatie     | plas                    | oeverprofiel                | locatie oever-<br>profiel in de<br>betreffende<br>plas | resultaten                   |                         |                       |                        | kadehoogte            |                               |     |
|-----|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----|
|     |                                     |                               |                         |                             |  | uitgangs-<br>peil<br>(m NAP) | opsin-<br>gering<br>(m) | opwaai-<br>ing<br>(m) | golf-<br>oploop<br>(m) | kadehoogte<br>(m NAP) | oude<br>kadehoogte<br>(m NAP) |     |
| 1.  | maatgevende<br>ontzandings-<br>fase | gemiddelde<br>situatie        | startfase<br>(westplas) | standaard-<br>profiel       | noord/oost<br>zijde                                    | 6,1                          | 0                       | 0                     | 0,86                   | 6,96                  | 7,40                          | 9,0 |
| 2.  | maatgevende<br>ontzandings-<br>fase | maatgevende<br>situatie (MHW) | startfase<br>(westplas) | standaard-<br>profiel       | noord/oost<br>zijde                                    | 6,1                          | 0,7<br>(±0,1)           | 0                     | 0,37                   | 7,17                  |                               |     |
| 3a  | eindsituatie                        | gemiddelde<br>situatie        | westplas                | standaard oe-<br>verprofiel | noordzijde   | 6,2                          | 0                       | 0                     | 0,75                   | 6,95                  | 7,20                          | 8,8 |
| 4a  | eindsituatie                        | maatgevende<br>situatie (MHW) | westplas                | standaard oe-<br>verprofiel | noordzijde   | 6,2                          | 0,4<br>(±0,1)           | 0                     | 0,39                   | 6,99                  |                               |     |
| 3b  | eindsituatie                        | gemiddelde<br>situatie        | westplas                | groene oever                | oostzijde  | 6,2                          | 0                       | 0                     | 0,60                   | 6,80                  | 7,20                          | 8,8 |
| 4b  | eindsituatie                        | maatgevende<br>situatie (MHW) | westplas                | groene oever                | oostzijde  | 6,2                          | 0,4<br>(±0,1)           | 0                     | 0,43                   | 7,03                  |                               |     |
| 3c  | eindsituatie                        | gemiddelde<br>situatie        | oostplas                | standaard oe-<br>verprofiel | noordzijde   | 6,2                          | 0                       | 0                     | 0,77                   | 6,97                  | 7,20                          | 8,8 |
| 4c  | eindsituatie                        | maatgevende<br>situatie (MHW) | oostplas                | standaard<br>oeverprofiel   | noordzijde   | 6,2                          | 0,4<br>(±0,1)           | 0                     | 0,32                   | 7,02                  |                               |     |
| 3d  | eindsituatie                        | gemiddelde<br>situatie        | oostplas                | voeroever                   | oostzijde  | 6,2                          | 0                       | 0                     | 0,61                   | 6,81                  | 7,20                          | 8,8 |
| 4d  | eindsituatie                        | maatgevende<br>situatie (MHW) | oostplas                | voeroever                   | oostzijde  | 6,2                          | 0,4<br>(±0,1)           | 0                     | 0,34                   | 6,94                  |                               |     |

NB: De gewenste kadehoogte wordt in alle situaties bepaald door het maximale plaspell ten gevolge van opslingering plus de waakhoogte van 0,5 m.

**conclusie**

Doordat de opwaaiing plus de golfoploop kleiner is dan de waakhoogte, is de gewenste kadehoogte gelijk aan het maximale plaspeil plus de vereiste waakhoogte van 0,5 m. Dit betekent dat er door verdere aanpassing van de oeverprofielen geen reductie van de kadehoogte kan worden gerealiseerd.

De kadehoogten van zowel de Westplas als de Oostplas kunnen worden verlaagd tot NAP + 7,2 m (was NAP + 8,8 m).

De kadehoogte tijdens de maatgevende ontzandingsfase is 20 cm hoger dan in de eindsituatie. De kades kunnen nadat de eindsituatie is gerealiseerd worden verlaagd tot NAP + 7,20 m.

De berekende kadehoogten zijn maximaal geoptimaliseerd, zodanig dat nog wordt voldaan aan de veiligheidseisen zoals gesteld in de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken (TAW).

Het effect van de aanleg van de Uivermeertjes op de plaspellen op de oost- en westplas is verwaarloosbaar.

## REFERENTIES

1. Anderson, Mary P. en William W. Woessner, Applied Groundwater Modelling, Simulation of Flow and Advective Transport.
2. DHV Milieu en Infrastructuur, Milieu-effectrapportage Industriezandwinning locatie Geertjesgolf - Geohydrologische studie. Amersfoort, 1993.
3. Grondmechanica Delft, Geohydrologisch onderzoek uitvoering zandwinning Plan Watergoed. Delft, 1996.
4. Heidemij Advies, Peillenplan Land van Maas en Waal-Oost - Ontwerp-rapport. Deventer, 1995.
5. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Klimatologische gegevens van Nederlandse stations (publicatienummer 150-27, Normalen en extreme waarden van de 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961-1990).
6. Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs b.v., Definitief waterhuishoudingsplan Industriezandwinning Geertjesgolf. Deventer, 1998.
7. Rekenregels voor Waterbouwkundig Ontwerpen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Bouwdienst Rijkswaterstaat, Utrecht 1990.
8. d'Angremond, K. et al., Collegedictaat f3: Waterbouwkunde, Technische Universiteit Delft, juni 1991.
9. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1 - bovenrivierengebied. technische Adviescommissie voor de waterkeringen, Staatsuitgeverij, Den Haag, 1985.
10. Rijkooft, P.J., Windklimaat van Nederland, Klimaat van Nederland 2, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Staatsuitgeverij, Den Haag, 1983.

**BIJLAGE I Gemeten en berekende stijghoogten in omgeving H-locatie**

## Gemeten en berekende stijghoogten in omgeving H-locatie

| TNO-aanduiding<br>peilbuis | aanduiding buis<br>in grondwater-<br>stromingsmodel | coördinaten |          | gemeten, gemiddel-<br>de stijghoogte in 1 <sup>e</sup><br>watervoerend pakket<br>(m + NAP) | berekende stijg-<br>hoogte in 1 <sup>e</sup> water-<br>voerend pakket<br>(m + NAP) | verschil<br><br>(m) |
|----------------------------|---|-------------|----------|--|--|---------------------|
|                            |   | x<br>(m)    | y<br>(m) |  |  |                     |
| 39H B 0011 01              | A   | 176.480     | 432.700  | 6,40   | 6,42   | + 0,02              |
| 39H B 0019 01              | B   | 177.030     | 432.850  | 6,69   | 6,56   | -0,13               |
| 39H B 0020 01              | C   | 177.320     | 432.200  | 6,60   | 6,54   | -0,06               |
| 39H B 0026 01              | D   | 174.260     | 431.900  | 5,81   | 5,98   | + 0,17              |
| 39H B 0027 01              | E   | 174.960     | 433.580  | 6,02   | 6,20   | + 0,18              |
| 39H B 0028 01              | F   | 178.640     | 432.200  | 7,02   | 6,80   | -0,22               |
| 39H P 0172 01              | G   | 178.730     | 430.040  | 6,25   | 6,44   | + 0,19              |
| 39H P 0174 01              | H   | 176.020     | 431.220  | 5,86   | 6,05   | + 0,19              |
| 39H P 0175 01              | I   | 173.670     | 430.900  | 5,10   | 5,45   | + 0,35              |
| 39H P 0187 01              | J   | 177.980     | 431.720  | 6,62   | 6,61   | -0,01               |
| 39H P 0194 01              | K   | 175.670     | 432.840  | 6,22   | 6,23   | + 0,01              |
| 39H P 0218 01              | L   | 177.950     | 431.690  | 6,37   | 6,59   | + 0,22              |

## BIJLAGE II Beoordeling resultaten calibratie

### Beoordeling resultaten calibratie

Voor de beoordeling van het calibratieproces is gebruik gemaakt van enkele statistische methoden (lit. [1]). Deze zijn in deze bijlage nader uitgewerkt.

Het resultaat van het calibratieproces kan op drie verschillende manieren worden gepresenteerd:

1. Het rekenkundig gemiddelde van de verschillen tussen de gemeten en de berekende stijghoogte: mean error (ME).  
Een gering gemiddelde staat niet garant voor een succesvolle calibratie omdat de negatieve en positieve afwijkingen tegen elkaar wegvallen. Om dit te onder-  
vangen wordt methode 2 toegepast.
2. Het rekenkundig gemiddelde van de absolute verschillen tussen de gemeten en de berekende stijghoogte: mean absolute error (MAI).
3. De standaarddeviatie: een maat voor de spreiding van de verschillen: root mean squared (RMS).

De resultaten zijn in tabel II.1 weergegeven.

Tabel II.1. Resultaten calibratie

| aanduiding<br>buis in grond-<br>waterstromin-<br>gsmodel | gemeten, gemid-<br>delde stijghoogte<br>in 1 <sup>o</sup> watervoerend<br>pakket<br>(m + NAP) | berekende stijg-<br>hoogte in 1 <sup>o</sup> wa-<br>tervoerend pakket<br>(m + NAP) | berekende geme-<br>ten stijghoogte<br><br>(cm) | absolute ver-<br>schil<br><br>(m) | gekwadrateerde<br>verschil<br><br>(m) |
|--|---|--|--|-----------------------------------|---------------------------------------|
| A  | 6,40  | 6,42   | + 2  | 2                                 | 4                                     |
| B  | 6,69  | 6,56   | -13  | 13                                | 169                                   |
| C  | 6,60  | 6,54   | -6   | 6                                 | 36                                    |
| D  | 5,81  | 5,98   | + 17   | 17                                | 289                                   |
| E  | 6,02  | 6,20   | + 18   | 18                                | 324                                   |
| F  | 7,02  | 6,80   | -22  | 22                                | 484                                   |
| G  | 6,25  | 6,44   | + 19   | 19                                | 361                                   |
| H  | 5,86  | 6,05   | + 19   | 19                                | 361                                   |
| I  | 5,10  | 5,45   | + 35   | 35                                | 1.225                                 |
| J  | 6,62  | 6,61   | -1   | 1                                 | 1                                     |
| K  | 6,22  | 6,23   | + 1  | 1                                 | 1                                     |
| L  | 6,37  | 6,59   | + 22   | 22                                | 484                                   |
| <b>totaal:</b>   | -   | -  | + 91   | 175                               | 3.739                                 |

Aantal waarnemingen: 12

Mean error : -8 cm

Mean absolute error : 15 cm

Root mean squared : 18 cm



## BIJLAGE III Verloop hoogwatergolf in Waal en Maas (lit.3)

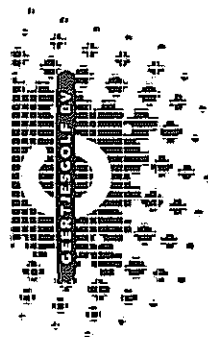
**Tabel III.1. Verloop hoogwatergolf in de Waal (lit.[3])**

| periode        |                | waterstand op locatie<br>(m + NAP) |                       |                      |
|----------------|----------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| van<br>(dagen) | tot<br>(dagen) | Nijmegen, km-raai 884,87           | Deest, km-raai 898,50 | Tiel, km-raai 913,25 |
| 0              | 23             | 7,50                               | 5,90                  | 4,20                 |
| 23             | 61             | 8,40                               | 6,80                  | 5,10                 |
| 61             | 78             | 10,00                              | 8,40                  | 6,70                 |
| 78             | 82             | 11,10                              | 9,50                  | 7,80                 |
| 82             | 85             | 11,90                              | 10,30                 | 8,60                 |
| 85             | 92             | 14,80                              | 13,20                 | 11,50                |
| 92             | 96             | 11,80                              | 10,20                 | 8,50                 |
| 96             | 103            | 11,20                              | 9,60                  | 7,90                 |
| 103            | 122            | 9,90                               | 8,30                  | 6,60                 |
| 122            | 160            | 8,40                               | 6,80                  | 5,10                 |
| 160            | 190            | 7,50                               | 5,90                  | 4,20                 |

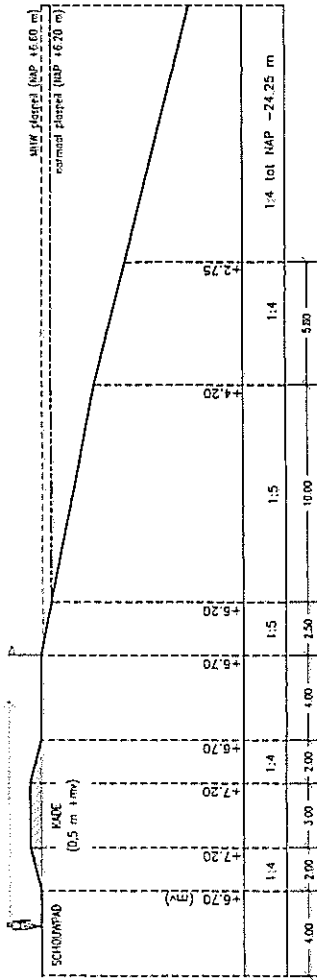
**Tabel III.2. Verloop hoogwatergolf in de Maas**

| tijd           |                | waterstand Lith-boven, km-raai 201<br>(m + NAP) |
|----------------|----------------|---|
| van<br>(dagen) | tot<br>(dagen) |   |
| 0              | 82             | 4,80  |
| 82             | 85             | 7,50  |
| 85             | 92             | 8,90  |
| 92             | 96             | 7,50  |
| 96             | 190            | 4,80  |

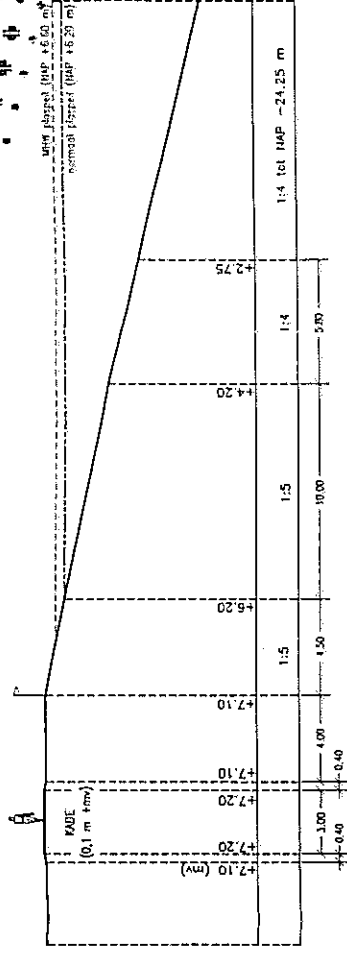
## BIJLAGE IV Berekening kadehoogte



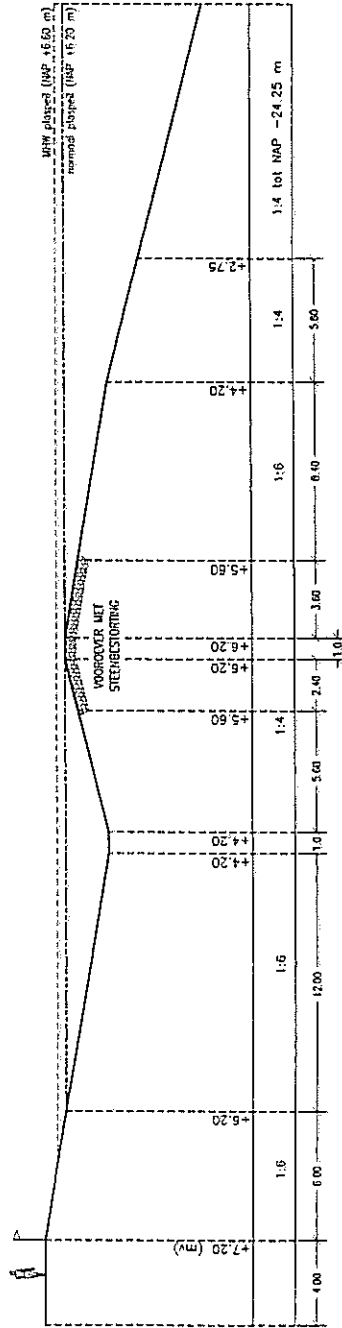
Standaardoever (Westplas)



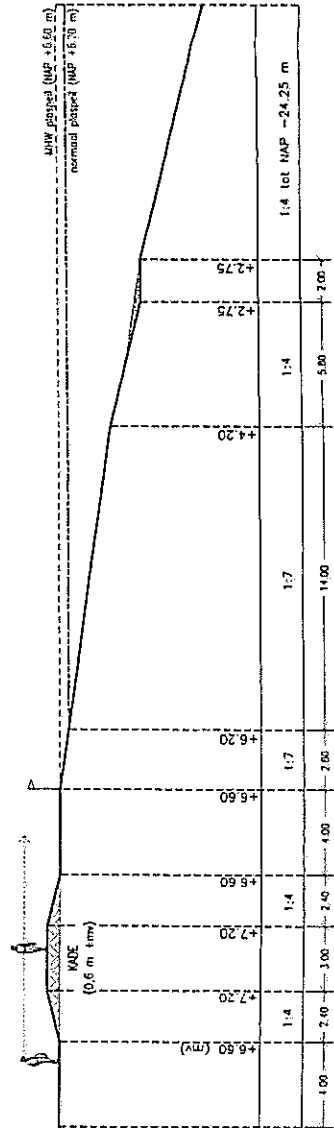
Standaardoever (Oostplas)



Oever met vooroever



Groene oever



LEGENDA

- insteek
- waterlijn en maatgevend hoogwaterlijn (H/W)
- bestorting met (gruut) grind
- waskade

Alle maten in meters tenzij anderszins vermeld.  
Hoogtematen in meters t.o.v. NAP

|                 |  |                |       |              |
|-----------------|--|----------------|-------|--------------|
| opdrachtgever   | Geertjesol b.v.                              |                |       |              |
| project         | Industriezandwinning Geertjesol te Beuningen |                |       |              |
| project/tek.nr. | 711-50-2503                                  | sch.           | 1:250 | blad 1 van 1 |
| datum           | 27-11-1998                                   | wijzigingsnota |       |              |
| contr./datum    | K. J. J. J. J. J.                            | contr./datum   |       |              |
| copyright       | © copyright lp                               |                |       |              |



landschappartners

ADVISEUR VOOR ARCHITECTUUR PLANNING EN GEMEENSCHAPPELIJKE PLANNING  
 ADVISOR FOR ARCHITECTURE PLANNING AND COMMUNITY PLANNING  
 DE DOUPELAAN 1A POSTBUS 238 3454 ZM DE MEERN TELEFOON: 030-6686195 E-MAIL: LP-ADVISEUR@DEMEERN.NL

## BIJLAGE V Geoptimaliseerde oeverprofielen

Bepaling significante golfhoogte en golfploop  
 volgens Bretschneider

Invoergegevens

|                |   |                       |  |
|----------------|---|-----------------------|--|
| w              | W | [-]                   | windrichting                                       |
| F              |   | 800 m                 | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| v <sub>w</sub> |   | 12 m/s                | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D              |   | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g              |   | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| H <sub>0</sub> |   | 6,8 m NAP             | initieel peil                                      |
| α              |   | 4 1:n                 | Talud dijk   |
| h <sub>b</sub> |   | 6,84 m NAP            | Hoogte berm  |
| B              |   | 4 m NAP               | Bermbreedte  |
| f              |   | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| β              |   | 0 °                   | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

Significante golfhoogte

|                |            |   |
|----------------|------------|---|
| H <sub>s</sub> | 0,019 [-]  | <i>dimensieloze significante golfhoogte</i> |
| T <sub>p</sub> | 1,542 [-]  | <i>dimensieloze periode</i>                 |
| D              | 2,044 [-]  | <i>dimensieloze diepte</i>                  |
| E              | 54,500 [-] | <i>dimensieloze strijklengte</i>            |
| H <sub>s</sub> | 0,278 m    | significante golfhoogte                     |
| T <sub>p</sub> | 1,886 s    | Piekgolfperiode                             |
| L              | 5,556 m    | Golflengte (in diepe deel)                  |

Golfploop

|                 |           |                           |
|-----------------|-----------|---------------------------|
| ξ               | 1,118 [-] | Surf similarity parameter |
| r               | 0,750 [-] | Reductiefactor berm       |
| Z <sub>2%</sub> | 0,367 m   | Golfploop                 |

Opwaaiing

|    |              |  |
|----|--------------|--|
| c  | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt (3,5 a 4 * 10 <sup>-6</sup> ) |
| i  | 1,96E-06 [-] | Verhang tgv wind                                   |
| ΔH | 7,83E-04 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                    |

Totale gewenste dijkhoogte (m NAP)

|                     |         |                                 |
|---------------------|---------|---------------------------------|
| H <sub>0</sub>      | 6,8 m   | Gemiddeld peil                  |
| Z <sub>2%</sub>     | 0,367 m | Golfploop                       |
| ΔH                  | 0,001 m | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| H <sub>w</sub>      | 0,5 m   | Waakhoogte                      |
|                     | _____ + |                                 |
| H <sub>totaal</sub> | 7,300 m | Gewenste dijkhoogte             |

# Scenario 2 Standaardover Startfase

## Bepaling significante golfhoogte en golfoploop volgens Bretschneider



### Invoergegevens

|                |   |                       |  |
|----------------|---|-----------------------|--|
| w              | W | [-]                   | windrichting                                       |
| F              |   | 800 m                 | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| v <sub>w</sub> |   | 25 m/s                | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D              |   | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g              |   | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| H <sub>0</sub> |   | 6,1 m NAP             | initieel peil                                      |
| α              |   | 5 1:n                 | Talud dijk   |
| h <sub>b</sub> |   | 6,84 m NAP            | Hoogte berm  |
| B              |   | 0 m NAP               | Bermbreedte  |
| f              |   | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| β              |   | 0 °                   | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

### Significante golfhoogte

|                |            |   |
|----------------|------------|---|
| H <sub>s</sub> | 0,010 [-]  | <i>dimensieloze significante golfhoogte</i> |
| T <sub>p</sub> | 1,069 [-]  | <i>dimensieloze periode</i>                 |
| D              | 0,471 [-]  | <i>dimensieloze diepte</i>                  |
| E              | 12,557 [-] | <i>dimensieloze strijklengte</i>            |
| H <sub>s</sub> | 0,649 m    | significante golfhoogte                     |
| T <sub>p</sub> | 2,724 s    | Piekgolfperiode                             |
| L              | 11,584 m   | Golflengte (in diepe deel)                  |

### Golfoploop

|                 |           |                           |
|-----------------|-----------|---------------------------|
| ξ               | 0,845 [-] | Surf similarity parameter |
| r               | 1,000 [-] | Reductiefactor berm       |
| Z <sub>2%</sub> | 0,864 m   | Golfoploop                |

### Opwaaiing

|    |              |  |
|----|--------------|--|
| c  | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt (3,5 a 4 * 10 <sup>-6</sup> ) |
| i  | 8,49E-06 [-] | Verhang tgv wind                                   |
| ΔH | 3,40E-03 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                    |

### Totale gewenste dijkhoogte (m NAP)

|                     |         |                                 |
|---------------------|---------|---------------------------------|
| H <sub>0</sub>      | 6,1 m   | Gemiddeld peil                  |
| Z <sub>2%</sub>     | 0,864 m | Golfoploop                      |
| ΔH                  | 0,003 m | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| H <sub>w</sub>      | 0,5 m   | Waakhoogte                      |
|                     | _____ + |                                 |
| H <sub>totaal</sub> | 6,967 m | Gewenste dijkhoogte             |

Bepaling significante golfhoogte en golfoploop  
 volgens Bretschneider

Invoergegevens

|                |     |                       |  |
|----------------|-----|-----------------------|--|
| w              | ZZW | [-]                   | windrichting                                       |
| F              |     | 1100 m                | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| v <sub>w</sub> |     | 25 m/s                | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D              |     | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g              |     | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| H <sub>0</sub> |     | 6,2 m NAP             | initieel peil                                      |
| α              |     | 5 1:n                 | Talud dijk   |
| h <sub>b</sub> |     | 6,84 m NAP            | Hoogte berm  |
| B              |     | 4 m NAP               | Bermbreedte  |
| f              |     | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| β              |     | 0 °                   | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

Significante golfhoogte

|                |            |   |
|----------------|------------|---|
| H <sub>s</sub> | 0,012 [-]  | <i>dimensieloze significante golfhoogte</i> |
| T <sub>p</sub> | 1,153 [-]  | <i>dimensieloze periode</i>                 |
| D              | 0,471 [-]  | <i>dimensieloze diepte</i>                  |
| E              | 17,266 [-] | <i>dimensieloze strijklengte</i>            |

|                |          |                            |
|----------------|----------|----------------------------|
| H <sub>s</sub> | 0,741 m  | significante golfhoogte    |
| T <sub>p</sub> | 2,939 s  | Piekgolfperiode            |
| L              | 13,482 m | Golflengte (in diepe deel) |

Golfoploop

|                 |           |                           |
|-----------------|-----------|---------------------------|
| ξ               | 0,853 [-] | Surf similarity parameter |
| r               | 0,750 [-] | Reductiefactor berm       |
| Z <sub>2%</sub> | 0,747 m   | Golfoploop                |

Opwaaiing

|    |              |  |
|----|--------------|--|
| c  | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt (3,5 a 4 * 10 <sup>-6</sup> ) |
| i  | 8,49E-06 [-] | Verhang tgv wind                                   |
| ΔH | 4,67E-03 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                    |

|   |                |                                 |
|---|----------------|---------------------------------|
| <b>Totale gewenste dijkhoogte (m NAP)</b> |                |                                 |
| H <sub>0</sub>                            | 6,2 m          | Gemiddeld peil                  |
| Z <sub>2%</sub>                           | 0,747 m        | Golfoploop                      |
| ΔH  | 0,005 m        | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| H <sub>w</sub>                            | 0,5 m          | Waakhoogte                      |
|   | _____ +        |                                 |
| H <sub>totaal</sub>                       | <b>6,951 m</b> | <b>Gewenste dijkhoogte</b>      |



Bepaling significante golfhoogte en golfloop  
volgens Bretschneider

Invoergegevens

|                |    |                       |  |
|----------------|----|-----------------------|--|
| w              | NW | [-]                   | windrichting                                       |
| F              |    | 1420 m                | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| $v_w$          |    | 25 m/s                | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D              |    | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g              |    | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| H <sub>0</sub> |    | 6,2 m NAP             | initieel peil                                      |
| $\alpha$       |    | 7 1:n                 | Talud dijk   |
| h <sub>b</sub> |    | 6,58 m NAP            | Hoogte berm  |
| B              |    | 4 m NAP               | Bermbreedte  |
| f              |    | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| $\beta$        |    | 0 °                   | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

Significante golfhoogte

|                |            |   |
|----------------|------------|---|
| H <sub>s</sub> | 0,013 [-]  | <i>dimensieloze significante golfhoogte</i> |
| T <sub>p</sub> | 1,225 [-]  | <i>dimensieloze periode</i>                 |
| D              | 0,471 [-]  | <i>dimensieloze diepte</i>                  |
| E              | 22,288 [-] | <i>dimensieloze strijklengte</i>            |
| H <sub>s</sub> | 0,823 m    | significante golfhoogte                     |
| T <sub>p</sub> | 3,121 s    | Piekgolfperiode                             |
| L              | 15,212 m   | Golflengte (in diepe deel)                  |

Golfloop

|                 |           |                           |
|-----------------|-----------|---------------------------|
| $\xi$           | 0,614 [-] | Surf similarity parameter |
| r               | 0,750 [-] | Reductiefactor berm       |
| Z <sub>2%</sub> | 0,597 m   | Golfloop                  |

Opwaaiing

|            |              |  |
|------------|--------------|--|
| c          | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt (3,5 a 4 * 10 <sup>-6</sup> ) |
| i          | 8,49E-06 [-] | Verhang tgv wind                                   |
| $\Delta H$ | 6,03E-03 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                    |

Totale gewenste dijkhoogte (m NAP)

|                     |         |                                 |
|---------------------|---------|---------------------------------|
| H <sub>0</sub>      | 6,2 m   | Gemiddeld peil                  |
| Z <sub>2%</sub>     | 0,597 m | Golfloop                        |
| $\Delta H$          | 0,006 m | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| H <sub>w</sub>      | 0,5 m   | Waakhoogte                      |
|                     | _____ + |                                 |
| H <sub>totaal</sub> | 6,803 m | Gewenste dijkhoogte             |

Bepaling significante golfhoogte en golfoploop  
 volgens Bretschneider

Invoergegevens

|          |     |                       |  |
|----------|-----|-----------------------|--|
| w        | ZZW | [-]                   | windrichting                                       |
| F        |     | 620 m                 | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| $v_w$    |     | 25 m/s                | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D        |     | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g        |     | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| $H_0$    |     | 6,2 m NAP             | initieel peil                                      |
| $\alpha$ |     | 5 1:n                 | Talud dijk   |
| $h_b$    |     | 6,99 m NAP            | Hoogte berm  |
| B        |     | 0 m NAP               | Bermbreedte  |
| f        |     | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| $\beta$  |     | 0 °                   | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

Significante golfhoogte

|       |           |   |
|-------|-----------|---|
| $H_s$ | 0,009 [-] | <i>dimensieloze significante golfhoogte</i> |
| $T_p$ | 1,006 [-] | <i>dimensieloze periode</i>                 |
| $D$   | 0,471 [-] | <i>dimensieloze diepte</i>                  |
| $E$   | 9,732 [-] | <i>dimensieloze strijklengte</i>            |

|       |          |                            |
|-------|----------|----------------------------|
| $H_s$ | 0,584 m  | significante golfhoogte    |
| $T_p$ | 2,562 s  | Piekgolfperiode            |
| L     | 10,252 m | Golflengte (in diepe deel) |

Golfoploop

|           |           |                           |
|-----------|-----------|---------------------------|
| $\xi$     | 0,838 [-] | Surf similarity parameter |
| r         | 1,000 [-] | Reductiefactor berm       |
| $Z_{2\%}$ | 0,771 m   | Golfoploop                |

Opwaaiing

|            |              |   |
|------------|--------------|---|
| c          | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt ( $3,5 \text{ a } 4 \cdot 10^{-6}$ ) |
| i          | 8,49E-06 [-] | Verhang tgv wind  |
| $\Delta H$ | 2,63E-03 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                           |

| Totale gewenste dijkhoogte (m NAP) |                |                                 |
|------------------------------------|----------------|---------------------------------|
| $H_0$                              | 6,2 m          | Gemiddeld peil                  |
| $Z_{2\%}$                          | 0,771 m        | Golfoploop                      |
| $\Delta H$                         | 0,003 m        | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| $H_w$                              | 0,5 m          | Waakhoogte                      |
|                                    | _____ +        |                                 |
| $H_{\text{totaal}}$                | <b>6,973 m</b> | <b>Gewenste dijkhoogte</b>      |

Bepaling significante golfhoogte en golfoploop  
volgens Bretschneider

Invoergegevens

|                |     |                       |  |
|----------------|-----|-----------------------|--|
| w              | WNW | [-]                   | windrichting                                       |
| F              |     | 1500 m                | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| v <sub>w</sub> |     | 25 m/s                | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D              |     | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g              |     | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| H <sub>0</sub> |     | 6,2 m NAP             | initieel peil                                      |
| α              |     | 6 1:n                 | Talud dijk   |
| h <sub>b</sub> |     | 7,14 m NAP            | Hoogte berm  |
| B              |     | 0 m NAP               | Bermbreedte (golfoploop < berm)                    |
| f              |     | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| β              |     | 15 °                  | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

Significante golfhoogte

|                |            |                                      |
|----------------|------------|--------------------------------------|
| H <sub>c</sub> | 0,013 [-]  | dimensieloze significante golfhoogte |
| T <sub>p</sub> | 1,241 [-]  | dimensieloze periode                 |
| D              | 0,471 [-]  | dimensieloze diepte                  |
| E              | 23,544 [-] | dimensieloze strijklengte            |
| H <sub>s</sub> | 0,842 m    | significante golfhoogte              |
| T <sub>p</sub> | 3,162 s    | Piekgolfperiode                      |
| L              | 15,609 m   | Golflengte (in diepe deel)           |

Golftransmissie Vooroever (volgens Van der Meer)

|                        |            |                                       |
|------------------------|------------|---------------------------------------|
| H <sub>vooroever</sub> | 6,34 m NAP | Hoogte vooroever                      |
| F                      | 0,14 m     | Hoogte vooroever t.o.v. initieel peil |
| F/H <sub>s</sub>       | 0,166 [-]  | Parameter voor formule                |
| B <sub>vooroever</sub> | 1 m NAP    | Breedte Vooroever                     |
| K <sub>t</sub>         | 0,410 [-]  | Transmissiecoëfficiënt                |
| H <sub>t</sub>         | 0,345 m    | Uitgaande golfhoogte                  |

Golfoploop

|                 |           |  |
|-----------------|-----------|--|
| ξ               | 1,120 [-] | Surf similarity parameter              |
| r               | 0,996 [-] | Reductiefactor berm en invalshoek golf |
| Z <sub>2%</sub> | 0,607 m   | Golfoploop                             |

Opwaaiing

|    |              |  |
|----|--------------|--|
| c  | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt (3,5 a 4 * 10 <sup>-6</sup> ) |
| i  | 8,49E-06 [-] | Verhang tgv wind                                   |
| ΔH | 6,37E-03 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                    |

Totale gewenste dijkhoogte (m NAP)

|                     |         |                                 |
|---------------------|---------|---------------------------------|
| H <sub>0</sub>      | 6,2 m   | Gemiddeld peil                  |
| Z <sub>2%</sub>     | 0,607 m | Golfoploop                      |
| ΔH                  | 0,006 m | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| H <sub>w</sub>      | 0,5 m   | Waakhoogte                      |
|                     | _____ + |                                 |
| H <sub>totaal</sub> | 6,814 m | Gewenste dijkhoogte             |

Bepaling significante golfhoogte en golfoploop  
 volgens Bretschneider



Invoergegevens

|          |     |                       |  |
|----------|-----|-----------------------|--|
| w        | ZZW | [-]                   | windrichting                                       |
| F        |     | 1100 m                | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| $v_w$    |     | 11 m/s                | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D        |     | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g        |     | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| $H_0$    |     | 6,6 m NAP             | initieel peil                                      |
| $\alpha$ |     | 4 1:n                 | Talud dijk   |
| $h_b$    |     | 6,84 m NAP            | Hoogte berm  |
| B        |     | 4 m NAP               | Bermbreedte  |
| f        |     | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| $\beta$  |     | 0 °                   | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

Significante golfhoogte

|       |            |   |
|-------|------------|---|
| $H_s$ | 0,023 [-]  | <i>dimensieloze significante golfhoogte</i> |
| $T_p$ | 1,736 [-]  | <i>dimensieloze periode</i>                 |
| $D$   | 2,432 [-]  | <i>dimensieloze diepte</i>                  |
| $E$   | 89,182 [-] | <i>dimensieloze strijklengte</i>            |

|       |         |                            |
|-------|---------|----------------------------|
| $H_s$ | 0,287 m | significante golfhoogte    |
| $T_p$ | 1,947 s | Piek golfperiode           |
| L     | 5,919 m | Golflengte (in diepe deel) |

Golfoploop

|           |           |                           |
|-----------|-----------|---------------------------|
| $\xi$     | 1,136 [-] | Surf similarity parameter |
| r         | 0,750 [-] | Reductiefactor berm       |
| $Z_{2\%}$ | 0,385 m   | Golfoploop                |

Opwaaiing

|            |              |  |
|------------|--------------|--|
| c          | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt (3,5 a 4 * 10 <sup>-6</sup> ) |
| i          | 1,64E-06 [-] | Verhang tgv wind                                   |
| $\Delta H$ | 9,05E-04 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                    |

Totale gewenste dijkhoogte (m NAP)

|                     |         |                                 |
|---------------------|---------|---------------------------------|
| $H_0$               | 6,6 m   | Gemiddeld peil                  |
| $Z_{2\%}$           | 0,385 m | Golfoploop                      |
| $\Delta H$          | 0,001 m | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| $H_w$               | 0,5 m   | Waakhoogte                      |
|                     | _____ + |                                 |
| $H_{\text{totaal}}$ | 7,100 m | Gewenste dijkhoogte             |

Bepaling significante golfhoogte en golfploop volgens Bretschneider

Invoergegevens

|                |    |                       |  |
|----------------|----|-----------------------|--|
| w              | Nl | [-]                   | windrichting                                       |
| F              |    | 1420 m                | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| $v_w$          |    | 11 m/s                | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D              |    | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g              |    | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| H <sub>0</sub> |    | 6,6 m NAP             | initieel peil                                      |
| $\alpha$       |    | 4 1:n                 | Talud dijk   |
| h <sub>b</sub> |    | 6,58 m NAP            | Hoogte berm  |
| B              |    | 4 m NAP               | Bermbreedte  |
| f              |    | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| $\beta$        |    | 0 °                   | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

Significante golfhoogte

|                |             |   |
|----------------|-------------|---|
| H <sub>s</sub> | 0,026 [-]   | <i>dimensieloze significante golfhoogte</i> |
| T <sub>p</sub> | 1,844 [-]   | <i>dimensieloze periode</i>                 |
| D              | 2,432 [-]   | <i>dimensieloze diepte</i>                  |
| E              | 115,126 [-] | <i>dimensieloze strijklengte</i>            |
| H <sub>s</sub> | 0,319 m     | significante golfhoogte                     |
| T <sub>p</sub> | 2,068 s     | Piek golfperiode                            |
| L              | 6,677 m     | Golflengte (in diepe deel)                  |

Golfploop

|                 |           |                           |
|-----------------|-----------|---------------------------|
| $\xi$           | 1,144 [-] | Surf similarity parameter |
| r               | 0,750 [-] | Reductiefactor berm       |
| Z <sub>2%</sub> | 0,431 m   | Golfploop                 |

Opwaaiing

|            |              |  |
|------------|--------------|--|
| c          | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt (3,5 a 4 * 10 <sup>-6</sup> ) |
| i          | 1,64E-06 [-] | Verhang tgv wind                                   |
| $\Delta H$ | 1,17E-03 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                    |

Totale gewenste dijkhoogte (m NAP)

|                     |         |                                 |
|---------------------|---------|---------------------------------|
| H <sub>0</sub>      | 6,6 m   | Gemiddeld peil                  |
| Z <sub>2%</sub>     | 0,431 m | Golfploop                       |
| $\Delta H$          | 0,001 m | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| H <sub>w</sub>      | 0,5 m   | Waakhoogte                      |
|                     | _____ + |                                 |
| H <sub>totaal</sub> | 7,100 m | Gewenste dijkhoogte             |

Bepaling significante golfhoogte en golfoploop  
 volgens Bretschneider

Invoergegevens

|                |     |                       |  |
|----------------|-----|-----------------------|--|
| w              | ZZW | [-]                   | windrichting                                       |
| F              |     | 620 m                 | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| v <sub>w</sub> |     | 11 m/s                | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D              |     | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g              |     | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| H <sub>0</sub> |     | 6,6 m NAP             | initieel peil                                      |
| α              |     | 5 1:n                 | Talud dijk   |
| h <sub>b</sub> |     | 6,84 m NAP            | Hoogte berm  |
| B              |     | 0 m NAP               | Bermbreedte  |
| f              |     | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| β              |     | 0 °                   | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

Significante golfhoogte

|                |            |   |
|----------------|------------|---|
| H <sub>s</sub> | 0,018 [-]  | <i>dimensieloze significante golfhoogte</i> |
| T <sub>p</sub> | 1,515 [-]  | <i>dimensieloze periode</i>                 |
| D              | 2,432 [-]  | <i>dimensieloze diepte</i>                  |
| E              | 50,266 [-] | <i>dimensieloze strijklengte</i>            |
| H <sub>s</sub> | 0,226 m    | significante golfhoogte                     |
| T <sub>p</sub> | 1,698 s    | Piekgolfperiode                             |
| L              | 4,503 m    | Golflengte (in diepe deel)                  |

Golfoploop

|                 |           |                           |
|-----------------|-----------|---------------------------|
| ξ               | 0,894 [-] | Surf similarity parameter |
| r               | 1,000 [-] | Reductiefactor berm       |
| Z <sub>2%</sub> | 0,318 m   | Golfoploop                |

Opwaaiing

|    |              |  |
|----|--------------|--|
| c  | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt (3,5 a 4 * 10 <sup>-6</sup> ) |
| i  | 1,64E-06 [-] | Verhang tgv wind                                   |
| ΔH | 5,10E-04 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                    |

Totale gewenste dijkhoogte (m NAP)

|                     |                |                                 |
|---------------------|----------------|---------------------------------|
| H <sub>0</sub>      | 6,6 m          | Gemiddeld peil                  |
| Z <sub>2%</sub>     | 0,318 m        | Golfoploop                      |
| ΔH                  | 0,001 m        | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| H <sub>w</sub>      | 0,5 m          | Waakhoogte                      |
|                     | _____ +        |                                 |
| H <sub>totaal</sub> | <b>7,100 m</b> | <b>Gewenste dijkhoogte</b>      |

Bepaling significante golfhoogte en golfoploop  
volgens Bretschneider

Invoergegevens

|                |     |                       |  |
|----------------|-----|-----------------------|--|
| w              | WNW | [-]                   | windrichting                                       |
| F              |     | 1500 m                | strijklengte (behorend bij windrichting)           |
| v <sub>w</sub> |     | 11,33 m/s             | bepalende windsnelheid (behorend bij windrichting) |
| D              |     | 30 m                  | bepalende waterdiepte                              |
| g              |     | 9,81 m/s <sup>2</sup> | gravitatieconstante                                |
| H <sub>0</sub> |     | 6,6 m NAP             | initieel peil                                      |
| α              |     | 6 1:n                 | Talud dijk   |
| h <sub>b</sub> |     | 7,14 m NAP            | Hoogte berm  |
| B              |     | 0 m NAP               | Bermbreedte  |
| f              |     | 0,9 [-]               | Ruwheid talud                                      |
| β              |     | 15 °                  | Invalshoek golven (t.o.v. de normaal)              |

Significante golfhoogte

|                |             |   |
|----------------|-------------|---|
| H <sub>ε</sub> | 0,026 [-]   | <i>dimensieloze significante golfhoogte</i> |
| T <sub>p</sub> | 1,841 [-]   | <i>dimensieloze periode</i>                 |
| D              | 2,293 [-]   | <i>dimensieloze diepte</i>                  |
| E              | 114,631 [-] | <i>dimensieloze strijklengte</i>            |

|                |         |                            |
|----------------|---------|----------------------------|
| H <sub>s</sub> | 0,338 m | significante golfhoogte    |
| T <sub>p</sub> | 2,126 s | Piekgolfperiode            |
| L              | 7,060 m | Golflengte (in diepe deel) |

Golftransmissie Vooroever (volgens Van der Meer)

|                        |            |                                       |
|------------------------|------------|---------------------------------------|
| H <sub>vooroever</sub> | 6,34 m NAP | Hoogte vooroever                      |
| F                      | -0,26 m    | Hoogte vooroever t.o.v. initieel peil |
| F/H <sub>s</sub>       | -0,770 [-] | Parameter voor formule                |
| B <sub>vooroever</sub> | 1 m NAP    | Breedte Vooroever                     |
| K <sub>t</sub>         | 0,691 [-]  | Transmissiecoëfficiënt                |
| H <sub>t</sub>         | 0,233 m    | Uitgaande golfhoogte                  |

Golfoploop

|                 |           |  |
|-----------------|-----------|--|
| ξ               | 0,917 [-] | Surf similarity parameter              |
| r               | 0,996 [-] | Reductiefactor berm en invalshoek golf |
| Z <sub>2%</sub> | 0,336 m   | Golfoploop                             |

Opwaaiing

|    |              |  |
|----|--------------|--|
| c  | 4,00E-06 [-] | Wrijvingscoëfficiënt (3,5 a 4 * 10 <sup>-6</sup> ) |
| i  | 1,74E-06 [-] | Verhang tgv wind                                   |
| ΔH | 1,31E-03 m   | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil                    |

Totale gewenste dijkhoogte (m NAP)

|                     |         |                                 |
|---------------------|---------|---------------------------------|
| H <sub>0</sub>      | 6,6 m   | Gemiddeld peil                  |
| Z <sub>2%</sub>     | 0,336 m | Golfoploop                      |
| ΔH                  | 0,001 m | Opwaaiing t.o.v. gemiddeld peil |
| H <sub>w</sub>      | 0,5 m   | Waakhoogte                      |
|                     | _____ + |                                 |
| H <sub>totaal</sub> | 7,100 m | Gewenste dijkhoogte             |