

## Memo

**Aan**  
R. Vos (RWS-WVL)

**Datum**  
15 september 2015

**Kenmerk**  
1220088-008-VEB-0002

**Aantal pagina's**  
17

**Van**  
Alfons Smale

**Doorkiesnummer**  
+31(0)88335 8208

**E-mail**  
alfons.smale@deltares.nl

**Onderwerp**  
Afleiden Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden voor projecten langs de Hollandse IJssel

---

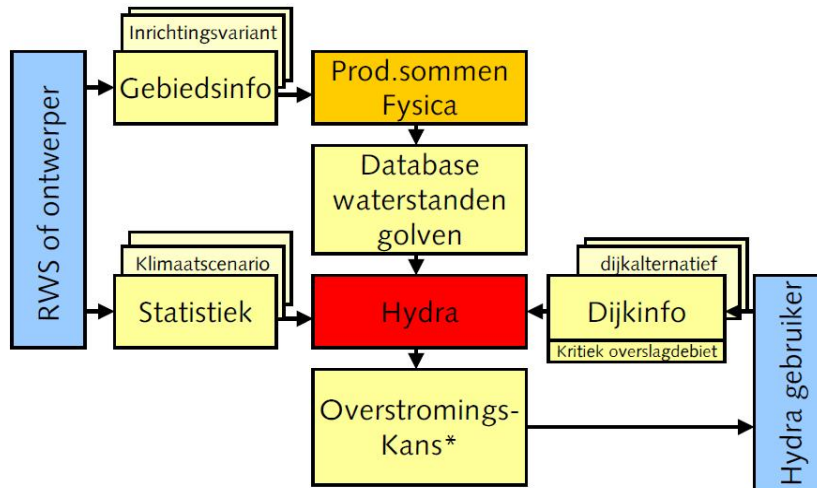
## 1 Inleiding

De afgelopen twee jaar is gewerkt aan het opstellen van recepten voor de afleiding van Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden voor HWBP projecten. Op dit moment zijn voor (een beperkt aantal) versterkingsprojecten recepten beschikbaar voor bepaling van de Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden, maar hieronder vallen geen projecten gelegen aan de Hollandse IJssel. Afgesproken is om in de tweede helft van 2015 recepten af te leiden voor onder andere de Hollandse IJssel. Deze randvoorwaarden vormen een uitbreiding op OI2014\_vs3. Dit memo geeft vooruitlopend daarop aan op welke wijze Hydraulische Randvoorwaarden af te leiden voor de Hollandse IJssel, welke afwijkt van het benedenrivierengebied vanwege de aanwezigheid van de Hollandse IJssel kering en de sterke variatie van strijklengtes en bodemdieptes..

## 2 Aanpak

De afleiding van ontwerprandvoorwaarden is gebaseerd op de afleiding van hydraulische randvoorwaarden die worden gebruikt bij de toetsing van primaire waterkeringen. Figuur 2.1 geeft een weergave van de wijze waarop normaliter ten behoeve van de toetsing de hydraulische randvoorwaarden worden afgeleid. De kern van deze afleiding wordt gevormd door de zogenaamde Hydra-modellen, waarmee op probabilistische wijze de hydraulische randvoorwaarden worden bepaald. Als input voor deze bepaling wordt (verwerkte) gebiedsinformatie, statistiek en dijk informatie gebruikt. Ten behoeve van de toetsing wordt deze input gebaseerd op de situatie geldig voor de toetsperiode: over het algemeen een zichtperiode van 6 à 7 jaar. Voor het ontwerp dient deze input aangepast te worden, zodanig dat de toekomstige situatie over bijvoorbeeld 30 of 50 jaar wordt beschreven. Dit betekent onder meer dat de statistiek van zeewaterstanden en rivierafvoeren aangepast dient te worden. Dit betekent echter ook dat (indien relevant) de gebiedsinformatie aangepast dient te worden, bijvoorbeeld om rivierverruimende maatregelen mee te nemen.

Aspecten zoals verandering van dijkprofiel en wijziging van normfrequentie zijn vaak relevant voor zowel toetsen als ontwerpen van dijken. Omdat deze informatie lokaal gebonden is, wordt deze informatie niet opgenomen in databases: de gebruiker kan deze informatie bij iedere berekening specificeren. Voor het ontwerp kan dan ook eenvoudig voor een alternatief dijkprofiel of aangepaste normfrequentie worden gekozen.



Figuur 2.1 Weergave van de reguliere werkwijze om tot hydraulische randvoorwaarden te komen. \*De Hydra's leveren niet direct een overstromingskans

De inhoud van de recepten verschilt voor verschillende belastingtypen (HBN, Ontwerppeil, etc.) en verschillende watersystemen. Over het algemeen kan echter gesteld worden dat de recepten de volgende opbouw hebben:

- 1 Indien relevant en mogelijk, aanpassen statistiek en gebiedsinformatie welke als input dient voor het Hydra-model voor het beschouwde watersysteem.
- 2 Afleiden hydraulische randvoorwaarden met behulp van het Hydra-model voor het beschouwde watersysteem en de aangepaste input.
- 3 Correctie van de hydraulische randvoorwaarden voor klimaatverandering (indien niet reeds in het Hydra-model meegenomen) en voor gebiedsinformatie die niet meegenomen kan worden in het Hydra-model.
- 4 Correctie van de hydraulische randvoorwaarden met een onzekerheidstoetslag.

In het stroomschema (zie Figuur 2.2) staan de bovenstaand beschreven algemene stappen nogmaals weergegeven, inclusief de keuze momenten.

Voor de afleiding van de hydraulische ontwerp randvoorwaarden voor de Hollandsche IJssel zijn de volgende Hydra modellen op aanvraag beschikbaar:

- Hollandsche IJssel: Hydra-BS versie 1.2.0

Voor elk van deze Hydra modellen zijn zogenaamde databases fysica beschikbaar waarin de gebiedsinformatie van verschillende watersystemen is opgenomen. Standaard worden de Hydra modellen beschikbaar gesteld met de vigerende databases (HR2006) of de concept vernieuwde databases (CR2011).

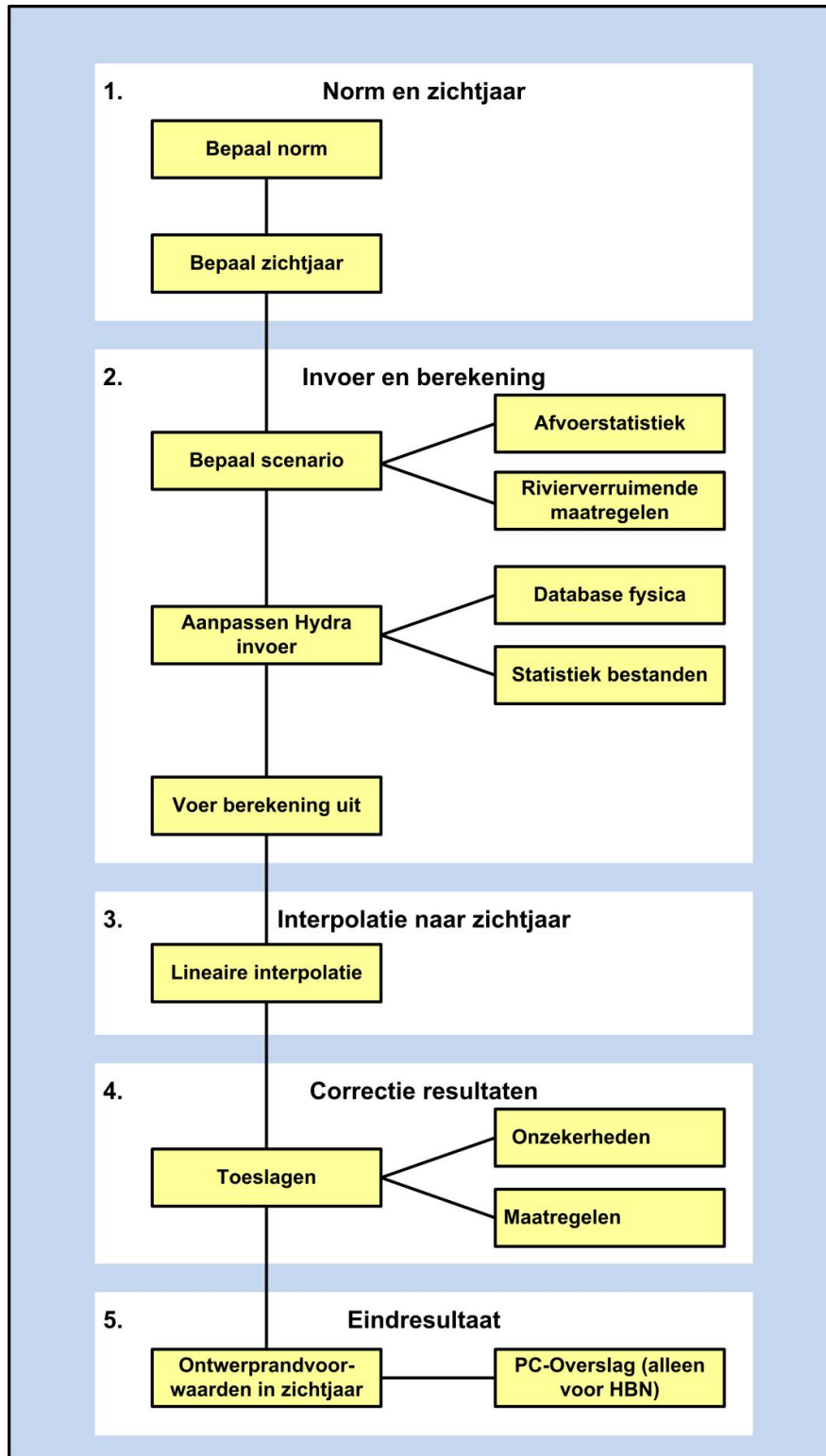


**Datum**  
15 september 2015

**Ons kenmerk**  
1220088-008-VEB-0002

**Pagina**  
3/17

In dit memo wordt per faalmechanisme een recept gepresenteerd voor het afleiden van hydraulische ontwerprandvoorwaarden.



Figuur 2.2 Stroomschema dat de algemene stappen beschrijft om te komen tot ontwerprandvoorwaarden. De getallen corresponderen met de indeling van de recepten in Hoofdstukken 4, 5 en 6.

## 2.1 Aannames en uitgangspunten

Onderstaand worden de algemeen geldende aannames en uitgangspunten beschreven. In de verkenning van een dijkontwerpproject is het van belang de gevoeligheid van het ontwerp voor een aantal met onzekerheden omgeven uitgangspunten (bijv. klimaatscenario en rivierverruimende maatregelen) na te gaan en hier in het ontwerp rekening mee te houden mocht daar aanleiding toe zijn. Opgemerkt wordt ook dat een ontwerp op "einde levensduur" aan de eis van een het warme KNMI'06 scenario W+ zou moeten voldoen, maar adaptief kan worden aangelegd op een gematigd scenario G of G+ mits het dijkontwerp uitbreidbaar is.

### 2.1.1 Normen

RWS WVL (2013b) geeft een uitgebreide beschrijving van de verschillen tussen de overschrijdings- en overstromingskansnorm en hoe hiermee om te gaan bij het ontwerpen. Hierbij dient de overstromingskansnorm per faalmechanisme vertaald te worden naar een faalkanseis op doorsnedeniveau, rekening houdend met het zogenaamde lengte effect en de faalkansruimte die is gereserveerd voor het beschouwde faalmechanisme. Er wordt onderscheid gemaakt tussen golfoverslag en alle andere faalmechanismen, omdat alleen golfoverslag geen gebruik maakt van het ontwerppeil (de waterstand met een overschrijdingskans die getalsmatig overeen komt met de normhoogte). Een nadere toelichting over deze vertaalslag is te vinden in Bijlage B van RWS WVL (2015). Meer informatie over verwachte overstromingskansnormen is verkrijgbaar bij de Helpdesk Water ([www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl)).

### 2.1.2 Zichtjaar

Het zichtjaar waarvoor de ontwerprandvoorwaarden worden bepaald hangt nauw samen met de levensduur van het ontwerp en daarmee ligt de keuze voor een zichtjaar dus bij de ontwerper (wel kan er een uiterst zichtjaar gedefinieerd worden).

### 2.1.3 Klimaatscenario

Onderdeel van het bepalen van de ontwerprandvoorwaarden is het rekening houden met het verwachte effect van klimaatverandering (zeespiegelstijging, meerpeilstijging en/of toename rivierafvoer) gedurende de geplande levensduur. Voor alle projecten wordt het klimaatscenario W+ (KNMI, 2006) aangeleverd, dit komt overeen met de klimaatopgave binnen de Deltascenario's Stoom en Warm (Deltares, 2011).

### 2.1.4 Afvoerstatistiek

Zoals eerder genoemd wordt geprobeerd om zoveel mogelijk aan te sluiten op de ontwikkelingen binnen WTI2017. Dit heeft ook weerslag op de gehanteerde kansverdeling van de rivierafvoer, omdat binnen WTI2017 gewerkt gaat worden met GRADE resultaten waarin bovenstroomse overstromingen zijn meegenomen. Hierbij worden in de huidige GRADE versie geen harde aftopniveaus gehanteerd.

Binnen OI2015 wordt gebruik gemaakt van de kansverdeling van de rivierafvoer gebaseerd op GRADE resultaten. De GRADE afvoerstatistiek (mail Hendrik Buiteveld, RWS-WVL, d.d. 24 maart 2015) is beschikbaar voor het referentie jaar 2015 en de zichtjaren 2050 en 2100 (beiden voor klimaatscenario W+). Voor het klimaatscenario G of G+ is op dit moment nog geen GRADE afvoerstatistiek beschikbaar.

In het OI2014\_vs3 komen de gematigde scenario's in beeld bij het maken van een adaptief dijkontwerp waarbij voor zichtjaar einde levensduur wordt ontworpen op W+ en in tussenstap(pen) adaptief wordt ontworpen op G/G+ mits uitbreidbaarheid naar W+ wordt gegarandeerd. Het belang hiervan is om tevens de consequenties in beeld te krijgen voor een wat minder robuust ontwerp. Dit laatste kan men echter ook doen middels een gevoeligheidsanalyse met W+ voor kortere zichtjaren (bv 25 jaar ipv 50 jaar).

#### 2.1.5 Faalkans Hollandsche IJssel kering

Conform het Deltaprogramma wordt gesteld dat voor de faalkans van de Hollandsche IJssel (betrouwbaarheid sluiten) geldt dat voor de korte termijn gerekend dient te worden met een faalkans van 1/200. Voor de periode tot aan einde levensduur onderzoekt RWS nog of de faalkans kan worden verkleind naar 1/500 of 1/1000 maar dat nemen we hier niet in beschouwing omdat hier nog geen duidelijkheid over is. Bij einde levensduur (ca. 2050) adviseert het Deltaprogramma om een nieuwe stormvloedkering te bouwen met faalkans 1 op 1000.

Ten behoeve van OI2014 wordt geadviseerd om tot 2050 uit te gaan van een faalkans van 1/200 en na 2050; bij vervanging van de huidige stormvloedkering vanwege einde levensduur; uit te gaan van een faalkans van 1/500. Merk op dat deze verandering van faalkans een relatief groot effect heeft op de belastingen en dat een verlaging van de faalkans ook leidt tot een verlaging van de belastingen. Het is dan ook aan te bevelen om de Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden tenminste voor 2050 te bepalen, ook als het zichtjaar verder in de toekomst ligt. Daarnaast is het aan te bevelen een gevoeligheidsanalyse te doen op de invloed van de faalkans van de stormvloedkering na 2050. De faalkans van 1/500 is immers nog hypothetisch, er kan nog van worden afgeweken.

#### 2.1.6 Onzekerheidstoeslag

Traditioneel wordt bij het ontwerpen een robuustheidstoeslag toegepast. Deze robuustheidstoeslag is bedoeld als toeslag voor modelonzekerheden met betrekking tot waterstanden en golfcondities. In OI2014v2 (Deltares, 2014) is daaraan ook statistische onzekerheid toegevoegd en in OI2014v3 (Deltares, 2015a) zijn de toeslagen opnieuw bepaald en hernoemd tot onzekerheidstoeslag. Deze toeslagen worden ook in dit rapport (OI2014v4) gehanteerd.

In het kader van WT12017 worden de statistische en modelonzekerheden enerzijds gekwantificeerd en anderzijds mogelijk ook meegenomen in het afleiden van de hydraulische toetsrandvoorwaarden. Dit betekent dat het mogelijk is geworden een toeslag te definiëren welke expliciet het effect van statistische en modelonzekerheden omvat, overeenkomstig de te verwachten toeslag zoals deze van toepassing kan zijn in het kader van WT12017 (indien gerekend gaat worden met onzekerheden).



Onafhankelijk van het wel of niet meenemen van onzekerheden in het kader van WTI2017 wordt voor het ontwerpen als uitgangspunt gekozen om rekening te houden met de statistische en modelonzekerheden. Hiervoor worden de verkregen inzichten met betrekking tot statistische en modelonzekerheden uit WTI2017 gebruikt om een toeslag te definiëren. Vanwege het feit dat de toeslag enkel de hiervoor benoemde aspecten omvat wordt voorgesteld om deze toeslag een onzekerheidstoeslag te noemen. Los van deze onzekerheidstoeslag dient de ontwerper zelf een keuze te maken met betrekking tot het maken van een robuust ontwerp door een extra toeslag te definiëren om onverwachte ontwikkelingen op te vangen. Gegeven het feit dat dit een ontwerpkeuze is, wordt dit aspect niet opgenomen in de onzekerheidstoeslag.

Hiermee wordt dus afgeweken van de oude robuustheidstoeslag en wordt de onzekerheidstoeslag geïntroduceerd om in te spelen op het verdisconteren van model en statistische onzekerheid in het toekomstig instrumentarium (zie Tabel 2.1 voor een vergelijking tussen beide). Het uitgangspunt voor de ontwerper is het toepassen van de nieuwe onzekerheidstoeslag (zie Bijlage B van Deltares (2015a) voor verdere toelichting).

Tabel 2.1 Overzicht oude robuustheidstoeslag en nieuwe onzekerheidstoeslag.

Watersysteem	Parameter	Robuustheidstoeslag 2009	Nieuwe onzekerheidstoeslag
Rivieren	Waterstand	+ 0,30m	+ 0,30m
Meren (exclusief Ketelmeer)	Waterstand	+ 0,20m	+ 0,40m
	Golfhoogte ( $H_{m,0}$ )	+ 10%	+ 10%
	Golfperiode ( $T_{m-1,0}$ )	+ 10%	+ 10%
Ketelmeer	Waterstand	+ 0,20m	+ 0,40m
	Golfhoogte ( $H_{m,0}$ )	+ 10%	+ 10%
	Golfperiode ( $T_{m-1,0}$ )	+ 10%	+ 10%
Brede wateren (Haringvliet en Hollandsch Diep)	Waterstand	+ 0,30m	+ 0,40m
	Golfhoogte ( $H_{m,0}$ )		+ 10% <sup>1</sup>
	Golfperiode ( $T_{m-1,0}$ )		+ 10%
Waddenzee en Kust,	Waterstand	+ 0,10m	+ ntb
Westerschelde en	Golfhoogte ( $H_{m,0}$ )	+ 10%	+ 10%
Oosterschelde	Golfperiode ( $T_{m-1,0}$ )	+ 10%	+ 10%

Voor de Hollandsche IJssel geldt voor het MHW dat de Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden worden gedomineerd door een situatie waarin de Europoortkering regulier sluit, maar waarbij de Hollandsche IJsselkering faalt. Voor het HBN aan de DR15 zijde geldt dit ook, maar voor het HBN aan de DR14 zijde kan het ook voorkomen dat de Hollandsche IJsselkering net niet hoeft te worden gesloten. Dat betekent dat in alle gevallen die bepalend zijn de Hollandsche IJsselkering open is, en de Europoortkering gesloten (T. Botterhuis, HKV memo PR2968.10, 2014). Gegeven de hoge normstelling voor de DR14-zijde (1/30.000) en de DR15 zijde (1/10.000), wordt verondersteld dat dit voornamelijk situaties zijn waarbij sprake is van een relatief hoge rivierafvoer en in mindere mate van een hoge zeewaterstand. Dit betekent dat de onzekerheidstoeslag primair gedomineerd wordt door de onzekerheid waterstand zoals ook van toepassing op de rivieren. Derhalve wordt dan ook de onzekerheidstoeslag voor rivieren ook van toepassing verklaard voor de Hollandsche IJssel.

Voor de Hollandsche IJssel wordt dan ook een onzekerheidstoeslag van 0,30m voorgeschreven op de waterstand. Er dient geen onzekerheidstoeslag op de golfcondities te worden toegepast (aangezien deze te beperkt variëren).

<sup>1</sup> De toeslag op golfparameters is toegevoegd omdat golven dominant zijn m.b.t. het HBN op de open wateren.



## 3 Handleiding aanpassen modelinvoer

### 3.1 Hydra-BS

Onderstaand wordt beschreven welke stappen moeten worden doorlopen om de effecten van klimaatscenario's op afvoerdebit, meerpeil of zeespiegel mee te nemen.

#### 3.1.1 Toevoegen randvoorwaarden database

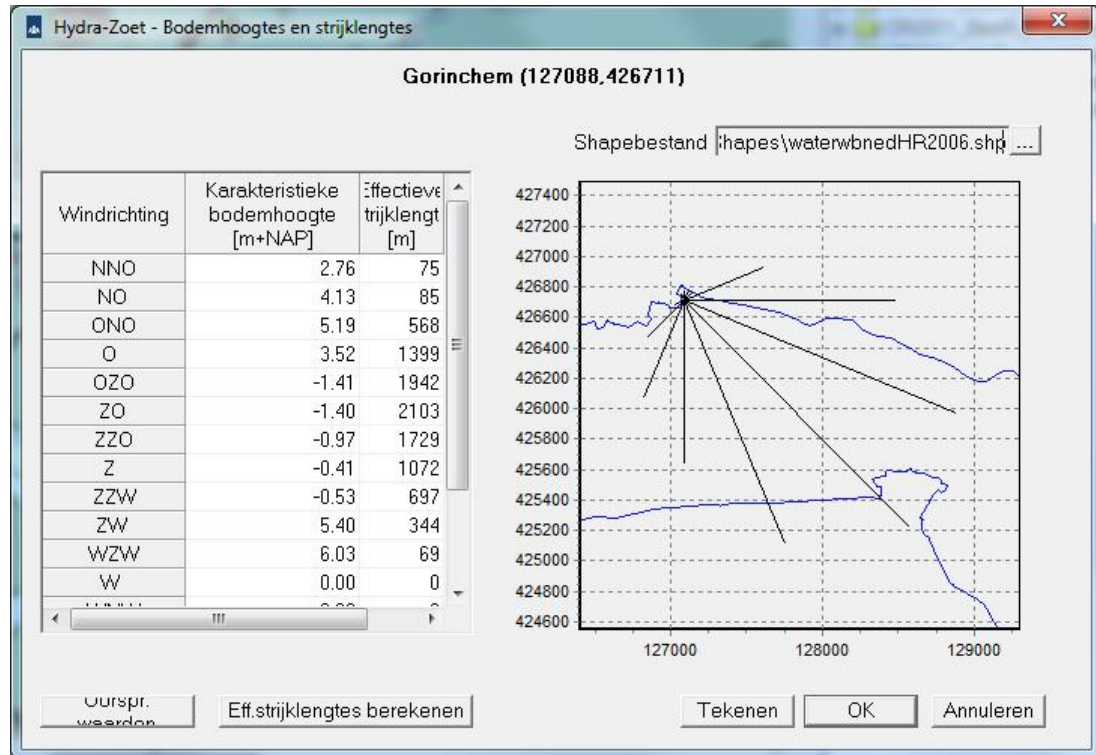
Om een specifieke randvoorwaarden database beschikbaar te maken binnen Hydra-BS, ga naar het kopje 'Randvoorwaarden', 'Beheren'. Klik op 'Toevoegen' en navigeer naar de locatie van de gewenste randvoorwaarden database. Selecteer de gewenste database, klik op 'Open' en vervolgens op 'OK'. De database moet nu zichtbaar zijn in het overzicht aan de rechterkant van het hoofdscherm.

#### 3.1.2 Aanpassen afvoerstatistiek

Om GRADE afvoerstatistiek toe te passen moeten de invoerbestanden van de afvoerstatistiek in de Hydra-BS installatie vervangen worden. Ga naar de map waarin Hydra-BS geïnstalleerd is en navigeer naar '..\Invoer\Werklijn afvoer\'. Hernoem de bestanden 'DM\_Ovfreq\_Lobith\_piekafvoer\_2015.txt', 'DM\_Ovfreq\_Lobith\_piekafvoer\_2050\_WS.txt' en 'DM\_Ovfreq\_Lobith\_piekafvoer\_2100\_WS.txt' door '\_origineel' aan de naam toe te voegen. Doe hetzelfde voor de afvoerbestanden voor Lith. Verplaats vervolgens de uitgeleverde statistiekbestanden voor Lobith en Lith naar hun respectievelijke mappen.

#### 3.1.3 Aanpassen strijklengtes en bodemdieptes

De User-Interface van Hydra-BS biedt de mogelijkheid om strijklengtes en bodemliggingen handmatig aan te passen (default worden getallen uit de database ingelezen). Hiertoe dient Hydra-BS te worden opgestart en een locatie te worden geselecteerd. Onder het menu item "Locatie -> Bodemhoogtes en strijklengtes" kan men handmatig de gewenste gegevens invoeren/corrigeren (zie Figuur 3.1).



Figuur 3.1 Screenshot van het invoerscherm voor bodemhoogtes en strijklengtes.

Een dergelijke aanpassing kan wenselijk zijn in geval van een rivierverruimende maatregel, waarvan het effect op de strijklengtes en bodemligging nog niet is opgenomen in de database. Dit geldt ook voor sommige PKB maatregelen, met name die met een dijkeruglegging. Daarnaast kan een dergelijke aanpassing wenselijk zijn in geval van een berekening voor een tussengelegen locatie (zie paragraaf 3.1.4).

De databases welke meegeleverd worden met Hydra-BS bevatten effectieve strijklengtes en bodemdieptes voor een beperkt aantal locaties langs de Hollandsche IJssel. Deze zijn nodig voor het berekenen van de golfgroei door wind met de Brettschneider formule. Vanwege het grillige verloop van de strijklengtes van locatie naar locatie, verdient het de aanbeveling om tenminste de strijklengtes en bodemdieptes voor de beschouwde locatie te verifiëren, en zo nodig aan te passen. Strijklengtes en bodemdieptes kunnen worden bepaald volgens de systematiek beschreven in "Leidraad Ontwerpen van Rivierdijken deel 1".

Als alternatief voor de hierboven beschreven methode voor handmatige aanpassing van strijklengtes kan gebruik worden gemaakt van de bestaande functionaliteit binnen Hydra-BS. Hiervoor dient een Shapebestand te worden ingelezen middels de knop '...' zoals weergegeven in Figuur 3.1 (rechtsboven). Daarin kan op de knop "Eff. Strijklengtes berekenen" worden gedrukt, waarna effectieve strijklengtes beschikbaar komen. Merk op dat deze optie enkel beschikbaar is voor locaties welke onderdeel zijn van de database en dat bijbehorende karakteristieke bodemhoogte handmatig bepaald en ingevoerd dient te worden.

### 3.1.4 Rekenen voor tussengelegen locaties

De beschikbaar gestelde databases bevatten een beperkt aantal locaties. In sommige gevallen, bijvoorbeeld wanneer de HR sterk variëren in de ruimte, is het wenselijk om HR te bepalen voor een tussengelegen locatie.

Indien men een waterstand wil bepalen voor een tussengelegen locatie, dan kan men eenvoudig de maatgevende waterstand van de beide omliggende locaties bepalen en vervolgens volgens lineaire interpolatie de maatgevende waterstand op de tussengelegen locatie bepalen.

Voor het bepalen van het Hydraulische Belasting Niveau (HBN) is een dergelijke interpolatie ook mogelijk, maar dan dient voorafgaand aan deze interpolatie het HBN op de naastgelegen locaties te worden bepaald met inachtneming van het profiel (talud en oriëntatie) en de strijklengtes en bodemligging zoals van toepassing op de tussengelegen locatie. In stappen uitgesplitst betreft het dus de volgende activiteiten:

- Stel profiel en oriëntatie vast van het tussengelegen punt.
- Stel de strijklengtes en bodemligging vast voor het tussengelegen punt.
- Voer een berekening uit met Hydra-BS voor beide naastgelegen punten met voorgaande informatie.
- Bepaal met behulp van lineaire interpolatie en de resultaten van de beide naastgelegen punten de belastingen op het tussengelegen punt.

### 3.1.5 Rekenen voor grote terugkeertijden

In Hydra-BS moeten de invoerbestanden aangepast worden om met herhalingstijden groter dan 20.000 jaar om te kunnen gaan. Om dit te doen moeten eerst de instellingen van Hydra-BS zo gekozen worden zoals ze voor de berekening gewenst zijn ("bijvoorbeeld waterstand"). De instellingen worden verkregen door op de knop "Parameters..." te drukken, die zichtbaar is in het scherm dat verkregen wordt door te kiezen voor de menuoptie "Dijkvakberekening(en)." in het menu "Berekening". Sluit Hydra-BS vervolgens af.

Open dan het bestandje "BerParInfo.ini". Dit bevindt zich in de subdirectory "\\data\ini" van de Hydra-BS installatie directory. In dit bestand is onderstaande informatie aanwezig (details kunnen anders zijn):

```
NFREQ=5  
FREQ.1=1000  
FREQ.2=1250  
FREQ.3=2000  
FREQ.4=4000  
FREQ.5=10000
```

In bovenstaand blok wordt met NFREQ het aantal ontwerp frequenties opgegeven. Vervolgens staan er de ontwerp frequenties (de terugkeertijd wordt ingevoerd). Er mogen hier meer records staan dan het bovenstaand (bij NFREQ) ingevoerde aantal. Uitbreiding van deze lijst met herhalingstijden groter dan 20.000 jaar zal nu voor zich spreken. Vervanging van één van de terugkeertijden is ook mogelijk.

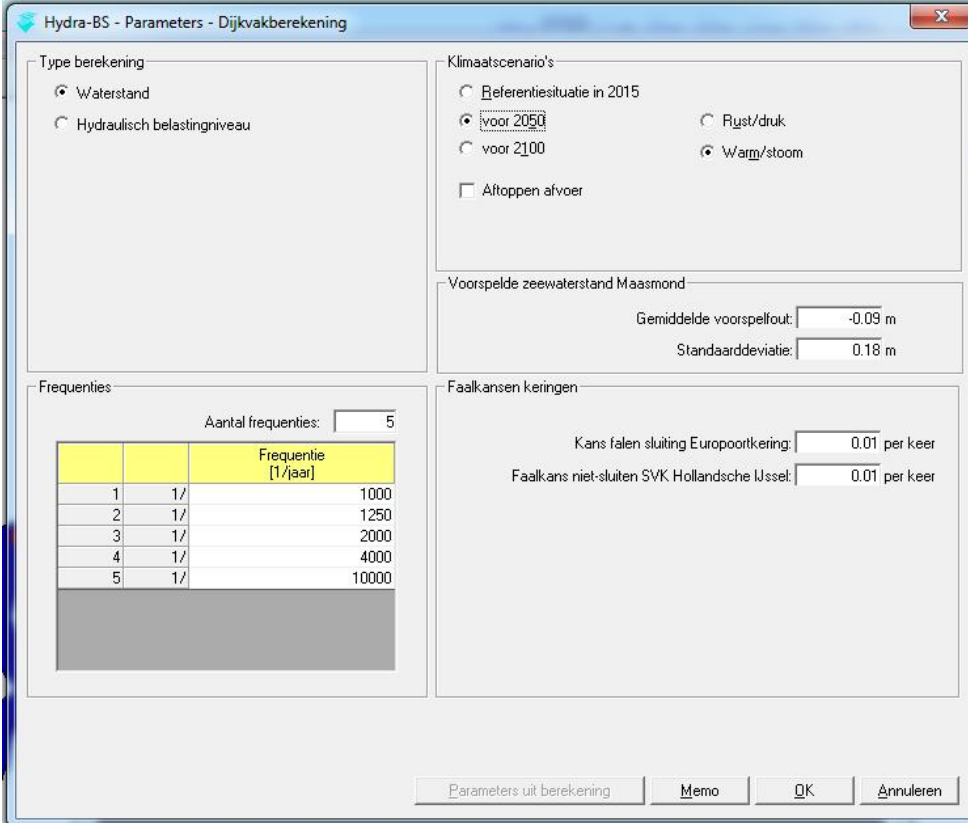
Sla het bestand "BerParInfo.ini" op, sluit het af en start Hydra-BS. Start de berekeningen voor de locatie(s) waarvoor gerekend moet worden. Het scherm "Parameters..." mag nu NIET meer geopend worden. Anders worden alle terugkeertijden groter dan 20.000 jaar gelijk gesteld aan 20.000 jaar.

### 3.1.6 Zeespiegelstijging

Om zeespiegelstijging mee te nemen in de berekening, ga naar 'Berekening', 'Dijkvakberekening(en)...', 'Parameters' (zie Figuur 3.2). Selecteer onder 'Klimaatscenario's' het gewenste zichtjaar en selecteer 'Warm/stoom'.

### 3.1.7 Faalkansen stormvloedkeringen

De faalkansen van de stormvloedkeringen kunnen worden ingevuld in het 'parameters' scherm van de berekening. Ga naar 'Berekening', 'Dijkvakberekening(en)...', 'Parameters' en dan kunnen onder 'Faalkansen keringen' (zie Figuur 3.2) de faalkansen worden aangepast.



Hydra-BS - Parameters - Dijkvakberekening

Type berekening

Waterstand

Hydraulisch belastingniveau

Klimaatscenario's

Referentiesituatie in 2015

voor 2050

voor 2100

Rust/druk

Warm/stoom

Altoppen afvoer

Voorspelde zeewaterstand Maasmond

Gemiddelde voorspelfout:  m

Standaarddeviatie:  m

Frequenties

Aantal frequenties:

		Frequentie [1/jaar]
1	1/	1000
2	1/	1250
3	1/	2000
4	1/	4000
5	1/	10000

Faalkansen keringen

Kans falen sluiting Europoortkering:  per keer

Faalkans niet-sluiten SVK Hollandsche IJssel:  per keer

Parameters uit berekening    Memo    OK    Annuleren

Figuur 3.2 Screenshot van het Hydra-BS Parameters invoerscherm.

## 4 Afleiden Hydraulisch Belasting Niveau

Voor bepaling van het HBN op de Hollandsche IJssel wordt het onderstaande stappenplan aanbevolen.

- 1 Norm en zichtjaar
  - 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie Paragraaf ).
  - 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie Paragraaf 2.1.2).
  
- 2 Invoer en berekening
  - 2.1 Gebruik Hydra-BS versie 1.2.0.
  - 2.2 Gebruik GRADE afvoerstatistiek voor de berekening (zie Paragraaf 3.1.2 **Error! Reference source not found.**).
  - 2.3 Selecteer een randvoorwaardendatabase (zie Hoofdstuk 3).
  - 2.4 Pas de te hanteren faalkans voor de Hollandsche IJssel kering aan conform zichtjaar (zie Paragraaf 3.1.7)
  - 2.5 Voeg het betreffende ontwerpprofiel en de bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe.
  - 2.6 Controleer, en/of wijzig de effectieve strijklengtes en bodemdiepte voor deze locatie (zie Paragraaf 3.1.3)
  - 2.7 Voer 'Hydraulische belastingniveau - Golfoverslag' berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015 en 2050 of 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen. Gebruik hierbij het kritiek overslagdebiet waar in het ontwerp rekening mee is gehouden. Gebruik hierbij het juiste klimaatscenario (zie Paragraaf 3.1.6).
  
- 3 Interpolatie naar zichtjaar

De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.
  
- 4 Correctie resultaten

De waterstand behorende bij het HBN dient tot slot gecorrigeerd te worden met een onzekerheidstoeslag, waarmee de invloed van kennisonzekerheden (model en statistische onzekerheden) verdisconteerd wordt. In dit geval bedraagt de onzekerheidstoeslag voor alle projecten langs de Hollandsche IJssel +0,30 m op de waterstand (zie Paragraaf 2.1.6). Vanwege het feit dat er in Hydra-BS geen uitsplitsing van het HBN wordt gepresenteerd, kan deze toeslag direct worden toegepast op het HBN.
  
- 5 Eindresultaat

De gecorrigeerde waarde van het ontwerppeil is het eindresultaat.

## 5 Afleiden waterstand bij norm

Voor bepaling van een waterstand behorende bij een norm op de Hollandsche IJssel wordt het onderstaande stappenplan aanbevolen.

### 1 Norm en zichtjaar

- 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie Paragraaf 2.1.1).
- 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie Paragraaf 2.1.2).

### 2 Invoer en berekening

- 2.1 Gebruik Hydra-BS versie 1.2.0.
- 2.2 Gebruik GRADE afvoerstatistiek voor de berekening (zie Paragraaf 3.1.2).
- 2.3 Selecteer een randvoorwaardendatabase (zie Hoofdstuk 3).
- 2.4 Pas de te hanteren faalkans voor de Hollandsche IJssel kering aan conform zichtjaar (zie Paragraaf 2.1.5)
- 2.5 Voeg het betreffende ontwerpprofiel en de bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe.
- 2.6 Voer 'Waterstand' berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015 en 2050 of 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen. Gebruik hierbij het juiste klimaatscenario (zie Paragraaf 3.1.6).

### 3 Interpolatie naar zichtjaar

De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.

### 4 Correctie resultaten

Het ontwerppeil dient tot slot gecorrigeerd te worden met een onzekerheidstoeslag, waarmee de invloed van kennisonzekerheden (model en statistische onzekerheden) verdisconteerd wordt. In dit geval bedraagt de onzekerheidstoeslag voor alle projecten langs de Hollandsche IJssel +0,30 m op de waterstand (zie Paragraaf 2.1.6).

### 5 Eindresultaat

De gecorrigeerde waarde van het ontwerppeil is het eindresultaat.

## 6 Afleiden golfcondities voor bekledingen

De maatgevende golfcondities voor bekledingen kunnen gegenereerd worden door twee verschillende processen. Het eerste proces betreft lokale golfgroei door wind, het tweede proces betreft generatie door schepen. Op voorhand is niet te stellen welke van deze twee dominant zal zijn omdat de strijklengte, welke de windgedreven golfgroei veroorzaakt, sterk varieert op de Hollandsche IJssel. Om deze reden wordt dan ook voorgeschreven om beide typen van golfgeneratie te onderzoeken bij vaststelling van de golfcondities voor bekledingen en de maatgevende van deze twee te gebruiken in het ontwerp.

### 6.1 Golfgeneratie door windgroei

Voor overige watersystemen in Nederland geldt dat de golfcondities voor bekledingen als gevolg van windgroei vastgesteld kunnen worden met de zogenaamde Q-variant. Deze Q-variant is echter niet beschikbaar voor de Hollandsche IJssel, waardoor een pragmatische aanpak gevolgd dient te worden.

Voor de golfgeneratie door windgroei geldt dat de combinatie van strijklengte, bodemligging en windsnelheid de golfcondities bepaald. Een analyse van resultaten van Hydra-BS laat zien dat de bijdrage van golfcondities aan het HBN niet sterk toeneemt met herhalingstijd, wat impliceert dat deze golfcondities relatief constant en relatief onafhankelijk van waterstand zijn.

Nadere analyse laat verder zien dat de golfcondities waarschijnlijk het gevolg zijn van een windsnelheid van orde 20 tot 30 m/s. Gegeven de beperkte strijklengte, kan verondersteld worden dat de golfcondities vooral strijklengte beperkt zijn. Met dit in gedachten wordt dan ook verwacht dat een realistische, doch conservatieve, benadering van de golfcondities voor bekledingen gevormd wordt door het berekenen van de golfcondities op basis van een windsnelheid van 30 m/s en de lokale strijklengte/waterdiepte.

Voor een strijklengte van orde 300 meter leidt dit tot een golfhoogte van orde 0,3 meter en een golfperiode van orde 2 seconden, welke geldig wordt verondersteld voor het gehele talud (waterstanden op de Hollandsche IJssel lijken immers niet erg sterk gecorreleerd te zijn met de windsnelheid). Een dergelijke golfconditie is zeer mild en derhalve wordt verwacht dat scheepsgolven dominant zullen zijn, dit dient echter per geval beoordeeld te worden.

Het bovenstaande resulteert in het volgende stappenplan voor bepaling golfcondities als gevolg van windgroei:

- Bepaal voor de beschouwde locatie voor sectoren van 22.5 graden de strijklengte en bijbehorende waterdiepte.
- Bepaal per sector de golfcondities uitgaande van de hiervoor bepaalde strijklengtes en waterdiepte in combinatie met een windsnelheid van 30 m/s (gebruik hiervoor de bij de Hydra-BS meegeleverde "*Bretschneider Calculator*")
- Verondersteld de golfrichting gelijk aan de richting van de beschouwde strijklengte



**Datum**  
15 september 2015

**Ons kenmerk**  
1220088-008-VEB-0002

**Pagina**  
16/17

## **6.2 Golfgeneratie door scheepsgolven**

De golfcondities welke verwacht kunnen worden als gevolg van scheepsbewegingen kunnen worden bepaald volgens CUR201: Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte (of vergelijkbaar).



## Referenties

CUR (1999). Rapport 201 Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte

Deltares, 2015a. Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden – OI2014 versie 3, voor HWBP 2015 projecten. Rapport 1210420-000-HYE-0007 (OI2014v3)

Deltares, 2015b. Afvoerstatistiek Ontwerp Instrumentarium (OI) 2015. Memo 1220042-004-ZWS-0001

Deltares, 2014. Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden – ten behoeve van HWBP 2014 projecten. Rapport 1208992-000-HYE-0008 (OI2014v2)

HKV, 2014. memo PR2968.10, Gevoeligheidsanalyse illustratiepunt Hollandsche IJssel.

HKV, 2013. Hydra-BS Gebruikershandleiding versie 1.1. PR2661

HKV, 2012a. Hydra-Zoet Gebruikershandleiding – versie 1.6. PR1564

HKV, 2012b. Hydra-Zoet Handleiding geavanceerde gebruikers – versie 1.6. PR1564

HKV, 2012c. Hydra-K versie 3.6.5 Gebruikershandleiding Productieversie WTI-2011. PR1564

HKV, 2012d. Mogelijke Deltascenario's voor Hydra-Zoet: per scenario bepalen van statistische invoerfiles en berekenen van waterstanden. PR2447.10

HKV, 2010. Effect onzekerheden op de hydraulische randvoorwaarden.

HWBP (Hoogwaterbeschermingsprogramma), 2013. Projectenboek 2014.

Rijkswaterstaat WVL, 2015. OI2014v3 – Handreiking ontwerpen met overstromingskansen – Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansnormen. Concept.

Rijkswaterstaat WVL, Deltares & projectbureau VNK2, 2013a. Handreiking ontwerpen met overstromingskansen.

Rijkswaterstaat WVL, Deltares & projectbureau VNK2, 2013b. Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium 2014.

TAW, 1985. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1. Bovenrivierengebied. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1985.