

Opdrachtgever: **Rijkwaterstaat-WVL**

# **Hydraulische Belastingen Havens**

Gebruikershandleiding en methode – versie 23.1.1



Opdrachtgever: **Rijkwaterstaat-WVL**

# **Hydraulische Belastingen Havens**

Gebruikershandleiding en methode – versie 23.1.1



## **Auteurs**

Guus Rongen (HKV)  
Bart Thonus (HKV)  
Matthijs Benit (HKV)  
Olger Koop (Aktis Hydraulics)  
David Hurdle (Aktis Hydraulics)

# Inhoud

<b>1 Inleiding .....</b>	<b>4</b>
1.1 Achtergrond.....	4
1.2 HB Havens versie .....	4
1.3 Leeswijzer .....	4
<b>2 Aanpak bepalen golfcondities in havens .....</b>	<b>6</b>
2.1 Achtergrond.....	6
2.2 Stappenplan .....	7
2.2.1 Eenvoudige rekenmethode .....	9
2.2.2 Geavanceerde rekenmethode .....	10
<b>3 Installatie HB Havens .....</b>	<b>16</b>
3.1 Python versie.....	16
3.2 Distributie manager .....	16
3.2.1 Toelichting Anaconda .....	16
3.3 Benodigde modules.....	17
3.4 Golffmodelleringssoftware voor geavanceerde rekenmethode.....	17
3.5 Testen.....	18
<b>4 Algemeen.....</b>	<b>19</b>
4.1 Inleiding.....	19
4.2 Beginschermer en menu structuur.....	19
4.3 Nieuw project aanmaken .....	20
4.4 Bestaand project openen .....	21
4.5 Project opslaan (als) .....	21
<b>5 Havenschematisatie maken .....</b>	<b>23</b>
5.1 Inleiding.....	23
5.2 Keuze van (een) normtraject(en) .....	24
5.3 Schematisatie van het haventerrein .....	25
5.4 Schematisatie havendam(men) .....	26
5.5 Bodemligging .....	27
5.6 Hydraulische belastingen in het steunpunt .....	27
5.7 Uitvoerlocaties .....	28
5.8 Viewer .....	29
<b>6 Hydraulische Belastingen .....</b>	<b>31</b>
6.1 Inleiding.....	31
6.2 Omschrijving tabel.....	31
6.3 Omrekenen belastingcombinaties .....	32
<b>7 Keuze toe te passen rekenmethode .....</b>	<b>35</b>
<b>8 De eenvoudige rekenmethode .....</b>	<b>36</b>
8.1 Inleiding.....	36
8.2 Keuze fysische processen .....	36
8.3 Berekenen .....	37

8.4	Resultaten .....	38
<b>9</b>	<b>De geavanceerde rekenmethode.....</b>	<b>42</b>
9.1	Inleiding.....	42
9.2	Berekeningen met SWAN.....	42
9.2.1	SWAN Master template .....	43
9.2.2	Iteratieberekeningen initiële condities.....	44
9.2.3	SWAN berekening golfoordringing (D).....	50
9.2.4	SWAN berekening transmissie (TR) .....	52
9.2.5	SWAN berekening wind (W).....	53
9.2.6	Combinatie SWAN resultaten .....	55
9.3	Berekeningen met PHAROS.....	57
9.3.1	Instellingen afleiden golfspectrum .....	57
9.3.2	Keuze van spectrum bins .....	61
9.3.3	PHAROS berekeningen .....	63
9.3.4	Combinatie PHAROS resultaten .....	66
9.4	Combineren van SWAN en PHAROS .....	67
<b>10</b>	<b>Visualisatiemogelijkheden .....</b>	<b>68</b>
10.1	Resultaten in overzicht.....	68
10.2	Resultaten in puntenwolk .....	69
<b>11</b>	<b>Onzekerheden.....</b>	<b>70</b>
<b>12</b>	<b>Resultaten wegschrijven naar HRD database.....</b>	<b>74</b>
<b>Bijlage A</b>	<b>Toelichting eenvoudige rekenmethode .....</b>	<b>79</b>
A.1	Voorwaarden en uitgangspunten .....	79
A.2	De berekening van de bijdrage als gevolg van diffractie .....	80
A.3	De berekening van de bijdrage als gevolg van transmissie.....	86
A.4	De berekening van de bijdrage als gevolg van interactie diffractie en transmissie.....	89
A.5	De berekening van de bijdrage als gevolg van lokale golfgroei .....	90
A.6	Combinatie van alle bijdragen aan de golfcondities op uitvoerlocaties .....	93
A.7	De effecten van golfbreking .....	94
<b>Bijlage B</b>	<b>Diffractietabellen .....</b>	<b>95</b>
B.1	Diffractietabel voor type 1 .....	95
B.2	Diffractietabellen voor type 2 .....	96
<b>Bijlage C</b>	<b>Omrekentabel wind.....</b>	<b>100</b>
<b>Bijlage D</b>	<b>Geavanceerde methode SWAN .....</b>	<b>103</b>
D.1	SWAN modelschematisatie en iteraties.....	103
D.2	Combinatie SWAN berekeningen.....	105
<b>Bijlage E</b>	<b>SWAN master template .....</b>	<b>107</b>
<b>Bijlage F</b>	<b>Geavanceerde methode PHAROS.....</b>	<b>112</b>
F.1	Golfspectrum .....	112
F.2	Golf lengte berekening .....	113
F.3	Preprocessing met PHARCON .....	114

F.4	Postprocessing met rDPRA.....	114
F.5	Toepassen golfdoordringingscoëfficiënten PHAROS.....	116

**Bijlage G Combineren resultaten geavanceerde methode ..... 117**

G.1	Combineren SWAN en PHAROS .....	117
-----	---------------------------------	-----

**Bijlage H Modelonzekerheden ..... 118**

H.1	Achtergronden .....	118
H.2	Kader voor HBH .....	120
H.3	Onzekerheden in golven .....	121
H.4	Kansverdeling product van twee onafhankelijke normaal verdeelde variabelen .....	124

**Bijlage I Naamgeving uitvoerlocaties..... 130**

I.1	Naamgeving uitvoerlocaties in zoute wateren.....	130
I.2	Naamgeving uitvoerlocaties zoete wateren .....	132

**Bijlage J projectbestand HB Havens..... 133**

J.1	Project gegevens .....	133
J.2	Schematisatie gegevens .....	133
J.3	De HRD gegevens.....	134
J.4	Rekenmethode .....	134
J.5	Eenvoudige rekenmethode.....	135
J.6	Geavanceerde rekenmethode SWAN .....	135
J.7	Geavanceerde rekenmethode PHAROS .....	136
J.8	Geavanceerde rekenmethode HARES .....	137
J.9	Export naar database.....	137

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

HB Havens (afkorting voor Hydraulische Belastingen in Havens) is een applicatie waarmee hydraulische belastingen van buiten een (zee)haven naar binnen een (zee)haven kunnen worden vertaald. Het kader van deze applicatie is het Beoordelings- en ontwerpinstrumentarium 2023 (BOI2023). Het programma is ontworpen om golfcondities te transformeren, zodat de aan de haven grenzende waterkeringen met realistische belastingen beoordeeld kunnen worden. Hierbij wordt rekening gehouden met verschillende fysische processen in een havenbekken, zoals golfransmissie, reflectie, refractie, diffractie en lokale golfgroei, die de golfcondities beïnvloeden.

De huidige versie van de applicatie HB Havens is in staat golfcondities voor zeehavens, havens langs de zoete wateren en havens in de Oosterschelde<sup>1</sup> te transformeren.

## 1.2 HB Havens versie

Deze handleiding hoort bij versie 23.1.1 van HB Havens.

## 1.3 Leeswijzer

Dit document bevat naast de gebruikersinstructie voor het gebruik van de applicatie HB Havens ook de achtergronden en uitgangspunten van de toegepast eenvoudige en geavanceerde rekenmethode in HB Havens. In hoofdstuk 2 wordt allereerst een toelichting gegeven op de te volgen stappen bij het afleiden van Hydraulische Belastingen voor locaties in een haven. Hierbij wordt op hoofdlijnen een werkproces geschetst dat toegepast kan worden bij het beoordelen van waterkeringen langs havens. Daarnaast is op hoofdlijnen het onderscheid tussen de twee rekenmethoden (de eenvoudige en de geavanceerde rekenmethode) in HB Havens toegelicht. Hoofdstuk 3 beschrijft hoe HB Havens geïnstalleerd kan worden en welke voorwaarden (systeemeisen) voor het gebruik van HB Havens gelden. In hoofdstuk 4 is een toelichting gegeven op de algemene functionaliteit van HB Havens, denk aan de menu-structuur en het openen en opslaan van projecten. Hoofdstuk 5 tot en met 7 beschrijven de voorbereidende stappen van een berekening; van het aanmaken van een schematisatie van een haven (hoofdstuk 5), gevolgd door het bekijken van de Hydraulische Belastingen aan de haveningang (hoofdstuk 6) en tot slot de keuze voor de toe te passen rekenmethode afhankelijk van de schematisatie en fysica van de haven (hoofdstuk 7). De berekening van de Hydraulische Belastingen voor locaties in een haven met de eenvoudige rekenmethode komt aan bod in hoofdstuk 8 en met de geavanceerde methode in hoofdstuk 9. Hoofdstuk 10 gaat in op de geboden visualisatiemogelijkheden. In hoofdstuk 11 is beschreven hoe omgaan moet worden met onzekerheden en tot slot is in hoofdstuk 12 toegelicht hoe berekende resultaten weggeschreven kunnen worden naar databases die gebruikt kunnen worden in WBI software zoals RisKeer en Hydra-NL.

*Delen in deze rapportage zijn overgenomen uit (RWS, 2014) en aangevuld met de laatste inzichten conform de implementatie in HB Havens. Daarmee vervangt deze*

---

<sup>1</sup> Alleen Oosterschelde databases van het formaat voor WBI2023.

gebruikershandleiding het document (RWS, 2014). Voor sommige detailachtergronden kan nog alsnog verwezen worden naar (RWS, 2014).

## 2 Aanpak bepalen golfcondities in havens

### 2.1 Achtergrond

#### Nieuwe Waterwet en gewijzigde normen

Sinds 1 januari 2017 is de Waterwet gewijzigd. De beoordeling van de veiligheid van primaire waterkeringen is nu gebaseerd op de nieuwe normeringen en een overstromingskans benadering. In 2050 moeten alle primaire waterkeringen voldoen aan deze nieuwe normen. Met de invoering van de nieuwe normeringen geldt een ‘basisbeschermingsniveau’ voor iedereen in Nederland. Daarnaast worden gebieden waar veel slachtoffers kunnen vallen of waar de economische schade groot zal zijn, extra beschermd. Met deze nieuwe aanpak is de bescherming tegen overstromingen meer op maat.

#### Van maatgevende belastingen naar probabilistische aanpak

Ten behoeve van de beoordeling van waterkeringen langs havens is in 2014 een handleiding (RWS, 2014) opgesteld. Hierin is uitgebreid beschreven hoe fysische condities buiten de haven vertaald kunnen worden naar condities op locaties aan de teen van een waterkering in een havenkom. (RWS, 2014) is echter gebaseerd op het beoordelen (maar ook het ontwerp) van waterkeringen op basis van een maatgevende belasting combinatie.

Om waterkeringen te kunnen beoordelen aan de nieuwe normen is het noodzakelijk om te beoordelen op basis van een set stochastische (belasting)variabelen en statische beschrijvingen. Op basis hiervan kunnen faalkansen van waterkeringen en de overstromingskansen voor het achterliggende gebied worden bepaald met reeds beschikbare WBI software zoals Hydra-NL en RisKeer (voorheen Ringtoets). Onzekerheden worden verdisconteerd in de berekening van de kansen. Door deze probabilistische aanpak wordt het mogelijk om veel scherper te beoordelen (en te ontwerpen). Dit in combinatie met een uniforme aanpak van de beoordeling van waterkeringen maakt het mogelijk om beschikbare financiële middelen voor het versterken van waterkeringen in Nederland, efficiënt en doelmatig in te zetten.

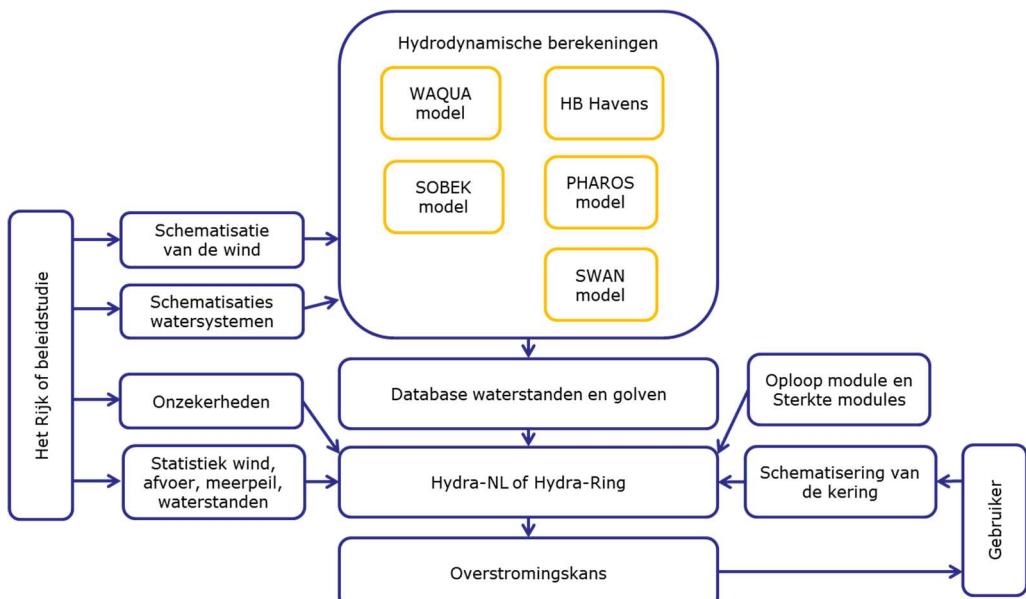
#### Beoordelen van grof naar fijn

Uitgangspunt in een beoordeling is de beschikbaarheid van hydraulische belastingcombinaties (waterstanden en golfparameters) aan de buitenzijde van de haven; dit is het resultaat van reeds uitgevoerde WBI productieberekeningen. Conform de algemene aanpak in de beoordeling systematisch van waterkeringen (van grof naar fijn en van eenvoudig naar gedetailleerd) zouden waterkeringen gelegen in havenkommen in eerste instantie beoordeeld kunnen worden met de belastingcombinaties buiten de haven. Er wordt dan geen rekening gehouden met fysische processen zoals golfransmissie, reflectie, refractie, diffractie en lokale golfgroei die de golfcondities in de haven kunnen beïnvloeden. Als een waterkering echter niet voldoet op basis van de Hydraulische Belastingen buiten de haven is noodzakelijk om in meer detail naar de Hydraulische Belastingen in de haven te gaan kijken. HB Havens is ontwikkeld om deze Hydraulische Belastingen te kunnen afleiden, rekening houdend met de verschillende fysische processen in een havenbekken, zoals golfransmissie, reflectie, refractie, diffractie en lokale golfgroei, die de golfcondities beïnvloeden. Binnen HB Havens is vervolgens onderscheid gemaakt in twee rekenmethoden. Met de eenvoudige rekenmethode (niet altijd toepasbaar op elke haven) kunnen golfcondities afgeleid worden door gebruik te maken van vereenvoudigde rekenregels en uitgangspunten. Mocht een waterkering niet voldoen op basis van deze Hydraulische Belastingen, kan alsnog gekozen worden om met de geavanceerde rekenmethode (gebruikmakend van golfmodellen) Hydraulische Belastingen af te leiden.

*Het is belangrijk om te beseffen dat het onderscheid dat in HB Havens wordt gemaakt tussen de eenvoudige rekenmethode en de geavanceerde rekenmethode niet hetzelfde is als het onderscheid dat gemaakt wordt in bijlage III Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 – Sterkte en Veiligheid. HB Havens is bedoeld voor het afleiden van Hydraulische Belastingen en niet voor het beoordelen van waterkeringen.*

### Inbedding generieke modelketen WBI

HB Havens sluit aan bij de uitgangspunten en werkwijze zoals deze is toegepast in de ontwikkeling van het Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium (WBI). HB Havens is daarmee onderdeel van de modelketen voor de probabilistische bepaling van hydraulische belastingen en overstromingskansen zoals weergegeven in Figuur 1.

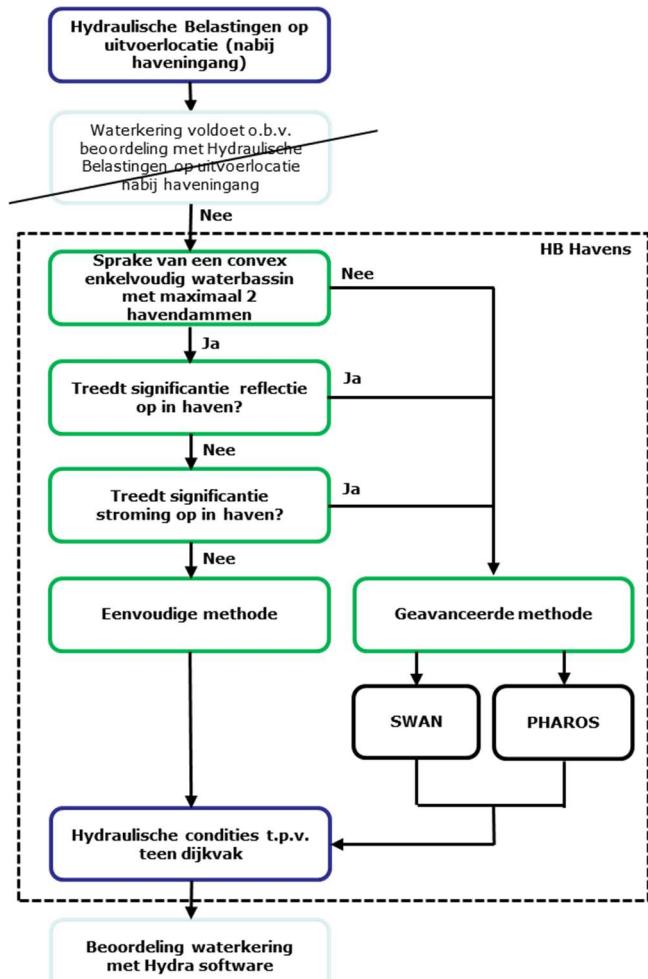


Figuur 1 Positie HB Havens

De modelketen voor de probabilistische bepaling van hydraulische belastingen en overstromingskansen is opgedeeld in modellen die gebruikt worden voor het uitvoeren van de probabilistische beoordeling van de sterkte van waterkeringen (zoals RisKeer en Hydra-NL) en modellen die de invoer voor deze beoordelingsmodellen voorbereiden. Deze invoer bestaat o.a. uit verschillende combinaties van Hydraulische Belastingen (waterstanden en golfcondities) opgenomen in een databases. Deze databases zijn het resultaat van zogenoemde hydrodynamische (productie)berekeningen op basis van een specifieke gebiedschematisatie (verschillende voor de verschillende watersystemen). De modellen en schematisaties voor deze (productie) berekeningen zijn per watersysteem opgesteld. De modelschematisaties per watersysteem bevatten onvoldoende detail om ook de (detail) effecten in een haven juist weer te geven, als gevolg van een verschil in schaalgrootte. Om die reden is HB Havens ontwikkeld als aanvulling op de modelsoftware voor de hydrodynamische (productie)berekeningen. Omdat elke haven een unieke schematisatie heeft, zal HB Havens voor elke haven specifiek ingezet moeten worden.

## 2.2 Stappenplan

Figuur 2 toont het stappenplan dat gevuld kan worden bij de beoordeling van waterkeringen gelegen aan een haven.



Figuur 2 Stappenplan toepassing HB Havens

In het kader van het beoordeling van de sterkte van waterkeringen zijn databases beschikbaar gesteld met Hydraulische Belastingen. Deze databases bevatten Hydraulische Belastingen voor veel locaties langs de waterkering. Omdat de Hydraulische Belastingen in een haven worden beïnvloed door verschillende fysische processen als gevolg van de unieke eigenschappen van een haven (denk aan havendammen, havenkades, etc.), zijn in deze databases geen locaties gelegen in de haven opgenomen. De locaties in deze databases zijn beperkt tot een aantal locaties voor de ingang van een haven. De eerste stap uit het stappenplan in Figuur 2 geeft de beschikbaarheid van deze locaties met Hydraulische Belastingen weer (voor de ingang van een haven). De beoordeling van de sterkte van waterkeringen langs een haven zouden in principe met de Hydraulische Belastingen van een dergelijke locatie (voor de ingang van een haven) uitgevoerd kunnen worden. Onder het uitgangspunt dat deze Hydraulische Belastingen groter zullen zijn dan in werkelijkheid aan de teen van een waterkering in de haven, is dit een conservatieve aanpak en past dat binnen de uitgangspunten van het WBI. Echter kunnen specifieke eigenschappen van een haven in combinatie met specifieke fysische processen (zoals golftransmissie, reflectie, refractie, diffractie en lokale golfgroei) er ook toe leiden dat golfcondities voor een locatie in een haven juist groter worden dan de golfcondities in de locatie voor een haveningang. Om die reden wordt niet aanbevolen om de beoordeling van waterkeringen langs een haven met Hydraulische Belastingen van een locatie voor de haveningang uit te voeren. Derhalve is de tweede stap in het stappenschema Figuur 2 doorgestreept.

Hydraulische Belastingen voor locaties in een haven worden dus altijd met behulp van HB Havens afgeleid. Afhankelijk van specifieke eigenschappen van de haven kunnen de Hydraulische Belastingen op locaties in een haven met een eenvoudige rekenmethode bepaald worden of is het noodzakelijk om een de geavanceerde rekenmethode toe te passen. De geavanceerde rekenmethode vergt relatief meer inspanning, omdat in deze rekenmethode golfmodelleringssoftware (SWAN en/of PHAROS) gebruikt moet worden. In de volgende twee paragrafen wordt een introductie op beide rekenmethoden gegeven.

### 2.2.1 Eenvoudige rekenmethode

In de eenvoudige rekenmethode is de berekeningswijze van een aantal van de fysische processen sterk vereenvoudigd. Refractie en golf-golf wisselwerkingen zijn in het geheel niet meegenomen in deze rekenmethode. De volgende fysische processen worden beschouwd in de eenvoudige rekenmethode (gebruikmakend van vereenvoudigde rekenregels):

1. Diffractie: diffractie is het verschijnsel waarbij golven die een havenbekken binnendringen, afbuigen bij het passeren van een ondoordringbaar obstakel, zoals een havendam.
2. Transmissie: golftransmissie door en over dammen is het verschijnsel waarbij een deel van de golfenergie het, door de dam afgeschermd gebied, binnendringt.
3. Interactie diffractie en transmissie: het effect waarbij diffractie en transmissie elkaar beïnvloeden achter een havendam.
4. Lokale golfgroei: in een havenbekken zullen, naast golven die het havenbekken binnendringen, ook golven opgewekt worden door lokale golfgroei. Hierbij wordt energie van wind overgedragen aan het golfveld.
5. Golfbreking bij ondiepe voorlanden: als golven een ondiep voorland bereiken zullen de golven breken en gaat golfenergie verloren<sup>2</sup>.

De in de eenvoudige rekenmethode gebruikte vereenvoudigingen en verwaarlozingen van processen stellen beperkingen aan de toepassing van de rekenmethode als geheel of van onderdelen ervan. De eenvoudige rekenmethode is alleen goed toepasbaar als:

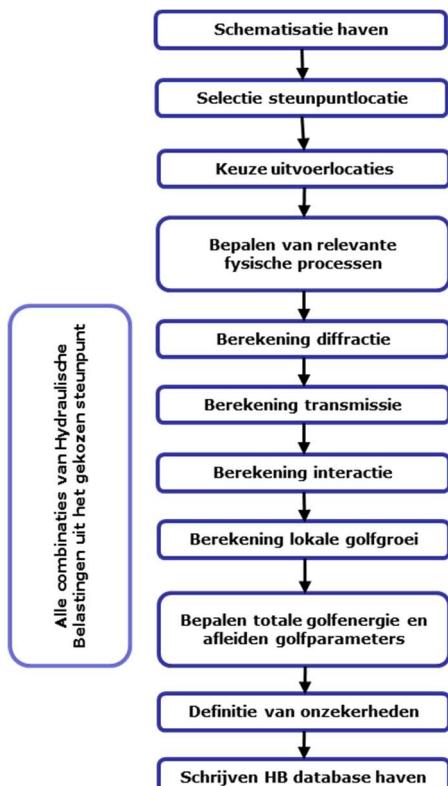
- de haven met maximaal 2 havendammen geschematiseerd kan worden EN
- er slechts één convex havenbassin aanwezig is EN
- er geen sprake is van significante reflectie in de haven EN
- er geen significante stroming optreedt.

In alle andere gevallen moet gekozen worden voor de geavanceerde rekenmethode (zie ook het stappenplan in Figuur 2).

Het stappenplan van de eenvoudige rekenmethode is weergegeven in Figuur 3. Allereerst moet een schematisatie van de haven in HB Havens aangemaakt worden. In deze stap worden de havendammen gedefinieerd, eventueel aanwezige havenkades, de ligging van de waterkering en de bodemligging (zie ook hoofdstuk 5). Vervolgens wordt een steunpunt gekozen uit de beschikbare uitvoerlocaties in de database met Hydraulische Belastingen van het betreffende watersysteem. Deze locatie wordt gekozen in de nabijheid van de haveningang (zie paragraaf 5.6).

---

<sup>2</sup> In deze handleiding wordt er vanuit gegaan dat golfbreking standaard niet beschouwd wordt in HB Havens maar dat de golfbrekingsmodules uit de WBI software RisKeeR en Hydra-NL worden toegepast.



Figuur 3 Stappenplan eenvoudige rekenmethode

De volgende stap is het kiezen van de ligging van de uitvoerlocaties langs de waterkering in de haven (zie ook paragraaf 5.7). Bij de keuze van de ligging van de uitvoerlocaties moet rekening gehouden worden met eventueel aanwezige voorlanden. Bij grote voorlanden kan gekozen worden om golfbreking mee te nemen in HB Havens en worden de uitvoerlocaties op het voorland gelegd, maar anders worden de uitvoerlocaties voor het voorland gelegd en wordt het effect van het voorland meegenomen in de beoordelingssoftware (RisKeer of Hydra-NL). Ter afronding van de voorbereidende fase moet gekozen worden welke fysische processen worden beschouwd in de berekening.

Daarna wordt voor elke afzonderlijke belastingcombinatie uit het gekozen steunpunt en elke uitvoerlocatie een berekening uitgevoerd. Afhankelijk van de geselecteerde fysische processen wordt het effect van het betreffende proces op de golftoppe berekend. De golfperiode en waterstand worden tussen het steunpunt en de uitvoerlocaties constant verondersteld. Uit het golfspectrum in elk van de uitvoerlocaties wordt vervolgens de golfrichting afgeleid. Zie voor een uitgebreide toelichting op de uitgangspunten en berekeningswijze van de eenvoudige rekenmethode, de achtergronden in Bijlage A en hoofdstuk 8. In de voorlaatste stap moet een keuze gemaakt worden voor het toepassen van onzekerheden op de afgeleide Hydraulische Belastingen in de uitvoerlocaties (zie ook hoofdstuk 11). Tot slot worden de resultaten wegeschreven naar de database met Hydraulische Belastingen die als invoer dienen voor de beoordelingssoftware (RisKeer of Hydra-NL).

## 2.2.2 Geavanceerde rekenmethode

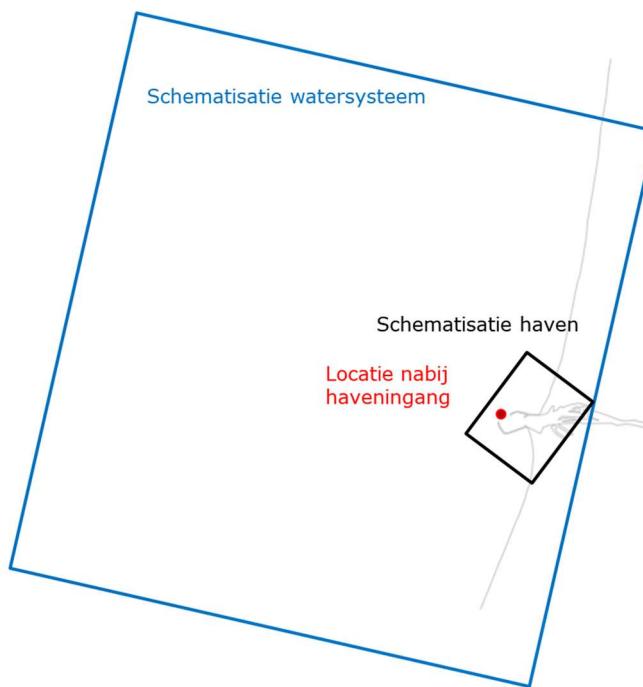
In de geavanceerde rekenmethode moet gebruik gemaakt worden van golfmodelleringssoftware om de golfcondities op locaties in een havenbekken te bepalen. In HB Havens is gekozen om gebruik te maken van (een combinatie van) golfmodelleringssoftware SWAN en PHAROS. Het SWAN model wordt gebruikt om het effect van golfgroei te bepalen en PHAROS om het effect van golndoording (rekening houdend met de refractie, reflectie en transmissie) te bepalen.

HB Havens is niet gekoppeld aan de modellen SWAN of PHAROS maar wel in staat om op basis van een set beschikbare Hydraulische Belastingen, invoer aan te maken voor beide modellen en de uitkomsten van de modellen te verwerken, waarmee HB Havens de golfcondities op locaties in een havenbekken kan berekenen.

### Schematisatie en initiële condities

Voor beide golfmodellen (SWAN en PHAROS) is een modelschematisatie vereist. Elke haven is uniek en heeft een eigen modelschematisatie (voor sommige havens reeds beschikbaar en voor andere havens nog samen te stellen). De beste oplossing (in theorie) zou zijn om de havenschematisatie toe te voegen aan de gebiedschematisatie van een watersysteem en op basis van deze nieuwe gecombineerde modelschematisatie de productieberekeningen te herhalen voor locaties in de haven. Door het verschil in schaalgrootte tussen de schematisatie van de haven en het watersysteem zouden roosters met verschillende grootte cellen met elkaar gecombineerd moeten worden, hetgeen potentieel tot allerlei problemen zou kunnen leiden. Bovendien zouden de productieberekeningen van het watersysteem herhaald moeten worden hetgeen de rekentijd fors doet toenemen. In HB Havens is daarom gekozen om voor elke haven een aparte schematisatie te beschouwen.

Deze keuze werpt een aanvullende eis op, namelijk dat de initiële condities die aan de randen van de havenschematisatie worden opgelegd in de berekeningen van de golfcondities in de haven, dezelfde Hydraulische Belastingen opleveren als Hydraulische Belastingen (in een gekozen locatie gelegen nabij de haveningang) gemaakt met de schematisatie van het watersysteem (stap 1 uit het stappenschema van Figuur 2).



Figuur 4      *Aansluitingseis modelschematisaties*

Alleen op die manier kan een vloeiende overgang tussen de verschillende modelschematisaties gerealiseerd worden. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 4. In Figuur 4 is een impressie van twee verschillende schematisaties rondom de haven van IJmuiden opgenomen. Het blauwe vlak geeft de schematisatie weer van het watersysteem en het zwarte vlak de schematisatie van de haven. De schematisatie van de haven zal een fijnmaziger rooster bevatten dan de schematisatie van het watersysteem. Voor beide schematisaties worden initiële condities opgelegd aan de randen

van de schematisatie. Dit resulteert voor beide schematisaties in een Hydraulische Belasting in een gekozen uitvoerlocatie nabij de haveningang (het rode punt in Figuur 4). Uitgangspunt zal moeten zijn dat deze Hydraulische Belastingen gelijk zijn. Op voorhand is echter niet bekend bij welke initiële condities aan de rand van de havenschematisatie dezelfde Hydraulische Belasting wordt berekend in de uitvoerlocatie. Dit zal iteratief moeten worden bepaald, gegeven de uitkomst van de berekening met de modelschematisatie van het watersysteem.

## **SWAN**

In de geavanceerde rekenmethode wordt SWAN gebruikt voor het bepalen van het effect van lokale golfgroei in een havenbekken. In HB Havens is gekozen om verschillende SWAN berekeningen uit te voeren. De resultaten van deze berekeningen worden gecombineerd tot één golfenergie om het effect van de lokale golfgroei te isoleren. Achtereenvolgens worden de volgende berekeningen uitgevoerd met SWAN:

- Een SWAN berekening waarbij gerekend wordt met een windsnelheid van nagenoeg nul<sup>3</sup> en zonder transmitterende objecten, aangeduid met  $E_{SWAN,D}$ ;
- Een SWAN berekening waarbij gerekend wordt met de windsnelheid uit de Hydraulische Belasting combinatie en met transmitterende objecten, aangeduid met  $E_{SWAN,TR}$ .

De golfenergie als gevolg van alleen het lokale golfgroei effect is dan gelijk aan:

$$E_{golfgroei} = E_{SWAN,TR} - E_{SWAN,D}$$

Uit de berekende golfenergie als gevolg van lokale golfgroei kunnen de significante golfoogte  $H_s$  (ook wel  $H_m0$ ) en de spectrale golfperiode  $T_{m-1,0}$  afgeleid worden.

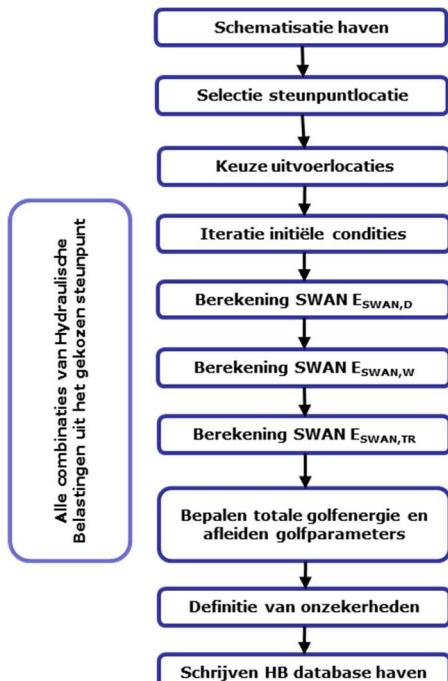
De probabilistische beoordelingssoftware heeft echter ook een piekperiode  $T_p$  nodig en vereist bovendien dat alle golfcondities toenemen bij een afnemende kans van voorkomen (monotoon stijgende belastingen). Deze laatste eis is nodig om convergentie problemen te voorkomen in de probabilistische beoordelingssoftware.

Transmissie in een haven kan leiden tot grotere golfperiode dan in het geval dat alleen lokale golfgroei beschouwd zou worden. Dit heeft alleen effect op de piekperiode en niet op de spectrale golfperiode. Als gevolg hiervan zou het kunnen voorkomen dat de piekperiode (als deze afgeleid wordt uit de berekende golfenergie als gevolg van lokale golfgroei) niet toeneemt bij afnemende kans van voorkomen. Om dit te voorkomen is gekozen om de piekperiode af te leiden uit drie afzonderlijke SWAN berekeningen. De piekperiode is dan gelijk aan de maximale piekperiode van SWAN afzonderlijke berekeningen voor: (1) golndoordringing  $E_{SWAN,D}$ , (2) transmissie  $E_{SWAN,TR}$  en (3) golfgroei door wind  $E_{SWAN,W}$ . De laatste is een SWAN berekening waarbij gerekend wordt met de windsnelheid uit de Hydraulische Belasting combinatie en zonder transmitterende objecten.

Voor SWAN wordt het stappenschema uit Figuur 5 aangehouden. Het eerste deel en het laatste deel van het stappenschema is gelijk aan het stappenschema van de eenvoudige rekenmethode (zie Figuur 3).

---

<sup>3</sup> Gekozen is om de windsnelheid nagenoeg nul te kiezen om dat bij een windsnelheid van nul convergentieproblemen te verwachten zijn.



Figuur 5 Stappenplan geavanceerde rekenmethode SWAN

Nadat de schematisatie van de haven in HB Havens is aangemaakt, het steunpunt en de uitvoerlocaties zijn gekozen, moet de invoer voor de verschillende SWAN berekeningen worden gemaakt. In maximaal drie SWAN berekeningen (overeenkomstig drie iteratieslagen om de Hydraulische Belastingen in het steunpunt te reproduceren) worden de initiële condities berekend voor het SWAN model. Daarna volgen drie SWAN berekeningen waarmee de golfenergie voor alleen de golfgroeicomponent bepaald kan worden.

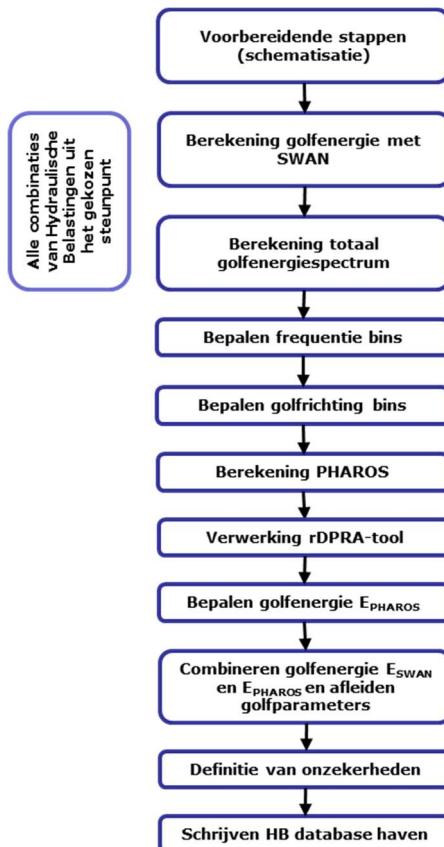
N.B. HB Havens genereert alleen invoer voor en leest resultaten van SWAN in. De gebruiker moet zelf de SWAN berekeningen uitvoeren en is verantwoordelijk voor het gebruik van de correcte schematisatie.

Voor een nadere toelichting op de uitgangspunten en berekeningswijze van de geavanceerde rekenmethode wordt verwezen naar de achtergronden in Bijlage D en hoofdstuk 9.

## PHAROS

De berekening met PHAROS is aanvullend op de SWAN berekening met als doel het effect van golffoordinging te bepalen. De aanpak voor PHAROS wijkt af van de aanpak van SWAN. Waar bij SWAN een berekening voor elke belastingcombinatie en voor elke uitvoerlocatie gemaakt moet worden, worden in PHAROS berekeningen gemaakt voor alle uitvoerlocaties, aan de hand van één of meerdere frequentie- en richting bins. Deze frequentie- en richting worden gekozen uit één golfspectrum, dat samengesteld wordt uit alle voorkomende belastingcombinaties in het steunpunt.

De berekening met PHAROS kan het beste toegelicht worden aan de hand van het stappenschema uit Figuur 6. Met de eerste stap ‘Voorbereidende stappen (schematisatie)’ worden de eerste vier stappen uit Figuur 5 bedoeld. De volgende stap ‘Berekening golfenergie met SWAN’ komt overeen met stap 5 tot en met 9 uit Figuur 5. Deze stappen zijn altijd uitgevoerd voordat een PHAROS berekening gestart kan worden.



Figuur 6 Stappenplan geavanceerde rekenmethode PHAROS

De volgende stap is het initialiseren van de PHAROS berekening voor het bepalen van de golffoordingingscomponent. De eerste stap hierin is het berekenen van het tweedimensionale golfenergiespectrum op basis van alle belastingcombinaties in het steunpunt. Op basis van het bereik van de golfparameters in de verschillende belastingcombinaties in het steunpunt, wordt een minimale en maximale frequentie voor het energiespectrum berekend. Uit gebruikersinvoer wordt ingelezen hoeveel frequentiebins aangemaakt moeten worden en wat het bereik en het aantal golfrichtingbins is. Vervolgens wordt voor elke belastingcombinatie een tweedimensionaal golfenergiespectrum berekend en wordt gecontroleerd of voor elke combinatie van frequentie en golfrichting een drempelwaarde van de energie wordt overschreden. De zo ontstane energiespectra per belastingcombinatie worden gecombineerd tot een totaal golfenergiespectrum. De gebruiker bepaalt vervolgens voor welke frequentiebins uit het totale golfenergiespectrum een PHAROS berekening moet worden gemaakt. Daarnaast wijst de gebruiker elke golfrichtingbin toe aan een specifieke PHAROS schematisatie. Een PHAROS schematisatie kan voor meerdere golfrichtingbins van toepassing zijn. Het aantal PHAROS berekeningen wordt gelijk aan het aantal frequentiebins maal het aantal golfrichtingbins (per schematisatie) maal het aantal unieke (zee)waterstanden in alle belastingcombinaties in het steunpunt. Vervolgens wordt voor alle PHAROS berekeningen invoer aangemaakt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een specifieke batch variant van de PHAROS software. Resultaten uit PHAROS worden met behulp van een nabewerkingstool (rDPRA) verwerkt tot vermenigvuldigingsfactoren voor de golfhoogte op alle uitvoerlocaties in de haven. HB Havens leest deze resultaten in en berekent de golfcondities en golfenergie op elke uitvoerlocatie voor elke belastingcombinatie. Tot slot wordt de golfenergie voor elke uitvoerlocatie en belastingcombinatie uit SWAN (golfgroei) en PHAROS (golffoording) gecombineerd tot de een totale golfenergie.

N.B. HB Havens genereert alleen invoer voor en leest resultaten van PHAROS en rDPRA in. De gebruiker moet zelf de PHAROS en rDPRA berekeningen uitvoeren en is verantwoordelijk voor het gebruik van de correcte schematisatie.

## 3 Installatie HB Havens

### 3.1 Python versie

HB Havens wordt als python code uitgeleverd. De laatste versie van HB Havens is ontwikkeld voor python versie 3.11.

### 3.2 Distributie manager

Voor het gebruik van HB Havens moet een aantal python modules (ookwel: packages) worden geïnstalleerd. Hiervoor is het raadzaam een distributie manager te gebruiken die assisteert bij het beheren van environments (een omgeving waarbinnen modules worden geïnstalleerd), de installatie van modules en controle op de onderlinge afhankelijkheid van de modules.

Wij bevelen aan om Anaconda te gebruiken, maar het kan ook met bijvoorbeeld de Python Package Index (PyPI). Belangrijk is om consistent te zijn en niet verschillende managers door elkaar te gebruiken. Het combineren van managers binnen een bestaand environment kan tot conflicten leiden.

#### 3.2.1 Toelichting Anaconda

Een Python-distributie met een aantal basismodules is te downloaden via Anaconda:

<https://www.anaconda.com/download/>.

Anaconda biedt ook een minimale versie van Anaconda genaamd Miniconda. Het bevat een beperkte set van de functionaliteiten van anaconda en is daardoor minder veeleisend. Voor het gebruik van HB Havens kan de gebruiker ook kiezen voor Miniconda.

Voor het installeren van aanvullende modules opent de gebruiker de Anaconda Command Prompt, en geeft als opdracht “conda install [modulenaam]”. De module wordt nu opgehaald en geïnstalleerd, inclusief afhankelijkheid van andere modules<sup>4</sup>. De minimaal benodigde modules worden in paragraaf 3.3 opgesomd.

Als alternatief voor het handmatig installeren van alle benodigde modules, kan in Anaconda gebruikt gemaakt worden van een installatie bestand (\*.yml). Om de gebruiker te ondersteunen bij de installatie zijn in de map “..\HB Havens\bin\” installatiebestanden beschikbaar gesteld. Hiermee kan het environment geïnstalleerd worden dat bij de laatste update van HB Havens is gebruikt<sup>5</sup>. Via het commando “conda env create -f \*.yml” wordt een HBH environment toegevoegd aan een bestaande conda installatie<sup>6</sup>. In het installatie bestand zijn ook de versienummers van alle modules te achterhalen.

---

<sup>4</sup> Voor een meer gedetailleerde instructie verwijzen we naar de documentatie van conda (bijvoorbeeld: <https://conda.io/projects/conda/en/latest/index.html>)

<sup>5</sup> In de meegeleverde .yml bestanden is uitgegaan van het gebruik van miniconda, maar dit kan door de gebruiker eenvoudig worden vervangen door anaconda.

<sup>6</sup> Zie de documentatie van conda voor meer gedetailleerde informatie over het gebruik van een .yml bestand voor het opslaan, uitwisselen en creëren van environments.

Houd er rekening mee dat de installatie via een .yml erg veel tijd in beslag kan nemen vanwege inherente beperkingen in conda<sup>7</sup>. In dat geval kan een handmatige installatie van de benodigde modules toch de voorkeur hebben.

### 3.3 Benodigde modules

HB Havens gebruikt een aantal extra (standaard) Python modules, die geïnstalleerd moeten worden. Dit zijn in ieder geval:

- PyQt
- xmltodict
- openpyxl
- bs4
- numpy
- scipy
- matplotlib
- geopandas
- owslib
- fiona
- jupyterlab<sup>8</sup>

Conda installeert automatisch onder andere de volgende modules op basis van de afhankelijkheid van de bovengenoemde modules:

- pandas
- shapely
- gdal

Een compleet overzicht van alle modules wordt hier niet gegeven, omdat de ontbrekende modules zichzelf wijzen bij het starten van HB Havens. De gebruiker krijgt namelijk altijd een foutmelding dat een bepaalde Python module niet gevonden kan worden, en kan deze module dan handmatig installeren.

### 3.4 Golfmodelleringssoftware voor geavanceerde rekenmethode

In de geavanceerde rekenmethode wordt gebruik gemaakt van golfmodelleringssoftware SWAN en PHAROS.

#### SWAN

HB Havens is ontwikkeld en getest in combinatie met SWAN versie 41.10.2 (verkrijgbaar bij Deltares). Bij het gebruik van HB Havens wordt geadviseerd om dezelfde versie van SWAN te gebruiken om een goede werking van HB Havens te garanderen. Het is niet uitgesloten dat recentere versies van SWAN eveneens goed functioneren in combinatie met HB Havens, maar dat kan niet gegarandeerd worden.

---

<sup>7</sup> Zie bijvoorbeeld <https://docs.conda.io/projects/conda/en/latest/user-guide/concepts/conda-performance.html>

<sup>8</sup> Alleen nodig voor het uitvoeren van de meegeleverde notebooks, maar niet voor het werken met de GUI.

## PHAROS

HB Havens is ontwikkeld en getest in combinatie met PHAROS versie 9.12.0.3 (verkrijgbaar bij Deltares). Om de batch invoer uit HB Havens geschikt te maken PHAROS moet gebruik gemaakt worden van de pharcne executable. Deze executable zal vanaf PHAROS release 9.13 standaard worden meegeleverd met PHAROS.

Om de resultaten van PHAROS in HB Havens te kunnen verwerken wordt gebruik gemaakt van de nabewerkingstool rDPRA. De rDPRA executable zal vanaf PHAROS release 9.13 standaard worden meegeleverd met PHAROS.

## 3.5 Testen

HB Havens komt met een aantal meegeleverde testen die de gebruiker in staat stellen om de installatie op zijn/haar systeem te controleren en vertrouwd te raken met de functionaliteiten van HB Havens. De testen zijn te vinden in de map “..\HB Havens\trunk\tests\”. Hierin zijn de volgende mappen te vinden:

- data De brondata voor alle testen opgeslagen.
- integration Testen waarin een serie opeenvolgende functionaliteiten wordt uitgevoerd om te kijken of de tussen- en eindresultaten gelijk zijn aan referentieresultaten.
- notebooks Een aantal notebooks ter demonstratie en voor het testen en toelichten van geïsoleerde functionaliteiten.
- scripts Testen waarin de GUI wordt aangeroepen en een bestaand project wordt gedigitaliseerd of waarin een serie opeenvolgende functionaliteiten wordt uitgevoerd en (tussen)resultaten wordt weggeschreven (zonder GUI).
- unit Testen waarin functionaliteiten geïsoleerd worden uitgevoerd (niet uitgewerkt).

Voor het uitvoeren van de intergratietesten is een script beschikbaar in de hoofdmap (“runner.py”) dat alle beschikbare testen om beurten aanroept.

Voor de scripts is het belangrijk dat deze vanuit de bovenste map worden aangeroepen zodat de (relatieve) verwijzingen naar de brondata juist zijn. De gebruiker kan de paden handmatig aanpassen als de scripts vanuit een andere locatie worden aangeroepen.

De gebruiker wordt erop attent gemaakt dat het gekozen steunpunt voor het voorbeeldproject Urk vrij ver van de haven ligt (noordwaarts, nabij Lemmer). Dit steunpunt is alleen zichtbaar als de gebruiker ver uitzoomt. Fysisch gezien is dit geen representatief en dus ook geen logisch steunpunt voor de haven van Urk, maar voor het kennismaken met de werking van HB Havens is dit geen probleem.

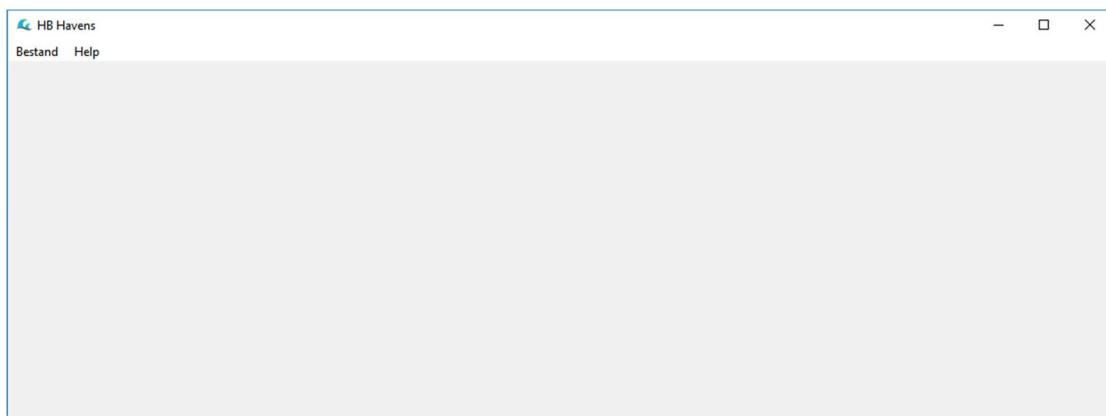
## 4 Algemeen

### 4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de algemene functionaliteit van HB Havens. In paragraaf 4.2 is beschreven hoe het scherm van HB Havens is opgebouwd. Paragraaf 4.3 beschrijft het aanmaken van een nieuw HB Havens project en paragraaf 4.4 hoe een bestaand HB Havens project kan worden geopend. Tot slot is in paragraaf 4.5 beschreven hoe een HB Havens project opgeslagen kan worden.

### 4.2 Beginscherm en menu structuur

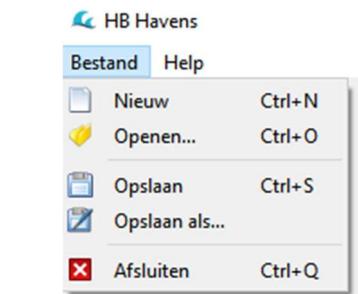
HB Havens start met een leeg beginscherm (zie Figuur 7).



Figuur 7      Beginscherm HB Havens

Boven in het scherm is een menubalk opgenomen met daarin twee menugroepen:

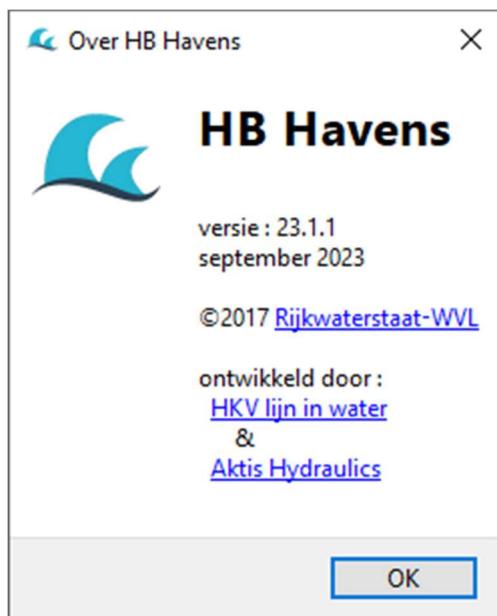
- Bestand: bevat menu opties voor het openen, opslaan en sluiten van HB Havens projectbestanden en het sluiten van de applicatie HB Havens.



- Help: bevat een menu optie voor het openen van de gebruikershandleiding en het oproepen van informatie over de versie van HB Havens.



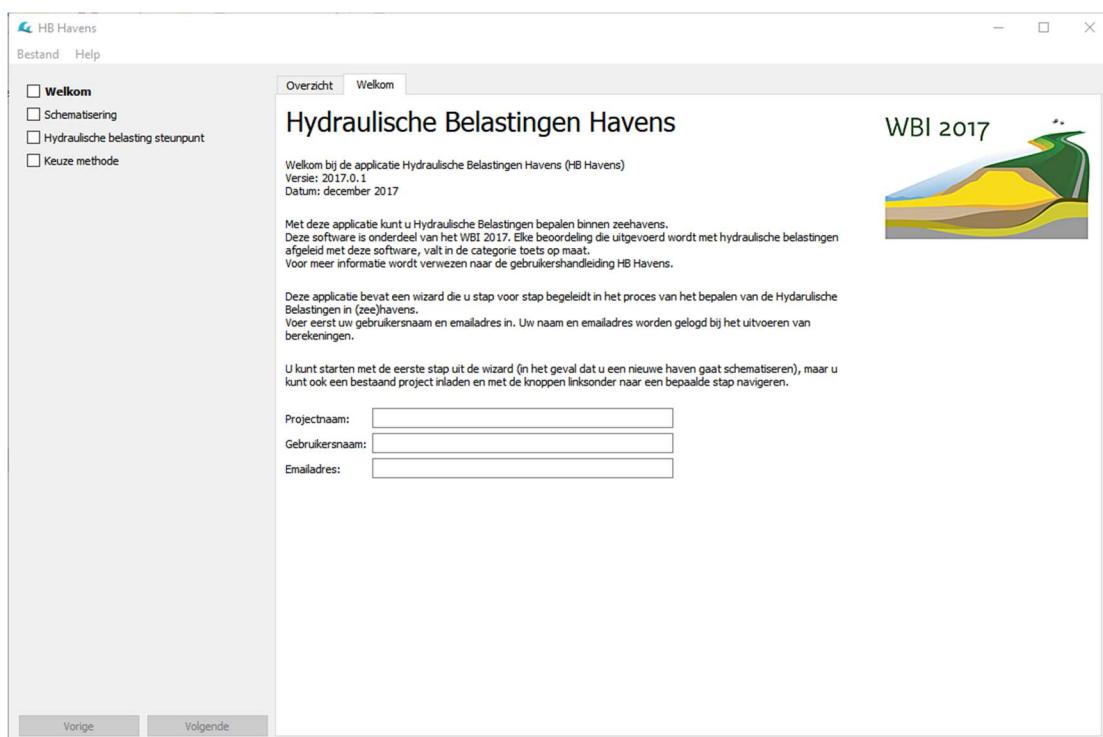
Het informatiescherm over HB Havens geeft o.a. het versienummer van HB Havens en de releasedatum van de versie.



Figuur 8 Over HB Havens

### 4.3 Nieuw project aanmaken

De eerste stap bij het gebruik van HB Havens is het aanmaken van een nieuw projectbestand. In een zogenoemd projectbestand worden alle keuzen die de gebruiker maakt in HB Havens opgeslagen. Voor meer informatie over het projectbestand wordt verwezen naar Bijlage J. Activeer de menu optie 'Bestand -> Nieuw' om een nieuw project te starten in HB Havens.



Figuur 9 Welkom scherm HB Havens

Het HB Havens scherm bestaat uit twee delen. Aan de linker zijde zijn verschillende stappen uit de wizard weergegeven die de gebruiker door de applicatie begeleiden. De actieve stap is vetgedrukt en het scherm dat daarbij hoort wordt aan de rechter zijde getoond. Onder in het linker deel van het scherm zijn de knoppen 'Vorige' en 'Volgende' opgenomen. Met deze knoppen navigeert de gebruiker door de verschillende stappen uit HB Havens.

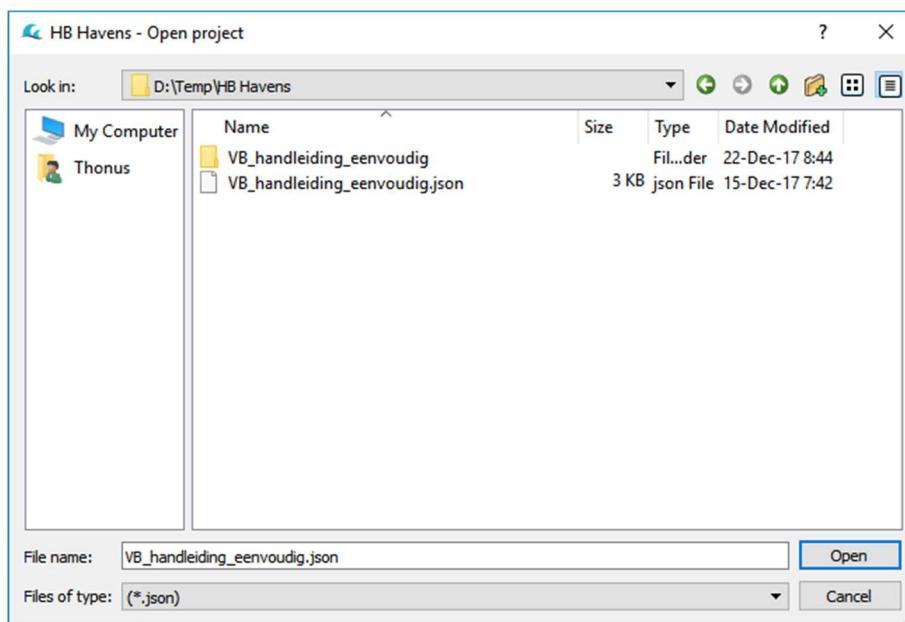
Het scherm 'Welkom' is het eerste scherm van een nieuwe project. De gebruiker moet de volgende verplichte gegevens invoeren:

- Naam van het project.
- De gebruikersnaam van de gebruiker.
- Het emailadres van de gebruiker.

Pas nadat alle bovenstaande informatie is ingevoerd wordt de knop 'Volgende' in het linker deel van het scherm actief, waarmee de gebruiker naar de volgende stap in de wizard navegeert.

## 4.4 Bestaand project openen

De definitie van een reeds eerder aangemaakt project is vastgelegd in een projectbestand met de extensie "json". Voor meer informatie over het projectbestand wordt verwezen naar Bijlage J. De gebruiker kan een eerder opgeslagen project openen door de menu optie 'Bestand -> Open...' te activeren en vervolgens een projectbestand te selecteren.



Figuur 10 Selecteer een bestaand projectbestand

Na het laden van het projectbestand vangt HB Havens aan met de eerstvolgende stap uit het project.

## 4.5 Project opslaan (als)

Op elk moment gedurende het gebruik van HB Havens is het mogelijk om reeds gemaakte keuzen op te slaan in het projectbestand. Voor meer informatie over het projectbestand wordt verwezen naar Bijlage J. Activeer de menu optie 'Bestand -> Opslaan' om een project op te

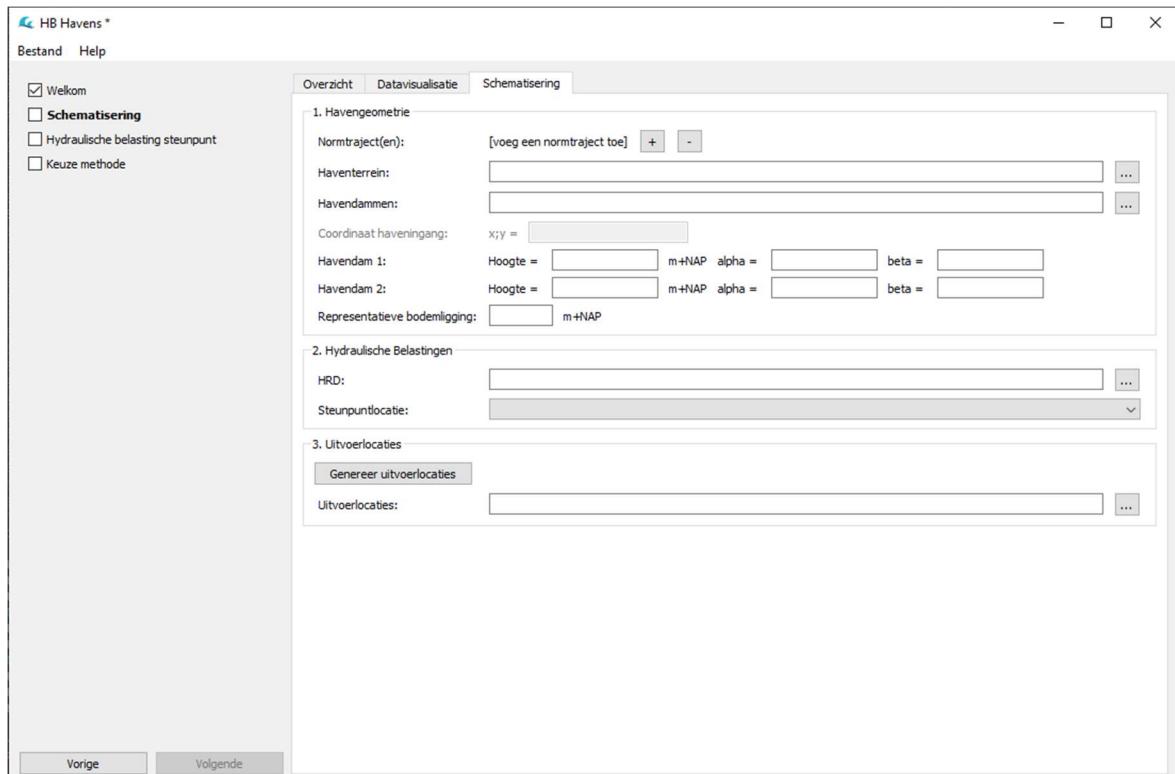
slaan onder de huidige naamgeving of de menu optie ‘Bestand -> Opslaan als...’ om een project op te slaan onder een nieuwe naam.

# 5 Havenschematisatie maken

## 5.1 Inleiding

Nadat een nieuw project in HB Havens is gestart, is de eerst volgende stap het definiëren van een havenschematisatie. Deze stap is noodzakelijk in de voorbereiding van zowel de eenvoudige als de geavanceerde rekenmethode. Een havenschematisatie bestaat uit:

1. Een definitie van de havengeometrie:
  - a. Het selecteren van één of meerdere normtrajecten gelegen langs de haven die geschematiseerd gaan worden (zie paragraaf 5.2).
  - b. Het invoeren van een schematisatie van het (verhoogd gelegen) haventerrein (zie paragraaf 5.3).
  - c. Het invoeren van een schematisatie van havendammen en bij een enkele havendam het definiëren van de locatie van de haveningang (zie paragraaf 5.4).
  - d. Het invoeren van een representatieve bodemligging van de haven (zie paragraaf 5.5).
2. Het inlezen van de hydraulische belastingen:
  - a. Het selecteren van een HRD traject database met Hydraulische Belastingen (zie paragraaf 5.6).
  - b. Het selecteren van een steunpunt locatie op basis waarvan de golfcondities in de haven kunnen worden berekend (zie paragraaf 5.6).
3. Een definitie van de uitvoerlocaties in de haven:
  - a. Het invoeren van uitvoerlocaties in de haven. (zie paragraaf 5.7).



Figuur 11 HB Havens havenschematisatie

In het vervolg van deze gebruikershandleiding zullen we de haven van Colijnsplaat (gelegen in Zeeland) als voorbeeld hanteren.

## 5.2 Keuze van (een) normtraject(en)

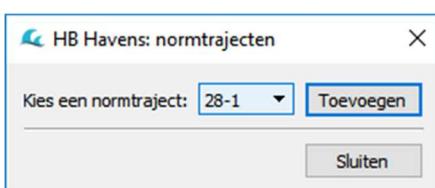
De waterkering langs een haven kan onderdeel zijn van één of meerdere normtrajecten. De gis-informatie van de actuele normtrajecten is op te vragen bij het Informatie Huis Water (IHW). Geadviseerd wordt om deze kaart in een GIS systeem (bijvoorbeeld QGIS) te laden met een achtergrond kaartlaag. In Figuur 12 is de actuele normtrajecten kaart (actueel bij het samenstellen van deze handleiding) weergegeven, ingezoomd op de Oosterschelde. De pijl geeft de ligging van de haven van Colijnsplaat aan.



Figuur 12 Normtrajecten kaart in QGIS

Op basis van bovenstaande kaart kan geconcludeerd worden dat het normtraject dat van toepassing is voor de haven van Colijnsplaat gelijk is aan '28\_1'.

Om een normtraject te koppelen in HB Havens moet de knop met het plusteken geactiveerd worden. Er verschijnt een popup waarin het betreffende normtraject kan worden gekozen. Bevestig de keuze altijd met de knop 'Toevoegen'. Sluit de popup vervolgens met de knop 'Sluiten'.



Figuur 13 Keuze normtrajecten in HB Havens

Het is mogelijk dat een haven grenst aan meer dan één normtraject. Voeg dan middels de knop met het plusje meerdere normtrajecten toe. Mocht een fout gemaakt worden, dan kan een normtraject ook weer verwijderd worden door de knop met het min teken te activeren. Er verschijnt een vergelijkbaar popup als in Figuur 13. Selecteer vervolgens in het keuzeveld het normtraject dat verwijderd moet worden en klik op de knop 'Verwijderen'. Sluit de popup met de knop 'Sluiten'.

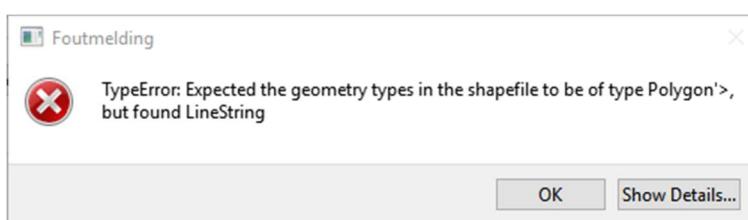
### 5.3 Schematisatie van het haventerrein

Een haventerrein is een hoog gelegen terrein grenzend aan het havenbekken, maar gelegen buiten de waterkering. Een haventerrein kan gebruikt worden voor verschillende havenactiviteiten zoals laden en lossen van goederen, opslaan van goederen, etc. Bij minder extreme Hydraulische Belastingen zal het haventerrein zorgen voor reflectie in de haven. Bij extreme Hydraulische Belastingen kan een haventerrein overstroomen en worden golven niet meer gereflecteerd, maar spelen wellicht andere processen een rol.

Binnen een haven kunnen één of meerdere haventerreinen worden gedefinieerd. Een haventerrein in HB Havens is gedefinieerd als een gesloten vlak met een uniforme hoogte. In het geval dat er haventerreinen zijn met verschillende hoogte, worden deze als meerdere haventerreinen geschematiseerd. Alle haventerreinen moeten vastgelegd worden in één GIS bestand. Voor dit GIS bestand gelden de volgende voorwaarden:

1. Type is gelijk aan 'Shapefile - Polygon' (vlakkenbestand).
2. Alle GIS bestanden, dus ook die met het haventerrein, hebben altijd de projectie gelijk aan 'EPSG: 28992 – Amersfoort / RD New'.
3. Het GIS bestand moet minimaal de volgende twee attributen bevatten:
  - a. 'id' met een uniek id nummer van het haventerrein; type integer;
  - b. 'hoogte' met de hoogte ligging van het haventerrein ten opzichte van NAP; type double.
 Meer attributen zijn toegestaan, maar deze zijn niet noodzakelijk voor het gebruik in HB Havens.
4. Elke polygoon in het GIS bestand snijdt de lijn van de waterkering. Dit is noodzakelijk om te kunnen bepalen of locaties binnen of buiten de haven liggen.

Om een shape met het haventerrein toe te voegen aan HB Havens moet de knop met de puntjes achter het betreffende invoerveld geactiveerd worden. Er verschijnt een popup waarin het shapebestand kan worden geselecteerd. Het vervangen van een shapebestand gaat op dezelfde manier. In het geval dat het shapebestand niet voldoet aan bovengenoemde eisen verschijnt een foutmelding in het scherm. Het is ook mogelijk om het shapebestand buiten HB Havens om aan te passen in het projectbestand (zie voor meer informatie Bijlage J).



Figuur 14 Foutmelding bij inlezen shape bestand haventerrein

## 5.4 Schematisatie havendam(men)

Een haveningang wordt in de regel afgeschermd door één of meerdere havendammen. Een havendam in HB Havens is gedefinieerd als een lijnstuk met een uniforme hoogte. In het geval dat er havendammen zijn met verschillende hoogte, worden deze als meerdere havendammen geschematiseerd. Alle havendammen moeten vastgelegd worden in één GIS bestand. Voor dit GIS bestand gelden de volgende voorwaarden:

1. Type is gelijk aan 'Shapefile - LineString' (lijnenbestand).
2. Alle GIS bestanden, dus ook die met het havendammen, hebben altijd de projectie gelijk aan 'EPSG: 28992 – Amersfoort / RD New'.
3. Het GIS bestand moet het volgende attribuut bevatten:
  - a. 'id' met een uniek id nummer van het havendam; type integer;  
Optioneel kan de gebruiker er ook voor kiezen om de volgende attributen toe te voegen:
  - b. 'hoogte' met de hoogte ligging van het haventerrein ten opzichte van NAP; type double;
  - c. 'alpha' met de waarde van de transmissiecoëfficiënt alfa (zie ook Bijlage A.3)
  - d. 'beta' met de waarde van de transmissiecoëfficiënt beta (zie ook Bijlage A.3)Meer attributen zijn toegestaan, maar deze zijn niet noodzakelijk voor het gebruik in HB Havens.
4. Eén uiteinde van een havendam moet altijd het haventerrein snijden.

Om een shapebestand met één of meerdere havendammen toe te voegen aan HB Havens moet de knop met de puntjes achter het betreffende invoerveld geactiveerd worden. Er verschijnt een popup waarin het shapebestand kan worden geselecteerd. Het vervangen van een shape bestand gaat op dezelfde manier. In het geval dat het shape bestand niet voldoet aan bovengenoemde eisen verschijnt een foutmelding in het scherm.

Via de GUI kan de gebruiker de transmissie eigenschappen van de havendammen ('hoogte', 'alpha' en 'beta', zie ook Bijlage A.3) opgeven. Als deze informatie (nog) niet beschikbaar is, probeert HB Havens de informatie uit de GIS bestanden op te halen. De gebruiker krijgt een waarschuwing als de waarde van 'alpha' buiten het verwachte bereik tussen 1.0 en 3.0 ligt of 'beta' buiten het bereik tussen 0.0 en 1.0.

*Tip: om te zien welk nummer de havendammen in het GIS bestand hebben, kun je in het overzicht gebruik maken van de labels. Bij het activeren van "Laat labels zien", wordt naast elke dam het nummer gepresenteerd.*

In het geval dat een haveningang met slechts één havendam wordt geschematiseerd, worden de velden van Havendam 2 automatisch grijs en inactief. Dan moet de gebruiker een extra punt invoeren in HB Havens op basis waarvan een denkbeeldige lijn kan worden getrokken tussen het uiteinde van de havendam en het gekozen punt, hetgeen de haveningang definieert. Dit extra punt moet altijd binnen een haventerrein vallen zodanig dat de denkbeeldige lijn het haventerrein snijdt. Zie het linker deel van Figuur 15.

Bij twee havendammen wordt de haveningang gedefinieerd als de denkbeeldige lijn tussen beide uiteinden van de havendammen. Zie het rechter deel van Figuur 15.



Figuur 15 Definitie van de haveningang bij 1 (links) en 2 (rechts) havendammen

De geschematiseerde havendammen moeten het liefst zo veel mogelijk een rechte lijn benaderen. Bij het berekenen van de transmissie worden beide uiteinden van de havendam als ijkpunt gebruikt. Bij knikken in de lijn kan het voorkomen dat vanuit een bepaalde golfrichting het uiteinde van een golfbreker niet daadwerkelijk het meest linker of rechter punt is.

## 5.5 Bodemligging

Ten behoeve van de eenvoudige berekening in HB Havens moet de gebruiker een representatieve bodemligging invoeren. Hiertoe kan de gebruiker een waarde invoeren in het betreffende invoerveld. De ingevoerde waarde is ten opzichte van NAP en kan zowel positief als negatief zijn.

## 5.6 Hydraulische belastingen in het steunpunt

De Hydraulische Belastingen zijn onderdeel van een HRD traject database. Voor elk normtraject is een dergelijke database in het kader van WBI beschikbaar gesteld. Deze databases bevatten verschillende combinaties van Hydraulische Belastingen voor tal van locaties langs het betreffende normtraject, maar geen locaties aan de binnenzijde van een haven, hetgeen de reden is dat HB Havens is ontwikkeld. HB Havens heeft immers het doel om voor locaties binnen de haven Hydraulische Belastingen af te leiden. In deze afleiding wordt in zowel de eenvoudige als de geavanceerde rekenmethode gebruik gemaakt van een zogenoemd steunpunt. De Hydraulische Belastingen in dit steunpunt zijn het uitgangspunt van de berekeningen in HB Havens. Het steunpunt is altijd één van de beschikbare locaties in de betreffende HRD traject database. Idealiter is dit een locatie gelegen nabij of in de haveningang, maar wel dusdanig ver dat de golfparameters in dit punt niet beïnvloed worden door de haven. Dit kan het geval zijn wanneer de haven (grof) geschematiseerd is in het model van het watersysteem.

De gebruiker kan een HRD-trajectdatabase selecteren door de knop met de puntjes achter het betreffende invoerveld te activeren. Er verschijnt een popup waarin een SQLite database (het WBI formaat van de HRD-trajectdatabase) kan worden geselecteerd.

Nadat een gebruiker de database heeft geopend, wordt het keuzeveld 'Steunpuntlocatie' gevuld met potentiele steunpuntlocaties. De gebruiker kan uit de keuzelijst één locatie kiezen die als steunpunt wordt gebruikt in de berekeningen met HB Havens. Om de gebruiker te helpen het juiste steunpunt te kiezen is HB Havens uitgerust met een havenschematisatie viewer. Zie voor meer informatie paragraaf 5.8.

## 5.7 Uitvoerlocaties

De gebruiker definieert zelf de uitvoerlocaties in de haven waarvoor Hydraulische Belastingen berekend moeten worden. Er zijn twee mogelijkheden:

1. De gebruiker selecteert een shapebestand met daarin de uitvoerlocaties.
2. HB Havens genereert, op basis van, door de gebruiker gekozen instellingen, een set uitvoerlocaties.

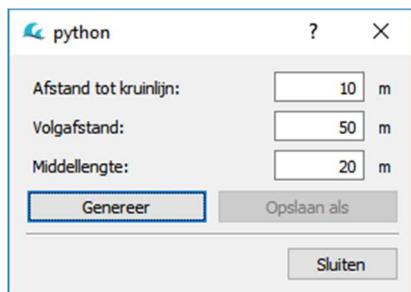
### *Ad 1. Een shapebestand met uitvoerlocaties*

Een uitvoerlocatie in HB Havens is gedefinieerd als een punt met een naam en een normaalrichting. Alle uitvoerlocaties moeten vastgelegd worden in één GIS bestand. Voor dit GIS bestand gelden de volgende voorwaarden:

1. Type is gelijk aan ‘Shapefile - Point’ (puntenbestand).
2. Alle GIS bestanden, dus ook die met het uitvoerlocaties, hebben altijd de projectie gelijk aan ‘EPSG: 28992 – Amersfoort / RD New’.
3. Het GIS bestand moet minimaal de volgende twee attributen bevatten:
  - a. ‘Naam’ met de naam van de uitvoerlocaties; type string (maximaal 80 tekens);
  - b. ‘Normaal’ met de normaal richting van de achterliggende waterkering in graden ten opzichte van Noord en positief met de klok mee; type double;
 Meer attributen zijn toegestaan, maar deze zijn niet noodzakelijk voor het gebruik in HB Havens.
4. Het is vereist dat alle uitvoerlocaties binnen de haven liggen. Dat wil zeggen binnen het gebied tussen de golfbrekers, haveningang, haventerrein en de waterkering.

### *Ad 2. Uitvoerlocaties genereren*

Na het activeren van de knop ‘Genereer uitvoerlocaties’ verschijnt het scherm uit Figuur 16.



Figuur 16 Instellingen om uitvoerlocaties te genereren

De volgafstand is de afstand tussen de uitvoerlocaties waarbij de afstand wordt gemeten langs de kruinlijn van de waterkering. N.B. de (netto) afstand tussen de uitvoerlocaties is hierdoor niet altijd gelijk aan de volgafstand.

Vervolgens moet de afstand tussen de kruin van de waterkering en de ligging van de uitvoerlocaties opgegeven worden. Hierbij moet rekening gehouden worden met het uitgangspunt dat de golfcondities aan de teen van de waterkering afgeleid moeten worden. Daarnaast zal een keuze gemaakt moeten worden of eventueel voorliggend land, wel of niet als voorland beschouwd moet worden.

Tot slot moet de gebruiker de middellengte opgeven. De middellengte is afstand waarover de (gemiddelde) normaal van de waterkering wordt bepaald. Hierbij is als uitgangspunt gebruikt dat over de halve afstand van de ingevoerde middellengte, zowel links en rechts van de ligging van de uitvoerlocatie op de kruinlijn, de normalen worden gemiddeld. Het gemiddelde van de normalen is de normaal die aan de uitvoerlocatie wordt gekoppeld.

Alle afstanden moet in meter ingevoerd worden.

Bovengenoemde uitgangspunten en definities zijn schematisch weergegeven in Figuur 17.

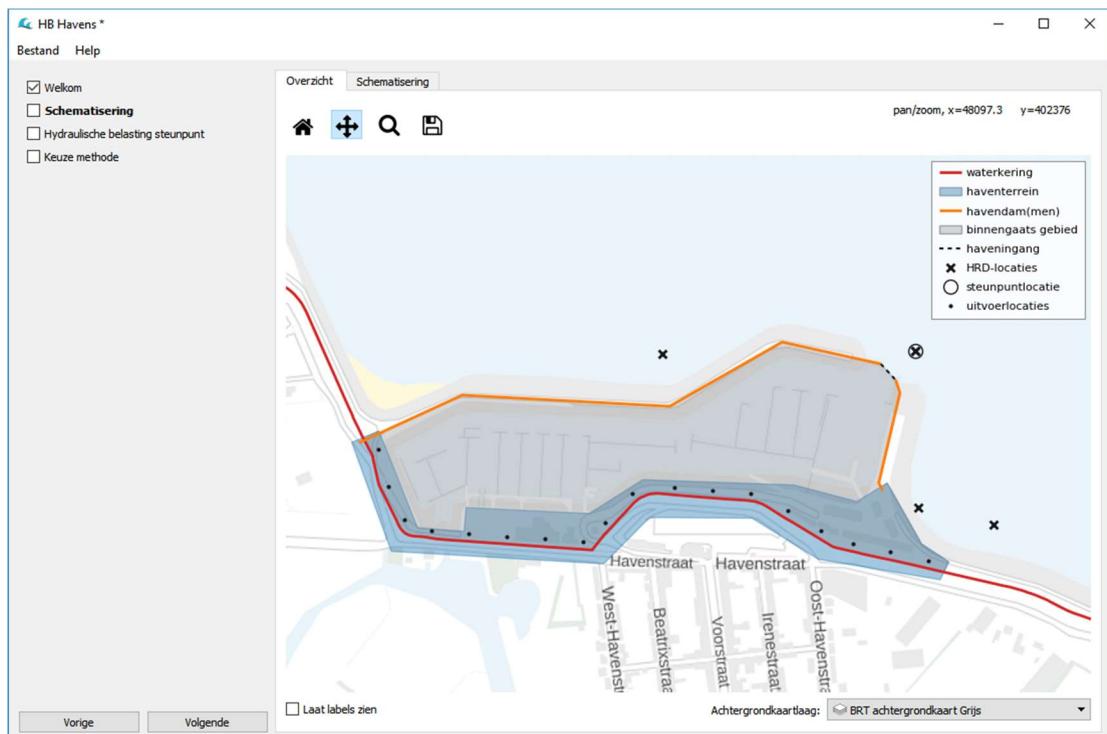


Figuur 17 Uitvoerlocaties genereren in HB Havens

De normalen per uitvoerlocatie worden gebruikt bij het vaststellen van de golfbelastingen. Alle aflandige golfrichtingen (bepaald op basis van de ingevoerde normaal in de betreffende uitvoerlocatie) worden buiten beschouwing gelaten als de golfenergie wordt bepaald. Normalen worden weergegeven in graden ten opzicht van Noord (positief met de klok mee).

## 5.8 Viewer

HB Havens bevat een havenschematisatie viewer voor het beoordelen van een aangemaakte havenschematisatie. Deze viewer is beschikbaar in het tabblad 'Overzicht'.



Figuur 18 Havenschematisatie viewer

De knoppenbalk boven in de viewer bevat vier knoppen:

- 'Reset': hiermee wordt ingezoomd op het projectgebied (afhankelijk van reeds ingevoerde gegevens in de schematisering).
- 'Pan': hiermee kan het zichtbare gebied verplaats worden.
- 'Zoom': hiermee kan in- en uitgezoomd worden op het zichtbare gebied. Inzoomen door met de linker muisknop ingedrukt een zoomgebied te selecteren en uitzoomen door de rechter muisknop ingedrukt een zoomgebied te selecteren.
- 'Save': hiermee kan een screenshot van de viewer opgeslagen worden.

Rechts boven in de viewer wordt de legenda weergegeven. Deze wordt dynamisch opgebouwd al naar gelang de status van de stappen die ingevuld zijn in het tabblad 'Schematisering'. Op dezelfde voorwaarden worden de kaartlagen weergegeven in de kaartviewer. Het is niet mogelijk om de volgorde van kaartlagen aan te passen of kaartlagen uit- of aan te zetten. De volgende kaartlagen worden getoond in de viewer:

- Een kaartlaag met de ligging van de waterkering uit het bestand met norm trajecten.
- Een kaartlaag met de haventerreinen overeenkomstig de geselecteerde shape.
- Een kaartlaag met de havendam(men) overeenkomstig de geselecteerde shape.
- Een dynamisch aangemaakte kaartlaag met het binnengaats gebied van de haven.
- Een dynamisch aangemaakte kaartlaag met de grens van de haveningang.
- Een kaartlaag met de locaties met hydraulische belastingen uit de HRD traject database. De locatie die als steunpunt is gekozen is omcirkeld.
- Een kaartlaag met de uitvoerlocaties.

Rechts onder in het scherm is een keuzeveld opgenomen om de achtergrondkaartlagen te wisselen. Standaard wordt er geen achtergrondkaartlaag getoond. Let op dat de performance bij het gebruik van sommige achtergrondkaartlagen drastisch afneemt.

Tot slot is rechts onder in het scherm een optie 'Laat labels zien' opgenomen. Hiermee kan de gebruiker de labels van de uitvoerlocaties en locaties in de HRD traject database zichtbaar maken. Deze optie is vooral handig bij het selecteren van een steunpuntlocatie (zie ook paragraaf 5.6).

## 6 Hydraulische Belastingen

### 6.1 Inleiding

Nadat een havenschematisatie is afgerond kan met de knop 'Volgende' doorgegaan worden naar de volgende stap, de Hydraulische Belastingen in het steunpunt. Dit scherm toont een tabel met daarin alle combinaties van Hydraulische Belastingen, bestaande uit een of meer van de onderstaande stochasten of resultaatvariabelen. Welke kolommen hangt af van het watersysteem.

### 6.2 Omschrijving tabel

De volgende kolommen komen voor in de tabel:

- de windrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee);
- de windsnelheid in m/s;
- de afvoer in  $m^3/s$ , bij ;
- de zeewaterstand in m+NAP;
- de sluitsituatie van een stormvloedkering;
- het meerpeil in m+NAP;
- de waterstand in m +NAP;
- de significante golfhoogte in m;
- de piekperiode in s (als deze beschikbaar is in de HRD traject database);
- de spectrale golfperiode in s;
- de golfrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee).

Voor elke unieke combinatie van invoerstochasten wordt door HB Havens een omschrijving gegenereerd (zie Figuur 19). Voor de zoute systemen zijn dit windrichting, windsnelheid en waterstand. Voor de zoete systemen windrichting, windsnelheid en één of meer van afvoer, meerpeil, keringsituatie of zeewaterstand bij Maasmond. De verschillende stochasten worden met een letter aangegeven, namelijk:

- 'D' de windrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee).
- 'U' de windsnelheid in m/s.
- 'h' de (zee)waterstand in m +NAP.
- 'Q' de afvoer in  $m^3/s$ .
- 'M' de waterstand bij Maasmond of het meerpeil, beide in m+NAP;
- 'K' de keringtoestand.
- 'D' de stormduur in uren (alleen voor Oosterschelde).
- 'P' het faseverschil tussen piek getij en piek opzet (alleen voor Oosterschelde).

Merk op dat niet alle letters uniek zijn. De functie is echter alleen om de belastingcombinatie te beschrijven.

The screenshot shows a software window titled 'HB Havens \*'. On the left, there is a sidebar with options: 'Welkom' (checked), 'Schematisering' (checked), 'Hydraulische belasting steunpunt' (checked), and 'Keuze methode'. The main area has tabs 'Overzicht' and 'Hydraulische belasting steunpunt' (selected). Below is a table with the following columns: Description, Wind direction, Wind speed, Water level, Hs, Tm-1,0,Tp, and Wave direction. The table contains 24 rows of data, each representing a different combination of parameters like D=022.5 U=20 h=2.5 to D=337.5 U=20 h=2.5.

Description	Wind direction	Wind speed	Water level	Hs	Tm-1,0	Tp	Wave direction
D=022.5 U=20 h=2.5	22.5	20.0	2.5	1.5107	3.8175	4.1798	14.681
D=022.5 U=20 h=3.5	22.5	20.0	3.5	1.556	3.8813	4.242	11.757
D=022.5 U=20 h=4.0	22.5	20.0	4.0	1.5786	3.9087	4.2586	10.947
D=022.5 U=20 h=5.0	22.5	20.0	5.0	1.6191	3.9559	4.2913	9.998
D=022.5 U=20 h=6.0	22.5	20.0	6.0	1.6609	4.0092	4.3457	9.316
D=022.5 U=20 h=6.5	22.5	20.0	6.5	1.6793	4.0328	4.3776	9.139
D=022.5 U=38 h=2.5	22.5	38.0	2.5	2.5506	4.7411	5.0968	20.148
D=022.5 U=38 h=3.5	22.5	38.0	3.5	2.7094	4.8535	5.1708	17.585
D=022.5 U=38 h=4.0	22.5	38.0	4.0	2.768	4.8979	5.2012	16.087
D=022.5 U=38 h=5.0	22.5	38.0	5.0	2.8697	4.9685	5.2945	13.496
D=022.5 U=38 h=6.0	22.5	38.0	6.0	2.9354	5.0347	5.5127	11.805
D=022.5 U=38 h=6.5	22.5	38.0	6.5	2.964	5.0626	5.564	11.329
D=337.5 U=20 h=2.5	337.5	20.0	2.5	1.4725	3.9684	4.3254	344.657
D=337.5 U=20 h=3.5	337.5	20.0	3.5	1.5747	4.1085	4.597	342.152
D=337.5 U=20 h=4.0	337.5	20.0	4.0	1.617	4.161	4.6453	341.407
D=337.5 U=20 h=5.0	337.5	20.0	5.0	1.6804	4.2272	4.6848	339.67
D=337.5 U=20 h=6.0	337.5	20.0	6.0	1.7359	4.282	4.7072	338.005
D=337.5 U=20 h=6.5	337.5	20.0	6.5	1.7612	4.307	4.7164	337.322
D=337.5 U=38 h=2.5	337.5	38.0	2.5	2.315	4.7392	5.1642	349.117

Figuur 19 Overzicht van hydraulische belastingen in het gekozen steunpunt (Engels naamgeving rechtstreeks overgenomen uit de database)

Het is mogelijk om de inhoud van de tabel uit Figuur 19 te sorteren door op de kolomkop te klikken. De eerste keer klikken sorteert de kolom oplopend, de tweede keer klikken aflopend. De actieve sortering wordt aangeduid met een symbol boven de kolomkop.

Door de knop 'Exporteren' rechts onder in het scherm te selecteren kan een export van de inhoud van deze tabel naar een CSV bestand worden gemaakt.

### 6.3 Omrekenen belastingcombinaties

Voor de zoete watersystemen wordt de waterstand niet bepaald aan de hand van waterstandstatistiek, maar is de waterstand een resultaat die uit een modelberekening volgt. Deze berekening is weer geforceerd door afvoer, wind, meerpeil, enzovoorts. De waterstand is daardoor een resultaatvariabele, in plaats van een invoervariabele. De golfberekeningen worden (indien met SWAN uitgevoerd) nog steeds gekoppeld aan waterstanden. Omdat de waterstanden allerlei waarden aannemen, en geen vaste niveaus meer volgen, worden de resultaten geïnterpolerd op de waterstand. Dit heeft tot gevolg dat voor de benedenrivieren duizenden verschillende golfcondities (belastingcombinaties) ontstaan, in plaats van de honderden die we eerder hadden bij de zoute wateren. Voor de eenvoudige methode is dit qua rekentijd geen probleem, maar voor SWAN en PHAROS of HARES tikt dit flink aan. Om deze reden is er een optie ingebouwd om de golfcondities terug te rekenen naar de waterstand.

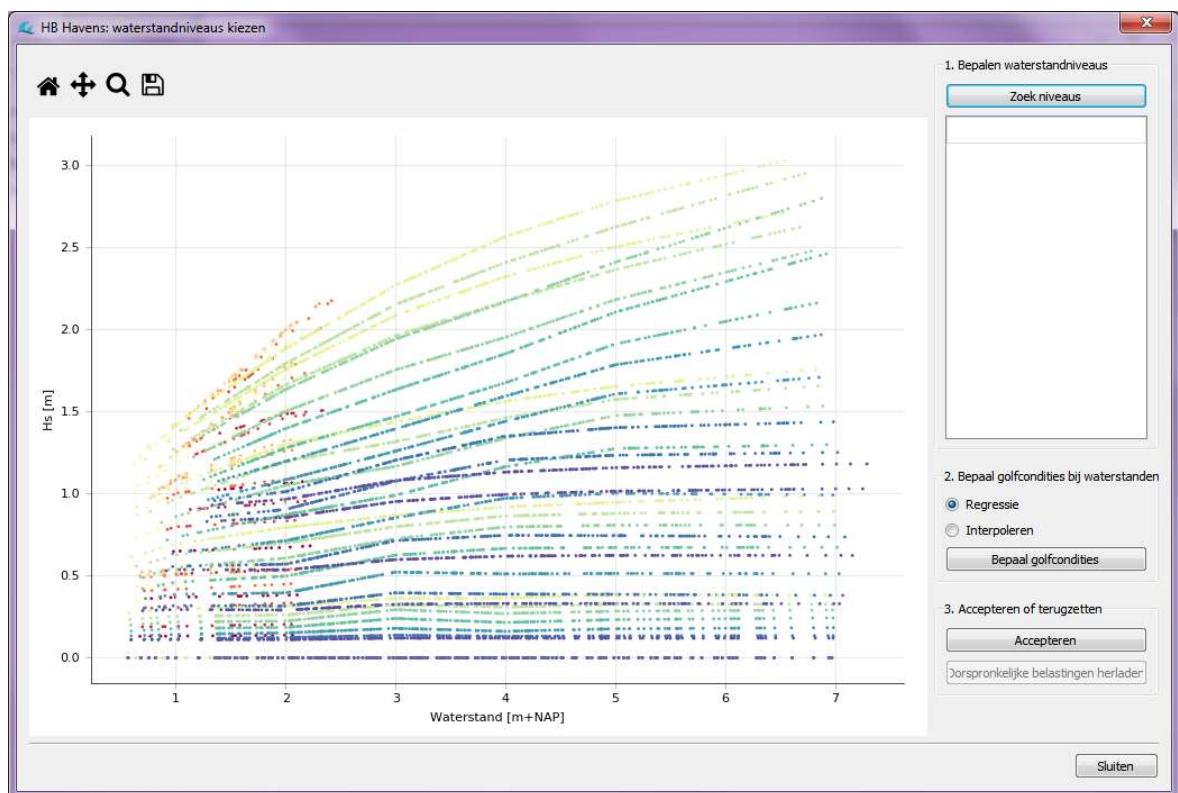
Voor de zoete wateren is er bovenin de tabel uit Figuur 19 een knop toegevoegd om het venster te openen waarmee te waterstanden teruggerekend kunnen worden, zoals weergeven in Figuur 20.

Voor databases met waterstanden en golfcondities, meestal overeenkomend de zoete watersystemen, is het mogelijk de golfcondities terug te rekenen naar de waterstanden. Hiermee kan het aantal door te rekenen belastingcombinaties met het oog op de rekenintensieve geavanceerde methode sterk verkleind worden.

Description	ClosingSituationId	Wind direction	Discharge Lobith	Water level Maasmond	Wind speed
K=01 D=022.5 Q=00600 M=1.36 U=00	1	22.5	600.0	1.36	0.0
K=01 D=022.5 Q=00600 M=1.36 U=10	1	22.5	600.0	1.36	10.0
K=01 D=022.5 Q=00600 M=1.36 U=20	1	22.5	600.0	1.36	20.0
K=01 D=022.5 Q=00600 M=1.36 U=30	1	22.5	600.0	1.36	30.0

Figuur 20 Rood omlijnd, te knop waarmee het venster om golfcondities terug te rekenen kan worden geopend.

Deze knop opent het venster weergeven in Figuur 21, waarin de significante golfhoogte tegen de waterstanden is uitgezet. De kleuren geven de verschillende windrichtingen aan. In dit venster kan de gebruiker een aantal opties doorlopen, die onder de figuur staan beschreven.



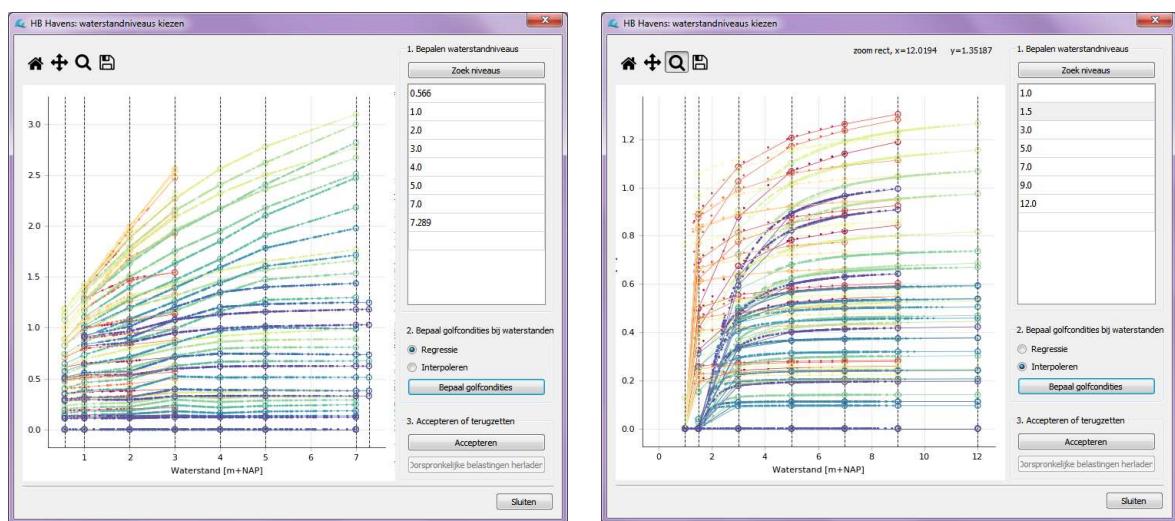
Figuur 21 Figuur waarin de golfhoogte is uitgezet tegen de waterstand.

- Met de knop "Zoek niveaus" wordt op basis van gradiëntveranderingen een aantal waterstandsniveaus gezocht. Deze knikpunten zijn waarschijnlijk de niveaus waarvoor de SWAN-berekeningen zijn gemaakt. Op het oog zijn dit en 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 m+NAP. De functie voegt hier nog een extra niveaus aan toe, namelijk 7,0 m+NAP en de onder- en bovengrens 0,566 en 7,289 m+NAP. Afhankelijk van de hoeveelheid waterstanden en de vulling van de database kan het voorkomen dat het niet lukt om niveaus te vinden, of juist te veel niveaus worden gevonden. De gebruiker kan de waterstandniveaus echter ook zelf kiezen, en iteratief bepalen of dit tot goede golfcondities leidt.
- Als de niveaus gekozen zijn, kunnen de golfcondities op deze waterstandniveaus bepaald worden. In het geval van goed bepaalde knikpunten en voldoende condities, wordt met de optie 'regressie' het beste resultaat gehaald. Wanneer de niveaus niet duidelijk zijn, of de

resultaten vormen geen rechte lijn (bijvoorbeeld omdat ze niet met SWAN bepaald zijn), geeft de optie ‘interpoleren’ een beter resultaat. Figuur 22 geeft van het resultaat voor beide een voorbeeld.

3. Wanneer de gebruiker tevreden is over het resultaat, kan met de knop “Accepteren” de set belastingcombinaties overgenomen worden. De keuze kan altijd ongedaan gemaakt worden door weer op de knop “Oorspronkelijke belastingen herladen” te drukken.

Met de nieuwe belastingcombinaties kan vervolgens de rest van de methode doorlopen worden. Bij het exporteren van het resultaat naar de database worden de berekende resultaten weer terug geïnterpoleerd naar de oorspronkelijke belastingniveaus.



*Figuur 22 Twee voorbeelden van teruggerekende golfcondities. In de linker figuur zijn de waterstandsniveaus duidelijk, en kan met regressie het beste resultaat gehaald worden. In de rechter figuur zijn de golfcondities bepaald met Bretschneider, waardoor de condities geen duidelijke knikpunten bevatten. Interpoleren is hier de juiste optie.*

Een aantal opmerkingen bij het gebruik van teruggerekende golfcondities.

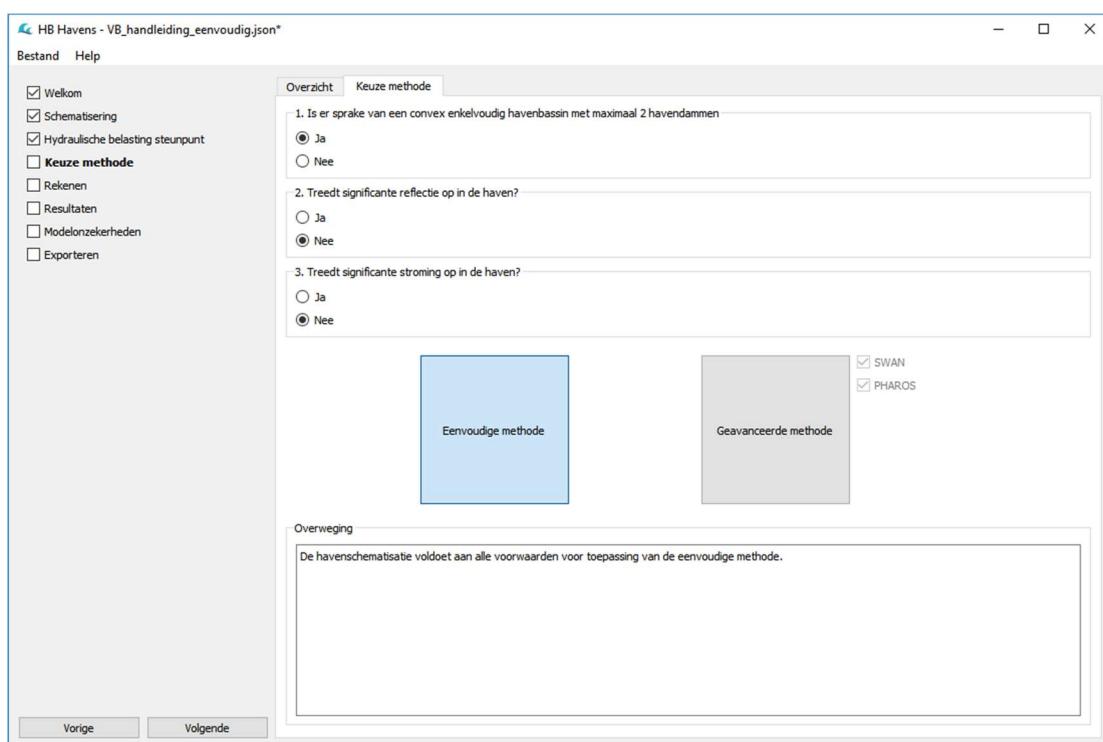
- Voor de smallere wateren zijn de golfcondities vaak bepaald met Bretschneider, op de berekende waterstanden. In dat geval zijn er geen duidelijke knikken te vinden, zoals bijvoorbeeld in het rechter deel van Figuur 22 het geval is. Door een aantal niveaus te kiezen kunnen alsnog golfcondities worden teruggerekend, maar men kan zich afvragen of het zin heeft de geavanceerde methode toe te passen wanneer de invoercondities uit Bretschneider komen. Ook voor de eenvoudige methode moet in zulke gevallen door de gebruiker kritisch over de toepasbaarheid en relevantie van HB Havens worden nagedacht.
- Voor het doorlopen van het proces met SWAN is het aan te raden de golfcondities terug te rekenen naar waterstandniveaus. Qua rekentijd is dit de meest voor de hand liggende optie. Daarbij kunnen naast de knikpunten nog extra niveaus worden toegevoegd, als dit qua havenschematisatie een logische keuze is.

## 7 Keuze toe te passen rekenmethode

In HB Havens zijn twee rekenmethoden geïmplementeerd:

1. De eenvoudige rekenmethode waarbij de effecten van diffractie, transmissie, lokale golfgroei en golfbreking op de golfenergie in havens worden bepaald aan de hand van een aantal (vereenvoudigde) rekenregels. Deze rekenregels zijn niet zonder meer toepasbaar.
2. De geavanceerde rekenmethode waarbij met behulp van één of meer geavanceerde (externe) golfmodellen de effecten op de golfenergie in de haven worden bepaald.

Aan de hand van drie vragen kan HB Havens een suggestie doen voor de toe te passen rekenmethode. De eenvoudige methode is alleen goed toepasbaar als de haven met maximaal 2 havendammen geschematiseerd kan worden en er slechts één convex havenbassin aanwezig. Daarnaast mag er geen sprake zijn van significante reflectie in de haven EN mag er geen significante stroming optreden. In alle andere gevallen moet gekozen worden voor de geavanceerde rekenmethode.



*Figuur 23 Keuze voor toe te passen rekenmethode*

De gebruiker is altijd zelf verantwoordelijk voor de gemaakte keuze van een toe te passen rekenmethode en kan de door HB Havens gesuggereerde rekenmethode 'overrulen' door een van de knoppen (overeenkomstig één van de twee rekenmethoden) te activeren. Voer altijd, onder in het scherm, een overweging in, ter onderbouwing van de keuze van een toe te passen rekenmethode. In het geval dat er gekozen wordt voor toepassing van de geavanceerde methode kan de gebruiker kiezen om alleen het externe golfmodel SWAN toe te passen of zowel SWAN als PHAROS. Met het rekenmodel SWAN worden de effecten van lokale golfgroei, reflectie, refractie, golfdissipatie en transmissie berekend. Met het rekenmodel PHAROS worden de effecten golfoordringing rekening houdend met reflectie, refractie en diffractie berekend. Zie voor meer informatie hoofdstuk 9.

## 8 De eenvoudige rekenmethode

### 8.1 Inleiding

De eenvoudige rekenmethode is een implementatie van het rekenschema zoals beschreven in Bijlage A. Het toepassen van de eenvoudige rekenmethode bestaat uit drie stappen:

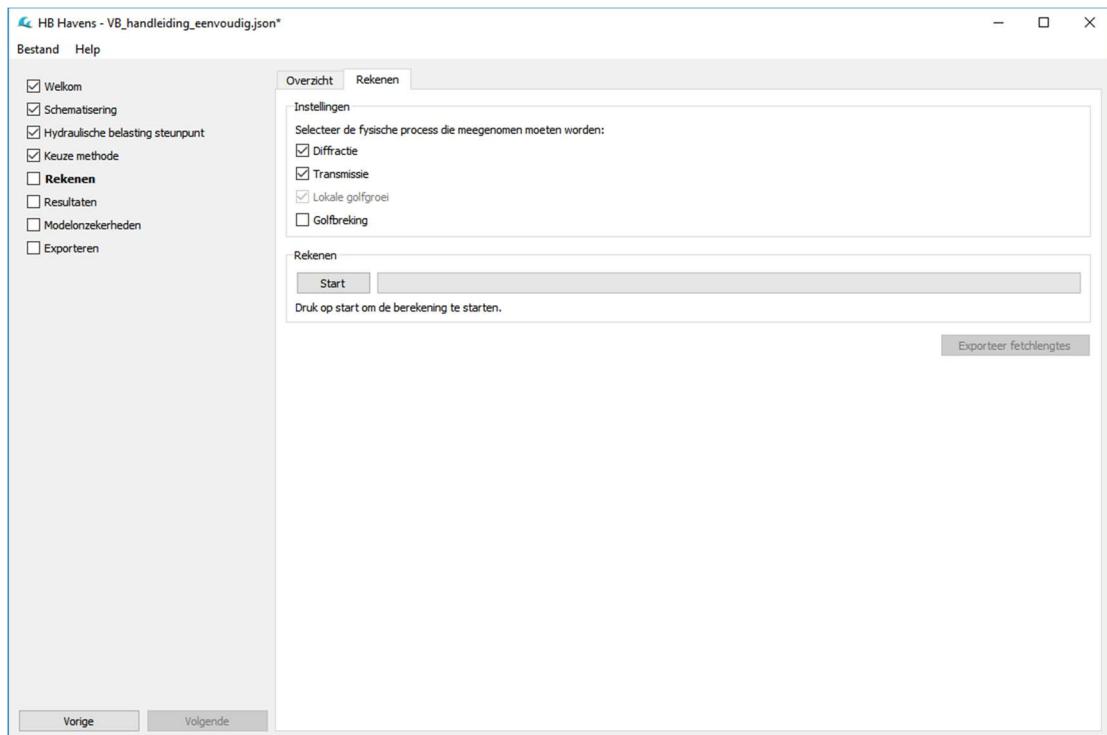
1. Het kiezen van de fysische processen die in de geschematiseerde haven een rol spelen en waarvan het effect meegenomen moeten worden in de berekening.
2. Het daadwerkelijk berekenen van de golfcondities in de uitvoerlocaties.
3. Het bekijken en interpreteren van de rekenresultaten.

### 8.2 Keuze fysische processen

In specifieke gevallen, bij bepaalde havenschematisaties, kunnen wellicht één of meerdere fysische processen op voorhand als niet relevant voor de berekeningen worden gekenmerkt. Let wel dat het al dan niet beschouwen van een fysisch proces mede bepaald kan worden door de Hydraulische Belastingen die in HB Havens variëren in de berekeningen. HB Havens zal bijvoorbeeld transmissie afhankelijk van de waterstand inschatten (de waterstand moet minimaal hoger zijn dan de havendam). Voorafgaand aan de berekening van de golfsbelasting kan de gebruiker kiezen welke fysische processen in rekening gebracht moeten worden. Deze keuze geldt dan voor alle combinaties van Hydraulische Belastingen.

De volgende fysische processen worden onderscheiden in HB Havens:

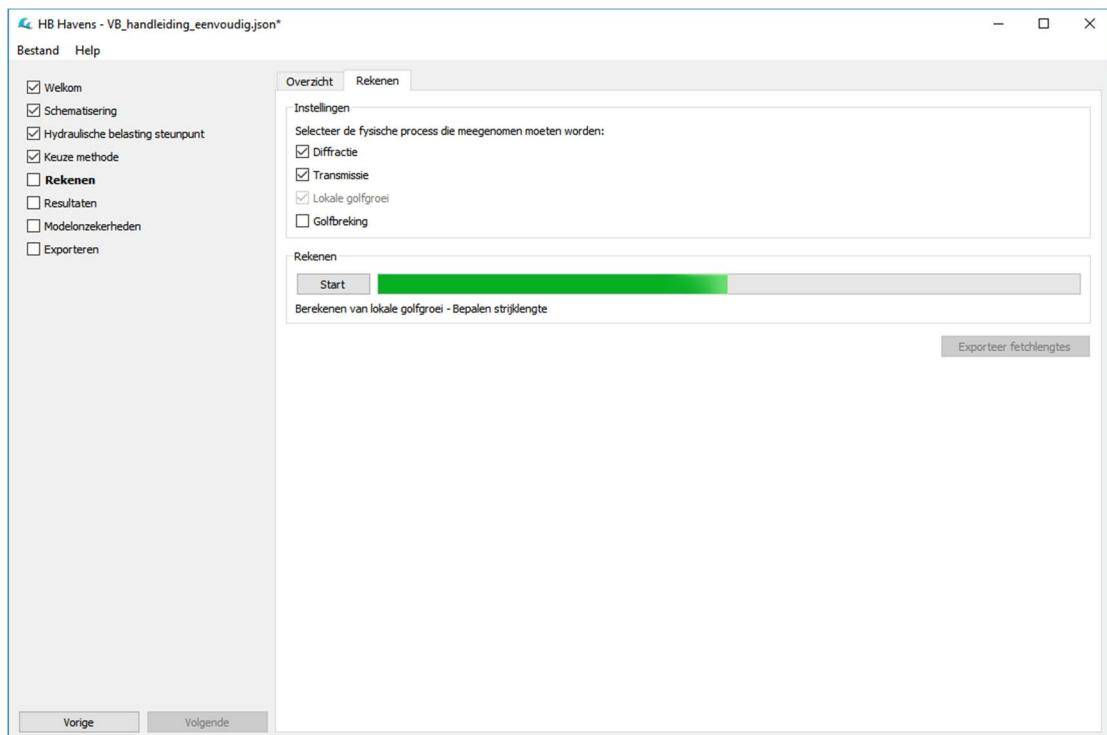
- Diffractie zorgt voor een verspreiding van golfenergie achter een golfbreker (havendam) of in een afgeschermd gebied. Achter de golfbreker ontstaat een schaduwzone; door het verschil in golfhoogte tussen golven die ongestoord de golfbreker passeren en het golfveld in de schaduwzone achter de golfbreker, zal overdracht plaatsvinden van golfenergie.
- Golftransmissie door en over dammen is het verschijnsel waarbij een deel van de golfenergie het afgeschermd gebied binnendringt.
- De eenvoudige rekenmethode gaat altijd uit van een interactie tussen diffractie en transmissie. Hierin wordt rekening gehouden met het feit dat getransmitteerde golven de golfhoogte gradiënten in het golfveld verminderen, waardoor diffractie effecten minder sterk worden.
- Lokale golfgroei in het havenbekken is van belang als er op basis van de windsnelheid, windrichting en de grootste strijklenge verwacht kan worden dat de opgewekte golven significant bijdragen aan de golfsbelasting op de waterkering. Gezien de relatieve hoge windsnelheden onder stormcondities in combinatie met relatief lage golven in de haven (vanuit andere bijdragen) is lokale golfgroei door wind vrijwel altijd van belang en wordt dit altijd meegenomen. Alleen ter plaatse van uitvoerpunten welke direct afgeschermd liggen voor de wind kan lokale golfgroei door wind geen significante rol spelen.
- Golfbreking treedt alleen op bij ondiepe voorlanden. Geadviseerd wordt om de ligging van uitvoerlocaties voor ondiepe voorlanden te kiezen. Golfbreking op voorlanden wordt dan meegenomen door de golfbrekingsmodules uit de WBI software RisKeer en Hydra-NL. Bij extreme brede voorlanden kan alsnog gekozen worden om het effect van golfbreking toe te passen.



Figuur 24 Keuze fysische processen

### 8.3 Berekenen

Nadat de gebruiker gekozen heeft welke fysische processen beschouwd moeten worden (zie paragraaf 8.2) kan een berekening gestart worden door de knop 'Start' te activeren. De voortgangsbalk (zie Figuur 25) geeft de status van de berekening weer. De doorlooptijd van een berekening varieert met het aantal belastingcombinaties dat berekend moet worden.



Figuur 25 Voortgang van de berekening

Na afloop van de berekening verschijnt de melding 'Berekening voltooid'. De knop 'Exporteer fetchlengtes' wordt tevens actief. Hiermee kan een export van de berekende fetchlengtes (ook wel als strijklengtes aangeduid) gedaan worden, die gebruikt worden in de lokale golfgroei-berekening. Dit geëxporteerde bestand kan met een GIS applicatie bekijken worden (zie Figuur 26).



Figuur 26 Voorbeeld fetchengtes voor één van de uitvoerlocaties

Het geëxporteerde shape bestand is een lijnenbestand met voor elke gedefinieerde uitvoerlocatie alle fetchlijnen (lijnen voor 360 windrichtingen, getrokken vanuit de uitvoerlocatie naar de grens van het havenbekken; een dam, een waterkering of de haveningang). Het shape bestand bevat de windrichting (altijd 360 graden), de afstand tussen de uitvoerlocatie en de grens het havenbekken (de fetchlengte), de maximale fetchlengte (per richting, rekening houdend met de fetchlengtes binnen een sector van 30 graden aan weerszijde van de windrichting) en de gemiddelde diepte. Bij het bepalen van de gemiddelde diepte wordt rekening gehouden met de hoogte van de gedefinieerde haventerreinen en de opgegeven bodemligging uit de havenschematisatie (zie ook hoofdstuk 5) langs de beschouwde fetchlengte.

## 8.4 Resultaten

Door de knop 'Volgende' te activeren worden de resultaten van de berekeningen zichtbaar. Voor de verschillende fysische processen zijn de tussenresultaten weergegeven in een tabel. Boven aan de tabel is een keuzelijst opgenomen waarin (in het geval dat alle fysische processen zijn beschouwd in de berekeningen) de volgende keuzeopties zijn weergegeven (zie ook Figuur 27):

- Diffractie
- Transmissie
- Lokale Golfgroei
- Golfbreking
- Gecombineerd
- Golfrichting

The screenshot shows the software interface for HB Havens. The 'Resultaten' tab is active. On the left, there's a sidebar with checkboxes for various project components. The main area is a table titled 'Diffractie' with columns for Location, Load combination, Wave direction, Lr, Beq, Smax, table\_type, X, and Y. The table contains many rows of data.

Figuur 27 Resultaten eenvoudige rekenmethode

De tabel bevat voor elke uitvoerlocatie en elke belastingcombinatie (tussen)resultaten.

### Resultaten Diffractie

De tabel met resultaten voor diffractie bevat:

1. De naam van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
2. De omschrijving van de belastingcombinatie (zie ook hoofdstuk 6).
3. De golfrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee) uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
4. De representatieve golflengte  $L_R$  in m.
5. De equivalente openingsbreedte  $B_{eq}$  in m.
6. De richtingsspreiding  $S_{max}$ .
7. Het type diffractietabel dat is toegepast in de berekening.
8. De afstand X uit het lokale assenstelsel in m.
9. De afstand Y uit het lokale assenstelsel in m.
10. De diffractiecoëfficiënt  $K_d$ .
11. De diffractierichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee).

Zie paragraaf A.2 in Bijlage A voor een nadere toelichting op de methode en formules voor de bepaling van de resultaten uit punt 4 tot en met 11.

### Resultaten Transmissie

De tabel met resultaten voor transmissie bevat:

1. De naam van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
2. De omschrijving van de belastingcombinatie (zie ook hoofdstuk 6).
3. De (zee)waterstand in m +NAP uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
4. De golfrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee) uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).

5. De transmissiecoëfficiënt alfa.
6. De transmissiecoëfficiënt beta.
7. Het vrijboord  $h_k$  in m.
8. De transmissiecoëfficiënt  $K_t$ .

*Zie paragraaf A.3 in Bijlage A voor een nadere toelichting op de methode en formules voor de bepaling van de resultaten uit punt 5 en 6.*

### **Resultaten Lokale golfgroei**

De tabel met resultaten voor lokale golfgroei bevat:

1. De naam van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
2. De omschrijving van de belastingcombinatie (zie ook hoofdstuk 6).
3. De windrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee) uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
4. De windsnelheid in m/s uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
5. De (zee)waterstand in m +NAP uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
6. De windsnelheid op 10 meter hoogte  $U_{10}$  in m/s.
7. De equivalente (maximale) fetchlengte (strikelengte)  $F_{eq}$  in m.
8. De gemiddelde terreinhoogte in m.
9. De gemiddelde waterdiepte  $D$  langs de strikelengte in m.
10. De significante golfoogte  $H_{s,lg}$  als gevolg van lokale golfgroei in m.
11. De golfenergie  $E_{lg}$  als gevolg van lokale golfgroei in  $m^2$ .

*Zie paragraaf A.5 in Bijlage A voor een nadere toelichting op de methode en formules voor de bepaling van de resultaten uit punt 6 tot en met 11.*

### **Resultaten Gecombineerd**

De tabel met resultaten voor de berekening van de gecombineerde energie bevat:

1. De naam van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
2. De omschrijving van de belastingcombinatie (zie ook hoofdstuk 6).
3. De windrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee) uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
4. De windsnelheid in m/s uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
5. De (zee)waterstand in m +NAP uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
6. De significante golfoogte in m uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
7. De piekperiode in s uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
8. De spectrale golfperiode in m uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
9. De golfrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee) uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
10. De diffractiecoëfficiënt  $K_d$ .
11. De transmissiecoëfficiënt  $K_t$ .
12. De gecombineerde diffractie-transmissiecoëfficiënt  $K_{d,t}$  in  $m^2$ .
13. De golfenergie als gevolg van diffractie  $E_d$  in  $m^2$ .
14. De golfenergie als gevolg van transmissie  $E_t$  in  $m^2$ .

15. De golfenergie als gevolg van diffractie en transmissie  $E_{d,t}$ .
16. De significante golfhoogte  $H_{s,lg}$  als gevolg van lokale golfgroei in m.
17. De golfenergie  $E_{lg}$  als gevolg van lokale golfgroei in  $m^2$ .
18. De totale golfenergie  $E_{totaal}$  in  $m^2$ .
19. De significante golfhoogte  $H_{s,totaal}$  in m.
20. De maximale golfhoogte  $H_{s,max}$  (beperkt door breking op hoge voorlanden) in m.
21. De significante golfhoogte  $H_{s,out}$  op de uitvoerlocatie die als resultaat naar de HRD-trajectdatabase wordt weggeschreven in m.
22. De spectrale piekperiode  $T_{m-1,0,out}$  op de uitvoerlocatie die als resultaat naar de HRD-trajectdatabase wordt weggeschreven in s.

*Zie paragraaf A.4 in Bijlage A voor een nadere toelichting op de methode en formules voor de bepaling van de resultaten uit punt 12 tot en met 15.*

*Zie paragraaf A.1.9 in Bijlage A voor een nadere toelichting op de methode en formules voor de bepaling van de resultaten uit punt 18 tot en met 19.*

*Zie paragraaf A.7 in Bijlage A voor een nadere toelichting op de methode en formules van de resultaten uit punt 20.*

### **Resultaten Golfrichting**

De tabel met resultaten voor de berekening van de gecombineerde golfrichting bevat:

1. De naam van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
2. De omschrijving van de belastingcombinatie (zie ook hoofdstuk 6).
3. De windsnelheid in m/s uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
4. De golfenergie als gevolg van diffractie  $E_d$ .
5. De golfenergie als gevolg van transmissie  $E_t$ .
6. De golfenergie als gevolg van lokale golfgroei  $E_{lg}$ .
7. De totale golfenergie  $E_{totaal}$  in  $m^2$ .
8. De windrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee) uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
9. De golfrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee) uit de Hydraulische Belastingen in het steunpunt (zie ook hoofdstuk 6).
10. De diffractierichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee).
11. De gecombineerde golfrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee).

*Zie paragraaf A.1.9 in Bijlage A voor een nadere toelichting op de methode en formules voor de bepaling van de resultaten uit punt 11.*

## 9 De geavanceerde rekenmethode

### 9.1 Inleiding

In de geavanceerde rekenmethode wordt gebruik gemaakt van golfmodelleringssoftware om de golfcondities op locaties in een havenbekken te bepalen. In deze versie van HB Havens is gekozen om gebruik te maken van (een combinatie van) golfmodelleringssoftware SWAN en PHAROS. Het SWAN model wordt gebruikt om het effect van golfgroei, refractie, reflectie transmissie en dissipatie te bepalen en PHAROS om het effect van golndoording (rekening houdend met de refractie, diffractie en reflectie) te bepalen. De geavanceerde rekenmethode is een implementatie van de rekenschema's zoals beschreven in Bijlage D (SWAN) en Bijlage F (PHAROS). Het toepassen van de geavanceerde rekenmethode bestaat uit de volgende stappen:

1. Het, voor elke belastingcombinatie, iteratief bepalen van de initiële golfcondities op de randen van het SWAN rekenmodel, waarmee de golfcondities in het gekozen steunpunt nabij de haveningang gereproduceerd kunnen worden.
2. Het, voor elke belastingcombinatie, berekenen van de golfcondities met SWAN voor de verschillende uitvoerlocaties in de haven op basis van een berekening met golndoording.
3. Het, voor elke belastingcombinatie, berekenen van de golfcondities met SWAN voor de verschillende uitvoerlocaties in de haven op basis van een berekening met transmissie.
4. Het, voor elke belastingcombinatie, berekenen van de golfcondities met SWAN voor de verschillende uitvoerlocaties in de haven op basis van een berekening met wind.
5. Het, voor elke belastingcombinatie, combineren van de rekenresultaten uit voorgaande stappen tot een totale golfenergie voor de verschillende uitvoerlocaties.
6. Het kiezen van golfrichtingen en golffrequenties instellingen op basis waarvan voor elke belastingcombinatie een golfspectrum kan worden afgeleid.
7. Het selecteren van de golfspectrum bins (golfrichtingen en golffrequenties) waarvoor PHAROS berekeningen gemaakt moeten worden.
8. Het uitvoeren van de PHAROS berekeningen voor de gekozen golfspectrum bins en het inlezen van de berekende resultaten.

HB Havens dwingt de volgorde van deze stappen af, aangezien resultaten van een voorgaande stap in de volgende stap gebruikt kunnen worden.

Aandachtspunten voor het toepassen van de geavanceerde methode met SWAN of SWAN en PHAROS zijn beschreven door Benit (2019)<sup>9</sup> en van Vledder (2019)<sup>10</sup>. Beide documenten zijn aanwezig in de documentatiefolder in de map "Overige" ("..../Overige" ten opzichte van dit bestand).

### 9.2 Berekeningen met SWAN

Bij het uitvoeren van de SWAN berekeningen wordt verondersteld dat basiskennis van het gebruik van SWAN en de interpretatie van de resultaten aanwezig is.

<sup>9</sup> vvc103me1r7.pdf

<sup>10</sup> "Memo geavanceerde methode in HB Havens (083964157 A).pdf"

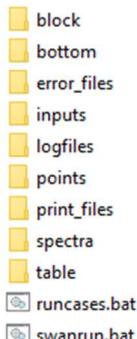
### 9.2.1 SWAN Master template

Uitgangspunt in alle SWAN berekeningen is dat de gebruiker beschikt over een SWAN modelschematisatie van de betreffende haven. Deze modelschematisatie bestaat uit:

1. een bathymetrie bestand van de bodem van de haven en
2. een SWAN master template waarin o.a. de invoergegevens opgenomen zijn voor het faciliteren van de Hydraulische Belastingcondities zoals golven, wind en waterstand en alle objecten in de haven zijn opgenomen.

Alvorens de gebruiker overgaat tot productie berekeningen met HB Havens moet een SWAN Master template klaargezet te worden. De gebruiker wordt geadviseerd aandacht te besteden aan het convergentie gedrag van het model voor verschillende Hydraulische Belastingcondities. Tevens wordt aanbevolen om de primaire keringen mee te schematiseren via 'obstacles' indien de reflectie op deze keringen een significante invloed kunnen hebben op dieper in de haven gelegen uitvoerlocaties. Daarnaast moet het gehele havengebied meegenomen worden in de SWAN schematisatie (inclusief de hooggelegen gebieden die in alle berekeningen droog kunnen blijven).

In Bijlage E zijn de voorwaarden en eisen aan het te gebruiken SWAN master template bestand in HB Havens beschreven. De gebruiker is zelf verantwoordelijk voor het aanmaken van een correct SWAN master bestand. Op een aantal eisen wordt door HB Havens gecontroleerd. HB Havens creëert per SWAN rekenstap een werkfolder met de mappenstructuur zoals weergegeven in Figuur 28.



*Figuur 28 Mappenstructuur SWAN berekeningen*

De volgende folders komen voor:

- De folder 'block' waarin resultaten in block uitvoerbestanden door SWAN weggeschreven worden.
- De folder 'bottom' die een kopie van het bathymetry bestand van de haven bevat.
- De folder 'error-files' waarin eventueel foutbestanden door SWAN weggeschreven worden door 'swanrun.bat'.
- De folder 'inputs' bevat:
  - Voor elke belastingcombinatie het ingevulde SWAN master template bestand. De naamgeving van is opgebouwd uit de unieke combinatie van Hydraulische Belastingen: 'D\_[waarde windrichting]\_U\_[waarde windsnelheid]\_h\_[waarde waterstand]'.
  - Een subfolder met daarin een kopie van het SWAN master template bestand.
- De folder 'logfiles' waarin eventueel bestanden met de log van de berekeningen door SWAN weggeschreven worden.

- De folder 'points' met daarin het bestand met de x- en y-coördinaten van de uitvoerlocaties in de haven. In de iteratieberekeningen worden niet de x- en y-coördinaten van de uitvoerlocaties in de haven weggeschreven in dit bestand maar de x- en y-coördinaten van het steunpunt.
- De folder 'print\_files' waarin invoer en tussenresultaten in print uitvoerbestanden door SWAN weggeschreven worden.
- De folder 'spectra' waarin resultaten in spectrum uitvoerbestanden door SWAN weggeschreven worden.
- De folder 'table' waarin resultaten in tabel uitvoerbestanden door SWAN weggeschreven worden.

Daarnaast zijn door HB Havens twee batch bestanden aangemaakt:

- Het bestand 'swanrun.bat' met een standaard script voor het uitvoeren van een SWAN berekening.
- Het bestand 'runcases.bat' met een script waarin voor elke Hydraulische Belastingcombinatie een aanroep van SWAN is opgenomen.

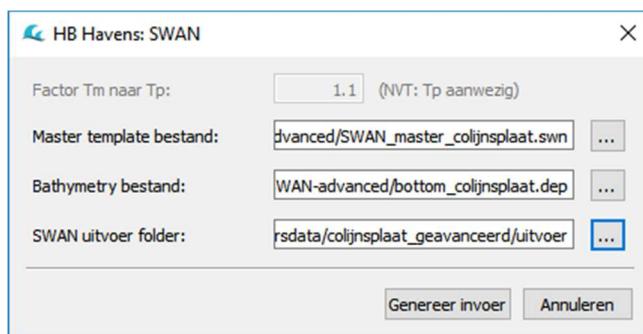
Een voorbeeld van een SWAN master template is uitgewerkt in Bijlage E. Hierin worden tevens een aantal eisen aan invoer gesteld en al de variabelen behandeld die verwacht worden in de template, waaronder de relatieve folders van de resultaten (block, spectra en table uitvoermappen en bottom en points invoermappen).

De afhandeling van de inputs files; errorfiles, logfiles en print files wordt verzorgd door het batch script 'swanrun.bat'.

### 9.2.2 Iteratieberekeningen initiële condities

In het geval dat de gebruiker kiest voor de geavanceerde rekenmethode (zie hoofdstuk 7) dan is de eerste stap het bepalen van de initiële condities aan de modelrand van het SWAN model waarbij de golfcondities in het gekozen steunpunt (nabij de haveningang) identiek zijn aan de golfcondities in het gekozen steunpunt uit de HRD-trajectdatabase. Hiertoe zal de gebruiker standaard drie iteratiestappen moeten doorlopen.

Zodra de eerste stap van de geavanceerde rekenmethode wordt geactiveerd verschijnt het scherm uit Figuur 30. Door op de knop 'Genereer invoerbestanden' te klikken verschijnt het scherm uit Figuur 29.



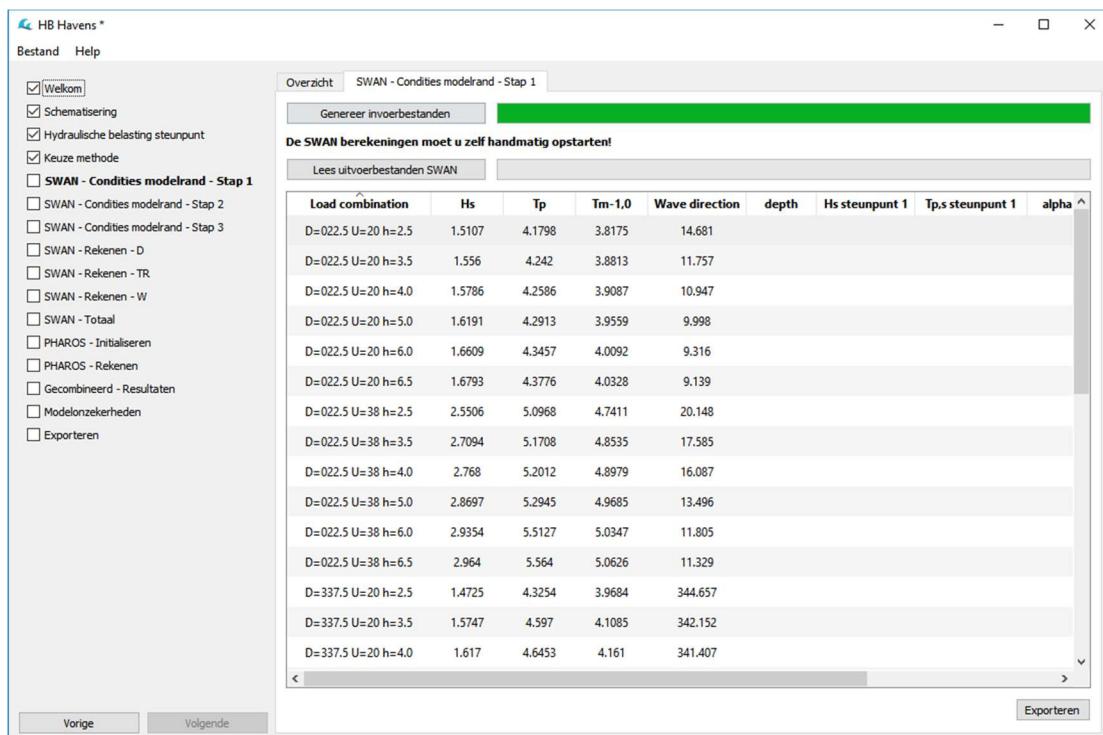
Figuur 29 Keuze opties SWAN

Afhankelijk van de beschikbaarheid van de piekperiode in de HRD-trajectdatabase moet de omrekenfactor van de spectrale golfperiode naar de piekperiode ingevoerd worden. Default wordt hier een waarde van 1.1 aangehouden, maar deze kan aangepast worden. In het hier

beschouwde voorbeeld is de piekperiode beschikbaar in de HRD-trajectdatabase en is deze optie daarom uitgegrijsd.

Vervolgens moet de SWAN master template gekozen worden. Klik op de knop met de puntjes achter het betreffende invoerveld en selecteer het SWAN master template bestand. Kies daarna het bestand met de bathymetry van de haven. Tot slot moet de SWAN uitvoer folder aangewezen worden. In deze folder zal HB Havens alle benodigde invoer wegschrijven voor de verschillende SWAN berekeningen zoals beschreven in SWAN Master template.

Klik op de knop 'Genereer invoer' om de invoerbestanden voor de eerste iteratiestap met SWAN aan te maken. De voortgang van het aanmaken van de invoerbestanden wordt weergegeven.



Figuur 30 Invoer eerste iteratie stap SWAN

In de gekozen SWAN uitvoer folder wordt door HB Havens een folder 'iterations/I1'<sup>11</sup> aangemaakt met de standaard mappenstructuur uit Figuur 28.

### Iteratiestap 1

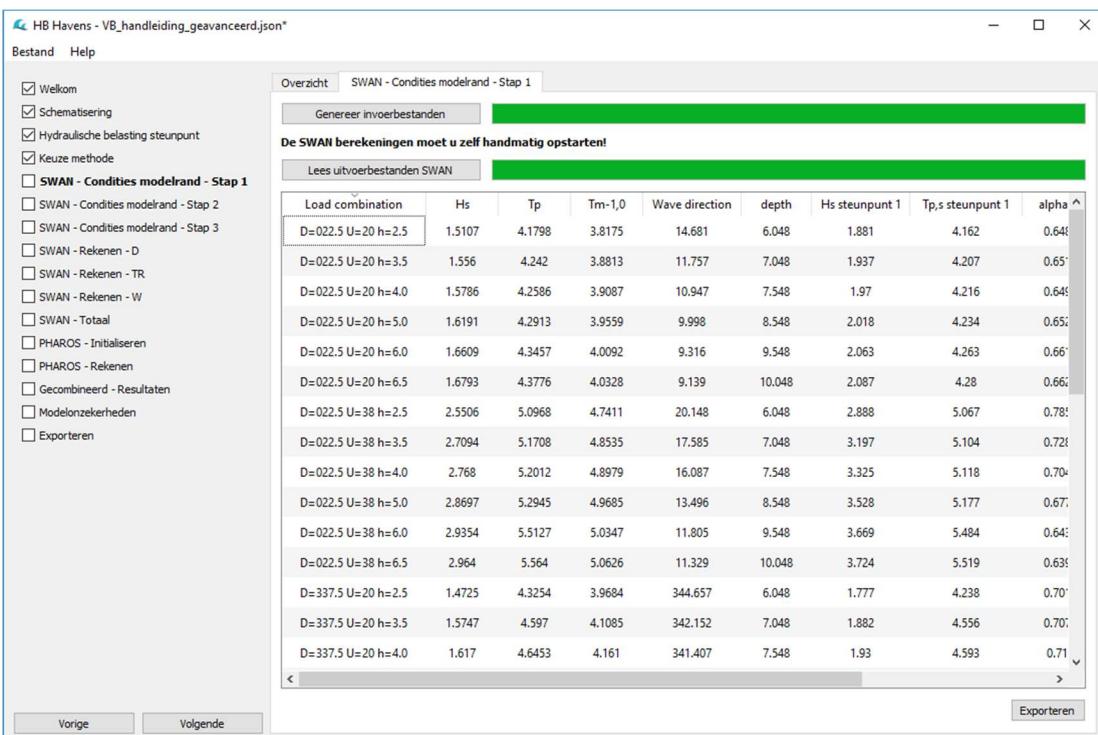
De tabel in het scherm uit Figuur 29 bevat in eerste instantie een regel voor elke Hydraulische Belastingcombinatie, waarbij naast een omschrijving, de waarde van significante golfhoogte  $H_s$ , de piekperiode  $T_p$ , spectrale golfperiode  $T_{m-1,0}$  en de golfrichting zijn opgenomen. Deze condities worden opgelegd aan de rand van het SWAN model van de haven.

Voordat de volgende stap in HB Havens kan worden geactiveerd zullen de SWAN berekeningen behorende bij de eerste iteratiestap uitgevoerd moeten worden. Deze berekeningen kunnen gestart worden door de mappenstructuur te kopiëren naar een computer of rekengrid waarop SWAN is geïnstalleerd en vervolgens het bestand 'runcases.bat' te activeren. Tijdens het uitvoeren van de SWAN berekeningen zou HB Havens afgesloten kunnen worden. Let dan wel op dat alle ingevoerde data opgeslagen worden in het projectbestand (zie paragraaf 4.5) zodat,

<sup>11</sup> I staat voor iteratie en 1 de eerste iteratiestap.

als de SWAN berekeningen gereed zijn, HB Havens weer vanaf iteratiestap 1 gestart kan worden door dit projectbestand te openen (zie paragraaf 4.4).

Zodra alle gedefinieerde SWAN berekeningen zijn uitgevoerd kunnen de resultaten van deze berekeningen door HB Havens ingelezen worden. Kopieer de mappenstructuur met resultaatbestanden (mappen: *spectra* en *table*) terug naar de SWAN uitvoerfolder als de berekeningen op een ander systeem zijn uitgevoerd en start HB Havens met het opgeslagen projectbestand op als HB Havens afgesloten was. Activeer vervolgens de knop 'Lees uitvoerbestanden SWAN' in het scherm uit Figuur 31. De resultaten worden ingelezen en de voortgang wordt weergegeven.



Figuur 31 Resultaten eerste iteratie stap SWAN

De tabel in Figuur 31 bevat nu naast de invoer voor de berekeningen (de Hydraulische Belastingcombinaties in het steunpunt) ook de resultaten van de eerste iteratiestap. Deze bestaan uit:

- depth: de waterdiepte in het steunpunt gegeven de waterstand uit de Hydraulische Belastingcombinatie en het gebruikte bathymetrie bestand.
- Hs steunpunt 1: de door SWAN berekende significante golfhoogte in meter, in het steunpunt op basis van de invoer van de eerste iteratiestap.
- Tp,s steunpunt 1: de door SWAN berekende piekperiode in seconde, in het steunpunt op basis van de invoer van de eerste iteratiestap.

De kans dat tijdens de eerste iteratiestap de berekende significante golfhoogte en piekperiode in het steunpunt gelijk is aan de significante golfhoogte en piekperiode uit de HRD-trajectdatabase in hetzelfde steunpunt, is zeer gering. Daarom wordt in de eerste iteratiestap meteen ook de invoer voor de tweede iteratiestap voorbereid. Voor een beschrijving van de toegepast methode wordt verwezen naar paragraaf D.1.2 in Bijlage D. De resultaten worden eveneens weergegeven in de tabel in het scherm uit Figuur 31.

- alpha 1: de berekende verhoudingsparameter alfa voor de significante golfhoogte.

- beta 1: de berekende verhoudingsparameter beta voor de piekperiode.
- $H_s$  rand 2: de significante golfhoogte die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie voor de tweede iteratiestap.
- $T_{p,s}$  rand 2: de piekperiode die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie voor de tweede iteratiestap.

### **Iteratiestap 2**

Door de knop 'Volgende' te activeren wordt het scherm van de tweede SWAN iteratiestap actief. Het scherm is vrijwel identiek aan het scherm uit de eerste iteratiestap met dat verschil dat in de tabel nu de initiële golfcondities van de tweede iteratiestap zijn opgenomen:

- $H_s$  rand 2: de significante golfhoogte die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie voor de tweede iteratiestap.
- $T_{p,s}$  rand 2: de piekperiode die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie voor de tweede iteratiestap.

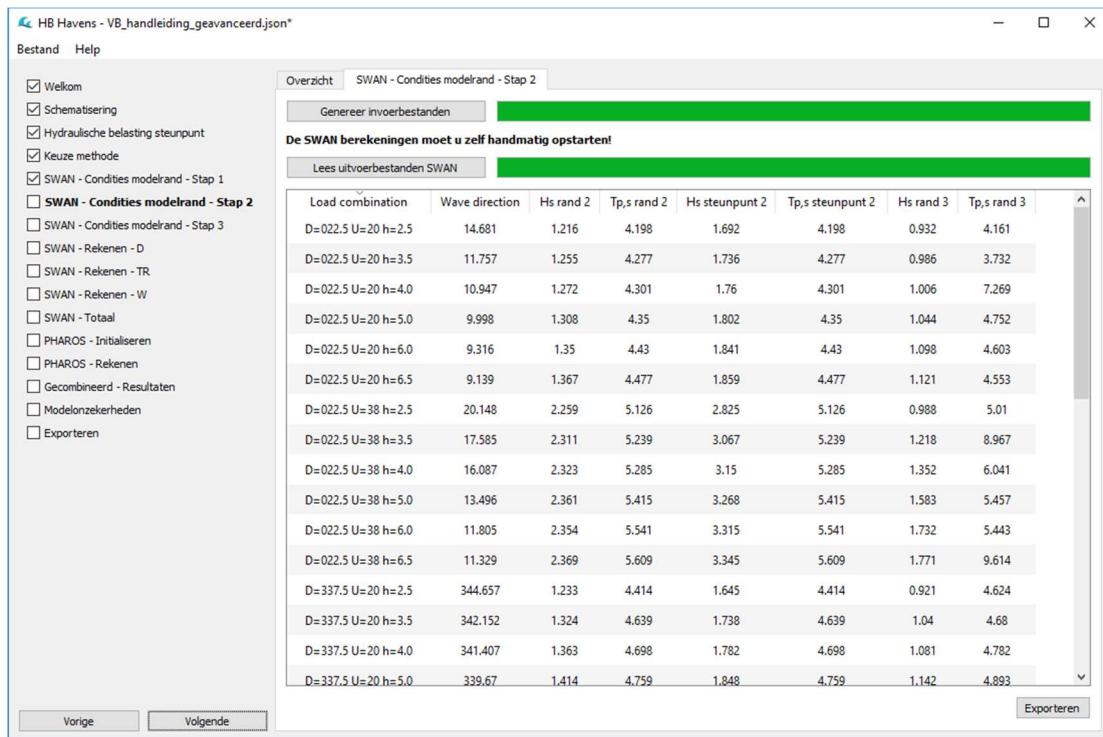
Klik op de knop 'Genereer invoer' om de invoerbestanden voor de tweede iteratiestap met SWAN aan te maken. De voortgang van het aanmaken van de invoerbestanden wordt weergegeven. In de gekozen SWAN uitvoer folder wordt door HB Havens een folder 'iterations/I2'<sup>12</sup> aangemaakt met de standaard mappenstructuur.

Voordat de volgende stap in HB Havens kan worden geactiveerd zullen de SWAN berekeningen behorende bij de tweede iteratiestap uitgevoerd moeten worden. Deze berekeningen kunnen gestart worden door de mappenstructuur te kopiëren naar een computer of rekengrid waarop SWAN is geïnstalleerd en vervolgens het bestand 'runcases.bat' te activeren. Tijdens het uitvoeren van de SWAN berekeningen zou HB Havens afgesloten kunnen worden. Let dan wel op dat alle ingevoerde data opgeslagen worden in het projectbestand (zie paragraaf 4.5) zodat, als de SWAN berekeningen gereed zijn, HB Havens weer vanaf iteratiestap 2 gestart kan worden door dit projectbestand te openen (zie paragraaf 4.4).

---

<sup>12</sup>

I staat voor iteratie en 2 de tweede iteratiestap.



Figuur 32 Resultaten tweede iteratie stap SWAN

Zodra alle gedefinieerde SWAN berekeningen zijn uitgevoerd kunnen de resultaten van deze berekeningen door HB Havens ingelezen worden. Kopieer de mappenstructuur met resultaatbestanden (mappen: *spectra* en *table*) terug naar de SWAN uitvoerfolder als de berekeningen op een ander systeem zijn uitgevoerd en start HB Havens met het opgeslagen projectbestand op als HB Havens afgesloten was. Activeer vervolgens de knop 'Lees uitvoerbestanden SWAN' in het scherm uit Figuur 32. De resultaten worden ingelezen en de voortgang wordt weergegeven.

De tabel in Figuur 32 bevat nu naast de invoer ook de resultaten van de tweede iteratiestap. Deze bestaan uit:

- Hs steunpunt 2: de door SWAN berekende significante golfhoogte in meter, in het steunpunt op basis van de invoer van de tweede iteratiestap.
- Tp,s steunpunt 2: de door SWAN berekende piekperiode in seconde, in het steunpunt op basis van de invoer van de tweede iteratiestap.

Ondanks dat de, in de tweede iteratiestap berekende significante golfhoogte en piekperiode in het steunpunt gelijk zou kunnen zijn aan de significante golfhoogte en piekperiode uit de HRD-trajectdatabase in hetzelfde steunpunt, wordt altijd de invoer van een derde iteratiestap voorbereid. Voor een beschrijving van de toegepast methode wordt verwezen naar paragraaf D.1.3 in Bijlage D. De resultaten worden eveneens weergegeven in de tabel in het scherm uit Figuur 32.

- Hs rand 3: de significante golfhoogte die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie voor de derde iteratiestap.
- Tp,s rand 3: de piekperiode die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie voor de derde iteratiestap.

### Iteratiestap 3

Door de knop 'Volgende' te activeren wordt het scherm van de derde SWAN iteratiestap actief. Het scherm is vrijwel identiek aan het scherm uit de eerste en tweede iteratiestap met dat verschil dat in de tabel nu de initiële golfcondities van de derde iteratiestap zijn opgenomen:

- $H_s$  rand 3: de significante golfoogte die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie voor de derde iteratiestap.
- $T_{p,s}$  rand 3: de piekperiode die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie voor de derde iteratiestap.

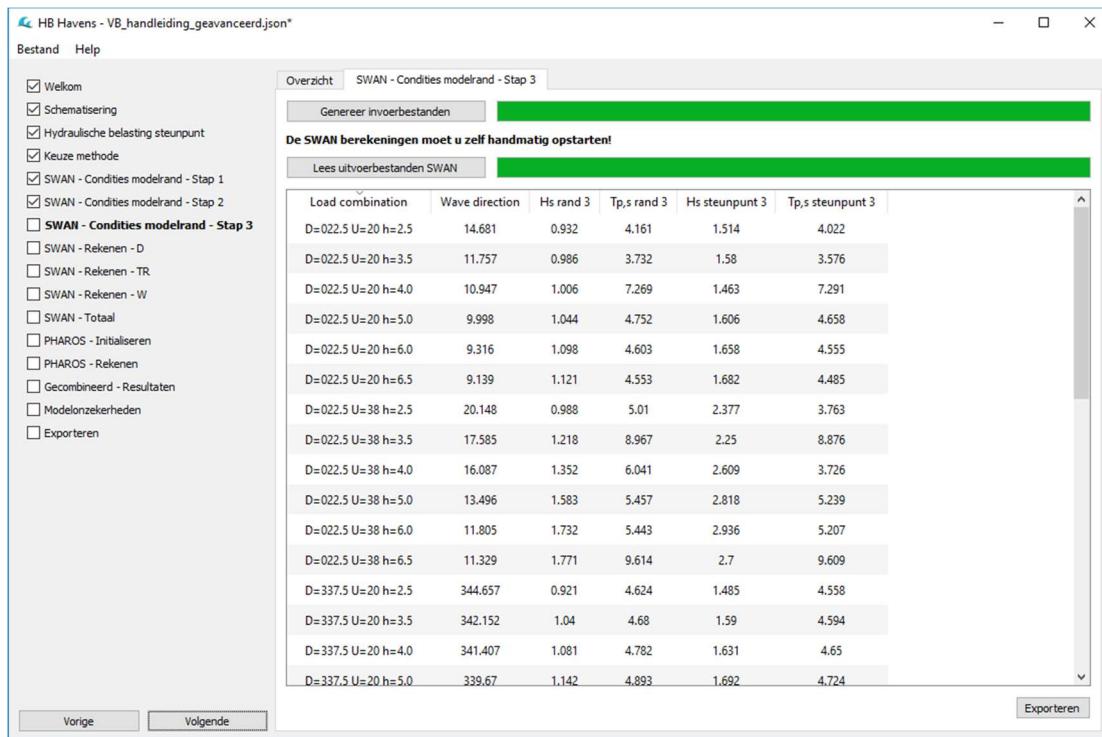
Klik op de knop 'Genereer invoer' om de invoerbestanden voor de tweede iteratiestap met SWAN aan te maken. De voortgang van het aanmaken van de invoerbestand wordt weergegeven. In de gekozen SWAN uitvoer folder wordt door HB Havens een folder 'iterations/I3'<sup>13</sup> aangemaakt met de standaard mappenstructuur.

Voordat de volgende stap in HB Havens kan worden geactiveerd zullen de SWAN berekeningen behorende bij de tweede iteratiestap uitgevoerd moeten worden. Deze berekeningen kunnen gestart worden door de mappenstructuur te kopiëren naar een computer of rekengrid waarop SWAN is geïnstalleerd en vervolgens het bestand 'runcases.bat' te activeren. Tijdens het uitvoeren van de SWAN berekeningen zou HB Havens afgesloten kunnen worden. Let dan wel op dat alle ingevoerde data opgeslagen worden in het projectbestand (zie paragraaf 4.5) zodat, als de SWAN berekeningen gereed zijn, HB Havens weer vanaf iteratiestap 3 gestart kan worden door dit projectbestand te openen (zie paragraaf 4.4).

Zodra alle gedefinieerde SWAN berekeningen zijn uitgevoerd kunnen de resultaten van deze berekeningen door HB Havens ingelezen worden. Kopieer de mappenstructuur met resultaatbestanden (mappen: *spectra* en *table*) terug naar de SWAN uitvoerfolder als de berekeningen op een ander systeem zijn uitgevoerd en start HB Havens met het opgeslagen projectbestand op als HB Havens afgesloten was. Activeer vervolgens de knop 'Lees uitvoerbestanden SWAN' in het scherm uit Figuur 33. De resultaten worden ingelezen en de voortgang wordt weergegeven.

---

<sup>13</sup> I staat voor iteratie en 3 de derde iteratiestap.



Figuur 33 Resultaten derde iteratie stap SWAN

De tabel in Figuur 33 bevat nu naast de invoer ook de resultaten van de derde iteratiestap.

Deze bestaan uit:

- Hs steunpunt 3: de door SWAN berekende significante golftop in meter, in het steunpunt op basis van de invoer van de derde iteratiestap.
- Tp,s steunpunt 3: de door SWAN berekende piekperiode in seconde, in het steunpunt op basis van de invoer van de derde iteratiestap.

De, met SWAN berekende waarde van de significante golftop en piekperiode in de derde iteratie mag nu niet meer significant afwijken van de significante golftop en piekperiode uit de HRD-trajectdatabase in het gekozen steunpunt.

De invoer van de laatste iteratiestap wordt gebruikt voor de daadwerkelijk te berekenen effecten van golfgroei door wind op de uitvoerlocaties in de haven.

### 9.2.3 SWAN berekening golfdoordinging (D)

Door de knop 'Volgende' te activeren wordt het scherm voor de SWAN berekening van golfdoordinging (D) actief. Het scherm is vrijwel identiek aan de schermen uit de iteratiestappen. In de tabel zijn de initiële golfcondities van de derde iteratiestap opgenomen die aan de randen van de havenschematisatie worden toegewezen:

- H<sub>s</sub> rand 3: de significante golftop die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie.
- T<sub>p,s</sub> rand 3: de piekperiode die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie.

Klik op de knop 'Genereer invoer' om de invoerbestanden voor de berekening van golfdoordinging met SWAN aan te maken. De voortgang van het aanmaken van de invoerbestand wordt weergegeven. In de gekozen SWAN uitvoer folder wordt door HB Havens een folder 'calculations/D' aangemaakt met de standaard mappenstructuur. In de folder 'points' is nu een tekst bestand opgenomen met de x- en y-coördinaten van alle uitvoerlocaties in de haven.

Voordat de volgende stap in HB Havens kan worden geactiveerd zullen de SWAN berekeningen behorende bij deze berekening uitgevoerd moeten worden. Deze berekeningen kunnen gestart worden door de mappenstructuur te kopiëren naar een computer of rekengrid waarop SWAN is geïnstalleerd en vervolgens het bestand 'runcases.bat' te activeren. Tijdens het uitvoeren van de SWAN berekeningen zou HB Havens afgesloten kunnen worden. Let dan wel op dat alle ingevoerde data opgeslagen worden in het projectbestand (zie paragraaf 4.5) zodat, als de SWAN berekeningen gereed zijn, HB Havens weer vanaf deze stap gestart kan worden door dit projectbestand te openen (zie paragraaf 4.4).

Zodra alle SWAN berekeningen voor golfoordringing zijn uitgevoerd kunnen de resultaten van deze berekeningen door HB Havens ingelezen worden. Kopieer de mappenstructuur met resultaatbestanden (mappen: *spectra* en *table*) terug naar de SWAN uitvoerfolder als de berekeningen op een ander systeem zijn uitgevoerd en start HB Havens met het opgeslagen projectbestand op als HB Havens afgesloten was. Activeer vervolgens de knop 'Lees uitvoerbestanden SWAN' in het scherm uit Figuur 34. De resultaten worden ingelezen en de voortgang wordt weergegeven.

The screenshot shows the HB Havens software interface with the following details:

- Title Bar:** HB Havens - VB\_handleiding\_geavanceerd.json\*
- Menu Bar:** Bestand Help
- Left Sidebar:**
  - Welkom
  - Schematisering
  - Hydraulische belasting steunpunt
  - Keuze methode
  - SWAN - Condities modelrand - Stap 1
  - SWAN - Condities modelrand - Stap 2
  - SWAN - Condities modelrand - Stap 3
  - SWAN - Rekenen - D
  - SWAN - Rekenen - TR
  - SWAN - Rekenen - W
  - SWAN - Total
  - PHAROS - Initialiseren
  - PHAROS - Rekenen
  - Gecombineerd - Resultaten
  - Modelonzekerheden
  - Exporteren
- Top Navigation:** Overzicht SWAN - Rekenen - D
- Buttons:** Genereer invoerbestanden, De SWAN berekeningen moet u zelf handmatig opstarten!, Lees uitvoerbestanden SWAN
- Table:** A large table listing SWAN calculation results for various combinations of wind speed (U) and depth (h). The columns include combination, Hs rand 3, Tp,s rand 3, X, Y, Normaal, Hm0\_D, Tmm10\_D, Tp\_D, Theta0\_D, and a header row.
- Table Data (Excerpt):**

combination	Hs rand 3	Tp,s rand 3	X	Y	Normaal	Hm0_D	Tmm10_D	Tp_D	Theta0_D
.5 U=20 h=6.0	1.193	4.943	48456.769	402627.606	31.2	0.375	4.411	4.956	28.314
.5 U=38 h=6.0	1.781	5.951	48456.769	402627.606	31.2	0.631	5.39	5.997	27.895
.5 U=20 h=6.5	1.219	4.974	48456.769	402627.606	31.2	0.378	4.43	4.997	28.511
.5 U=38 h=6.5	1.847	5.926	48456.769	402627.606	31.2	0.646	5.339	5.959	28.209
.0 U=20 h=2.5	1.104	4.609	48456.769	402627.606	31.2	0.429	4.176	4.626	27.266
.0 U=38 h=2.5	1.19	5.544	48456.769	402627.606	31.2	0.503	5.122	5.568	26.9
.0 U=20 h=3.5	1.152	4.625	48456.769	402627.606	31.2	0.441	4.153	4.636	28.33
.0 U=38 h=3.5	1.377	5.459	48456.769	402627.606	31.2	0.578	4.989	5.502	27.968
.0 U=20 h=4.0	1.171	4.717	48456.769	402627.606	31.2	0.445	4.226	4.685	28.694
.0 U=38 h=4.0	1.589	5.377	48456.769	402627.606	31.2	0.655	4.877	5.376	28.522
.0 U=20 h=5.0	1.23	4.822	48456.769	402627.606	31.2	0.463	4.299	4.755	29.481
.0 U=38 h=5.0	1.813	5.958	48456.769	402627.606	31.2	0.744	5.43	6.008	28.528
.0 U=20 h=6.0	1.28	4.898	48456.769	402627.606	31.2	0.481	4.353	4.855	30.18
.0 U=38 h=6.0	1.971	5.919	48456.769	402627.606	31.2	0.791	5.343	5.95	29.286
.0 U=20 h=6.5	1.304	4.919	48456.769	402627.606	31.2	0.49	4.366	4.901	30.499
- Bottom Buttons:** Vorige, Volgende, Exporteren

Figuur 34 Resultaten SWAN golfoordringing

De tabel in Figuur 34 bevat naast de invoer ook de resultaten van berekening. Deze bestaan uit:

- De x en y-coördinaat van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- De normaal behorende bij de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- $H_{m0\_D}$ : de door SWAN berekende significante golfhoogte in meter, als gevolg van golfdoordringing, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{mm10\_D}$ : de door SWAN berekende spectrale periode in seconde, als gevolg van golfdoordringing, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{p\_D}$ : de door SWAN berekende piekperiode in seconde, als gevolg van golfdoordringing, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $\Theta_{a0\_D}$ : de door SWAN berekende golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee), als gevolg van golfdoordringing, op de betreffende uitvoerlocatie.

De, met SWAN berekende resultaten voor golfdoordringing worden gebruikt voor het afleiden van de golfcondities als gevolg van golfgroei (zie paragraaf 9.2.6).

#### **9.2.4 SWAN berekening transmissie (TR)**

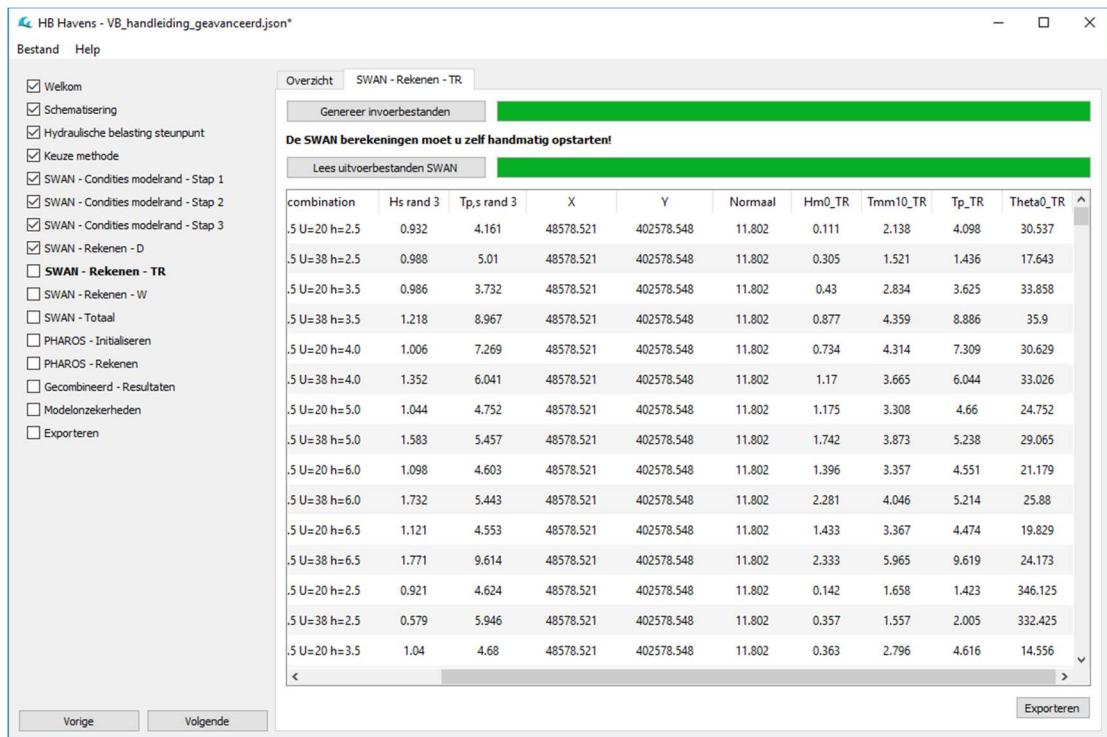
Door de knop 'Volgende' te activeren wordt het scherm voor de SWAN berekening van transmissie (TR) actief. Het scherm is vrijwel identiek aan de schermen uit de iteratiestappen. In de tabel zijn de initiële golfcondities van de derde iteratiestap opgenomen die aan de randen van de havenschematisatie worden toegewezen:

- $H_s$  rand 3: de significante golfhoogte die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie.
- $T_{p,s}$  rand 3: de piekperiode die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie.

Klik op de knop 'Genereer invoer' om de invoerbestanden voor de berekening van golfdoordringing met SWAN aan te maken. De voortgang van het aanmaken van de invoerbestand wordt weergegeven. In de gekozen SWAN uitvoer folder wordt door HB Havens een folder 'calculations/TR' aangemaakt met de standaard mappenstructuur. In de folder 'points' is nu een tekst bestand opgenomen met de x- en y-coördinaten van alle uitvoerlocaties in de haven.

Voordat de volgende stap in HB Havens kan worden geactiveerd zullen de SWAN berekeningen behorende bij deze berekening uitgevoerd moeten worden. Deze berekeningen kunnen gestart worden door de mappenstructuur te kopiëren naar een computer of rekengrid waarop SWAN is geïnstalleerd en vervolgens het bestand 'runcases.bat' te activeren. Tijdens het uitvoeren van de SWAN berekeningen zou HB Havens afgesloten kunnen worden. Let dan wel op dat alle ingevoerde data opgeslagen worden in het projectbestand (zie paragraaf 4.5) zodat, als de SWAN berekeningen gereed zijn, HB Havens weer vanaf deze stap gestart kan worden door dit projectbestand te openen (zie paragraaf 4.4).

Zodra alle SWAN berekeningen voor golfdoordringing zijn uitgevoerd kunnen de resultaten van deze berekeningen door HB Havens ingelezen worden. Kopieer de mappenstructuur met resultaatbestanden (mappen: *spectra* en *table*) terug naar de SWAN uitvoerfolder als de berekeningen op een ander systeem zijn uitgevoerd en start HB Havens met het opgeslagen projectbestand op als HB Havens afgesloten was. Activeer vervolgens de knop 'Lees uitvoerbestanden SWAN' in het scherm uit Figuur 36. De resultaten worden ingelezen en de voortgang wordt weergegeven.



Figuur 35 Resultaten SWAN transmissie

De tabel in Figuur 35 bevat naast de invoer ook de resultaten van berekening. Deze bestaan uit:

- De x en y-coördinaat van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- De normaal behorende bij de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- $H_{m0\_TR}$ : de door SWAN berekende significante golfhoogte in meter, als gevolg van transmissie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{mm10\_TR}$ : de door SWAN berekende spectrale periode in seconde, als gevolg van transmissie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{p\_TR}$ : de door SWAN berekende piekperiode in seconde, als gevolg van transmissie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $\Theta_{a0\_TR}$ : de door SWAN berekende golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee), als gevolg van transmissie, op de betreffende uitvoerlocatie.

De, met SWAN berekende resultaten voor transmissie worden gebruikt voor het afleiden van de golfcondities als gevolg van golfgroei (zie paragraaf 9.2.6).

### 9.2.5 SWAN berekening wind (W)

Door de knop 'Volgende' te activeren wordt het scherm voor de SWAN berekening van de wind (W) actief. Het scherm is vrijwel identiek aan de schermen uit de iteratiestappen. In de tabel zijn de initiële golfcondities van de derde iteratiestap opgenomen die aan de randen van de havenschematisatie worden toegewezen:

- $H_s$  rand 3: de significante golfhoogte die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie.
- $T_{p,s}$  rand 3: de piekperiode die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie.

Klik op de knop 'Genereer invoer' om de invoerbestanden voor de berekening van wind met SWAN aan te maken. De voortgang van het aanmaken van de invoerbestand wordt weergegeven. In de gekozen SWAN uitvoer folder wordt door HB Havens een folder

'calculations/W' aangemaakt met de standaard mappenstructuur. In de folder 'points' is nu een tekst bestand opgenomen met de x- en y-coördinaten van alle uitvoerlocaties in de haven.

Voordat de volgende stap in HB Havens kan worden geactiveerd zullen de SWAN berekeningen behorende bij deze berekening uitgevoerd moeten worden. Deze berekeningen kunnen gestart worden door de mappenstructuur te kopiëren naar een computer of rekengrid waarop SWAN is geïnstalleerd en vervolgens het bestand 'runcases.bat' te activeren. Tijdens het uitvoeren van de SWAN berekeningen zou HB Havens afgesloten kunnen worden. Let dan wel op dat alle ingevoerde data opgeslagen worden in het projectbestand (zie paragraaf 4.5) zodat, als de SWAN berekeningen gereed zijn, HB Havens weer vanaf deze stap gestart kan worden door dit projectbestand te openen (zie paragraaf 4.4).

Zodra alle SWAN berekeningen voor golffoording zijn uitgevoerd kunnen de resultaten van deze berekeningen door HB Havens ingelezen worden. Kopieer de mappenstructuur met resultaatbestanden (mappen: *spectra* en *table*) terug naar de SWAN uitvoerfolder als de berekeningen op een ander systeem zijn uitgevoerd en start HB Havens met het opgeslagen projectbestand op als HB Havens afgesloten was. Activeer vervolgens de knop 'Lees uitvoerbestanden SWAN' in het scherm uit Figuur 36. De resultaten worden ingelezen en de voortgang wordt weergegeven.

Figuur 36 Resultaten SWAN wind

De tabel in Figuur 36 bevat naast de invoer ook de resultaten van berekening. Deze bestaan uit:

- De x en y-coördinaat van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- De normaal behorende bij de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- $H_{m0\_W}$ : de door SWAN berekende significante golfhoogte in meter, als gevolg van wind, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{mm10\_W}$ : de door SWAN berekende spectrale periode in seconde als, gevolg van wind, op de betreffende uitvoerlocatie.

- $T_{p,w}$ : de door SWAN berekende piekperiode in seconde als, gevolg van wind, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $\Theta_{0,w}$ : de door SWAN berekende golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee) als, gevolg van wind, op de betreffende uitvoerlocatie.

De, met SWAN berekende resultaten voor wind worden gebruikt voor het afleiden van de golfcondities als gevolg van golfgroei (zie paragraaf 9.2.6).

### 9.2.6 Combinatie SWAN resultaten

Door de knop 'Volgende' te activeren wordt het scherm actief waarin de gecombineerde SWAN resultaten worden gepresenteerd. Het betreffen de golfcondities op de uitvoerlocaties als gevolg van alleen golfgroei.

	Location	X	Y	Normaal	Load combination	Hs	Tp	Tm-1,0	Wave direc.
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=2.5	1.5107	4.1798	3.8175	14.681	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=2.5	2.5506	5.0968	4.7411	20.146	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=3.5	1.556	4.242	3.8813	11.751	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=3.5	2.7094	5.1708	4.8535	17.585	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=4.0	1.5786	4.2586	3.9087	10.947	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=4.0	2.768	5.2012	4.8979	16.087	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=5.0	1.6191	4.2913	3.9559	9.998	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=5.0	2.8697	5.2945	4.9685	13.496	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=6.0	1.6609	4.3457	4.0092	9.316	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=6.0	2.9354	5.5127	5.0347	11.805	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=6.5	1.6793	4.3776	4.0328	9.139	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=6.5	2.964	5.564	5.0626	11.325	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=20 h=2.5	1.4725	4.3254	3.9684	344.65	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=38 h=2.5	2.315	5.1642	4.7392	349.11	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=20 h=3.5	1.5747	4.597	4.1085	342.15	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=38 h=3.5	2.5197	5.3666	4.9362	347.07	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=20 h=4.0	1.617	4.6453	4.161	341.40	
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=38 h=4.0	2.6188	5.5682	5.0286	346.04	

Figuur 37 Resultaten voor golfgroei, golfransmissie, refractie en dissipatie door combinatie SWAN berekeningen

De tabel in Figuur 36 bevat:

- De naam van de uitvoerlocatie.
- De x en y-coördinaat van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- De normaal behorende bij de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- De omschrijving van de berekende Hydraulische Belastingcombinatie.
- De significante golftrekkingshoogte in meter in het steunpunt.
- De piekperiode in seconde in het steunpunt.
- De spectrale golfperiode in seconde in het steunpunt.
- De golfrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee) in het steunpunt.
- $H_s$  rand 3: de significante golftrekkingshoogte die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie.
- $T_{p,s}$  rand 3: de piekperiode die opgelegd wordt aan de randen van de havenschematisatie.

- $H_{m0\_D}$ : de door SWAN berekende significante golfhoogte in meter, als gevolg van golfdoordinging, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{mm10\_D}$ : de door SWAN berekende spectrale periode in seconde, als gevolg van golfdoordinging, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_p\_D$ : de door SWAN berekende piekperiode in seconde, als gevolg van golfdoordinging, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $\Theta_{a0\_D}$ : de door SWAN berekende golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee), als gevolg van golfdoordinging, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $H_{m0\_TR}$ : de door SWAN berekende significante golfhoogte in meter, als gevolg van transmissie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{mm10\_TR}$ : de door SWAN berekende spectrale periode in seconde, als gevolg van transmissie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_p\_TR$ : de door SWAN berekende piekperiode in seconde, als gevolg van transmissie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $\Theta_{a0\_TR}$ : de door SWAN berekende golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee), als gevolg van transmissie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $H_{m0\_W}$ : de door SWAN berekende significante golfhoogte in meter, als gevolg van wind, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{mm10\_W}$ : de door SWAN berekende spectrale periode in seconde als, gevolg van wind, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_p\_W$ : de door SWAN berekende piekperiode in seconde als, gevolg van wind, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $\Theta_{a0\_W}$ : de door SWAN berekende golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee) als, gevolg van wind, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $H_{m0\_swan}$ : de significante golfhoogte in meter, als gevolg van golfgroei, transmissie, golfbreken en refractie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{mm10\_swan}$ : de spectrale periode in seconde, als gevolg van golfgroei, transmissie, golfbreken en refractie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_p\_swan$ : de piekperiode in seconde, als gevolg van golfgroei, transmissie, golfbreken en refractie, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $\Theta_{a0\_swan}$ : de golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee), als gevolg van gevolg van golfgroei, transmissie, golfbreken en refractie, op de betreffende uitvoerlocatie.

De laatste vier uitkomsten zijn bepaald met de formules uit paragraaf D.2 in Bijlage D.

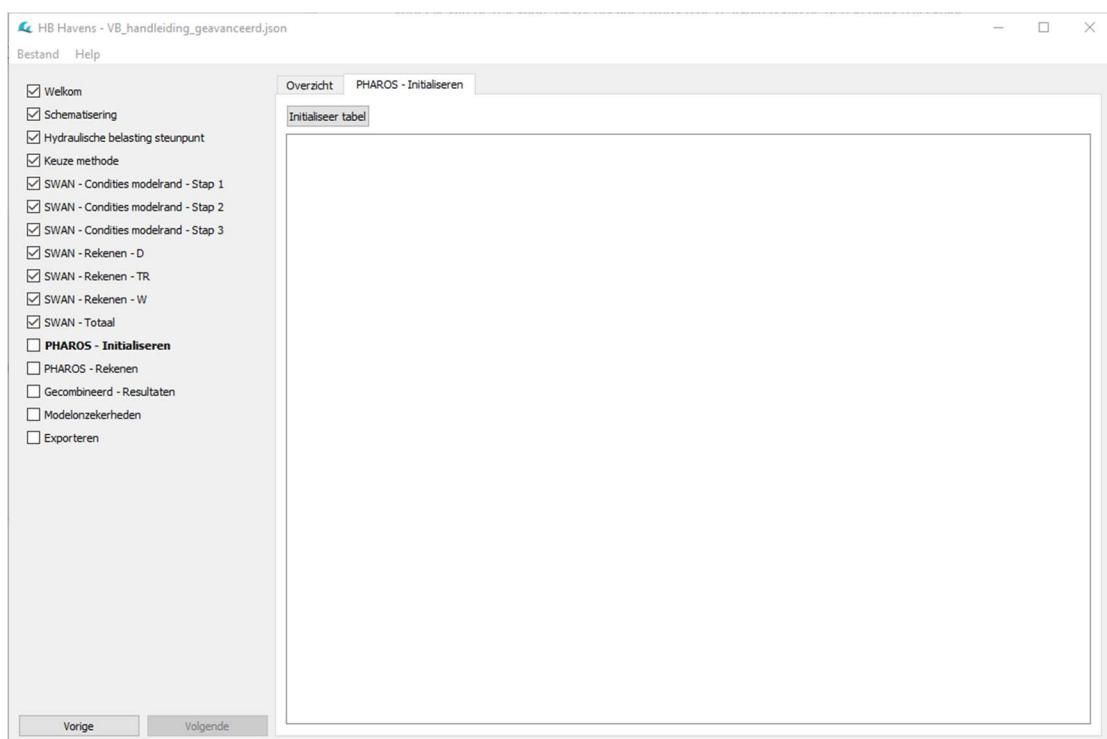
## 9.3 Berekeningen met PHAROS

Bij het uitvoeren van de PHAROS berekeningen wordt verondersteld dat basiskennis van het gebruik van PHAROS en de interpretatie van de resultaten aanwezig is.

De berekening met PHAROS is aanvullend op de SWAN berekening met als doel het effect van golffoerdring te bepalen voor havens waar met name diffractie belangrijk is voor de Hydraulische Belasting in de haven. De aanpak voor PHAROS wijkt af van de aanpak van SWAN. Waar bij SWAN een berekening voor elke belastingcombinatie en voor elke uitvoerlocatie gemaakt moet worden, worden in PHAROS berekeningen gemaakt aan de hand van een gediscreet golfspectrum op basis van één of meerdere frequentie- en richting bins. HB Havens toont aan de gebruiker de relevante bins op basis van alle voorkomende belastingcombinaties in het steunpunt waarna de gebruiker de te analyseren bins kan selecteren

### 9.3.1 Instellingen afleiden golfspectrum

De schermen voor PHAROS kunnen pas geactiveerd worden nadat alle resultaten van de SWAN berekeningen zijn ingelezen (zie paragraaf 9.2). Door in het scherm met SWAN resultaten op de knop ‘Volgende’ te klikken wordt het scherm uit Figuur 38 zichtbaar.



Figuur 38 PHAROS initieel scherm

In dit scherm wordt een tabel geladen overeenkomstig een tweedimensionaal golfspectrum op basis van alle Hydraulische Belastingcombinaties uit het steunpunt. Dit spectrum is enerzijds opgedeeld in golfrichting bins en anderzijds in energie bins. Voordat het tweedimensionaal golfspectrum berekend wordt kunnen voorafgaand instellingen aangepast worden door op de knop ‘Initialiseer tabel’ te klikken. Het scherm uit Figuur 39 verschijnt.

**HB Havens: PHAROS**

**Hydraulische belastingen**

- Max. significante golfhoogte: 3.131 m
- Factor Tm naarTp: 1.1
- Waterdiepte voor golflengte: m + NAP

**Golfrichtingen**

- Laagste waarde: [0-360] 0 graden (nautisch)
- Hoogste waarde [0-360]: 360 graden (nautisch)
- Klassegrootte [1-360]: 5 graden

**Frequenties**

- Ondergrens [0.120 - 0.718]: Hz
- Bovengrens [0.120 - 0.718]: Hz
- Aantal klassen [1-50]: 20
- Frequentie schaal: lineair

**2D golfspectrum**

- Spreiding [10-70]: 10.0 graden
- JONSWAP peak enhancement factor γ [1-7]: 3.3
- Signaleringswaarde energie ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ): 0.01

**Paden**

- Uitvoermap:
- Schematisatiemap:

**Te simuleren waterstanden**

- 2.5    4.0    6.0
- 3.5    5.0    6.5

**Transformatie voor coördinatenstelsel**

- Δx [RD + Δx = lokaal]:
- Δy [RD + Δy = lokaal]:

**Genereer tabel** **Annuleren**

Figuur 39 PHAROS instellingen

Het scherm met instellingen is opgedeeld in 7 onderwerpen:

1. Hydraulische Belastingen
2. Golfrichtingen (bins)
3. Frequenties (bins)
4. 2D golfspectrum
5. Paden
6. Waterstanden
7. Transformatie coördinatenstelsel

### Instellingen voor Hydraulische Belastingen

Afhankelijk van de beschikbaarheid van de piekperiode in de HRD-trajectdatabase moet de omrekenfactor van de spectrale golfperiode naar de piekperiode ingevoerd worden. Default wordt hier een waarde van 1.1 aangehouden, maar deze kan door de gebruiker aangepast worden.

Onder het veld voor de omrekenfactor kan een waterdiepte opgegeven worden die gebruikt wordt bij het inschatten van de golflengte behorende bij een specifieke frequentie (bin). Geadviseerd wordt om een relevante ondiepte te kiezen waarvoor PHAROS nog moet kunnen rekenen, opdat de gebruiker informatie krijgt over de golflengte ter plaatse (dit ten behoeve van de benodigde celgrootte/gridresolutie binnen PHAROS).

### **Instellingen voor golfrichtingen (bins)**

Het te berekenen tweedimensionale golfspectrum kan opgedeeld worden in verschillende golfrichting bins. Het aantal bins en klassegrootte van de bins wordt bepaald door de parameters (grenswaarde tussen blokwaarden weergegeven):

- Laagste waarde voor de golfrichting die beschouwd moet worden;
- Hoogste waarde voor de golfrichting die beschouwd moet worden;
- Grootte van elke golfrichting bin.

Het aantal bins wordt vervolgens bepaald door het verschil tussen de gekozen hoogste en laagste waarden, gedeeld door de klassegrootte van de bins.

De keuze van deze parameters is mede bepalend voor de rekenlast met PHAROS. Hoe meer bins des te meer berekeningen er uitgevoerd moeten worden.

### **Instellingen voor frequenties (bins)**

Het te berekenen tweedimensionale golfspectrum kan opgedeeld worden in verschillende frequentie bins. Het aantal bins en klassegrootte van de bins wordt door de parameters (grenswaarde tussen blokwaarden weergegeven):

- Ondergrens van de frequentie die beschouwd moet worden<sup>14</sup>;
- Bovengrens van de frequentie die beschouwd moet worden<sup>14</sup>;
- Het aantal bins;
- De verdeling van de frequentie tussen de onder- en bovengrens. Dit betreft een keuzeveld met de opties: (1) lineaire verdeling of (2) logaritmische verdeling.

De klassegrootte van de frequentie bins wordt bepaald door het verschil tussen de gekozen boven- en ondergrens van de frequentie gedeeld door het aantal bins (in het geval dat een lineaire verdeling is gekozen) of op basis van een logaritmische verloop (in het geval dat een lineaire verdeling is gekozen).

De keuze van deze parameters is mede bepalend voor de rekenlast met PHAROS. Hoe meer bins des te meer berekeningen er uitgevoerd moeten worden.

### **Tweedimensionaal golfspectrum**

Het tweedimensionale golfspectrum wordt berekend als een JONSWAP spectrum (Hasselmann et al, 1973). Hierbij worden de parameter ‘spreiding’ en ‘peak enhancement factor’ toegepast (zie ook paragraaf F.1 in Bijlage F). Beide parameters hebben een default waarde die aan te passen zijn.

Daarnaast kan een signaleringswaarde van de golfenergie opgegeven worden. Deze signaleringswaarde wordt gebruikt om te bepalen of een golffrequentie bin behorende bij een golfrichting bin wel of niet beschouwd moet worden bij het bepalen van de benodigde PHAROS berekeningen (zie Bijlage F).

---

<sup>14</sup> Het bereik van de frequentie wordt door HB Havens bepaald op basis van de range in piekperiode van de verschillende Hydraulische Belastingcombinaties in het steunpunt.

## Paden

Er moeten twee verwijzingen naar mappen gedefinieerd worden:

- Een map met daarin de PHAROS schematisatie(s) die gebruikt moeten worden.
- Een map waarin HB Havens de invoerbestanden voor de berekeningen met PHAROS aan maakt (de uitvoermap).

De map met PHAROS schematisatie(s) bevat één of meerdere schematisaties van een haven (elke schematisatie in een submap met een unieke naam). In PHAROS worden schematisaties aangemaakt voor specifieke golfrichtingsvelden omdat de reflectiecoëfficiënten in PHAROS afhankelijk zijn van de inkomende golfrichting. In een volgende stap in HB Havens kunnen specifieke golfrichting bins toegewezen worden aan één van de PHAROS schematisaties.

Een PHAROS schematisatie bestaat minimaal uit de volgende bestanden:

- Een definitie bestand van het betreffende PHAROS project 'projects.pha' met informatie van het grid, de berekeningen, etc.;
- Een background bestand [projectnaam]\_backgr\_[gridnaam] met punten en elementen van het onderliggende rekengrid wat gebaseerd is op de door de gebruiker geïmporteerde bodem file. Dit grid wordt door PHAROS gebruikt voor het genereren van het aanpasbare (edit) grid bestand;
- Een bodem bestand [projectnaam]\_bottom\_[gridnaam] met de, door de gebruiker geïmporteerde bodem data, geconverteerd naar het PHAROS formaat;
- Een boundary bestand [projectnaam]\_bound\_[gridnaam] met de randpunten van het rekengrid, gegroepeerd per segment, zoals gedefinieerd door de gebruiker;
- Een edit grid bestand [projectnaam]\_editgr\_[gridnaam] met de punten en elementen van het rekengrid zoals die gegenereerd is door ACE/gredit;
- Een grid bestand [projectnaam]\_gridbn\_[gridnaam] met de informatie van het rekendomein zoals gegenereerd door ACE/gredit;
- Een layout bestand [projectnaam]\_layout\_[gridnaam] met de, door de gebruiker gedefinieerde layout, geconverteerd naar het PHAROS formaat;
- Een genereerde mesh bestand [projectnaam]\_meshgen\_[gridnaam].inp voor de meshgen routine die het gegenereerde rekengrid wegschrijft in een sepran format.
- Eventueel een correctie bestand [projectnaam]\_depthcor\_[gridnaam] voor lokale aanpassingen aan het bodemgrid;
- Een template invoerbestand voor PHARCON [projectnaam]\_pharcon\_[gridnaam]\_[schematisatiennaam].inp met informatie van de inkomende golfcondities (data wordt opgeslagen in de NEFIS data files).
- Een invoerbestand [projectnaam]\_phaspc\_[gridnaam]\_[schematisatiennaam].inp voor de spectrale berekeningen.

## Waterstanden

In dit blok worden alle unieke waterstanden uit de Hydraulische Belastingcombinaties in het steunpunt weergegeven. Plaats een vinkje voor alle waterstanden die beschouwd moeten worden in de PHAROS berekeningen.

De keuze van deze parameters is mede bepalend voor de rekenlast met PHAROS. Hoe meer waterstanden des te meer berekeningen er uitgevoerd moeten worden. Overigens zijn alle waterstanden wel noodzakelijk om een voldoende gevulde HRD database voor de haven te kunnen genereren.

## Transformatie coördinatenstelsel

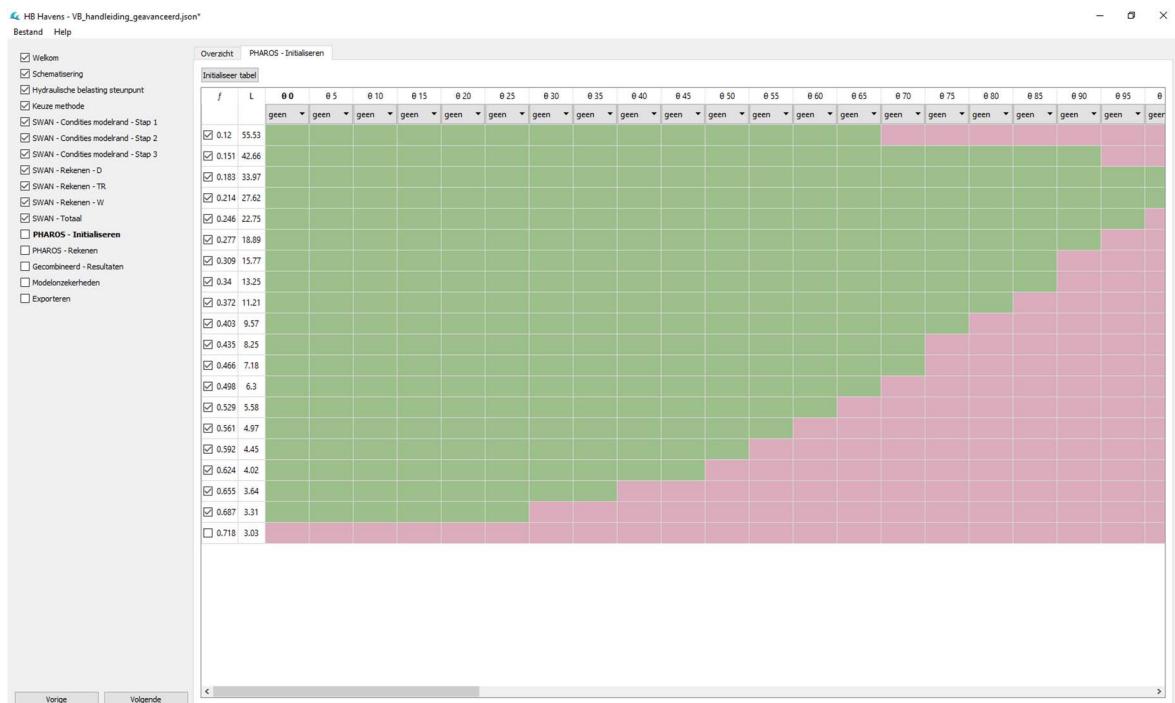
PHAROS maakt gebruik van een lokaal assenstelsel. Voer de waarde van  $\Delta x$  en  $\Delta y$  in om de RD coördinaten (van bijvoorbeeld de uitvoerlocaties) om te kunnen rekenen naar het lokale assenstelsel.

Sluit het scherm met instellingen door de knop 'Genereer tabel' te activeren. Het instellingen scherm kan altijd weer zichtbaar gemaakt worden voor eventuele aanpassingen. Let wel op dat dan de tabel van het spectrum opnieuw gegenereerd moeten worden, met andere woorden: bij aanpassingen van de instellingen altijd het scherm sluiten met de knop 'Genereer tabel'.

### 9.3.2 Keuze van spectrum bins

Op basis van gekozen instellingen (zie paragraaf 9.3.1) wordt een tabel getoond van een gecombineerd tweedimensionaal golfspectrum (zie Figuur 40). Het gecombineerd tweedimensionaal golfspectrum bestaat uit een tabel met:

1. Op de horizontale as alle golfrichting bins (in graden ten opzichte van Noord en positief met de klok mee). De getoonde waarde is de eerste waarde uit de bin die meedoet. Bij elke golfrichting bin is een keuzeveld opgenomen (default 'geen') waarin de beschikbare PHAROS schematisaties als keuze opties beschikbaar zijn. Kies voor elke golfrichting bin met welke schematisatie deze doorgerekend moet worden. Het is heel goed denkbaar (om het aantal schematisaties te beperken) dat meerdere golfrichting bins aan dezelfde PHAROS schematisatie worden toegekend. Wanneer een golfrichting niet beschouwd moet worden in de PHAROS berekeningen kan de optie 'geen' gekozen worden.
2. Op de verticale as alle frequentie bins (in 1/seconde). De getoonde waarde is de eerste waarde uit de bin die meedoet. Voor elke waarde van de frequentie is ter referentie ook de waarde van de golflengte (in meter) weergegeven (zie paragraaf F.2 in Bijlage F). Voor elke frequentie bin is een vink optie opgenomen in de tabel. Door een frequentie bin aan te vinken wordt deze beschouwd in de PHAROS berekeningen.



Figuur 40 PHAROS golfspectrum – omhullende spectrale bins

3. De inhoud van de tabel bestaat verder uit vlakken voor elke combinatie van een golfrichting en een frequentie bin. Sommige vlakken zijn groen en andere en licht rood gekleurd. Groene vlakken bevatten golfenergie (groter dan de gekozen signaleringswaarde uit de instellingen; zie paragraaf 9.3.1) en rode vlakken niet.

De tabel uit Figuur 40 is ontstaan door:

1. voor elke Hydraulische Belastingcombinatie in het steunpunt een JONSWAP spectrum te berekenen.
2. voor elke combinatie van golfrichting en frequentie bin, de golfenergie te berekenen en te bepalen of deze de gekozen signaleringswaarde overschrijdt of niet. Indien dit het geval is dan wordt een vlaggetje geplaatst bij de combinatie van golfrichting en frequentie bin (vlak kleurt groen).
3. voor alle combinaties van golfrichting en frequentie bins en voor alle Hydraulische Belastingcombinaties, per combinatie van golfrichting en frequentie bin te bepalen of er een vlaggetje gezet is of niet. Als er geen vlaggetje gezet zijn dan resulteert dit in een rood vlak in het golfspectrum en anders een groen vlak.

Op basis van de groene en rode vlakken in het gecombineerde golfspectrum zal nu een keuze gemaakt moeten worden welk frequentie bins en welke richting bins in de PHAROS berekeningen beschouwd moeten worden. Golfrichting bins waarvoor geen enkel groen vlak voorkomt (bij de verschillende frequentie bins) hoeven niet meegenomen te worden. Kies derhalve de optie 'geen'. De overige golfrichting bins moeten aan een PHAROS schematisatie worden toegewezen. Frequentie bins waarvoor geen enkel groen vlak voorkomt (bij de verschillende golfrichting bins) hoeven eveneens niet beschouwd te worden. Verwijder het vinkje bij deze frequentie bins.

Het PHAROS model is, afhankelijk van de grootte van de rekencellen ten opzichte van de lokale golflengte, niet geschikt om met hele hoge frequenties om te gaan. Derhalve wordt geadviseerd om de hele hoge frequenties niet mee te nemen in de PHAROS berekeningen als de schematisatie dit niet toestaat.

Klik op de knop 'Volgende' om de invoer van de PHAROS berekeningen aan te maken. Het scherm uit Figuur 41 verschijnt.

### 9.3.3 PHAROS berekeningen

Location	X	Y	Normaal	Load combination	Hs	Tp	Tm-1,0	Wave dire.
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=2.5	1.5107	4.1798	3.8175	14.681
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=3.5	1.556	4.242	3.8813	11.757
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=4.0	1.5786	4.2586	3.9087	10.947
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=5.0	1.6191	4.2913	3.9559	9.998
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=6.0	1.6609	4.3457	4.0092	9.316
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=20 h=6.5	1.6793	4.3776	4.0328	9.139
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=2.5	2.5506	5.0968	4.7411	20.146
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=3.5	2.7094	5.1708	4.8535	17.585
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=4.0	2.768	5.2012	4.8979	16.087
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=5.0	2.8697	5.2945	4.9685	13.496
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=6.0	2.9354	5.5127	5.0347	11.805
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=022.5 U=38 h=6.5	2.964	5.564	5.0626	11.325
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=20 h=2.5	1.4725	4.3254	3.9684	344.65
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=20 h=3.5	1.5747	4.597	4.1085	342.15
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=20 h=4.0	1.617	4.6453	4.161	341.40
28-1_00001	48578.521	402578.548	11.802	D=337.5 U=20 h=5.0	1.6804	4.6848	4.2272	339.67

Figuur 41 PHAROS invoer

De tabel in het scherm uit Figuur 41 bevat de volgende invoerparameters:

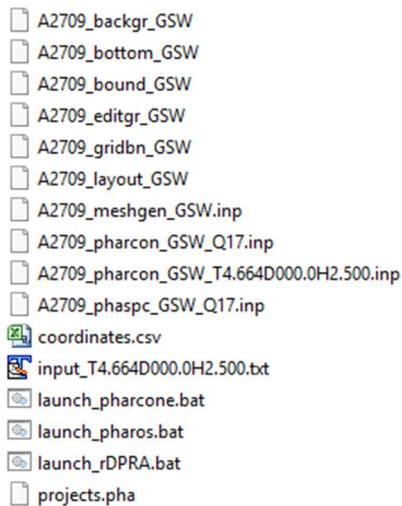
- De naam van de uitvoerlocatie.
- De x en y-coördinaat van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- De dijknormaal behorende bij de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- De omschrijving van de berekende Hydraulische Belastingcombinatie.
- De significante golfhoogte in meter in het steunpunt.
- De piekperiode in seconde in het steunpunt.
- De spectrale golfperiode Tm-1,0 in seconde in het steunpunt.
- De golfrichting in graden ten opzichte van Noord (positief met de klok mee) in het steunpunt.

Klik op de knop 'Genereer invoer' om de invoerbestanden voor de PHAROS berekeningen aan te maken. De voortgang van het aanmaken van de invoerbestand wordt weergegeven.

**LET OP:** zorg voor voldoende ruimte op de harde schijf!

De kopieer actie zorgt ervoor dat de PHAROS schematisatie voor elke spectrale bin wordt geduplicateerd, waarmee er zeer veel schrijfruimte gebruikt kan worden en de computer mogelijk kan vastlopen als er niet voldoende schijfruimte beschikbaar is.

In de gekozen PHAROS uitvoer folder wordt door HB Havens een folder 'calculations' aangemaakt met voor elke PHAROS schematisatie en een aparte map met daarin een set invoerbestanden (zie Figuur 42).



Figuur 42 Invoerbestanden PHAROS berekeningen

In elke schematisatie map komen voor:

- Een kopie van het background bestand [projectnaam]\_backgr\_[gridnaam] met punten en elementen van het onderliggende rekengrid wat gebaseerd is op de door de gebruiker geïmporteerde bodem file. Dit grid wordt door PHAROS gebruikt voor het genereren van het aanpasbare (edit) grid bestand;
- Een kopie van het bodem bestand [projectnaam]\_bottom\_[gridnaam] met de, door de gebruiker geïmporteerde bodem data, geconverteerd naar het PHAROS formaat;
- Een kopie van het boundary bestand [projectnaam]\_bound\_[gridnaam] met de randpunten van het rekengrid, gegroepeerd per segment, zoals gedefinieerd door de gebruiker;
- Een kopie van het edit grid bestand [projectnaam]\_editgr\_[gridnaam] met de punten en elementen van het rekengrid zoals die gegenereerd is door ACE/gredit;
- Een kopie van het grid bestand [projectnaam]\_gridbn\_[gridnaam] met de informatie van het rekendomein zoals gegenereerd door ACE/gredit;
- Een kopie van het layout bestand [projectnaam]\_layout\_[gridnaam] met de, door de gebruiker gedefinieerde layout, geconverteerd naar het PHAROS formaat;
- Een kopie van het genereerde mesh bestand [projectnaam]\_meshgen\_[gridnaam].inp voor de meshgen routine die het gegenereerde rekengrid wegschrijft in een sepran format.
- Eventueel een kopie van het correctie bestand [projectnaam]\_depthcor\_[gridnaam] voor lokale aanpassingen aan het bodemgrid;
- Een kopie van het template invoerbestand voor PHARCON [projectnaam]\_pharcon\_[gridnaam]\_[schematisatiennaam].inp met informatie van de inkomende golfcondities (data wordt opgeslagen in de NEFIS data files).
- Voor elke PHAROS berekening (unieke combinatie van een frequentie bin, een golfrichtingsbin en een (zee)waterstand) wordt een gevuld template invoerbestand voor PHARCON [projectnaam]\_pharcon\_[gridnaam]\_[schematisatiennaam].inp aangemaakt.
- Een kopie van het invoerbestand [projectnaam]\_phaspc\_[gridnaam]\_[naamberekening].inp voor de spectrale berekeningen.
- Een batch bestand voor het starten van de PHARCON preprocessing.
- Een batch bestand voor het starten van de PHAROS berekening.
- Een batch bestand voor het starten van de rDPRA postprocessing.
- Een gevuld definitie bestand van het betreffende PHAROS project 'projects.pha' met informatie van het grid, de berekeningen, etc.;

Voordat de volgende stap in HB Havens kan worden geactiveerd zullen de PHAROS berekeningen uitgevoerd moeten worden. Het uitvoeren van de PHAROS berekeningen gebeurt in drie stappen:

1. Een preprocessing stap waarbij met behulp van de PHARCON executable batch invoer voor het PHAROS rekenmodel wordt aangemaakt.
2. Het daadwerkelijk uitvoeren van de PHAROS berekeningen.
3. Een postprocessing stap waarbij met behulp van de rDPRA tool PHAROS resultaten in batch worden omgezet naar golfcondities op de uitvoerlocaties in de haven.

Stappen 1 tot en met 3 kunnen uitgevoerd worden door de mappenstructuur te kopiëren naar een computer of rekengrid waarop PHAROS geïnstalleerd is. De 3 achtereenvolgende stappen zijn uit te voeren door de door HB Havens aangemaakte *launch\_pharcone.bat*, *launch\_pharos.bat*, *launch\_rDPA.bat* te klikken op een systeem waarop de PHAROS licentie actief is.

Tijdens het uitvoeren van de PHAROS berekeningen zou HB Havens afgesloten kunnen worden. Let dan wel op dat alle ingevoerde data opgeslagen worden in het projectbestand (zie paragraaf 4.5) zodat, als de PHAROS berekeningen gereed zijn, HB Havens de PHAROS resultaten kan inlezen door dit projectbestand te openen (zie paragraaf 4.4).

Zodra alle gedefinieerde PHAROS berekeningen zijn uitgevoerd kunnen de resultaten van deze berekeningen door HB Havens ingelezen worden. Met name de resultaten in de uitvoerfolder van de *launch\_RDPA.bat* is van belang voor HB Havens. De de RDPA resultaten (\*.json uitvoerbestanden) staan in de folder: *.\calculations\pharos\_files\output\*.

Kopieer de mappenstructuur met resultaatbestanden terug naar de PHAROS folder als de berekeningen op een ander systeem zijn uitgevoerd en start HB Havens met het opgeslagen projectbestand op als HB Havens afgesloten was. Activeer vervolgens de knop 'Lees uitvoerbestanden PHAROS in het scherm uit Figuur 41.

De gebruiker wordt geadviseerd om, bij het uitlezen van de \*.json bestanden het log window in de gaten te houden. HB Havens geeft een waarschuwing voor golffoordingingscoëfficiënten 'H' groter dan 2 en voor waarden groter dan 3 negeert HB Havens de coëfficiënt. De gedachte achter het negeren van de golffoordingingscoëfficiënt is dat een dergelijke hoge factor fysisch niet verklaarbaar is en dat het zeer waarschijnlijk is dat rDPRA te weinig gridcellen en/of te kleine analyse radius heeft om tot een betrouwbare oplossing te komen. Dit treedt met name op voor de kortere golflengtes (lage golfperioden), waarvoor de golffoordingingscomponenten veelal verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de lokale golfgroei component.

In de bijlage (paragraaf Postprocessing met rDPRAF.4) worden handvatten aangereikt waarmee de gebruiker de rDPRA analyse en resultaten kan beïnvloeden. Eventueel kan de gebruiker terugvallen op de PHAROS gebruikersinterface voor het specifieke geval om de rDPRA instellingen te verfijnen.

### 9.3.4 Combinatie PHAROS resultaten

Klik op de knop ‘Volgende’ om de invoer van de PHAROS berekeningen aan te maken. Het scherm uit Figuur 64 verschijnt.

Location	Load combination	Hs pharos	Tp pharos	Tm-1,0 pharos	Wave direction pharos	Hm0 swan	Tm-1,0 swan	Tp
Punt_01	D=270.0 U=35 h=5.0	45.352	10.633	9.728	-75.82	1.246	2.179	
Punt_02	D=270.0 U=35 h=5.0	24.443	10.592	9.701	-84.583	2.088	5.396	
Punt_03	D=270.0 U=35 h=5.0	3.343	7.998	9.78	-143.312	1.003	3.722	
Punt_04	D=270.0 U=35 h=5.0	3.327	9.719	9.109	-143.188	1.229	3.688	
Punt_05	D=270.0 U=35 h=5.0	1.709	8.805	7.678	-127.054	1.43	3.643	
Punt_06	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	1.349	3.275	
Punt_07	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	1.379	3.394	
Punt_08	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	1.728	3.72	
Punt_09	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	1.504	3.536	
Punt_10	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	1.073	2.945	
Punt_11	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	0.451	2.101	
Punt_12	D=270.0 U=35 h=5.0	2.207	10.642	9.022	-83.395	1.343	3.71	
Punt_13	D=270.0 U=35 h=5.0	5.601	9.68	9.725	14.552	0.768	3.985	
Punt_14	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	0.55	2.39	
Punt_15	D=270.0 U=35 h=5.0	41.353	10.301	9.647	-78.769	1.443	4.065	
Punt_16	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	1.279	3.316	
Punt_17	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	1.241	3.283	
Punt_18	D=270.0 U=35 h=5.0	0.0	0.0		0.0	1.26	3.271	

Figuur 43 Resultaten voor alleen golffoording en refractie op basis van PHAROS berekeningen.

De resultaten uit de rDPRA analyse (\*.json bestanden) worden toegepast als directionele golffoordingingscoëfficiënten (frequentie en richtingsafhankelijk). Kort samengevat worden de golffoordingingscoëfficiënten energetisch vermenigvuldigd met het golfspectrum op het steunpunt, waarbij rekening gehouden wordt met de door rDPRA bepaalde lokale golfrichting en, analoog aan de afhandeling van de SWAN spectra, met de dijknormaal voor het bepalen van de inkomende golfenergie.

De tabel in Figuur 64 bevat:

- De naam van de uitvoerlocatie.
- De x en y-coördinaat van de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- De normaal behorende bij de uitvoerlocatie (zie ook paragraaf 5.7).
- De omschrijving van de berekende Hydraulische Belastingcombinatie.
- $H_{m0\_PHAROS}$ : de door PHAROS berekende significante golfhoogte in meter, als gevolg van golffoording, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{mm10\_PHAROS}$ : de door PHAROS berekende spectrale periode in seconde, als gevolg van golffoording, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_p\_PHAROS$ : de door PHAROS berekende piekperiode in seconde, als gevolg van golffoording, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $\Theta_{0\_PHAROS}$ : de door PHAROS berekende golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee), als gevolg van golffoording, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $H_{m0\_swan}$ : de significante golfhoogte in meter, als gevolg van de SWAN berekeningen, op de betreffende uitvoerlocatie (zie paragraaf 9.2.6).

- $T_{mm10\ swan}$ : de spectrale periode in seconde, als gevolg van de SWAN berekeningen, op de betreffende uitvoerlocatie (zie paragraaf 9.2.6).
- $T_p\ swan$ : de piekperiode in seconde, als gevolg van de SWAN berekeningen, op de betreffende uitvoerlocatie (zie paragraaf 9.2.6).
- $\Theta_{0\ swan}$ : de golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee), als gevolg van de SWAN berekeningen, op de betreffende uitvoerlocatie (zie paragraaf 9.2.6).
- $H_{m0\ totaal}$ : de significante golfhoogte in meter, als gevolg van de SWAN en PHAROS berekeningen, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_{mm10\ totaal}$ : de spectrale golfperiode in seconde, als gevolg van de SWAN en PHAROS berekeningen, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $T_p\ swan$ : de piekperiode in seconde, als gevolg van de SWAN en PHAROS berekeningen, op de betreffende uitvoerlocatie.
- $\Theta_{0\ swan}$ : de golfrichting in graden t.o.v. Noord (positief met de klok mee), als gevolg van de SWAN en PHAROS berekeningen, op de betreffende uitvoerlocatie.

De laatste vier uitkomsten zijn afkomstig uit de stappen zoals behandeld in paragraaf

## 9.4 Combineren van SWAN en PHAROS

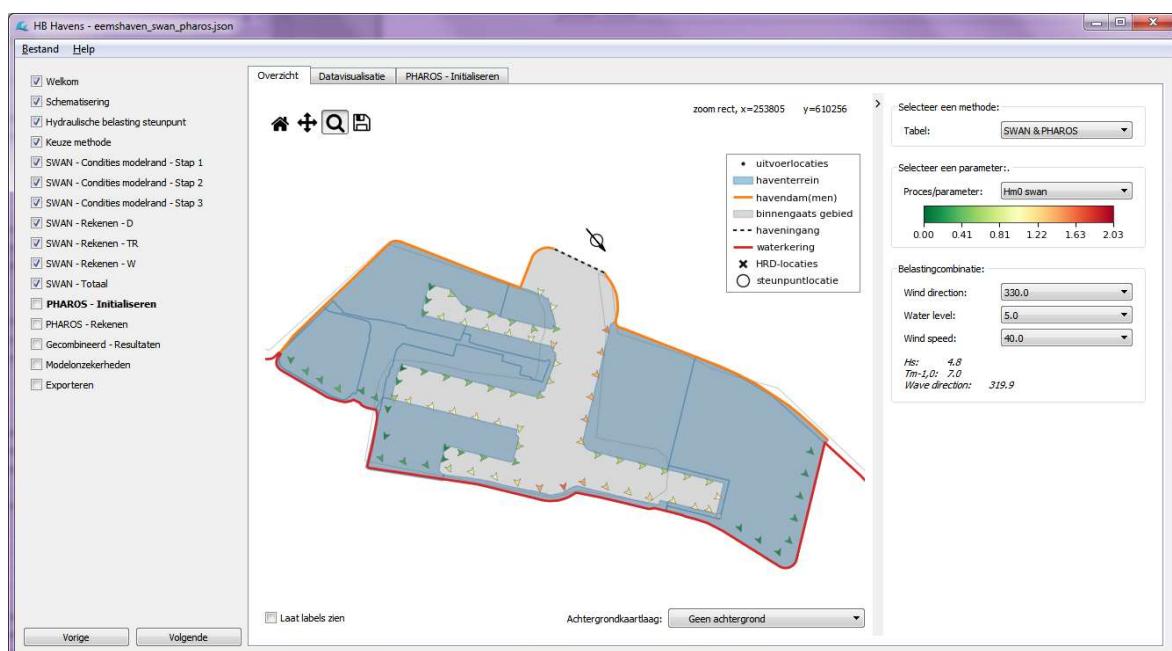
De resultaten van de geavanceerde methode worden gecombineerd zoals beschreven in 12Bijlage G.

## 10 Visualisatiemogelijkheden

HB Havens ondersteunt per versie 2.0 twee visualisatiemogelijkheden. Visualisatie in de overzichtskaart, en visualisatie in scatterplot. Beide opties worden in de volgende paragrafen uitgewerkt. De resultaten worden telkens beschikbaar gemaakt voor visualisatie nadat ze zijn berekend. Dit wordt aan de gebruiker gemeld via een pop-up.

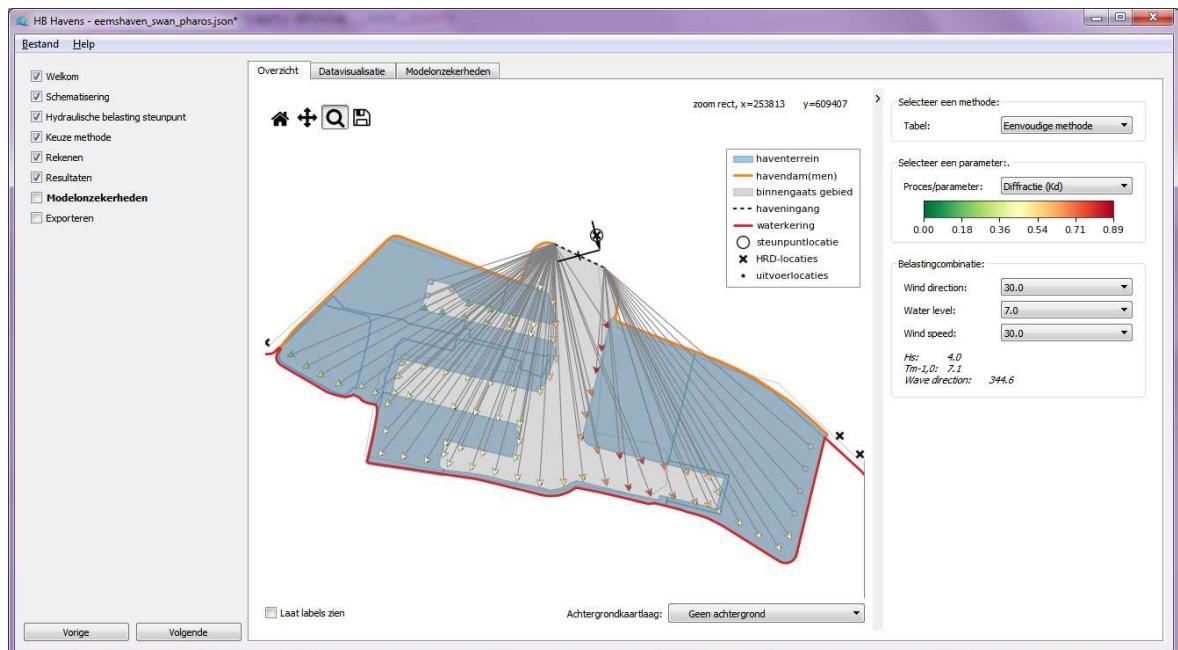
## **10.1 Resultaten in overzicht**

Een voorbeeld van het visualiseren van resultaten in het overzicht is weergeven in Figuur 44. In het rechterdeel van het venster kan de te visualiseren tabel en belastingcombinatie worden gekozen. Door geen tabel te kiezen (de lege optie in de drop-down) wordt het oorspronkelijke overzichtvenster hersteld. Het deel waarin de data wordt gekozen kan worden ingeklappt. Bij de gekozen parameter (golfhoogte, golfperiode, etc.) wordt ook de bijbehorende golfrichting weergeven door de richting waarin de 'pijltjes' wijzen.



Figuur 44 Voorbeeld van visualiseren rekenresultaten in overzicht.

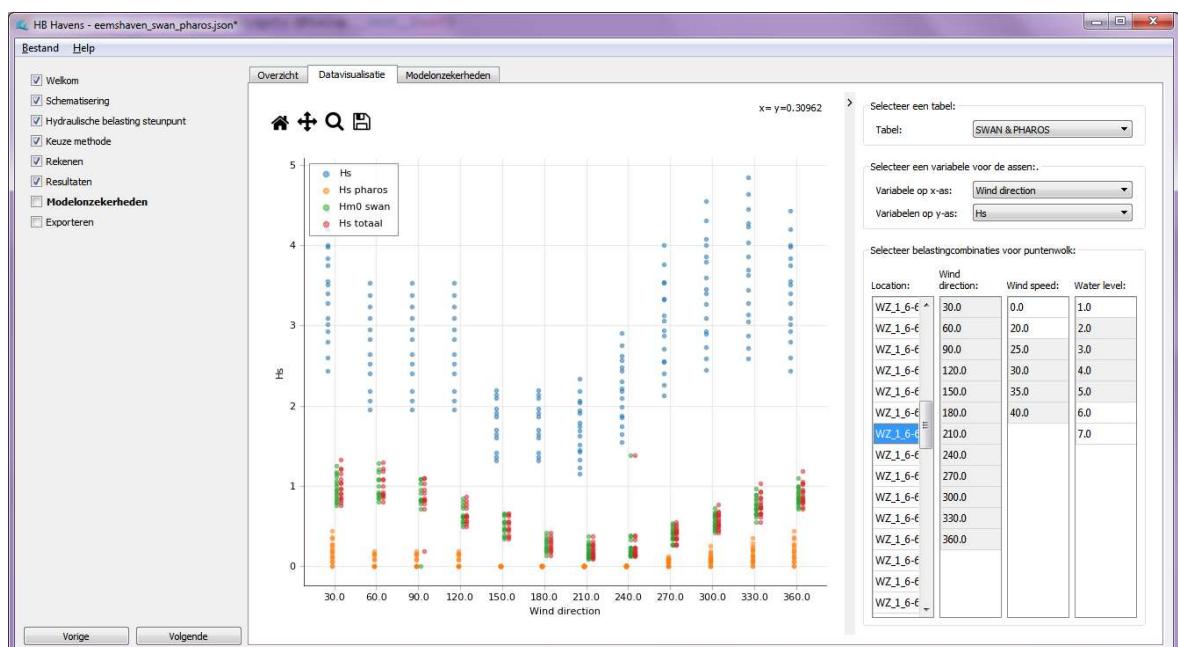
Voor de eenvoudige methode worden nog een aantal elementen extra weergeven, zoals diffractierichting, transmissielijnen, striklengetes en golfbreking. Voor diffractie is hiervan een voorbeeld gegeven in Figuur 45. Het doel hiervan is de herkomst van de resultaten van de eenvoudige methode te verduidelijken.



Figuur 45 Voorbeeld van visualiseren diffractie in overzicht.

## 10.2 Resultaten in puntenwolk

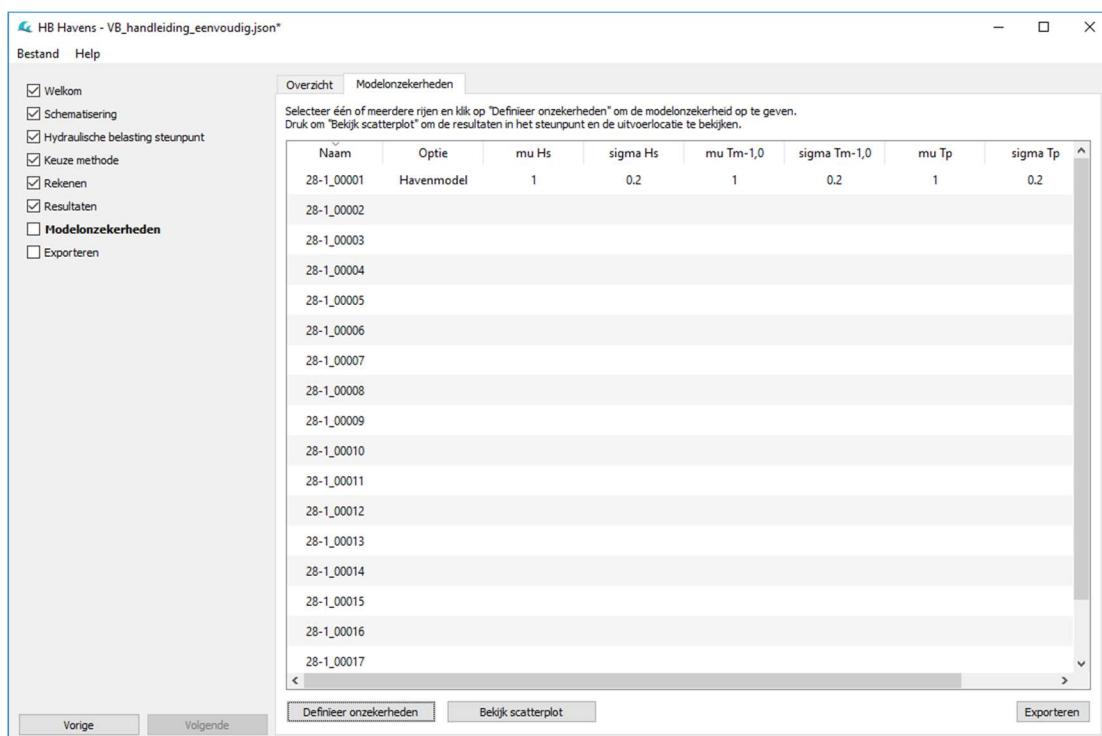
Een tweede optie is het weergeven van resultaten in een puntenwolk. Hiervan is een voorbeeld gegeven in Figuur 46. Wederom kan in het rechterdeel van de figuur (inklapbaar) de te visualiseren tabel en belastingcombinatie worden gekozen. Voor de x-as wordt een variabele gekozen waarschijnlijk de waarden voor de variabele op de y-as worden uitgezet. Daarnaast kunnen één of meerdere belastingcombinaties en locaties worden gekozen worden die in de puntenwolk worden uitgezet. Door in de legenda te klikken kunnen specifieke resultaten (Hs pharos of Hm0 swan bijvoorbeeld) aan en uit worden gezet.



Figuur 46 Voorbeeld van visualiseren resultaten in puntenwolk.

## 11 Onzekerheden

Het scherm voor de definitie van de mee te nemen onzekerheden in de resulterende database met Hydraulische Belastingen voor de uitvoerlocaties in de haven, is identiek voor de eenvoudige en de geavanceerde rekenmethode. Dit scherm (zie Figuur 47) kan pas geactiveerd worden als alle berekeningen uitgevoerd zijn.



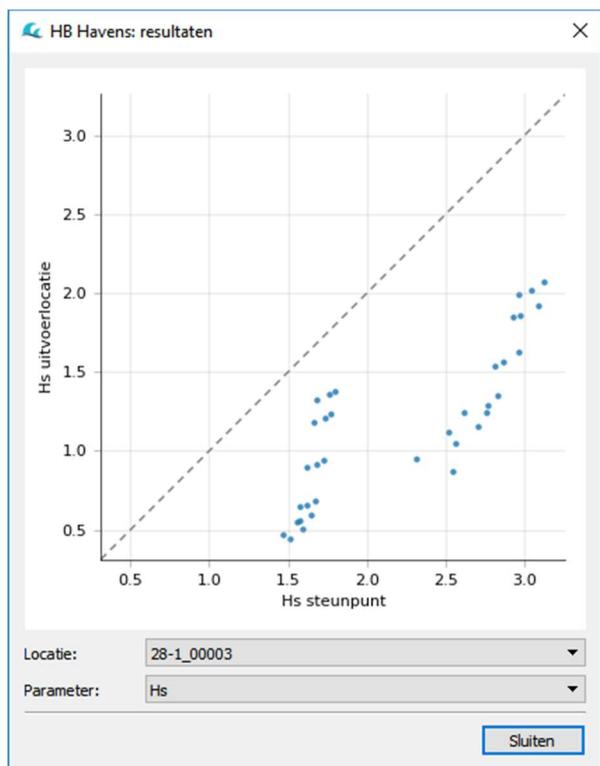
Figuur 47 Scherm onzekerheden

Het scherm bestaat uit een nog lege tabel met regels voor elke uitvoerlocatie in de haven. Onder de tabel zijn twee knoppen zichtbaar: (1) 'Definieer onzekerheden' en (2) 'Bekijk scatterplot'.

Door op de knop 'Bekijk scatterplot' te klikken wordt de popup uit Figuur 48 zichtbaar. In de popup wordt een scatterplot getoond. Op de horizontale as zijn de golfcondities uit de HRD-trajectdatabase in het steunpunt weergegeven en op de verticale as de golfcondities zoals berekend in de uitvoerlocatie. Met het keuzeveld 'Locatie' kan een andere uitvoerlocatie gekozen worden en met het keuzeveld 'Parameter' kan een andere golfconditie (significante golfhoogte  $H_s$ , piekperiode  $T_p$ , spectrale golfperiode  $T_{m-1,0}$  of de golfrichting) gekozen worden. De stippe lijn onder een hoek van 45 graden geeft de lijn aan waarbij de golfcondities in een uitvoerlocatie gelijk zijn aan de golfcondities uit de HRD-trajectdatabase in het steunpunt.

Aan de hand van de scatterplots kan een inschatting gemaakt worden in welke mate de golfcondities bepaald worden door of de eigenschappen van de watersysteemschematisatie (met als resultaat de golfcondities uit de HRD-trajectdatabase in het steunpunt) of de eigenschappen van de havenschematisatie. Op basis hiervan kan gekozen worden om de (model)onzekerheden voor de uitvoerlocaties in de haven volledig te baseren op de modelonzekerheden uit het steunpunt, of om de modelonzekerheden in de uitvoerlocaties volledig afhankelijk te laten zijn.

van het havenmodel of een combinatie van voorgaande. Zie voor meer achtergronden omtrent het omgaan met onzekerheden Bijlage H.



Figuur 48 Scatterplot popup

Activeer de knop 'Definieer onzekerheden' om voor een uitvoerlocatie (model)onzekerheden te definiëren. Het scherm uit Figuur 49 verschijnt.

The dialog box is titled 'HB Havens: onzekerheden'. It contains three sections:

- Onzekerheden uit steunpunt overnemen** (radio button selected)
- Modelonzekerheden in steunpunt:** A table showing mu and sigma values for Hs, Tm-1,0, andTp.
- Modelonzekerheden in havenmodel (zelf invullen):** A table for inputting mu and sigma values for Hs, Tm-1,0, andTp.
- Gecombineerde modelonzekerheid (berekenen):** A 'Berekenen' button.
- Sluiten** and **Opslaan** buttons at the bottom.

Figuur 49 Invoeren modelonzekerheden

In het linker deel van het scherm zijn de drie eerder genoemde mogelijkheden opgenomen<sup>15</sup>:

- Onzekerheden uit het steunpunt overnemen;
- Onzekerheden uit het havenmodel overnemen;
- Combinatie van bovenstaande gebruiken.

Het rechter deel van het scherm is opgedeeld in drie tabellen: (1) de onzekerheden uit het steunpunt, (2) zelf in te voeren onzekerheden van het havenmodel en (3) gecombineerde onzekerheden (steunpunt en havenmodel) zoals deze door HB Havens berekend kunnen worden.

Wanneer gekozen wordt voor de optie 'Onzekerheden uit het steunpunt' is geen aanvullende invoer nodig. De onzekerheden zoals in de bovenste tabel weergegeven worden toegepast voor de betreffende uitvoerlocatie. Klik op de knop 'Opslaan' en vervolgens 'Sluiten' om deze keuze door te voeren in de tabel.

Wanneer gekozen wordt voor de optie 'Onzekerheden uit het havenmodel' moeten de waarden van de onzekerheden van het havenmodel ingevoerd worden in de middelste tabel.

Modelonzekerheden moeten ingevoerd worden voor de significante golfhoogte  $H_s$ , de piekperiode  $T_p$  en de spectrale golfperiode  $T_{m-1,0}$ . Voor elke parameter moet een gemiddelde waarde (mu) en een standaardafwijking (sigma) ingevuld worden. Klik op de knop 'Opslaan' en vervolgens 'Sluiten' om de keuze voor de betreffende uitvoerlocatie door te voeren in de tabel.

Wanneer gekozen wordt voor de optie 'Combinatie van onzekerheden' moet de volgende stappen doorlopen worden:

- Vul de waarden van de onzekerheden van het havenmodel in de middelste tabel in. Modelonzekerheden moeten ingevoerd worden voor de significante golfhoogte  $H_s$ , de piekperiode  $T_p$  en de spectrale golfperiode  $T_{m-1,0}$ . Voor elke parameter moet een gemiddelde waarde (mu) en een standaardafwijking (sigma) ingevuld worden.
- Activeer de knop 'Berekenen' net boven de onderste tabel.
- De onderste tabel wordt gevuld met de gecombineerde onzekerheden, uitgerekend op basis van de uitgangspunten zoals beschreven in Bijlage G.
- Klik op de knop 'Opslaan' en vervolgens 'Sluiten' om de keuze voor de betreffende uitvoerlocatie door te voeren in de tabel.

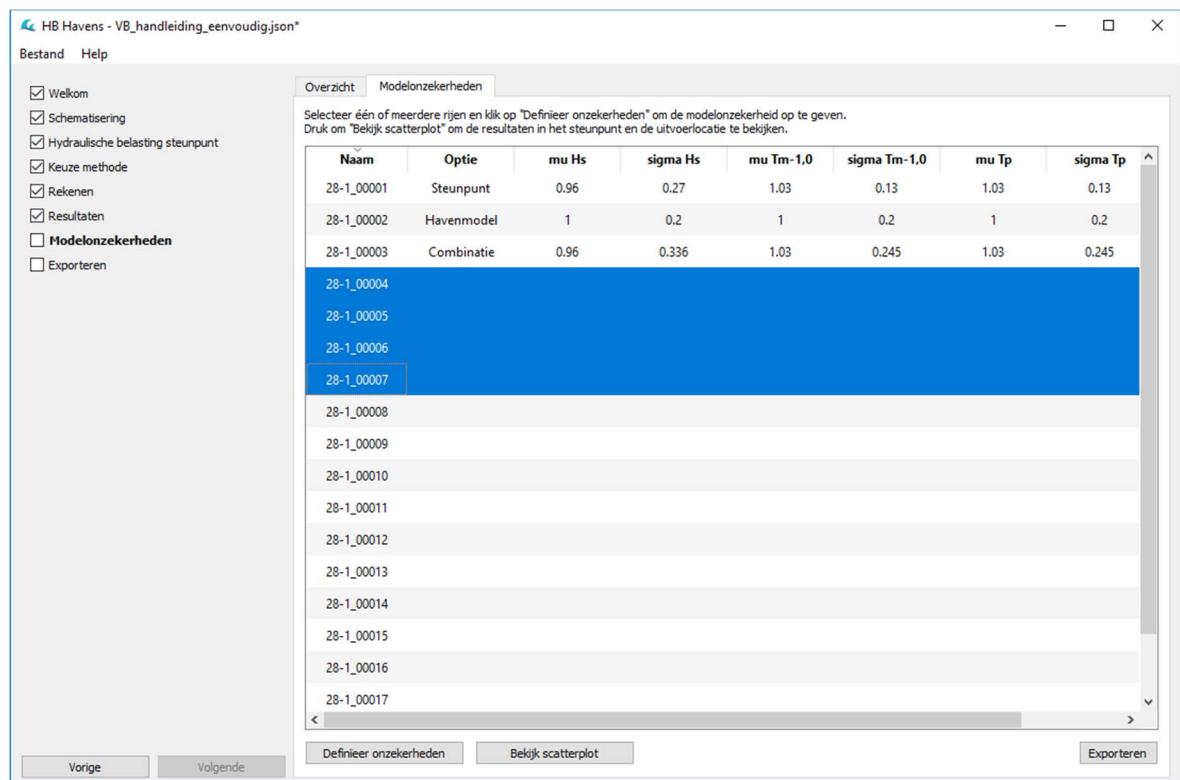
Het is mogelijk om de keuze van de modelonzekerheden door te voeren voor meerdere uitvoerlocaties tegelijk. Selecteer meerdere regels in de tabel (zie Figuur 50) en kik vervolgens op de knop 'Definieer onzekerheden'. De ingevoerde keuze in het onzekerheden scherm zijn nu van toepassing voor alle geselecteerde uitvoerlocaties en worden opgeslagen zodra de knop 'Opslaan' wordt geactiveerd.

Reeds gemaakte keuzen voor een specifieke uitvoerlocatie kunnen aangepast worden door de betreffende locatie te selecteren in de tabel de nogmaals de knop 'Definieer onzekerheden' te activeren. Bevestig een aangepaste keuze altijd met de knop 'Opslaan' om de wijziging door te voeren.

---

15

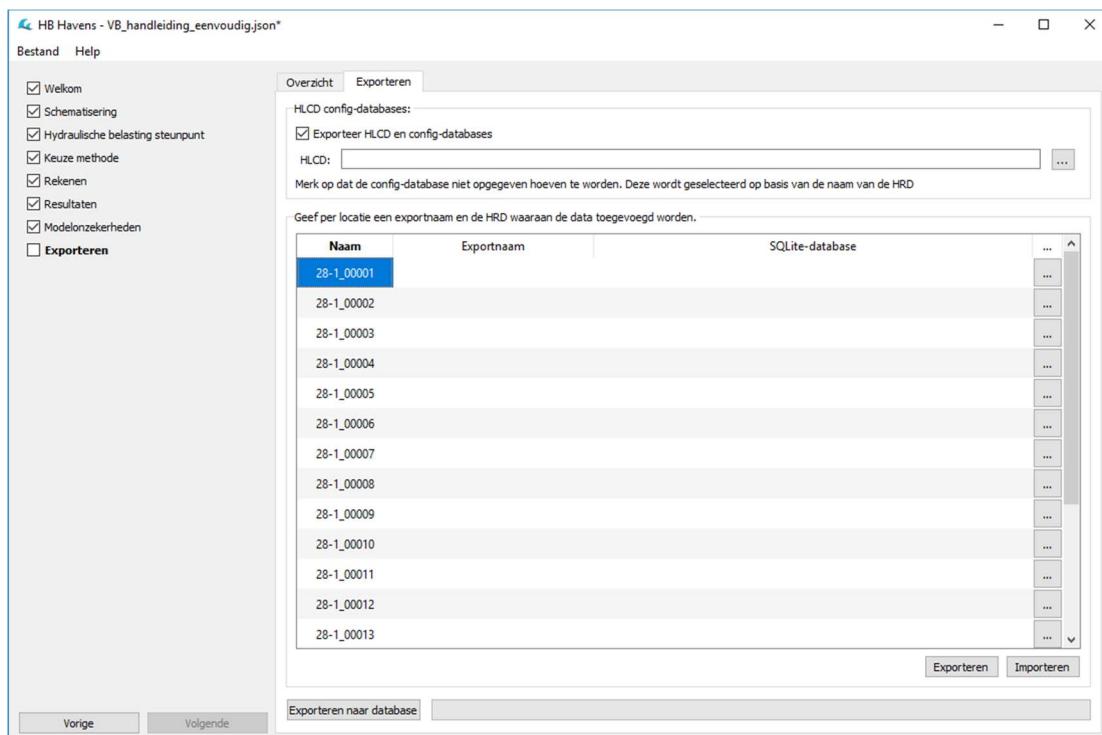
Zie Bijlage G voor een nadere toelichting.



Figuur 50 Resultaten keuze onzekerheden

## 12 Resultaten wegschrijven naar HRD database

De laatste stap van HB Havens is het exporteren van de berekende golfcondities op de uitvoerlocaties in de haven naar één of meerdere HRD-trajectdatabases. De tabel in het scherm uit Figuur 51 bevat alle uitvoerlocaties. Voor elke uitvoerlocatie moet een definitieve (export)naam en een HRD-trajectdatabase opgegeven worden.



Figuur 51 Exporten resultaten naar HRD-trajectdatabase(s)

De (export)naam van elke uitvoerlocatie moet voldoen aan de WBI uitgangspunten betreffende de naamgeving van Hydraulische Belastingen locaties. Zie voor deze voorwaarden Bijlage I. Voer de (export)naam direct in de tabel in of maak eerst een export van de inhoud van de tabel naar een CSV bestand, voer daar de naamgeving in en importeer het CSV bestand weer in HB Havens.

Een HRD-trajectdatabase kan geselecteerd worden door op de knop met de drie puntjes in de tabel te klikken. Er verschijnt een bestandsdialoog waarin een HRD-trajectdatabase kan worden geselecteerd. Voor elke locatie kan een database gekozen worden. Hierdoor is het mogelijk om HB Havens toe te passen bij havens die gelegen zijn aan meer dan één normtraject; immers elk normtraject heeft zijn eigen HRD-trajectdatabase.

Zodra de tabel gevuld is kunnen door de knop 'Exporteren naar database' te activeren, de door HB Havens berekende Hydraulische Belastingen in de haven naar de database(s) weggeschreven worden. De voortgang wordt weergegeven middels een voortgangsbalk.

### Opmerkingen:

- Reeds bestaande locaties in de HRD-trajectdatabase, gelegen in het havenbekken, worden eerst verwijderd voordat de nieuwe locaties worden aangemaakt.

- Het is mogelijk om niet alleen een HRD-trajectdatabase te vullen met de nieuwe locaties. In het scherm uit Figuur 51 is een mogelijkheid opgenomen om ook de HLCD en config database aan te passen. Plaats hiertoe een vinkje bij 'Exporteer de HLCD en config-database'. Selecteer vervolgens de juiste HLCD database.
- HB Havens kan omgaan met twee database formaten: (1) WBI2017 format en (2) OS2023 format. HB Havens kan dus niet gebruikt worden in de Oosterschelde voor het WBI2017 format.

## Referenties

- (Alkyon, 1998). Golfrandvoorwaarden voor in door dammen afgeschermd gebieden, Band B, A314. Alkyon. 1998.
- (Bottema et al, 2008). Effective fetch and non-linear four-wave interactions during wave growth in slanting fetch conditions. Coastal Engineering, 55, 261-275. Bottema, M. en G.Ph. van Vledder. 2008.
- (De Jong en Borsboom, 2012) A practical post-processing method to obtain wave parameters from phase-resolving wave model results. Int. Journ. Of Ocean and Climate Systems (Multi-Science Publishing) 3, no. 4: p. 203 -216, De Jong, M.P.C en Borsboom, M.J.A. 2012.
- (Deltares, 2015). Modelonzekerheid belastingen – Wettelijk Toetsinstrumentarium WTI-2017. Houcine Chbab en Jacco Groeneweg. 1209433-008-HYE-0007. Deltares in opdracht van RWS – WVL. Juli 2015.
- (Geerse, 2016). Werkwijze uitintegreren onzekerheden basisstochasten voor Hydra-NL. Afvoeren, meerpeilen, zeewaterstanden en windsnelheden – Update februari 2016. C.P.M. Geerse. PR3216.10. HKV Lijn in Water, februari 2016.
- (Goda et al, 1978). Diffraction diagrams for directional waves. Proc. 19th International Conference on Coastal Engineering, Hamburg, 628-650. Goda, Y., T. Takayama, en Y. Suzuki. 1978.
- (Goda et al, 1967). Laboratory investigation of wave transmission over breakwaters, Rep. Port & Harbour Res Inst, Goda, Y., Takeda, H., Moriya, Y. January 1967.
- (Hasselmann et al, 1973). Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)' Ergnzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift Reihe, A(8) (Nr. 12), p.95. Hasselmann K., T.P. Barnett, E. Bouws, H. Carlson, D.E. Cartwright, K. Enke, J.A. Ewing, H. Gienapp, D.E. Hasselmann, P. Kruseman, A. Meerburg, P. Miller, D.J. Olbers, K. Richter, W. Sell, and H. Walden. 1973.
- (Holthuijsen, 2007). Waves in oceanic and coastal waters. Cambridge. L.H. Holthuijsen. 2007.
- (Kuik et al, 1988). A method for the routine analysis of pitch-and-roll buoy wave data. Journal of Physical Oceanography, Vol. 18, 1020-1034. Kuik, A.J., G.Ph. van Vledder, en L.H. Holthuijsen, 1988.
- (Spruyt, 2015). Naamgeving uitvoerlocaties WTI. Deltares memo 1220072-009-ZWS-003. Aukje Spruyt. November 2015.
- (Stijnen, 2016). Memo naamgeving locaties zoute wateren (WBI2023)\_definitief. HKV memo PR3367.10. Jan Stijnen. Juni 2016.
- (Rongen en Geerse, 2016). Invloed onzekerheden op bepalen van waterstandsverlopen - Verandering percentielen van afvoer en meerpeil bij meenemen statistische en modelonzekerheid waterstand. G.W.F. Rongen en C.P.M. Geerse. PR3280.20.12. HKV Lijn in Water, oktober 2016.
- (RWS, 2014). Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebieden - een methode voor het bepalen van golfbelastingen voor het toetsen van waterkeringen. RWS.2014.001 (rapport versie 3). Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. 31 augustus 2014.

(TAW, 1989). Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 – benedenrivierengebied.  
TAW. 1989.

(TAW, 2006). Voorschrift Toetsen op Veiligheid. TAW. 2006.

(Veri-Tech Inc, 2002). Coastal Engineering Manual Parts 1, 2, 3, 4, Vicksburg. Veri-Tech Inc.  
2002.

(Wilson, 1965). Numerical prediction of ocean waves in the North Atlantic for December 1959,  
Deutsche Hydr. Z. Vol. 18, No. 3, 114-130. Wilson, B.W. 1965.

(de Waal, 2003) Windmodellering voor bepaling waterstanden en golven : een analyse van de  
bouwstenen. RIZA, RWS. 2003.

(de Waal, 2008) Windgolven in HR2011 voor rivieren : voorstudie naar noodzaak  
modelverbetering. Deltares, december 2008

## **Bijlagen**

## Bijlage A    Toelichting eenvoudige rekenmethode

Deze bijlage bevat een samenvatting van de eenvoudige rekenmethode zoals deze is beschreven in hoofdstuk 3 van de herziene versie van (RWS, 2014). Sommige teksten zijn volledig uit deze handleiding overgenomen.

### A.1 Voorwaarden en uitgangspunten

In de eenvoudige rekenmethode is de berekeningswijze van een aantal van de fysische processen sterk vereenvoudigd. Refractie en golf-golf wisselwerkingen zijn in het geheel niet meegenomen. Deze vereenvoudigingen en verwaarlozingen van processen stellen beperkingen aan de toepassing van de eenvoudige rekenmethode als geheel of van onderdelen ervan. De eenvoudige rekenmethode is alleen toepasbaar op havens(chematisaties) die voldoende aan de volgende voorwaarden:

- a. De haven(ingang) wordt beschermd door 1 of maximaal 2 havendammen en de haven bestaat uit maximaal één convex havenbassin. Bij meerdere havendammen, meerdere havenbassins en of niet convexe havenbassins (we spreken dan van een complexe havengeometrie) is de eenvoudige rekenmethode niet toepasbaar. Omdat in dergelijke havengeometrieën meerdere punten zullen zijn waar om heen golven diffracteren of omdat er meerder objecten in lijn liggen waarover transmissie zal plaats kunnen vinden is er sprake van meervoudige diffractie of transmissie.
- b. Er mag geen significante reflectie optreden (reflectiecoëfficiënt mag niet groter zijn dan 50%). Hiervan kan sprake zijn als er verticale wanden (kademuuren) aanwezig zijn in de haven waarvan de hoogte groter is dan de beschouwde waterstanden.
- c. Er mag geen significante stroming optreden. Havens met een uitwateringskanaal zijn hierdoor niet geschikt voor toepassing van de eenvoudige rekenmethode.

In de eenvoudige rekenmethode worden daarnaast de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De golfhoogte in de uitvoerlocaties wordt beïnvloedt door de processen diffractie, transmissie, lokale golfgroei en golfbreking.
- De golfperiode constant blijft in de haven. De golfperiode uit het steunpunt wordt ongepast overgenomen in de uitvoerlocaties.
- De golfrichting wordt bepaald door een gewogen gemiddelde van de golfrichtingen van de verschillende fysische processen.
- De waterstanden uit het steunpunt worden onaangepast overgenomen in de uitvoerlocaties.

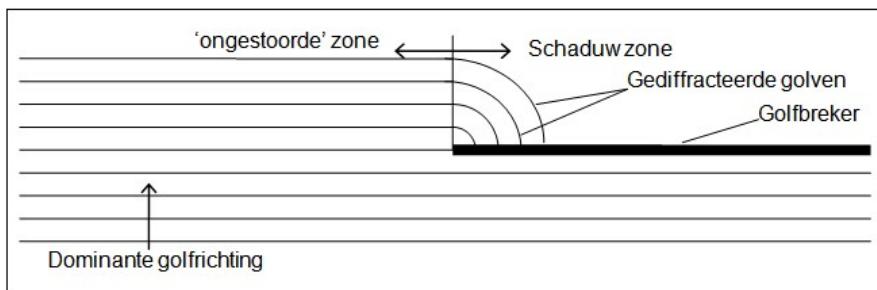
Achtereenvolgens worden in deze bijlage toegelicht:

1. De berekening van de bijdrage als gevolg van diffractie.
2. De berekening van de bijdrage als gevolg van transmissie.
3. De berekening van de bijdrage als gevolg van interactie diffractie en transmissie.
4. De berekening van de bijdrage als gevolg van lokale golfgroei.
5. Combinatie van alle bijdragen aan de golfcondities op uitvoerlocaties.
6. De effecten van golfbreking.

## A.2 De berekening van de bijdrage als gevolg van diffractie

### A.1.1 Beschrijving van het proces

Diffractie zorgt voor een verspreiding van binnenkomende golfenergie in (overwegend) laterale richting naar gebieden met een lagere golfenergie. Een voorbeeld hiervan is wanneer lopende golven een obstakel, zoals een golfbreker (havendam) treffen. Achter de golfbreker ontstaat een schaduwzone. Door het verschil in energiedichtheid tussen de ongestoorde golven die langs de golfbreker lopen en het golfveld in de schaduwzone achter de golfbreker, zal een herverdeling van golfenergie plaatsvinden. Dit wordt schematisch gevisualiseerd in Figuur 52. Door diffractie van golfenergie is de golfoogte in de ongestoorde zone in het algemeen lager dan wanneer geen diffractie zou optreden en voor de schaduwzone geldt dit andersom.



Figuur 52 Schematische weergave van diffractie

In Figuur 52 bestaat het invallende golfveld uit golven met een constante periode die allemaal uit de zelfde richting komen. De richtingspreiding van dit invallende golfveld is daarmee nul. In werkelijkheid zullen windgolven zowel richtinggespreid als frequentiegespreid zijn. In deze handleiding wordt echter verondersteld dat het invallende golfveld in meer of mindere mate verspreid is over het richtingendomein. De mate van richtingspreiding kan worden uitgedrukt in een aantal graden, zie bijv. (Kuik et al, 1988) en (Holthuijsen, 2007) voor een veelgebruikte definitie. Hierbij wordt het symbool  $\sigma$  gebruikt om de mate van richtingspreiding aan te geven.

De mate van richtingspreiding kan ook worden uitgedrukt in de macht  $s$  van een cosinus functie gecentreerd rondom de gemiddelde golfrichting volgens de formule:

$$D(\theta) = A \cos^{2s} \left( \frac{\theta - \theta_0}{2} \right) \text{ voor } |\theta - \theta_0| \leq 180^\circ$$

Hierin is:

- $\theta$  een richting
- $\theta_0$  de gemiddelde golfrichting
- $s$  de (halve) macht van de cosinus functie
- $A$  een normalisatie coëfficiënt
- $D(\theta)$  de richtingsverdeling

Bovenstaande formule is door Goda (Goda et al, 1978) toegepast bij het maken van de diffractietabellen. Daarbij neemt hij tevens een frequentieafhankelijkheid aan van de parameter  $s$ . Deze parameter is maximaal bij de piekfrequentie en wordt dan aangeduid met de parameter  $S_{\max}$ . Deze parameter wordt ook gebruikt om de verschillende diffractietabellen van elkaar te onderscheiden.

Voor een cos- $2s$  richtingsverdeling bestaat een relatie tussen de richtingspreiding  $\sigma$  en de spreidingsparameter  $s$  (Holthuijsen, 2007).

$$\sigma = \sqrt{\frac{2}{s+1}}$$

In het geval overwegend sprake is van deiningsgolven, elders opgewekte golven die niet meer onder de invloed staan van de lokale wind, zal de richtingsspreiding relatief gering zijn ( $\sigma$  orde  $9^\circ$  en  $s$  orde 75), in het geval van lokale windgolven zal de richtingsspreiding relatief groot zijn ( $\sigma$  orde  $24^\circ$  en  $s$  orde 10). Golfenergie van deiningsgolven zal zich dientengevolge bij voortplanting in een nauwere richtingenband blijven concentreren dan het geval is bij golfenergie van windgolven.

### A.1.2 Toepassing in de eenvoudige methode

Bij het berekenen van de bijdrage van diffractie in de eenvoudige rekenmethode worden de volgende stappen gehanteerd:

1. Vaststellen combinatie hydraulische belastingen in het steunpunt<sup>16</sup> (significante golftoogte, piekperiode, spectrale golfperiode, golfrichting en de waterstand).
2. Vaststellen van de representatieve golflengte  $L_R$  in de havenmonding.
3. Vaststellen equivalente openingsbreedte van de havenmond afhankelijk van de beschouwde golfrichting.
4. Vaststellen van diffractietabellen.
5. Vaststellen assenstelsel uitvoerlocatie.
6. Berekening diffractiecoëfficiënt  $K_d$ .
7. Berekening van de diffractie richting.

#### Ad 1. Hydraulische belastingen

De hydraulische belastingen in het steunpunt zijn afkomstig uit de HRD traject database. In veel gevallen zal zowel de piekperiode  $T_p$  als de spectrale golfperiode  $T_{m-1,0}$  aanwezig zijn. Als de piekperiode niet aanwezig is kan deze berekend worden met:

$$T_p = T_{m-1,0} \cdot \alpha$$

Hierin is:

- |             |  |
|-------------|--|
| $T_p$       | de piekperiode [s]   |
| $T_{m-1,0}$ | de spectrale golfperiode [s]                                   |
| $\alpha$    | een omrekenfactor gelijk aan 1.1 in de eenvoudige rekenmethode |

#### Ad 2. Representatieve golflengte

Voor het bepalen van de representatieve golflengte in het steunpunt wordt gebruik gemaakt van nauwkeurige benaderingsformules (dispersie relatie):

$$y = \frac{4\pi^2 d}{g T^2}$$

$$y = y \left( y + \frac{1}{1 + 0.667y + 0.445y^2 - 0.105y^3 + 0.272y^4} \right)$$

---

<sup>16</sup>

Het steunpunt wordt gekozen in of nabij de havenmond/ingang.

$$L_R = \frac{2\pi d}{\sqrt{x}}$$

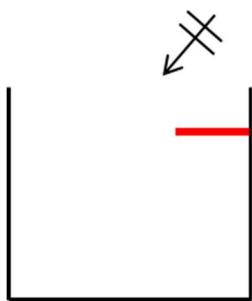
Hierin is:

- $L_R$  de representatieve golflengte [m]
- $g$  de zwaartekrachtversnelling [ $\text{m/s}^2$ ]
- $T$  de spectrale golfperiode [s]
- $d$  de lokale waterdiepte<sup>17</sup> [m]

### Ad 3. Equivalente openingsbreedte

Er kunnen zich verschillende situaties voordoen:

- Er sprake is van één havendam: de equivalente openingsbreedte is niet van toepassing.



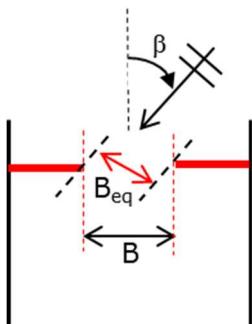
Figuur 53 Equivalente openingsbreedte niet van toepassing bij één havendam

- Er sprake is van twee havendammen die in elkaar verlengde liggen (zie ook Figuur 54). De equivalente openingsbreedte is afhankelijk van de werkelijke breedte en de hoek tussen de invallende golfrichting en de normaal van de havenopening:

$$B_{eq} = B \cdot \cos \beta$$

Hierin is:

- $B_{eq}$  de equivalente openingsbreedte [m]
- $B$  werkelijke breedte tussen 2 in elkaar verlengde liggende havendammen [m]
- $\beta$  hoek tussen de invallende golfrichting en de normaal van de havenopening [m]

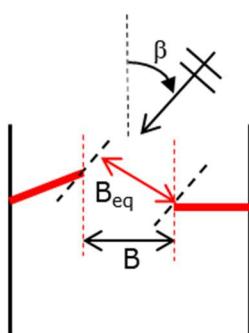


Figuur 54 Equivalente openingsbreedte bij twee in elkaar verlengde liggende havendammen

<sup>17</sup>

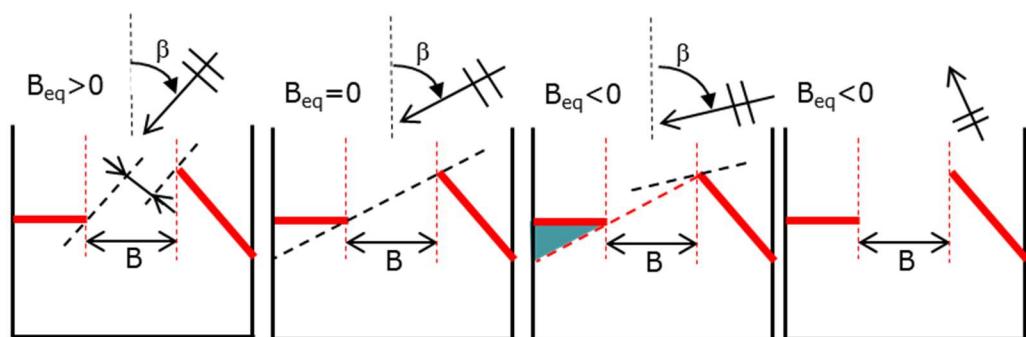
De lokale waterdiepte in het steunpunt wordt berekend als de som van de waterstand uit de beschouwde hydraulische belastingcombinatie en de representatieve bodemligging uit de havenschematisatie.

- Er sprake is van twee havendammen die niet in elkaars verlengde liggen. De equivalente openingsbreedte is nog steeds afhankelijk van de werkelijke breedte en de hoek tussen de invallende golfrichting en de normaal van de havenopening.



Figuur 55 Equivalente openingsbreedte bij twee niet in elkaars verlengde liggende havendammen

Bij een toenemende hoek tussen de invallende golfrichting en de normaal van de havenopening wordt de equivalente openingsbreedte steeds kleiner. Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuren:



Figuur 56 Afschermende havendammen

In de linker figuur is de equivalente openingsbreedte nog groter dan nul. Als de hoek tussen de invallende golfrichting en de normaal van de havenopening groter wordt is er een moment dat de golfrichting gelijk is aan de denkbeeldige lijn tussen de twee havendammen. Op dat moment is de equivalente openingsbreedte gelijk aan nul (2<sup>de</sup> figuur van links). Neemt de hoek tussen de invallende golfrichting en de normaal van de havenopening nog meer toe dan ontstaat de situatie dat de eerste dam de tweede dam afschermt. In dat geval ontstaat er een gebied in de haven waar er geen diffractie meer kan optreden ( $K_d=0$ ). Dit gebied ontstaat door een denkbeeldige lijn te trekken van de eerste naar de tweede dam naar de grens van het havenbekken. Dit gebied is in de 3<sup>de</sup> figuur van links grijs gearceerd. Als de hoek tussen de invallende golfrichting en de normaal van de havenopening nog groter wordt (de golfrichting is van de havendam af) dan is er in de gehele haven geen sprake meer van diffractie.

#### Ad 4. Diffractietabellen

In de eenvoudige methode kan het effect van diffractie op verschillende manieren beschouwd worden, waardoor een bepaald diffractiediagram van Goda (Goda et al, 1978) moet worden toegepast. Enerzijds speelt de mate van richtingsspreiding van het golfveld een rol. Anderzijds speelt de geometrie van de dammen een rol. Ten aanzien van mate van richtingsspreiding wordt onderscheid gemaakt tussen een sterk richtinggespreid golfveld, zoals voorkomt bij sterke windgedreven golfvelden, en een deiningsveld met weinig richtingsspreiding. De mate van richtingsspreiding, groot of klein, bepaalt de keuze van een bepaald type diffractietabellen.

Ten aanzien de geometrie van de havendammen wordt onderscheid gemaakt tussen een situatie met één (half-oneindige) golfbreker, en een situatie met twee golfbrekers gescheiden door een opening.

In Bijlage B zijn verschillende diffractietabellen opgenomen. De diffractietabellen van type 1 zijn geldig als:

- Er sprake is van 1 havendam of,
- als er sprake is van 2 havendammen maar  $B > 5 L_R$  of,
- als er sprake is van 2 havendammen maar  $B_{eq} > 5 L_R$  of,
- als er sprake is van 2 havendammen maar  $B_{eq}$  gelijk is aan 0.

De diffractietabellen van type 2 zijn geldig als:

- Er sprake is van 2 havendammen en
- als  $B_{eq} < 5 L_R$ .

Opgemerkt wordt dat bovenstaand criterium geen scherp onderscheid kan maken tussen de mate van diffractie in geval  $B_{eq} \approx 5 L_R$ . In voorkomende gevallen worden beide type tabellen toegepast en wordt de conservatieve uitkomst gebruikt.

Voor toepassing van *Nederlandse havens* worden altijd de diffractietabellen met grote richtingsspreiding ( $S_{max}=10$ ,  $\sigma=25^\circ$ ) gebruikt (zie B.2).

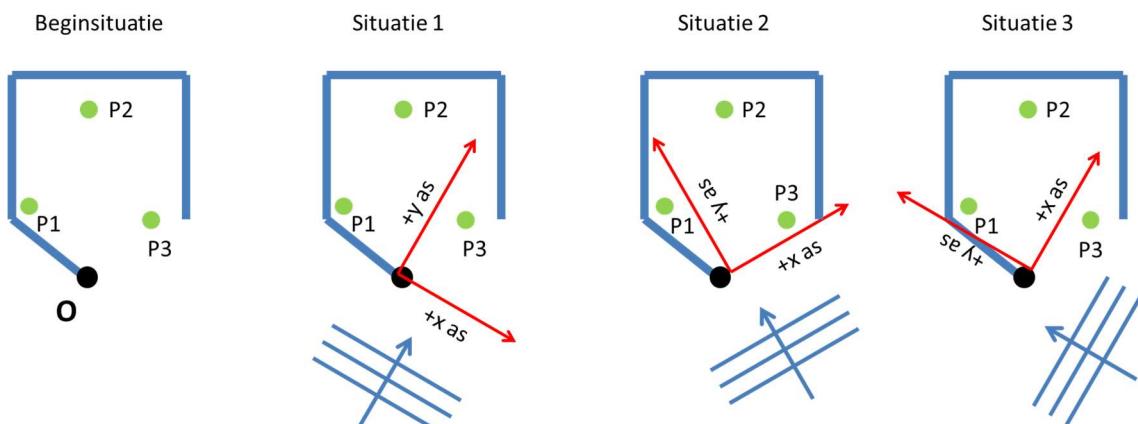
#### **Ad 5. Assenstelsel voor uitvoerlocatie**

In de diffractietabellen wordt gebruikt gemaakt van de parameters X/L en Y/L. Hierbij is L gelijk aan de representatieve golflengte ( $L_R$ ). X en Y zijn de coördinaten van een uitvoerlocatie in een lokaal assenstelsel. Bij het opleggen van dit lokale assenstelsel wordt onderscheid gemaakt in havens met één havendam of havens met twee havendammen.

##### *Lokaal assenstelsel voor havens met één havendam*

De oorsprong van het coördinatensysteem is geplaatst op het diffractiepunt aan het einde van de havendam. De richting van de (positieve) x-as wordt bepaald door de zijde van het diffractiepunt waar de golven de dam passeren. De richting van de y-as wordt bepaald door de golfrichting, waarbij de x-as loodrecht op de y-as staat.

In Figuur 57 worden een aantal situaties toegelicht ter verduidelijking van bovenstaande principe.



Figuur 57 Definitie van het lokale assenstelsel voor diffractie bij een enkele havendam

Vervolgens kunnen de X en Y coördinaat bepaald worden als afstand tussen de oorsprong van het lokale assenstelsel langs respectievelijk de x- en y-as tot aan de uitvoerlocatie. Voor de situaties uit Figuur 57 zijn in Tabel 1 de coördinaten X en Y weergegeven.

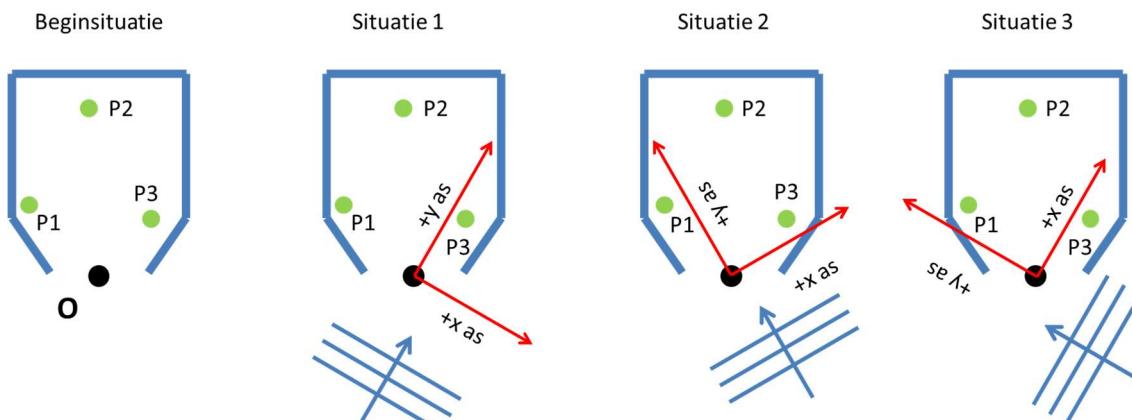
Situatie	Punt 1		Punt 2		Punt 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	-2	1	-2	4	1	2
2	-1	2	2	4	2	1
3	1	2	4	2	2	-1

Tabel 1 Coördinaten van de uitvoerlocaties op basis van het lokale assenstelsel voor diffractie bij een enkele havendam

#### Lokaal assenstelsel voor havens met twee havendammen

De oorsprong van het coördinatensysteem is geplaatst in het midden van de opening tussen de twee havendammen. De richting van de (positieve) x-as wordt bepaald door de zijde van het diffractiepunt waar de golven de dam passeren. De richting van de y-as wordt bepaald door de golfrichting, waarbij de x-as loodrecht op de y-as staat.

In Figuur 58 worden een aantal situaties toegelicht ter verduidelijking van bovenstaande principe.



Figuur 58 Definitie van het lokale assenstelsel voor diffractie bij twee havendammen

Vervolgens kunnen de X en Y coördinaat bepaald worden als afstand tussen de oorsprong van het lokale assenstelsel langs respectievelijk de x- en y-as tot aan de uitvoerlocatie. Voor de situaties uit Figuur 58 zijn in Tabel 2 de coördinaten X en Y weergegeven.

Situatie	Punt 1		Punt 2		Punt 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	-2	1	-2	4	1	2
2	-1	2	2	4	2	1
3	1	2	4	2	2	-1

Tabel 2 Coördinaten van de uitvoerlocaties op basis van het lokale assenstelsel voor diffractie bij een 2 havendammen

#### Ad 6. Berekening diffractiecoëfficiënt

De berekening van de diffractiecoëfficiënt is afhankelijk van het type tabel dat gebruikt moet worden (zoals vastgesteld in Ad 4).

### Diffractiecoëfficiënt voor type 1

De diffractiecoëfficiënt wordt afgelezen uit de diffractietabel ‘Diffractietabel voor type 1’ uit Bijlage B. Hierbij worden X, Y en  $L_R$  gebruikt zoals afgeleid in voorgaande stappen. Uitvoerlocaties met een negatieve X/L waarde, bevinden zich in de schaduwzone van een havendam. Voor X/L en Y/L waarden kleiner dan het bereik in de tabel in Bijlage B moet de minimale waarde in de tabel aangehouden. Voor X/L en Y/L waarden groter dan het bereik in de tabel in Bijlage B moet de maximale waarde in de tabel aangehouden.

### Diffractiecoëfficiënt voor type 2

De diffractiecoëfficiënt wordt afgelezen uit de diffractietabellen voor type uit Bijlage B. Er zijn in Bijlage B tabellen gegeven voor verschillende verhoudingen van de equivalente openingsbreedte ( $B_{eq}$ ) en de golflengte ( $L_R$ ), te weten: 1, 2, 4 en 8. Voor andere verhoudingen wordt lineaire interpolatie tussen de tabellen toegepast, met onderstaande formule:

$$K_d = K_{d,kl} + \left( \frac{BL - BL_{kl}}{BL_{gr} - BL_{kl}} \right) \cdot (K_{d,gr} - K_{d,kl})$$

Hierin is:

$K_d$	De gezochte diffractiecoëfficiënt
$K_{d,kl}$	De diffractiecoëfficiënt uit de tabel voor de kleinere $B_{eq}/L_R$
$K_{d,gr}$	De diffractiecoëfficiënt uit de tabel voor de grotere $B_{eq}/L_R$
$BL$	De waarde van $B_{eq}/L_R$ waarvoor de diffractiecoëfficiënt gezocht wordt
$BL_{kl}$	De $B_{eq}/L_R$ kleiner dan de $B_{eq}/L_R$ waarvoor een tabel bestaat
$BL_{gr}$	De $B_{eq}/L_R$ groter dan de $B_{eq}/L_R$ waarvoor een tabel bestaat

Voor  $B_{eq}/L_R < 1$  moet de tabel met  $B_{eq}/L_R = 1$  aangehouden worden.

Voor  $B_{eq}/L_R > 8$  moet de tabel met  $B_{eq}/L_R = 8$  aangehouden worden.

De diffractietabellen van type 2 zijn per  $B_{eq}/L_R$  waarde gegeven voor een klein (K) en een groot bereik (G). Waar mogelijk moet de tabel met een klein bereik worden aangehouden omdat de waarden hier met een fijnere resolutie van X/ $L_R$  en Y/ $L_R$  zijn gegeven dan in de tabellen met een groot bereik.

De diffractiecoëfficiënt heeft als geldigheidsbereik:  $0 < K_d \leq 1.1$ .

### Ad 6. Berekening diffractierichting

De diffractierichting is gelijk aan de hoek (in graden ten opzichte van Noord en positief met de klik mee) tussen de uitvoerlocatie en de oorsprong van het lokale assenstelsel uit Ad 4.

## A.3 De berekening van de bijdrage als gevolg van transmissie

### A.1.3 Beschrijving van het proces

Golftransmissie door en over dammen is het verschijnsel waarbij een deel van de golfenergie het, door de dam afgeschermd gebied binnendringt. Het verschijnsel golftransmissie is in het verleden in het algemeen alleen in rekening gebracht op de golfhoogte, waarbij de verhouding tussen de getransmitteerde golfhoogte ( $H_s$ ) en de inkomende golfhoogte ( $H_i$ ) de zogenoemde transmissiecoëfficiënt ( $K_t$ ) is.

Uit onderzoek (Alkyon, 1998) blijkt echter dat golftransmissie ook een effect heeft op de vorm van het spectrum van de getransmitteerde golven, waarbij het invallende golfspectrum qua vorm hetzelfde blijft, maar in grootte afneemt in samenhang met een relatief plat spectrum voor de hogere frequenties. Daarbij blijft de piekperiode ( $T_p$ ) van het spectrum nagenoeg gelijk, maar wordt de gemiddelde spectrale periode ( $T_{m-1,0}$ ) kleiner. Het opschuiven van golfenergie naar het hoge frequentie-spectrum heeft effect op lokale golfgroei door wind.

Uit literatuur zijn verscheidene transmissieformuleringen bekend. De meest bekende is wel de formule van (Goda et al, 1967) die de golftransmissie voor verticale constructies beschrijft. Hierbij treedt alleen transmissie op over de constructie en geen transmissie dór de constructie. Hierbij gaf (Goda et al, 1967) enkele waarden voor  $\alpha$  en  $\beta$  bij verschillende caissontypes. Voorts zijn middels fysisch modelonderzoek voor andere damconstructies coëfficiënten  $\alpha$  en  $\beta$  afgeleid. In Tabel 1 zijn deze coëfficiënten gegeven ((Alkyon, 1998) en de manual behorende bij SWAN).

Caisson type	$\alpha$	$\beta$
Caisson	2.2	0.40
Verticale wand	1.8	0.10
(Golfbrekerachtige) dam (helling 1:1.5)	2.6	0.15
Gladde dichte dam met flauw talud (1:3 - 1:5)	2.4	0.4
Idem, maar met stortstenen kraagstuk	1.6	0.5
Heel breed caisson ( $B \gg L_0$ )	1.8	0.6

Tabel 3 Transmissiecoëfficiënten

De veelvuldige praktische toepassing en de relatieve eenvoud van de transmissieformulering van (Goda et al, 1967) zijn dan de redenen voor het opnemen van deze formulering in deze eenvoudige rekenmethode.

#### A.1.4 Toepassing in de eenvoudige methode

In de eenvoudige rekenmethode wordt het effect van transmissie op de gemiddelde spectrale golfperiodes (herverdeling van een deel van de energie in het spectrum van lage frequenties naar hoge frequenties) niet in rekening gebracht. Om tot conservatieve golfbelastingen te komen is de piekperiode of de spectrale periode  $T_{m-1,0}$  van het getransmitteerde spectrum is gelijk aan die van het inkomende golfspectrum.

Bij het berekenen van de bijdrage van transmissie in de eenvoudige rekenmethode worden de volgende stappen gehanteerd:

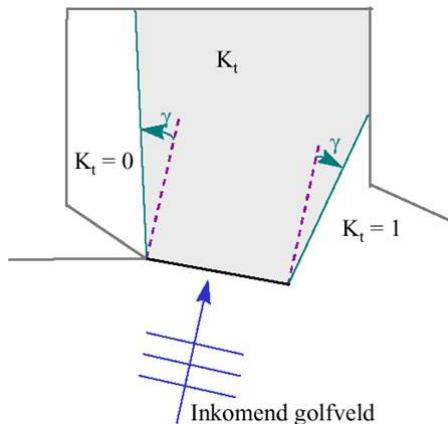
1. Vaststellen transmissiezone.
2. Berekening transmissiecoëfficiënt  $K_t$ .

##### Ad 1. Vaststellen transmissiezone

De transmissiezone wordt bepaald door de verspreiding van de getransmitteerde golfenergie in de haven als gevolg van de richtingsspreiding van deze golfenergie. Als maat voor de hoek waaronder de verspreiding van golfenergie plaatsvindt ( $\gamma$ ), wordt 15 graden ten opzichte van de hoofdrichting gehouden (waarbij dus wordt verondersteld dat de golfenergie zich verspreid in een richtingenband van 30 graden).

*Definitie van transmissiezone bij één havendam*

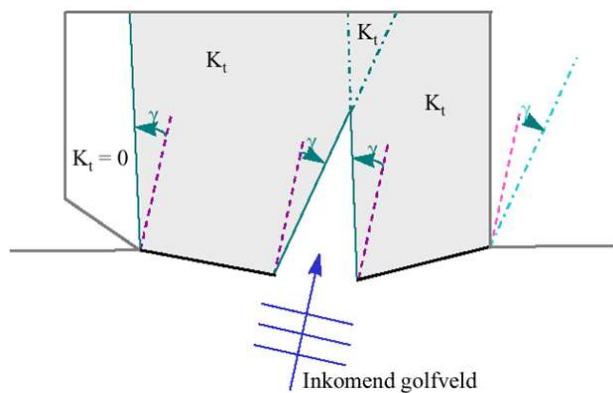
Figuur 59 toont de werkwijze voor het vaststellen van de transmissiezone bij een enkele havendam afhankelijk van de inkomende golfrichting en de hoek waaronder de verspreiding van golfenergie ( $\gamma$ ).



Figuur 59 Definitie van de transmissiezone bij een enkele havendam

*Definitie van transmissiezone bij twee havendammen*

Figuur 60 toont de werkwijze voor het vaststellen van de transmissiezone bij twee havendammen afhankelijk van de inkomende golfrichting en de hoek waaronder de verspreiding van golfenergie ( $\gamma$ ).



Figuur 60 Definitie van de transmissiezone bij 2 havendammen

## Ad 2. Berekening transmissiecoëfficiënt

De transmissiecoëfficiënt in de transmissie zone wordt berekend met de onderstaande formules:

$$\frac{h_k}{H_i} \leq -\alpha - \beta \quad K_t = 1$$

$$-\alpha - \beta \leq \frac{h_k}{H_i} \leq \alpha - \beta \quad K_t = \frac{1}{2} \left( 1 - \sin \left( \frac{\pi \frac{h_k}{H_i} + \beta}{2} \right) \right)$$

$$\frac{h_k}{H_i} \geq \alpha - \beta \quad K_t = 0$$

Hierin is:

$K_t$	De transmissiecoëfficiënt [-]
$h_k$	Het vrijboord (hoogteverschil tussen havendam en waterstand) [m]
$H_i$	De inkomende golfhoogte [m]
$\alpha$	De transmissiecoëfficiënt $\alpha$ [-]
$\beta$	De transmissiecoëfficiënt $\beta$ [-]

## A.4 De berekening van de bijdrage als gevolg van interactie diffractie en transmissie.

### A.1.5 Beschrijving van het proces

Achter een golfbreker is het golfveld opgebouwd uit bijdragen van transmissie en diffractie. Aangezien diffractie het verschijnsel is waarbij golfenergie zich min of meer lateraal verspreid vanuit een zone met een relatief grote energiedichtheid naar een zone met relatief lage energiedichtheid, is de mate van diffractie afhankelijk van de mate van transmissie. Immers bij relatief grote transmissie over en door havendammen zijn de gradiënten in golfenergie in de haven relatief klein.

### A.1.6 Toepassing in de eenvoudige methode

De diffractie-transmissiecoëfficiënt kan bepaald worden met de volgende formule:

$$K_{d,t} = \sqrt{(1 - K_t^2) \cdot K_d^2 + K_t^2}$$

Hierin is:

$K_{d,t}$	De diffractie-transmissiecoëfficiënt [-]
$K_d$	De diffractiecoëfficiënt [-]
$K_t$	De transmissiecoëfficiënt [-]

Indien diffractie niet van toepassing is, geldt dat  $K_{d,t} = K_t$ . Indien transmissie niet van toepassing is, geldt dat  $K_{d,t} = K_d$ .

De diffractie-transmissiecoëfficiënt heeft als geldigheidsbereik:  $0 < K_{d,t} \leq 1.1$ .

De resulterende golfenergie kan berekend worden met:

$$E_{d,t} = K_{d,t}^2 \cdot (0.25 \cdot H_{s,in})^2$$

Hierin is:

$E_{d,t}$	De golfenergie als gevolg van diffractie en transmissie [ $m^2$ ]
$K_{d,t}$	De diffractie-transmissiecoëfficiënt [-]
$H_{s,in}$	Invallende significante golfhoogte [m]

## A.5 De berekening van de bijdrage als gevolg van lokale golfgroei

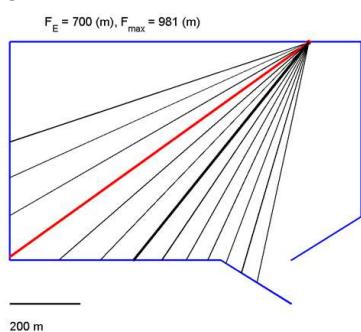
### A.1.7 Beschrijving van het proces

In een havenbekken zullen, naast golven die het bekken binnendringen, ook golven opgewekt worden door lokale golfgroei. Hierbij wordt energie van wind overgedragen aan het golfveld. Voor havenbekkens kan lokale golfgroei vaak als golfgroei in diep water worden beschouwd. Het effect van lokale golfgroei wordt sterker naarmate de haven groter wordt en de windsnelheid hoger wordt. In de praktijk blijkt dat voor strieklengten kleiner dan 100 meter èn windsnelheden  $U_{10}$  kleiner dan 5 m/s, de bijdrage van lokale golfgroei door wind verwaarloosd kan worden. In de eenvoudige rekenmethode in HB Havens wordt lokale golfgroei altijd meegenomen.

In de loop der jaren zijn vele soorten modellen ontwikkeld die golfgroei voorspellen. Wilson (Wilson, 1965) heeft een golfgroeiformulering ontwikkeld die van toepassing is op diep water condities en bij relatief korte strieklengtes en hoge windsnelheden. In (RWS, 2014) werd deze methode nog gebruikt in de eenvoudige rekenmethode. In HB Havens is echter gekozen om gebruik te maken van de groeicurves die zijn bepaald door Bretschneider (Veri-Tech Inc, 2002) en beschreven in de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken (TAW, 1989). Met de methode Bretschneider kunnen voor de significante golfhoogte en piekperiode vrij goede schattingen gedaan worden. Deze methode wordt ook toegepast in de andere WBI software onderdelen.

Voor havenbekkens met een onregelmatige vorm moet rekening worden gehouden met de bovenwindse randen in het havenbekken vanwaar golfgroei kan optreden. Voor een goed begrip van het concept effectieve strieklengte zijn de volgende overwegingen van belang. Golfgroei treedt niet alleen op langs de windbaan parallel aan de windrichting, maar ook langs windbanen die een hoek maken met de windrichting. Vanwege deze hoek, neemt de effectiviteit van de wind af met een factor die gelijk is aan cosinus van de hoek tussen de windrichting en de windbaan. In een havenbekken met een onregelmatige vorm kan het vóórkomen dat de grootste strieklengte in combinatie met de gecorrigeerde windsnelheid tot een hogere golfbelasting kan leiden, dan wanneer verondersteld wordt dat de strieklengte alleen bepaald wordt in de richting van de wind.

Holthuijsen (Holthuijsen, 2007) en Bottema en Van Vledder (Bottema et al, 2008) beschrijven methoden hoe voor onregelmatige gevormde waterbekkens, de wijze waarop verschillen in de richtingafhankelijke strieklengten kunnen worden omgezet in een effectieve strieklengte die in een golfgroeiformule kan worden toegepast. Het principe van de berekening van de effectieve strieklengte wordt in Figuur 61 geïllustreerd voor een havenbekken en een windrichting van 225°.



Figuur 61 Bepalen effectieve strieklengte

De dikke zwarte lijn geeft de windrichting aan. De effectieve strijklenge is een gewogen gemiddelde van een aantal strijklenge in een sector van 45° om de windrichting. In de eenvoudige rekenmethode wordt voor een havenbekken gezocht naar de grootste golfbelasting op basis van een richtingafhankelijke strijklenge en de effectieve windsnelheid. Om te voldoen aan de eis van conservatisme wordt in de eenvoudige rekenmethode geen gebruik gemaakt van de effectieve strijklenge maar van de maximale strijklenge in een havenbekken binnen een sector van 30° aan weerskanten van de windrichting.

### A.1.8 Toepassing in de eenvoudige methode

Bij het berekenen van de bijdrage van lokale golfgroei in de eenvoudige rekenmethode worden de volgende stappen gehanteerd:

1. Berekening van windsnelheid op 10 meter hoogte  $U_{10}$ .
2. Vaststellen maximale strijklenge.
3. Berekening golfhoogte en golfperiode met Bretscheider.
4. Berekening golfenergie.

#### **Ad 1. Berekening windsnelheid op 10 meter hoogte**

Allereerst wordt de (potentieel) windsnelheid uit de hydraulische belasting omgerekend naar een windsnelheid op 10 meter hoogte  $U_{10}$ . Hierbij wordt gebruik gemaakt van de transformatietabel uit Bijlage C. Tussenliggende waarde in de tabel worden met behulp van lineaire interpolatie berekend.

#### **Ad 2. Vaststellen maximale strijklenge**

Voor elke windrichting worden lijnen getrokken vanuit een uitvoerlocatie tot aan de begrenzing van het havenbekken, binnen een sector van 30° aan weerskanten van de beschouwde windrichting. De strijklenge die gebruikt wordt in de berekening van de lokale golfgroei in de eenvoudige rekenmethode is gelijk aan de grootste strijklenge binnen de sector van 30° aan weerskanten van de beschouwde windrichting

#### **Ad 3. Berekening golfparameters**

Met behulp van de formuleringen van Bretschneider wordt significante golfhoogte  $H_s$  berekend:

$$H_{s,lg} = \frac{U_{10}^2}{g} 0.283 \tanh \left\{ 0.530 \left[ \frac{gD}{U_{10}^2} \right]^{0.75} \right\} \tanh \left\{ \frac{0.0125 \left[ \frac{gF}{U_{10}^2} \right]^{0.42}}{\tanh \left( 0.530 \cdot \left[ \frac{gD}{U_{10}^2} \right]^{0.75} \right)} \right\}$$

Hierin is:

$H_{s,lg}$	De significante golfhoogte als gevolg van lokale golfgroei [m]
$U_{10}$	De windsnelheid op 10 meter hoogte [m/s]
$g$	De zwaartekrachtversnelling [ $m/s^2$ ]
$D$	De gemiddelde waterdiepte langs de strijklenge [m]
$F$	De maximale strijklenge [m]

#### **Ad 4. Berekening golfenergie**

De golfenergie als gevolg van lokale golfgroei is vervolgens gelijk aan:

$$E_{lg} = \frac{1}{16} \cdot H_{s,lg}^2$$

Hierin is:

$E_{lg}$	De golfenergie als gevolg van lokale golfgroei [m <sup>2</sup> ]
$H_{s,lg}$	De significante golfhoogte als gevolg van lokale golfgroei [m]

Opmerking: In feite stelt  $E_{lg}$  de lokaal opgewerkte golfvariantie voor. Om golfvariante om te zetten naar golfenergie, dient de variantie vermenigvuldigt te worden met de factor  $\rho_w g$ , waarin  $\rho_w$  (kg/m<sup>3</sup>) de dichtheid van water is en  $g$  de zwaartekrachtsversnelling (m/s<sup>2</sup>). Dit is geen onderdeel van de eenvoudige rekenmethode.

De invloed van lokale golfgroei op de (gemiddelde) piekperiode wordt niet in rekening gebracht. Aangezien verrekening van deze periode tot een lagere (gemiddelde) piekperiode zou leiden, is het verwijderen van deze invloed conservatief. Verondersteld wordt dat de golfperiode constant blijft in de eenvoudige rekenmethode.

### A.1.9 Toelichting op het effect van drag-afkapping

Onderstaande tekst is een aangepaste versie van een beschrijving door Hans de Waal.

Door het afkappen van de drag, groeien golven bij hoge windsnelheden niet langer ongelimiteerd. Dit afkappen is van invloed op de relatie tussen potentiële en open-water windsnelheden. Omdat de afkapping niet is meegenomen in de golfgroeiformulering van Bretschneider, is een correctie noodzakelijk.

De basisaannname is:

$$u_*^{U_{10} \text{ pseudo doorgaande dragrelatie}} = u_*^{U_{10} \text{ afgekapselde dragrelatie}}$$

Daarbij geldt ook:

$$\sqrt{C_{10}^{U_{10} \text{ pseudo doorgaande dragrelatie}}} U_{10}^{\text{pseudo doorgaande dragrelatie}} = \sqrt{C_{10}^{U_{10} \text{ afgekapselde dragrelatie}}} U_{10}$$

$$U_{10}^{\text{pseudo doorgaande dragrelatie}} = \sqrt{\frac{C_{10}^{U_{10} \text{ afgekapselde dragrelatie}}}{C_{10}^{U_{10} \text{ pseudo doorgaande dragrelatie}}}} U_{10}$$

Algemeen geldt, o.b.v. Wu:

$$U_{10}^{\text{pseudo doorgaande dragrelatie}} = \sqrt{\frac{(a + b \cdot \min(U_{10}, U_{10, \text{afgekapselde dragrelatie}})) \cdot 10^{-3}}{(a + b \cdot U_{10, \text{pseudo doorgaande dragrelatie}}) \cdot 10^{-3}}} U_{10}$$

$$U_{10}^{\text{pseudo doorgaande dragrelatie}} = \sqrt{\frac{a + b \cdot \min(U_{10}, U_{10, \text{afgekapselde dragrelatie}})}{a + b \cdot U_{10, \text{pseudo doorgaande dragrelatie}}}} U_{10}$$

Voor  $U_{10} < U_{10, \text{afgekapselde dragrelatie}}$ :  $U_{10, \text{pseudo doorgaande dragrelatie}} = U_{10}$

Voor  $U_{10} > U_{10, \text{afgekapselde dragrelatie}}$ :  $U_{10, \text{pseudo doorgaande dragrelatie}} = \sqrt{\frac{a + b \cdot U_{10, \text{afgekapselde dragrelatie}}}{a + b \cdot U_{10, \text{pseudo doorgaande dragrelatie}}}} U_{10}$

Invullen van constanten  $a$ ,  $b$  en  $U_{10,afgekapt}$  dragrelatie:

Voor  $U_{10} \leq 30$ :  $U_{10,pseudo\ doorgaande\ dragrelatie} = U_{10}$

Voor  $U_{10} > 30$ :  $U_{10,pseudo\ doorgaande\ dragrelatie} = \sqrt{\frac{0.8+0.065 \cdot 30}{0.8+0.062 \cdot U_{10,pseudo\ doorgaande\ dragrelatie}}} U_{10}$

## A.6 Combinatie van alle bijdragen aan de golfcondities op uitvoerlocaties

### Golfenergie

De totale golfenergie  $E_{totaal}$  kan bepaald worden als de som van de golfenergie als gevolg van diffractie en transmissie en de golfenergie als gevolg van lokale golfgroei:

$$E_{totaal} = E_{d,t} + E_{lg}$$

Hierin is:

- |              |   |
|--------------|---|
| $E_{totaal}$ | De totale golfenergie [ $m^2$ ]                                   |
| $E_{d,t}$    | De golfenergie als gevolg van diffractie en transmissie [ $m^2$ ] |
| $E_{lg}$     | De golfenergie als gevolg van lokale golfgroei [ $m^2$ ]          |

### Golfhoogte

Op basis van de totale golfenergie kan de significante golfhoogte  $H_s$  bepaald worden met:

$$H_s = 4 \cdot \sqrt{E_{totaal}}$$

Hierin is:

- |              |                                 |
|--------------|---------------------------------|
| $H_s$        | De significante golfhoogte [m]  |
| $E_{totaal}$ | De totale golfenergie [ $m^2$ ] |

### Golfperiode

De spectrale golfhoogte  $T_{m-1,0}$  wordt gelijk gesteld aan de spectrale golfhoogte uit het steunpunt (buiten de haven). Dit is een conservatieve aannname omdat lokale golfgroei zal leiden tot een lagere spectrale periode.

## Golfrichting

De gemiddelde golfrichting in de eenvoudige rekenmethode wordt berekend door het gewogen gemiddelde van de volgende richtingen te berekenen:

- Diffractierichting: richting van het diffractiepunt naar de uitvoerlocatie;
- Transmissie: de richting van de inkomende golf;
- Lokale golfgroei: de windrichting.

De weging wordt gedaan aan de hand van de golfenergieën van diffractie, transmissie en lokale golfgroei met onderstaande formule:

$$E = \frac{1}{16} \cdot H_s^2$$

De middeling vindt plaats door van elke richting de x- en y-component te bepalen, deze te middelen (gewogen) en de resulterende x- en y-component te vertalen naar een hoek.

## A.7 De effecten van golfbreking

Wanneer er een ondiep voorland aanwezig is, moet een controle uitgevoerd worden of de (berekende) golven breken op dat voorland. Dit breekproces zet in zodra de invallende golven op het ondiepe voorland komen. Bij een heel kort voorland zullen de golven nog niet gebroken zijn. Bij een breed voorland zullen de golven gaan breken en een diepte-gelimiteerde evenwichtsdiepte bereiken. Hierbij wordt conform (TAW, 2006) de maximale golfhoogte ( $H_{s,max}$ ) die op het hoge voorland kan voorkomen, gelijk gesteld aan 70% van de waterdiepte:

$$H_{s,max} = 0.7 \cdot d_{voorland}$$

Hierin is:

$H_{s,max}$	De significante golfhoogte beperkt door het voorland [m]
$d_{voorland}$	De lokale water diepte op het ondergelopen voorland is [m]

Bij het toepassen van bovenstaande formules wordt de waterdiepte op het hoge voorland gebaseerd op het laagst gelegen deel van het voorland.

In een eenvoudige rekenmethode wordt aangenomen dat een mogelijke reductie van de significante golfhoogte geen invloed heeft op de golfperiode en de golfrichting.

## Bijlage B Diffractietabellen

Deze bijlage toont de verschillende diffractietabellen die gebruikt worden in de eenvoudige rekenmethode HB Havens.

*Er worden alleen tabellen getoond voor  $S_{max}=10$  (grote richtingsspreiding geldig voor een golfveld dat gedomineerd wordt door lokaal opgewekte golven).*

Opgemerkt wordt dat de tabellen geldig zijn bij een gat tussen 2 golfbrekers gebaseerd op de aannname dat de afzonderlijke golfbrekers in elkaars verlengde liggen en dat de windrichting haaks op de opening ligt. Omdat in de praktijk zelden aan deze voorwaarden voldaan kan worden, wordt in deze handleiding gebruikt gemaakt van het begrip 'equivalente' breedte, nl. de projectie van de opening die haaks staat op de invallende golfrichting. Tevens wordt opgemerkt dat de diffractietabellen zijn afgeleid voor een geometrie met een vlakke horizontale bodem, waardoor er geen refractie-effecten optreden, en oneindig dunne golfbrekers die volledig reflecteren.

### B.1 Diffractietabel voor type 1

		X/L																				
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
Y/L	20	0.88	0.87	0.86	0.84	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71	0.68	0.66	0.63	0.61	0.58	0.56	0.54	0.51	0.49	0.47
	19	0.89	0.87	0.86	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71	0.68	0.65	0.63	0.60	0.58	0.55	0.53	0.51	0.48	0.46
	18	0.89	0.88	0.87	0.85	0.84	0.82	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.47	0.45
	17	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84	0.82	0.80	0.78	0.76	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62	0.59	0.56	0.54	0.51	0.48	0.46	0.44
	16	0.90	0.89	0.88	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58	0.55	0.53	0.50	0.47	0.45	0.42
	15	0.91	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84	0.81	0.79	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58	0.54	0.51	0.49	0.46	0.43	0.41
	14	0.92	0.91	0.89	0.88	0.86	0.84	0.82	0.80	0.77	0.74	0.70	0.67	0.64	0.60	0.57	0.53	0.50	0.47	0.44	0.42	0.40
	13	0.93	0.91	0.90	0.89	0.87	0.85	0.83	0.80	0.77	0.74	0.70	0.67	0.63	0.59	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38
	12	0.93	0.92	0.91	0.90	0.88	0.86	0.84	0.81	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.51	0.47	0.44	0.41	0.38	0.36
	11	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.87	0.84	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62	0.57	0.53	0.49	0.45	0.42	0.39	0.37	0.34
	10	0.95	0.94	0.93	0.92	0.90	0.88	0.85	0.82	0.79	0.75	0.70	0.66	0.61	0.56	0.51	0.47	0.43	0.40	0.37	0.34	0.32
	9	0.96	0.95	0.94	0.93	0.91	0.89	0.87	0.83	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.54	0.50	0.45	0.41	0.38	0.35	0.32	0.30
	8	0.96	0.96	0.95	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85	0.81	0.76	0.70	0.64	0.58	0.52	0.47	0.43	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28
	7	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.89	0.86	0.82	0.76	0.70	0.63	0.57	0.50	0.45	0.40	0.36	0.32	0.30	0.27	0.25	
	6	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.93	0.91	0.88	0.83	0.77	0.70	0.62	0.54	0.47	0.41	0.36	0.33	0.29	0.27	0.25	0.23
	5	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.93	0.90	0.85	0.78	0.70	0.60	0.51	0.44	0.37	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
	4	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.92	0.88	0.80	0.70	0.58	0.47	0.39	0.33	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
	3	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.95	0.91	0.83	0.69	0.54	0.42	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
	2	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97	0.94	0.87	0.69	0.48	0.34	0.27	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.98	0.94	0.68	0.36	0.25	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12
	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.26	0.20	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	

## B.2 Diffractietabellen voor type 2

Geldig voor  $B_{eq}/L_R=1$ ; groot bereik (G)

	X/L															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
19	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
17	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
16	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
15	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
14	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
13	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
12	0.21	0.21	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10
11	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09
Y/L	10	0.23	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	9	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
	8	0.26	0.26	0.24	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
	7	0.28	0.27	0.26	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11	0.11	0.10	0.09	0.08
	6	0.30	0.29	0.27	0.24	0.21	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
	5	0.33	0.32	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08
	4	0.37	0.34	0.30	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08
	3	0.42	0.38	0.30	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
	2	0.51	0.42	0.29	0.21	0.17	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
	1	0.68	0.42	0.24	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
	0	1.00	0.33	0.21	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08

Geldig voor  $B_{eq}/L_R=1$ ; klein bereik (K)

	X/L																
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	
4.0	0.37	0.36	0.36	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	
3.8	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	
3.6	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	
3.4	0.40	0.39	0.39	0.38	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.31	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	
3.2	0.41	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.33	0.32	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	
3.0	0.42	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.35	0.33	0.32	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.23	
2.8	0.43	0.43	0.43	0.42	0.40	0.39	0.37	0.35	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.26	0.24	0.23	
2.6	0.45	0.45	0.44	0.43	0.41	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	
2.4	0.47	0.46	0.46	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	
2.2	0.49	0.48	0.47	0.46	0.43	0.41	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	
Y/L	2.0	0.51	0.50	0.49	0.47	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21
	1.8	0.53	0.53	0.51	0.49	0.46	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.22	0.20
	1.6	0.56	0.55	0.53	0.50	0.47	0.43	0.39	0.36	0.32	0.30	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20
	1.4	0.60	0.59	0.56	0.52	0.48	0.43	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19
	1.2	0.64	0.62	0.59	0.54	0.48	0.43	0.38	0.34	0.31	0.28	0.25	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18
	1.0	0.68	0.67	0.62	0.55	0.48	0.42	0.37	0.33	0.29	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18
	0.8	0.74	0.72	0.65	0.56	0.48	0.41	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17
	0.6	0.81	0.78	0.69	0.57	0.47	0.39	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17
	0.4	0.89	0.85	0.73	0.57	0.44	0.36	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17
	0.2	0.97	0.93	0.79	0.55	0.41	0.34	0.29	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17
	0.0	1.00	1.00	1.00	0.54	0.40	0.33	0.29	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17

**Geldig voor  $B_{eq}/L_R=2$ ; groot bereik (G)**

		X/L															
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Y/L	40	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
	38	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
	36	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
	34	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10
	32	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
	30	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
	28	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
	26	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09
	24	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09
	22	0.23	0.23	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
	20	0.25	0.24	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08
	18	0.26	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
	16	0.27	0.27	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08
	14	0.29	0.29	0.27	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07
	12	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
	10	0.35	0.33	0.29	0.25	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06
	8	0.39	0.36	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
	6	0.44	0.40	0.30	0.23	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
	4	0.54	0.43	0.28	0.19	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
	2	0.72	0.41	0.21	0.15	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
	0	1.00	0.25	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

**Geldig voor  $B_{eq}/L_R=2$ ; klein bereik (K)**

		X/L															
		0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0
Y/L	8.0	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.24
	7.6	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.33	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.25	0.24
	7.2	0.41	0.40	0.40	0.39	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
	6.8	0.42	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.35	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23
	6.4	0.43	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.37	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23
	6.0	0.44	0.44	0.44	0.43	0.41	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27	0.25	0.24	0.23
	5.6	0.46	0.46	0.45	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22
	5.2	0.47	0.47	0.46	0.45	0.43	0.41	0.39	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21
	4.8	0.49	0.49	0.48	0.46	0.44	0.42	0.39	0.37	0.34	0.32	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21
	4.4	0.51	0.51	0.50	0.48	0.45	0.43	0.40	0.37	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20
	4.0	0.54	0.53	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19
	3.6	0.56	0.56	0.54	0.51	0.47	0.43	0.40	0.36	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18
	3.2	0.59	0.58	0.56	0.52	0.48	0.44	0.39	0.35	0.32	0.28	0.26	0.23	0.22	0.20	0.19	0.17
	2.8	0.63	0.62	0.59	0.54	0.49	0.43	0.38	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
	2.4	0.67	0.65	0.61	0.56	0.49	0.43	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	2.0	0.72	0.70	0.64	0.57	0.49	0.41	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.15
	1.6	0.78	0.75	0.68	0.58	0.47	0.39	0.32	0.28	0.24	0.22	0.19	0.18	0.17	0.15	0.15	0.14
	1.2	0.84	0.81	0.71	0.57	0.45	0.36	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.15	0.14	0.13
	0.8	0.92	0.88	0.75	0.56	0.40	0.31	0.26	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13
	0.4	0.97	0.96	0.82	0.51	0.34	0.27	0.23	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13
	0.0	1.00	1.00	1.00	0.45	0.31	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13

**Geldig voor  $B_{eq}/L_R=4$ ; groot bereik (G)**

		X/L															
		0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
Y/L	80	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11
	76	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11
	72	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11
	68	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10
	64	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10
	60	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
	56	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
	52	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09
	48	0.23	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09
	44	0.24	0.24	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
	40	0.25	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
	36	0.27	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.10	0.09	0.08	0.07
	32	0.28	0.28	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07
	28	0.30	0.29	0.27	0.25	0.22	0.19	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06
	24	0.32	0.31	0.29	0.25	0.22	0.18	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
	20	0.36	0.34	0.30	0.25	0.21	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05
	16	0.40	0.37	0.31	0.24	0.19	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05
	12	0.45	0.41	0.31	0.22	0.17	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
	8	0.55	0.44	0.28	0.18	0.13	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
	4	0.73	0.41	0.19	0.12	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
	0	1.00	0.19	0.12	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

**Geldig voor  $B_{eq}/L_R=4$ ; klein bereik (K)**

		X/L															
		0.0	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0	4.8	5.6	6.4	7.2	8.0	8.8	9.6	10.4	11.2	12.0
Y/L	16.0	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.30	0.28	0.27	0.26	0.24
	15.2	0.41	0.40	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24
	14.4	0.42	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.29	0.28	0.27	0.25	0.24
	13.6	0.43	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.36	0.34	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23
	12.8	0.44	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.38	0.36	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23
	12.0	0.45	0.45	0.45	0.44	0.42	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22
	11.2	0.47	0.47	0.46	0.45	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22
	10.4	0.49	0.48	0.47	0.46	0.44	0.42	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21
	9.6	0.51	0.50	0.49	0.47	0.45	0.43	0.40	0.37	0.34	0.32	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20
	8.8	0.53	0.52	0.51	0.49	0.46	0.43	0.40	0.37	0.34	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19
	8.0	0.55	0.54	0.53	0.50	0.47	0.44	0.40	0.37	0.33	0.30	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18
	7.2	0.58	0.57	0.55	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	6.4	0.61	0.60	0.57	0.54	0.49	0.44	0.39	0.35	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
	5.6	0.64	0.63	0.60	0.55	0.50	0.44	0.38	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	4.8	0.68	0.67	0.63	0.57	0.50	0.43	0.37	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
	4.0	0.73	0.71	0.66	0.58	0.49	0.41	0.34	0.29	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12
	3.2	0.79	0.77	0.69	0.59	0.48	0.38	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	2.4	0.86	0.83	0.73	0.58	0.44	0.34	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	1.6	0.92	0.89	0.77	0.56	0.38	0.28	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10
	0.8	0.98	0.96	0.84	0.48	0.29	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09
	0.0	1.00	1.00	1.00	0.36	0.24	0.19	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09

**Geldig voor  $B_{eq}/L_R=8$ ; groot bereik (G)**

	X/L															
	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120
160	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11
152	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11
144	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11
136	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10
128	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
120	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
112	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
104	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.15	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09
96	0.23	0.23	0.22	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
88	0.24	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
Y/L	80	0.26	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
	72	0.27	0.26	0.25	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
	64	0.28	0.28	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
	56	0.31	0.30	0.28	0.25	0.22	0.19	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
	48	0.33	0.32	0.29	0.25	0.22	0.18	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06
	40	0.36	0.34	0.30	0.25	0.21	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
	32	0.40	0.37	0.31	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
	24	0.46	0.41	0.31	0.22	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
	16	0.56	0.44	0.27	0.18	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	8	0.74	0.41	0.18	0.11	0.08	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
	0	1.00	0.14	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

**Geldig voor  $B_{eq}/L_R=8$ ; klein bereik (K)**

	X/L															
	0.0	1.6	3.2	4.8	6.4	8.0	9.6	11.2	12.8	14.4	16.0	17.6	19.2	20.8	22.4	24.0
32.0	0.40	0.40	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.30	0.28	0.27	0.26	0.24
30.4	0.41	0.41	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24
28.8	0.42	0.42	0.42	0.41	0.40	0.39	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24
27.2	0.43	0.43	0.43	0.42	0.41	0.39	0.38	0.36	0.35	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23
25.6	0.45	0.44	0.44	0.43	0.42	0.40	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23
24.0	0.46	0.46	0.45	0.44	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22
22.4	0.48	0.47	0.47	0.45	0.44	0.42	0.40	0.37	0.35	0.33	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21
20.8	0.49	0.49	0.48	0.47	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21
19.2	0.51	0.51	0.50	0.48	0.46	0.43	0.40	0.37	0.35	0.32	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20
17.6	0.53	0.53	0.51	0.49	0.47	0.44	0.40	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19
Y/L	16.0	0.56	0.55	0.53	0.51	0.48	0.44	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19
	14.4	0.58	0.58	0.56	0.53	0.49	0.44	0.40	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.19	0.16
	12.8	0.61	0.61	0.58	0.54	0.49	0.44	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.15
	11.2	0.65	0.64	0.61	0.56	0.50	0.44	0.38	0.33	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15
	9.6	0.69	0.68	0.64	0.57	0.50	0.43	0.37	0.31	0.27	0.23	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13
	8.0	0.74	0.72	0.67	0.59	0.50	0.41	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11
	6.4	0.80	0.77	0.70	0.59	0.48	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10
	4.8	0.86	0.83	0.74	0.59	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	3.2	0.93	0.90	0.78	0.56	0.37	0.26	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08
	1.6	0.98	0.97	0.86	0.47	0.26	0.18	0.15	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07
	0.0	1.00	1.00	1.00	0.28	0.18	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07

## Bijlage C      Omrekentabel wind

Voor de windsnelheid is bij alle watersystemen in principe gebruik gemaakt van de "open-water windsnelheid" (De Waal, 2008). Dit geldt zowel voor de waterbeweging als voor de golven. De windsnelheid waarvoor statistiek is afgeleid en waarmee de databases worden gevuld betreft echter de potentiële windsnelheid<sup>18</sup>. De potentiële windsnelheid wordt daarom getransformeerd naar de open-water windsnelheid.

Voor open-water windsnelheden boven de 30 m/s neemt volgens de laatste inzichten (Van Vledder, 2017) de winddragcoëfficiënt  $C_D$  niet verder toe. In deze nieuwe winddragformulering is er bij hogere windsnelheden dus sprake van een gladder wateroppervlak. Dat betekent dat bij dezelfde potentiële windsnelheid een hogere open-water windsnelheid wordt gevonden dan in de oude dragformulering. Deze hogere windsnelheid heeft echter minder grip op het water (de winddragcoëfficiënt is immers lager). Het netto resultaat hiervan is dat de bijbehorende schuifspanningssnelheid afneemt ten opzichte van de situatie zonder afkappen (oude dragformulering), met als gevolg lagere waterstanden en golven.

Tabel 4 geeft de transformatie van potentiële windsnelheid naar open-water windsnelheid voor zowel de oude als de nieuwe winddragformulering. Dit betreft de waarden " $U_{10}$ " en " $U_{10}$  capped" uit de tabel van Gerbrant van Vledder, die is opgenomen in (Geerse, 2018). De onderliggende werkwijze voor het transformeren van de windsnelheid is beschreven in (De Waal, 2003). In Tabel 3 is te zien, dat vanaf potentiële windsnelheden van iets onder de 30 m/s de open-water windsnelheid volgens de nieuwe formulering hoger is dan in de oude formulering.

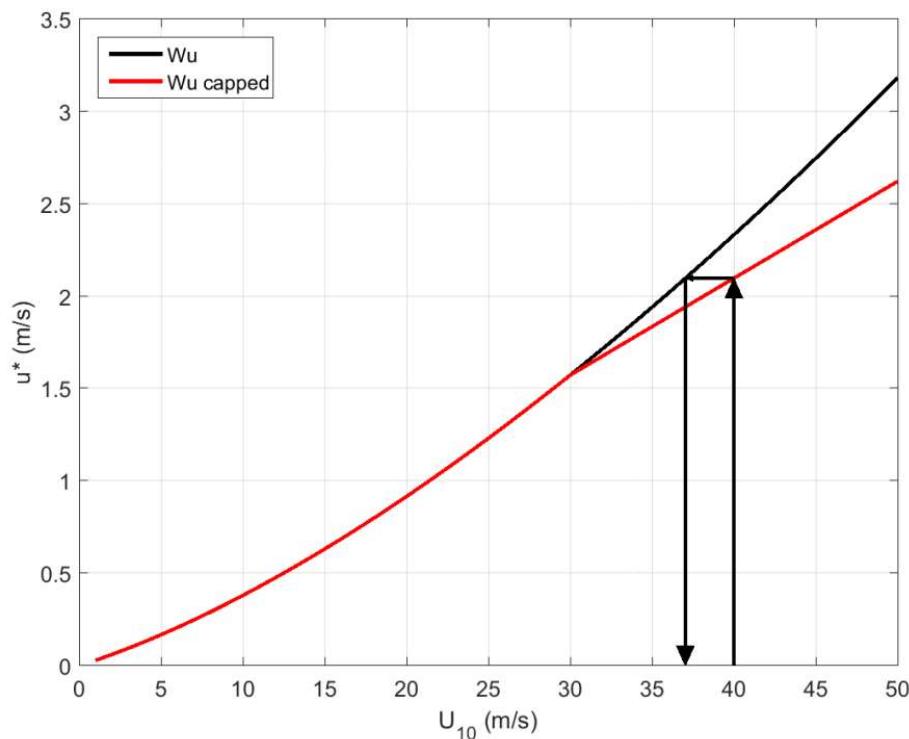
Het afkappen van de winddragcoëfficiënt vindt zoveel mogelijk plaats binnen de fysische modellen (D-HYDRO voor de waterbeweging en SWAN voor de golven). De verlaagde winddragcoëfficiënt zit echter niet in de golfgroeiformules van Bretschneider. Vandaar dat bij toepassing daarvan de winddragafkapping in rekening wordt gebracht via een reductie op de open-water windsnelheid.

Deze reductie is zodanig, dat gecorrigeerde open-water windsnelheid  $U_{10}$  bij toepassing van de oude dragformulering dezelfde schuifspanningssnelheid  $u^*$  oplevert als de ongecorrigeerde open-water windsnelheid bij toepassing van de nieuwe dragformulering. Deze werkwijze is overgenomen uit (Van Vledder, 2017) en reeds toegepast in de Vecht-IJsseldelta (Stijnen et al., 2018). Figuur 62 geeft een visualisatie van deze werkwijze. Een open-water windsnelheid van bijvoorbeeld 40 m/s wordt via de schuifspanningssnelheid  $u^*$  verlaagd naar een open-water windsnelheid van 37 m/s.

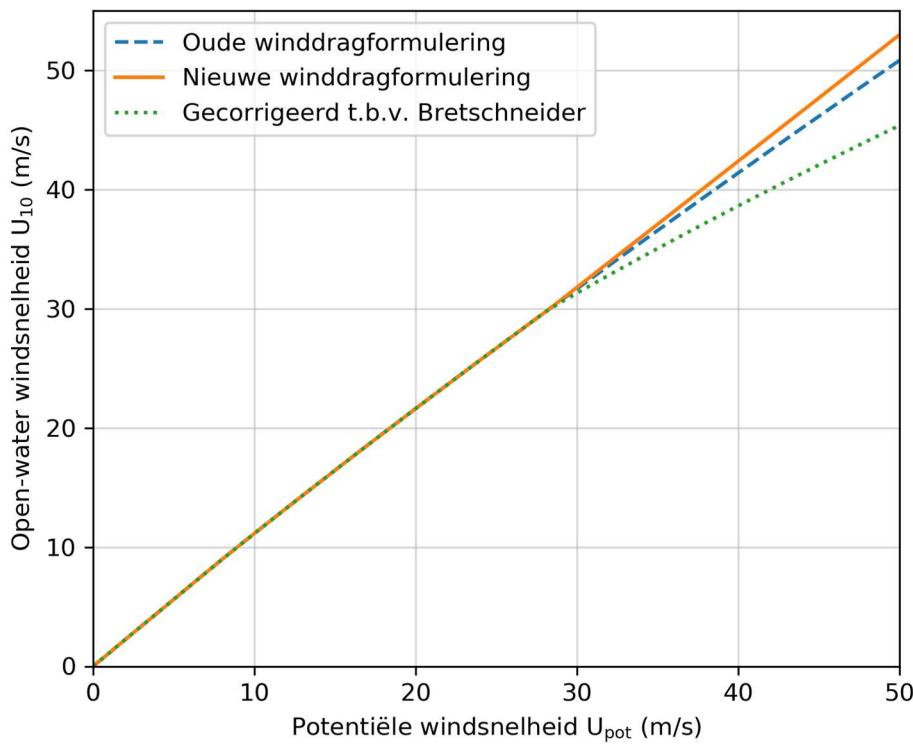
De laatste kolom in Tabel 3 bevat de gecorrigeerde open-water windsnelheden, die worden gebruikt in de golfberekeningen met Bretschneider. Deze kolom wordt in HB Havens gebruikt bij het bepalen van de lokale golfgroeí door wind. Figuur 63 geeft de transformaties uit Tabel 3 visueel weer, inclusief deze gecorrigeerde versie.

---

<sup>18</sup> Potentiële wind is de voor nabije beschuttingseffecten gecorrigeerde wind op 10 meter hoogte op een KNMI-landstation.



Figuur 62 Methode om gecorregeerde open-water windsnelheid  $U_{10}$  te bepalen op basis de oude (Wu) en de nieuwe (Wu capped) winddragformulering (bron: Van Vledder, 2017).



Figuur 63 Transformatie potentiële- naar open-water windsnelheid

Potentiële windsnelheid $U_{pot}$ [m/s]	Open-water windsnelheid $U_{10}$ [m/s]		
	Oude winddrag-formulering	Nieuwe winddrag-formulering	Gecorrigeerd t.b.v. Bretschneider
0	0,00	0,00	0,00
1	1,12	1,12	1,12
2	2,25	2,25	2,25
3	3,37	3,37	3,37
4	4,49	4,49	4,49
5	5,61	5,61	5,61
6	6,74	6,74	6,74
7	7,86	7,86	7,86
8	8,97	8,97	8,97
9	10,06	10,06	10,06
10	11,14	11,14	11,14
11	12,21	12,21	12,21
12	13,28	13,28	13,28
13	14,34	14,34	14,34
14	15,39	15,39	15,39
15	16,44	16,44	16,44
16	17,49	17,49	17,49
17	18,53	18,53	18,53
18	19,56	19,56	19,56
19	20,59	20,59	20,59
20	21,62	21,62	21,62
21	22,64	22,64	22,64
22	23,66	23,66	23,66
23	24,68	24,68	24,68
24	25,69	25,69	25,69
25	26,69	26,69	26,69
26	27,69	27,69	27,69
27	28,69	28,69	28,69
28	29,69	29,69	29,69
29	30,68	30,73	30,54
30	31,67	31,79	31,31
31	32,65	32,85	32,07
32	33,64	33,91	32,83
33	34,62	34,97	33,58
34	35,59	36,02	34,31
35	36,56	37,08	35,05
36	37,53	38,14	35,78
37	38,50	39,20	36,50
38	39,47	40,26	37,21
39	40,43	41,32	37,92
40	41,39	42,38	38,62
41	42,34	43,44	39,32
42	43,30	44,50	40,02
43	44,25	45,56	40,70
44	45,20	46,62	41,38
45	46,14	47,68	42,06
46	47,08	48,74	42,73
47	48,03	49,80	43,40
48	48,96	50,86	44,06
49	49,90	51,92	44,72
50	50,83	52,98	45,37

Tabel 4 Transformatietabel potentiële- naar open-water windsnelheid

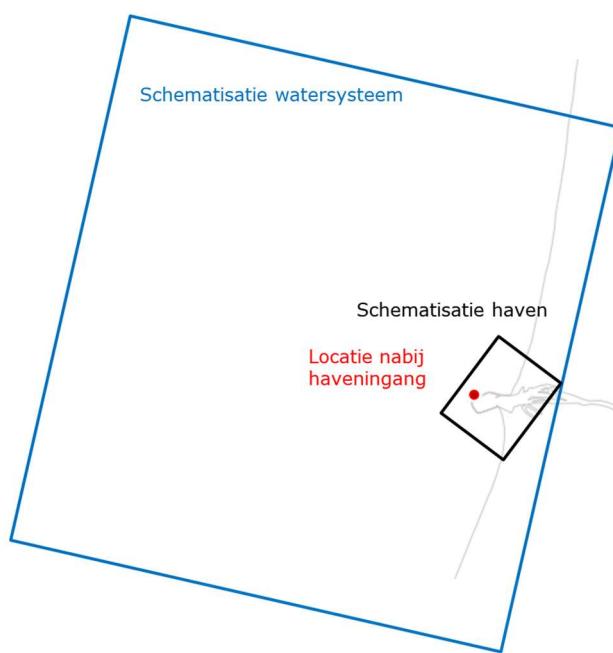
## Bijlage D Geavanceerde methode SWAN

### D.1 SWAN modelschematisatie en iteraties

In de geavanceerde rekenmethode moet gebruik gemaakt worden van golfmodelleringsssoftware om de golfcondities op locaties in een havenbekken te bepalen. In HB Havens is gekozen om gebruik te maken van (een combinatie van) golfmodelleringsssoftware SWAN en PHAROS. Het SWAN model wordt gebruikt om het effect van golfgroei, refractie, reflectie, transmissie en dissipatie te bepalen en PHAROS om het effect van golffoording (rekening houdend met de refractie, diffractie en reflectie) te bepalen.

Voor het gebruik van SWAN is een modelschematisatie vereist. Elke haven is uniek en heeft een eigen modelschematisatie (voor sommige havens reeds beschikbaar en voor andere havens nog samen te stellen). Omdat de havenschematisatie een aparte schematisatie is ten opzichte van de gebiedschematisatie van een watersysteem (zeer waarschijnlijk niet met een andere gridcelgrootte), is het noodzakelijk dat de initiële condities, die aan de randen van de havenschematisatie worden opgelegd in de berekeningen van de golfcondities in de haven, dezelfde Hydraulische Belastingen opleveren als Hydraulische Belastingen (in een gekozen locatie gelegen nabij de haveningang) gemaakt met de schematisatie van het watersysteem (zie ook paragraaf 2.2.2).

In Figuur 64 bevat een impressie van twee verschillende schematisaties rondom de haven van IJmuiden.



Figuur 64 Aansluitingseis modelschematisaties

Het blauwe vlak geeft de schematisatie weer van het watersysteem en het zwarte vlak de schematisatie van de haven. De schematisatie van de haven zal een fijnmaziger rooster bevatten dan de schematisatie van het watersysteem. Voor beide schematisaties worden initiële condities opgelegd aan de randen van de schematisatie. Dit resulteert voor beide schematisaties in een Hydraulische Belasting in een gekozen uitvoerlocatie nabij de haveningang (het rode punt in Figuur 4). Uitgangspunt zal moeten zijn dat deze gelijk zijn.

Op voorhand is echter niet bekend bij welke initiële condities aan de rand van de havenschematisatie dezelfde Hydraulische Belasting wordt berekend in de uitvoerlocatie. Dit zal iteratief moeten worden bepaald, gegeven de uitkomst van de berekening met de modelschematisatie van het watersysteem. De iteratie van de initiële condities wordt in drie stappen uitgevoerd.

### D.1.1 Iteratiestap 1 initiële condities

In de eerste iteratiestap worden de condities uit de Hydraulische Belastingcombinatie in het gekozen steunpunt op elke rand van de havenschematisatie opgelegd. Met SWAN worden vervolgens de significante golfhoogte en de piekperiode in het steunpunt berekend.

De kans dat de, op deze wijze berekende golfcondities in het steunpunt gelijk zijn aan de golfcondities uit de Hydraulische Belastingcombinatie is nihil. Daarom wordt er altijd een tweede iteratiestap uitgevoerd.

### D.1.2 Iteratiestap 2 initiële condities

De condities die aan de randen van de havenschematisatie opgelegd worden in de tweede iteratiestap, worden bepaald op basis van de Hydraulische Belastingcombinatie in het gekozen steunpunt en de, met SWAN berekende golfcondities uit de eerste iteratiestap. Allereerst worden de verhoudingsparameters alfa en beta bepaald op basis van gamma (de verhouding tussen de significante golfhoogte uit de Hydraulische Belastingcombinatie in het gekozen steunpunt en de, met SWAN berekende significante golfhoogte uit de eerste iteratiestap) en delta (de verhouding tussen de piekperiode uit de Hydraulische Belastingcombinatie in het gekozen steunpunt en de, met SWAN berekende piekperiode uit de eerste iteratiestap):

$$\alpha = \delta \cdot \left[ \frac{H_{s HRD}}{H_{s \text{ iteratie } 1}} \right]^2$$

$$\beta = \delta = \frac{T_{p HRD}}{T_{p,s \text{ iteratie } 1}}$$

Vervolgens worden de condities die aan de randen van de havenschematisatie opgelegd worden voor de tweede iteratiestap bepaald door de significante golfhoogte en de piekperiode uit de Hydraulische Belastingcombinatie te corrigeren met de verhoudingsparameters:

$$H_{s \text{ rand } 2} = H_{s HRD} \cdot \sqrt{|\alpha|}$$

$$T_{p,s \text{ rand } 2} = T_{p,s HRD} \cdot \delta$$

### D.1.3 Iteratiestap 3 initiële condities

De condities die aan de randen van de havenschematisatie opgelegd worden in de derde iteratiestap, worden bepaald door lineaire interpolatie op basis van de, met SWAN berekende golfcondities uit de eerste iteratiestap en de, met SWAN berekende golfcondities uit de tweede iteratiestap in het gekozen steunpunt:

$$H_{s \text{ rand } 3} = \left[ (H_{s HRD} - H_{s \text{ iteratie } 1}) \cdot \frac{(H_{s \text{ rand } 2} - H_{s HRD})}{(H_{s \text{ iteratie } 2} - H_{s \text{ iteratie } 1})} \right] + H_{s HRD}$$

$$T_{p,s \text{ rand } 3} = \left[ (T_{p,s HRD} - T_{p,s \text{ iteratie } 1}) \cdot \frac{(T_{p,s \text{ rand } 2} - T_{p,s HRD})}{(T_{p,s \text{ iteratie } 2} - T_{p,s \text{ iteratie } 1})} \right] + T_{p,s HRD}$$

## D.2 Combinatie SWAN berekeningen

In de geavanceerde rekenmethode wordt SWAN gebruikt voor het bepalen van het effect van lokale golfgroei in een havenbekken, alsmede de effecten als refractie, reflectie transmissie en dissipatie. In HB Havens is gekozen om verschillende SWAN berekeningen uit te voeren. De resultaten van deze berekeningen worden gecombineerd tot één golfenergie om het effect van de lokale golfgroei en transmissie te isoleren. Achtereenvolgens worden de volgende berekeningen uitgevoerd met SWAN:

- Een SWAN berekening waarbij gerekend wordt met een windsnelheid van nagenoeg nul<sup>19</sup> en zonder transmitterende objecten, aangeduid met  $E_{SWAN,D}$ ;
- Een SWAN berekening waarbij gerekend wordt met de windsnelheid uit de Hydraulische Belasting combinatie en met transmitterende objecten, aangeduid met  $E_{SWAN,TR}$ .

De golfenergie als gevolg van alleen het lokale golfgroei effect is dan gelijk aan:

$$E_{golfgroei} = E_{SWAN,TR} - E_{SWAN,D}$$

Uit de berekende golfenergie als gevolg van lokale golfgroei kunnen de significante golfhoogte  $H_s$  (ook wel  $H_{m0}$ ) en de spectrale golfperiode  $T_{m-1,0}$  afgeleid worden.

De probabilistische beoordelingssoftware heeft echter ook een piekperiode  $T_p$  nodig en vereist bovendien dat alle golfcondities toenemen bij een afnemende kans van voorkomen (monotoon stijgende belastingen). Deze laatste eis is nodig om convergentie problemen te voorkomen in de probabilistische beoordelingssoftware.

Transmissie in een haven kan leiden tot hogere golfperiode dan in het geval dat alleen lokale golfgroei beschouwd zou worden. Bij toenemende windsnelheden zou in het binnengebied van de haven de piekperiode gedomineerd kunnen worden door de lokaal gegenereerde golven (als deze afgeleid wordt uit de berekende golfenergie als gevolg van lokale golfgroei) met als gevolg dat deze niet toeneemt bij afnemende kans van voorkomen. Om dit te voorkomen is gekozen om de piekperiode af te leiden uit drie afzonderlijke SWAN berekeningen. De piekperiode is dan gelijk aan de maximale piekperiode van SWAN afzonderlijke berekeningen voor: (1) golfoordringing  $E_{SWAN,D}$ , (2) transmissie  $E_{SWAN,TR}$  en (3) golfgroei door wind  $E_{SWAN,W}$ . De laatste is een SWAN berekening waarbij gerekend wordt met de windsnelheid uit de Hydraulische Belasting combinatie en zonder transmitterende objecten.

Voor elke uitvoerlocatie worden de resultaten als volgt gecombineerd:

- Uit de energie  $E_{golfgroei}$  worden alleen die richtingen meegenomen die binnen plus of min 90° ten opzichte van de dijknormaal voor de betreffende locatie vallen.

$$m_n = \iint f^n E_{golfgroei}(f, \theta) df d\theta$$

Waarbij in de integratie over variabele  $\theta$  alleen die richtingen beschouwt die plus of min 90° liggen ten opzichte van de dijknormaal (alleen inkomende golven worden beschouwd voor de HR belasting)!

- De significante golfhoogte  $H_m$  wordt per uitvoerlocatie bepaald door de drie bijdrages energetisch te combineren, waaruit  $H_m$  afgeleid wordt met de volgende formule:

---

<sup>19</sup> Gekozen is om de windsnelheid nagenoeg nul te kiezen om dat bij een windsnelheid van nul convergentieproblemen te verwachten zijn.

$$H_{m0} = 4\sqrt{m_0}$$

- De golfperiode energie gemiddelde golfperiode  $T_{m-1,0}$  wordt gebaseerd op de gecombineerde energie en wordt afgeleid met:

$$T_{m-1,0} = \frac{m_{-1}}{m_0}$$

- De piekperiode wordt bepaald als de hoogste piekperiode van de afzonderlijke berekeningen met SWAN (golfdoordringing, transmissie en wind).

## Bijlage E SWAN master template

Deze bijlage bevat een voorbeeld van een SWAN master template. Algemene informatie over de te gebruiken commando's in de SWAN master bestanden kan gevonden worden in de SWAN User Manual op <http://swanmodel.sourceforge.net/>.

In de SWAN master template voor HB Havens wordt gebruikt van paramaters die door HB Havens afhankelijk van bijvoorbeeld de Hydraulische Belastingcombinatie, worden ingevuld. Deze parameters worden in het SWAN master bestand opgenomen tussen vierkante blokhaken '[]' en hebben een standaard naamgeving<sup>20</sup>. Onderstaande parameters worden gebruikt in HB Havens:

- [NR] een uniek volgnummer dat aan de berekening wordt toegekend door HB Havens
- [LEV] de waterstand in meter t.o.v. NAP.
- [CONV] de projectie van richtingen (in HB Havens altijd Nautisch, dus t.o.v. Noord en positief met de klok mee).
- [U10] de windsnelheid in meter per seconde.
- [UDIR] de windrichting in graden (Nautische projectie)
- [HMO] de significante golfhoogte in meter (uit de Hydraulische Belastingcombinatie).
- [TP] de piekperiode in seconde (uit de Hydraulische Belastingcombinatie).
- [DIR] de golfrichting in graden (Nautische projectie; uit de Hydraulische Belastingcombinatie).
- [CASE\_ID] een unieke ID van de case die aan de berekening wordt toegekend door HB Havens. De case ID wordt opgebouwd uit de unieke combinatie van Hydraulische Belastingen: 'D\_[waarde windrichting]\_U\_[waarde windsnelheid]\_h\_[waarde waterstand]'.

Bovengenoemde parameters zijn grijs gemarkeerd in het voorbeeld SWAN master template in deze bijlage.

Daarnaast gelden de volgende eisen aan het SWAN master template bestand:

1. In het blok 'CGIRD / BOTOM' moet een verwijzing opgenomen worden naar het bathymetry bestand van de haven. Dit bestand wordt door HB Havens in de map 'bottom' met de standaard naam 'bottom.dep' gekopieerd. Een voorbeeld is voor verwijzing in de SWAN template is: 'READINP BOTTOM 1 'bottom\bottom.dep' 3 0 FREE'.
2. Voor de berekening van golfgroei wordt altijd gerekend met 'GEN3 WESTH'.
3. In het blok 'OBSTACLES' kunnen objecten (zoals havendammen, kademuuren, etc.) worden gedefinieerd. Deze objecten hebben transmissie en reflectie eigenschappen. HB Havens past deze eigenschappen aan, in de drie verschillende SWAN berekeningen die gemaakt moeten worden. De definitie moet voldoen aan de eisen zoals gesteld in de SWAN User Manual zodat HB Havens deze kan herkennen en aanpassen (zie Figuur 65).

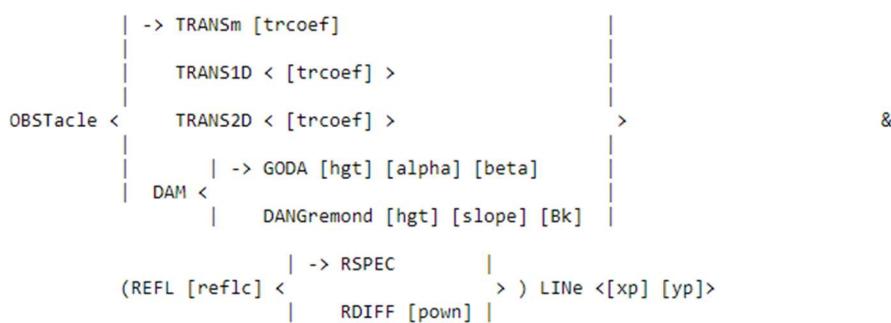
In het template bestand moet de invoer van 'OBSTACLE' tot en met 'LINE' altijd op één regel staan!

Obstakels waarbij golftransmissie een rol speelt, kunnen binnen SWAN gedefinieerd worden met al de mogelijke formuleringen en coëfficiënten. Echter, wanneer de transmissie afhankelijk is van de waterstand (zoals bij niet-poreuze dammen) dient een formulering (Goda of D'Angremond) gekozen te worden waarbij het vrijboord opgegeven kan worden, omdat SWAN in combinatie met het waterstandniveau de daadwerkelijke transmissie kan bepalen.

*NB*

<sup>20</sup> SWAN maakt op dezelfde manier gebruik van parameters. Niet alle parameters in het SWAN master bestand worden door HB Havens vervangen.

Binnen SWAN is het nog niet mogelijk om golfreflectie waterstandsafhankelijkheid te laten zijn. Indien golfreflectie voor hoge waterstanden afneemt of zo mogelijk geheel verdwijnt moet de gebruiker de hoogwatersommen opnieuw afleiden met een aangepaste masterfile en de resultaten van de **TR** sommen te overschrijven (zolang deze faciliteit nog niet geïmplementeerd is binnen SWAN).



Figuur 65 Mogelijkheden definitie transmissie en reflectie SWAN

4. In het blok 'POINT / FRAME / LINE definitions' moet een verwijzing opgenomen worden naar het bestand met de uitvoerlocaties. Dit bestand wordt door HB Havens in de map 'points' met de standaard naam 'pointlist.txt' gekopieerd. Een voorbeeld is voor verwijzing in de SWAN template is: 'POINTS 'plist' FILE 'points\pointlist.txt'.
5. In het blok 'Output' moeten tenminste de volgende drie uitvoerbestanden gedefinieerd worden:
  - Bestanden met tabel uitvoer voor alle uitvoerlocaties. Hierin moeten minimaal de volgende parameters weggeschreven worden: XP YP DEPTH WATLEV BOTLEV HSIGN DIR PDIR TPS TMM10 TM02 WIND.
  - Bestanden met block uitvoer alle uitvoerlocaties. Hierin moeten minimaal de volgende parameters weggeschreven worden: XP YP HS DEPTH DHS WIND TMM10 DIR.
  - Bestanden met spectrale uitvoer voor alle uitvoerlocaties.
6. Voor de piekperiode  $T_p$  wordt de parameter TPS van SWAN gehanteerd wordt om sprongen in de methodiek te voorkomen.

Bovengenoemde voorwaarden zijn licht blauw gemarkeerd in het voorbeeld SWAN master template in deze bijlage.

De gebruiker dient zelf referenties op te nemen naar de betreffende folders voor de modeluitvoer, analoog aan de mappenstructuur zoals weergegeven in Figuur 28. De volgende folders dienen expliciet benoemd te zijn in de SWAN Master Template :

- BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'block/[CASE\_ID].mat' LAYOUT 3 XP YP HS ...
- READINP BOTTOM 1 'bottom\bottom.dep' 3 0 FREE
- POINTS 'plist' FILE 'points\pointlist.txt'
- SPEC 'plist' SPEC2D 'spectra/[CASE\_ID].s2d'
- TABLE 'plist' HEAD 'table/[CASE\_ID].tab' XP YP DEPTH WATLEV BOTLEV HSIGN DIR PDIR TPS TMM10 TM02 WIND

```

$ ****
$ * General model configuration
*
$ ****
$ For documentation, go to: http://swanmodel.sourceforge.net/
$ ****
$ Project: PR3594.10
PROJ 'Colijnsplaat' [NR]
SET LEVEL [LEV] HSRERR 0.15 [CONV]
MODE STATIONARY TWODIMENSIONAL
COORDINATES CARTesian
$ ****
$ * CGRID / BOTTOM
*
$ ****
$ [xpc] [ypc] [alpc] [xlenc] [ylenc] [mxc] [myc]
CGRID REGULAR 4.7117E+04 4.02556E+05 -10 1800 1000 180 100 CIRCLE 36 flow=0.034500
fhigh=1.000000 msc=37
$ REGular [xpinp] [ypinp] [alpinp] [mxinp] [myinp] [dxinp] [dyinp]
INPGRID BOTTOM REGULAR 4.7117E+04 4.02556E+05 -10 180 100 10 10 EXC -999
READINP BOTTOM 1 'bottom\bottom.dep' 3 0 FREE
$ ****
$ * WIND
*
$ ****
WIND [U10] [UDIR]
$ ****
$ * BOUNDARY
*
$ ****
BOUND SHAPESPEC JONSWAP 3.3 PEAK DSPR DEGREES
$ [Hm0] [Tp] [dir] [dspr]
BOUNDSPEC SIDE South CONSTANT PAR [Hm0] [Tp] [Dir] 30
BOUNDSPEC SIDE West CONSTANT PAR [Hm0] [Tp] [Dir] 30
BOUNDSPEC SIDE North CONSTANT PAR [Hm0] [Tp] [Dir] 30
BOUNDSPEC SIDE East CONSTANT PAR [Hm0] [Tp] [Dir] 30
$ ****
$ * COMPUTATIONAL PARAMETERS
*
$ ****
$ GEN3 WESTH
$ DELTA=1 moves the dissipation focus towards high frequencies
WCAP KOM DELTA=1.0
PROP BSBT
OFF BNDCHK
FRICTION JONSWAP CONSTANT 0.038
BREaking CONstant 1.0 0.73
NUMERIC ACCUR 0.01 0.01 0.01 100.5 STAT 30
$ ****
$ * OBSTACLES
*
$ ****
$ GODA PARAMETERS TO BE MODIFIED !!
$ 
$ 
$ d4a
OBSTACLE DAM GODA 4 2.6 0.15 REFL 0.15 LINE 47294.577303 402914.771234 &
47443.636545 402986.509123
$ 
$ 
$ d4b
OBSTACLE DAM GODA 4 2.6 0.15 LINE 47788.817434 402886.366629 &
47775.040444 402941.992182
$ 
```

```

$  

$ d4c  

OBSTACLE TRANSm 0.5 LINE 48210.317205 402736.719618 &  

48289.458435 402731.773291 &  

48427.955586 402815.860847 &  

48519.462633 402793.602376  

$  

$  

$ d4d  

OBSTACLE DAM DANG 4 45 2 REFL 0.15 LINE 48390.858135 402613.061447 &  

48437.848240 402622.954101 &  

48586.238045 402588.329813 &  

48623.335496 402491.876439  

$  

$  

$ d4e  

OBSTACLE DAM GODA 4 2.6 0.15 REFL 0.15 LINE 48559.033247 402575.963996 &  

48593.657535 402731.773291  

$  

$  

$ d5a  

OBSTACLE DAM GODA 5 2.4 0.4 REFL 0.15 LINE 46482.205592 402630.725182 &  

47914.758065 402552.034429  

$  

$  

$ d5b  

OBSTACLE DAM GODA 5 2.4 0.4 REFL 0.15 LINE 47974.274194 402549.687011 &  

48192.162829 402539.830445  

$  

$  

$ d5c  

OBSTACLE DAM GODA 5 2.6 0.15 REFL 0.15 LINE 47859.128000 402682.310023 &  

48014.937295 402744.139108 &  

48210.317205 402736.719618  

$  

$  

$ d6a  

OBSTACLE DAM GODA 6 2.4 0.4 REFL 0.15 LINE 47788.817434 402886.366629 &  

47914.758065 402552.034429  

$  

$  

$ d6b  

OBSTACLE DAM GODA 6 2.6 0.15 REFL 0.15 LINE 47914.758065 402552.034429 &  

47974.274194 402549.687011  

$  

$  

$ d6c  

OBSTACLE DAM GODA 6 2.6 0.15 REFL 0.15 LINE 48192.162829 402539.830445 &  

48247.414657 402618.007774 &  

48390.858135 402613.061447 &  

48435.375076 402575.963996  

$  

$  

$ d6d  

OBSTACLE DAM GODA 6 2.4 0.4 REFL 0.15 LINE 47817.205316 402696.515609 &  

47765.353396 402680.478933 &  

47797.426748 402605.106554  

$  

$  

$ d7a  

OBSTACLE DAM GODA 7 2.6 0.15 REFL 0.15 LINE 46482.205592 402630.725182 &  

47294.577303 402914.771234 &  

47788.817434 402886.366629  

$  

$  

$ d7b  

OBSTACLE DAM GODA 7 2.4 0.4 REFL 0.15 LINE 48435.375076 402575.963996 &  

48494.730998 402543.812871 &  

48754.413157 402486.930113 &  

48808.822753 402452.305825 &  

49259.881874 402345.934716  

$  

*****  

$ * POINT / FRAME / LINE definitions  

*  

*****
```

```
POINTS 'plist' FILE 'points\pointlist.txt'  
$  
*****  
$ * OUTPUT  
*  
$  
*****  
TABLE 'plist' HEAD 'table/[CASE_ID].tab' XP YP DEPTH WATLEV BOTLEV HSIGN DIR PDIR TPS TMM10  
TM02 WIND  
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'block/[CASE_ID].mat' LAYOUT 3 XP YP HS DEPTH DHS WIND TMM10 DIR  
SPEC 'plist' SPEC2D 'spectra/[CASE_ID].s2d'  
$  
*****  
$ * WRAP UP  
*  
$  
*****  
INITIAL DEFAULT  
COMPUTE  
STOP
```

## Bijlage F Geavanceerde methode PHAROS

### F.1 Golfspectrum

In HB Havens wordt een JONSWAP golfspectrum toegepast voor het schematiseren van de Hydraulische Belastingconditie. De energiedichtheid  $S_j$  wordt beschreven door:

$$S_j(\omega) = \frac{\alpha g^2}{\omega^5} \exp\left[-\frac{5}{4}\left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^4\right] \gamma r$$

$$\text{met } r = \exp\left[-\frac{(\omega - \omega_p)^2}{2\sigma^2 \omega_p^2}\right]$$

Hierin is:

$\gamma$  de JONSWAP piek enhancement factor als correctie op een Pierson-Moskowitz spectrum voor een volledig ontwikkeld golfbeeld – deze parameter kan door de gebruiker ingevoerd worden;

$\alpha$  een schaling parameter;

$\omega_p$  de golf piekperiode (rad/s)

$\sigma$  een spectrale breedte parameter, onderverdeeld in  $\sigma_a$  voor frequenties kleiner dan  $\omega_p$  en  $\sigma_b$  voor frequenties groter dan  $\omega_p$  ;

Daarnaast heeft de gebruiker de mogelijkheid om de golfrichtingsspreiding aan te passen afhankelijk van de maatgevende condities, waarbij  $\theta_p$  de in de Hydraulische Belastingcondities opgegeven golfrichting weergeeft:

$$D(\theta) = A \cos^m(\theta - \theta_p) \text{ voor } |\theta - \theta_p| \leq 90^\circ$$

$$D(\theta) = 0 \text{ voor } |\theta - \theta_p| > 90^\circ$$

met normalisatiecoefficient A gedefinieerd als:

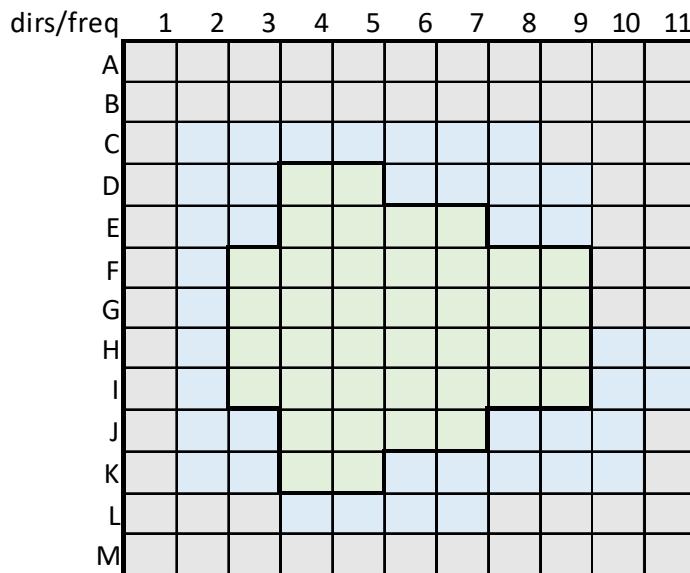
$$A = \Gamma\left(\frac{1}{2}m + 1\right) / \left[\Gamma\left(\frac{1}{2}m + \frac{1}{2}\right)\right] \sqrt{\pi}$$

waarin  $\Gamma(\cdot)$  de Gamma functie is.

Het golfspectrum wordt binnen HB Havens voor iedere Hydraulische Belastingcombinatie in het steunpunt uitgerekend op basis van de door de gebruiker aangegeven frequentie en richtingsdiscretisatie. In de GUI worden met vlaggen alle relevant spectrale bins aangegeven, maar de gebruiker moet zich ervan bewust zijn dat deze de omhullende spectrale bins zijn en niet gerelateerd aan een enkele Hydraulische Belastingcombinatie.

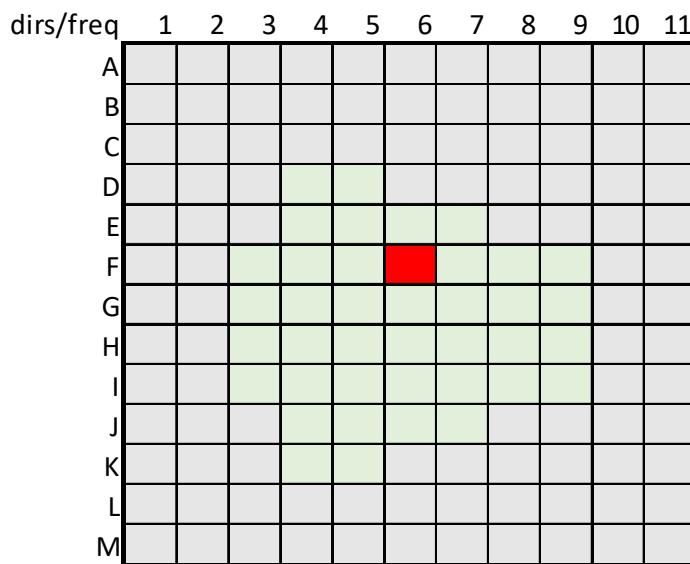
In onderstaande is e.e.a. schematisch weergegeven, waarbij de volgende kleurcodering aangehouden wordt:

- Grijze vlakken: golfenergie is verwaarloosbaar (onder de door de gebruiker gedefinieerde drempelwaarde);
- Blauw vlakken: spectrale bins met relevante golfenergie op het HR steunpunt (alle Hydraulische Belastingcombinatie);
- Groene vlakken: spectrale bins van de in het voorbeeld beschouwde Hydraulische Belastingcombinatie.



Figuur 66 Schematische weergave spectrale bins.

Voor elke bin waarbij de energie boven de door de gebruiker opgegeven drempelwaarde ligt wordt vervolgens een PHAROS som klaargezet (in het voorbeeld hieronder geïllustreerd met een rood gekleurd vlak).



Figuur 67 PHAROS berekening per spectrale bin (geïllustreerd met een rood vlak).

## F.2 Golflengte berekening

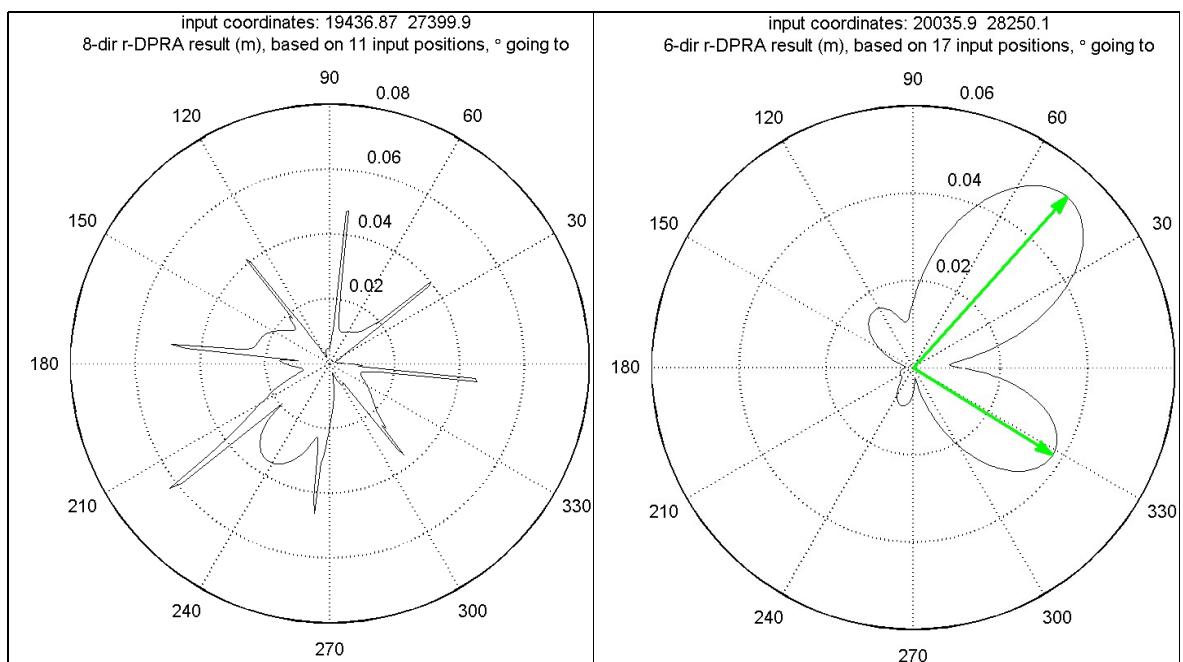
Op basis van de dispersierelatie wordt de golflengte berekend voor elke frequentie bin. De gebruiker wordt geadviseerd kennis te nemen van de golflengtes waarin een significante hoeveelheid golfenergie zit die de haven kan binnenlopen. PHAROS vereist dat de gridresolutie zodanig is dat voor relatief lange golven er tenminste 8 rekenpunten per golflengte zijn. Voor kortere golven kan dit oplopen tot wel 20 rekenpunten golflengte, wat met name voor grote rekengrids (zoals IJmuiden) maakt dat PHAROS praktisch gezien niet in staat is om de kortste golven door te rekenen. Voor dergelijke grote havens wordt verondersteld dat het doordringingscomponent diep in de haven klein is en de gebruiker wordt geadviseerd PHAROS alleen toe te passen voor die locaties binnen 5 tot 10 golflengtes vanaf de haveningang liggen.

## F.3 Preprocessing met PHARCON

"pharcone.exe projectnaam gridnaam runnaam" (vervang projectnaam, gridnaam en runnaam) door de juiste namen.

## F.4 Postprocessing met rDPRA

Het draaien van de rDPRA levert de golffoordingingscoëfficiënten en bijbehorende golfrichtingen op de uitvoerlocaties. E.e.a. is beschreven in De Jong & Borsboom (2012). Voor betrouwbare resultaten van rDPRA is het noodzakelijk dat de beschouwde uitvoerlocaties omringd worden door voldoende gridpunten omdat het golfbeeld juist weergegeven kan worden, zoals in onderstaande Figuur 68.



Figuur 68      *rDPRA interpretatie op basis van te weinig PHAROS gridpunten/teveel gevraagde analyse richtingen (links) en een situatie waarin rDPRA wel tot een oplossing gekomen is (rechts)*

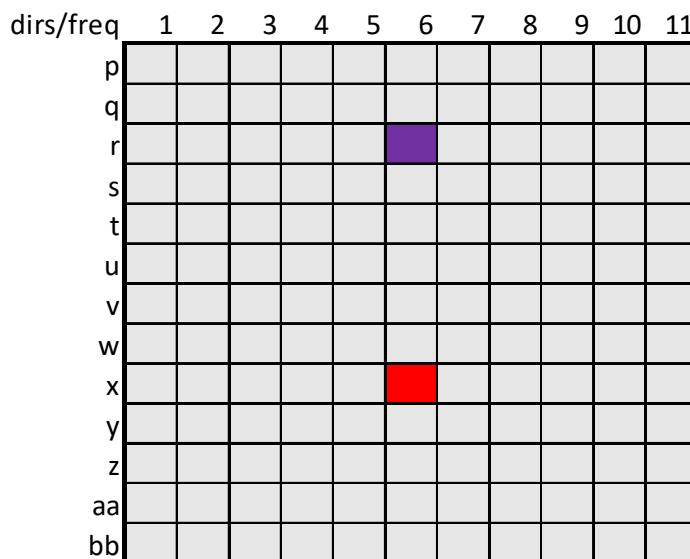
De gebruiker wordt geadviseerd om, met name voor korte golven (lagere golfperiodes) na te gaan of de rDPRA \*.json uitvoer betrouwbare uitkomsten geeft. De rDPRA post-processing geeft hiervoor verschillende opties, waaronder:

- 1) Door de rDPRA afbeeldingen heen te stappen.
- 2) in detail te kijken naar de json files ofwel door te kijken naar de door HB Havens geïnterpreteerde data.

Indien nodig moet de gebruiker in grijpen en de rDPRA post-processing stap opnieuw uit te voeren. Dit kan via de PHAROS GUI door:

- a) Een grotere straal (radius) om meer gridpunten mee te nemen in de analyse;
- b) Handmatig een vast (kleiner) aantal rotatiestappen te kiezen.

Ter illustratie is in Figuur 69 een tweetal spectrale bins weergegeven die mogelijkerwijs gevonden zouden kunnen zijn door de rDPRA post-processing horend bij de PHAROS berekening die weergegeven is in Figuur 67.



Figuur 69 RDPA resultaat van een PHAROS berekening: twee spectrale bins bevatten golfenergie – weergegeven met een rood en paars vlak.

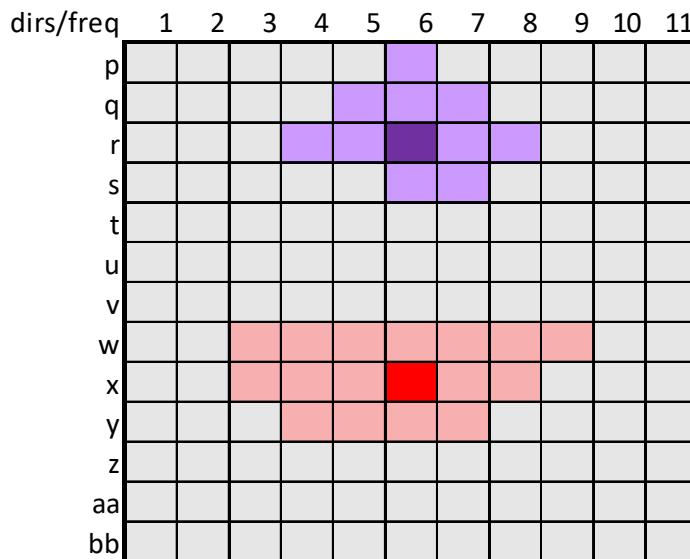
Voor beide spectrale bins wordt er door rDPRA een doordringing coëfficiënt H gevonden die energetisch als volgt vermenigvuldigd wordt met de spectrale golfenergie op het HR steunpunt:

$$E_{\text{bin}_{\text{uitvoer}}}(f, \theta_{\text{uit}}) = H^2 * E_{\text{bin}_{\text{HR}}}(f, \theta_{\text{in}})$$

## F.5 Toepassen golfdoordringingscoëfficiënten PHAROS

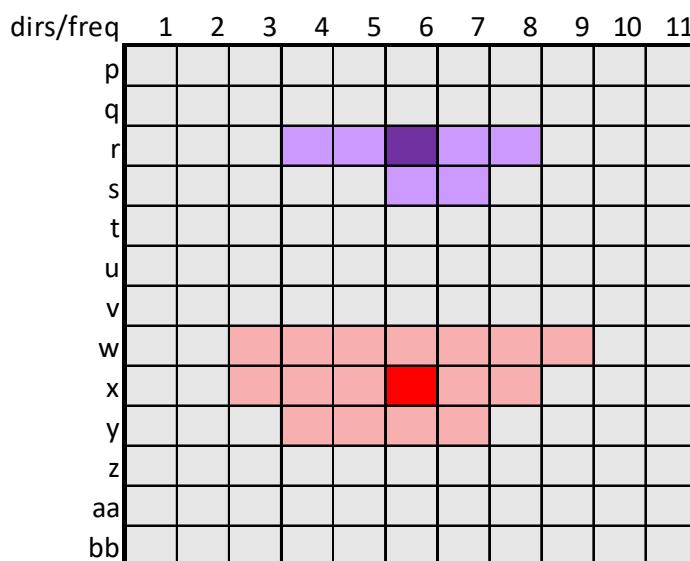
Op basis van het spectrum zoals dat afgeleid paragraaf

De resultaten uit de RDPA analyse (\*.json bestanden) worden toegepast als directionele golfdoordringingcoëfficiënten zoals beschreven in de voorgaande paragraaf. Voor het in groen weergegeven spectrum uit zou dit kunnen resulteren in een spectrum zoals weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 70 RDPA resultaat van een PHAROS berekening: twee spectrale bins bevatten golfenergie – weergegeven met een rood en paars vlak.

Kort samengevat worden de golfdoordringingscoëfficiënten energetisch vermenigvuldigd met het golfspectrum op het steunpunt, waarbij rekening gehouden wordt met de door RDPA bepaalde lokale golfrichting en, analoog aan de afhandeling van de SWAN spectra, met de dijknormaal voor het bepalen van de inkomende golfenergie.



Figuur 71 HB Haven resultaat na toepassen van de dijknormaal op de twee spectrale bins bevatten golfenergie – weergegeven met een rood en paars vlak.

## Bijlage G Combineren resultaten geavanceerde methode

### G.1 Combineren SWAN en PHAROS

Op de steunpunten in de haven worden de spectrale golfparameters weggeschreven. De spectrale golfparameters worden afgeleid van de verschillende bijdrage uit SWAN en PHAROS.

N.B. Indien er geen PHAROS toegepast is, vervalt de bijdrage \_PHAROS in onderstaande formules en worden de resultaten van de SWAN\_D som behouden in plaats hiervan.

$$\begin{aligned}
 H_{m0\_TOTAL} &= \sqrt{H_{m0\_SWAN}^2 + H_{m0\_PHAROS}^2} \\
 T_{m-1,0\_TOTAL} &= \frac{H_{m0\_SWAN}^2 T_{m-1,0\_SWAN} + H_{m0\_PHAROS}^2 T_{m-1,0\_PHAROS}}{H_{m0\_TOTAL}^2} \\
 T_{P\_TOTAL} &= \max\{T_{P\_SWAN\_TR}; T_{P\_SWAN\_W}; T_{P\_SWAN\_D}; T_{P\_SWAN\_PHAROS}\} \\
 \theta_{0\_TOTAL} &= \tan^{-1} \frac{H_{m0\_SWAN}^2 \sin \theta_{0\_SWAN} + H_{m0\_PHAROS}^2 \sin \theta_{0\_PHAROS}}{H_{m0\_SWAN}^2 \cos \theta_{0\_SWAN} + H_{m0\_PHAROS}^2 \cos \theta_{0\_PHAROS}}
 \end{aligned}$$

Deze aanpak geeft niet gegarandeerd een stijgende  $T_{m-1,0}$ , maar het is de verwachting dat het verloop van  $T_{m-1,0}$  glad is (maar afneemt), maar dat dit effect in de golfbelastingberekening ruimschoots gecompenseerd wordt door de monotoon toenemende golfhoogte  $H_{m0}$ .

## Bijlage H Modelonzekerheden

### H.1 Achtergronden

#### H.1.1 Onzekerheden binnen het WBI2017

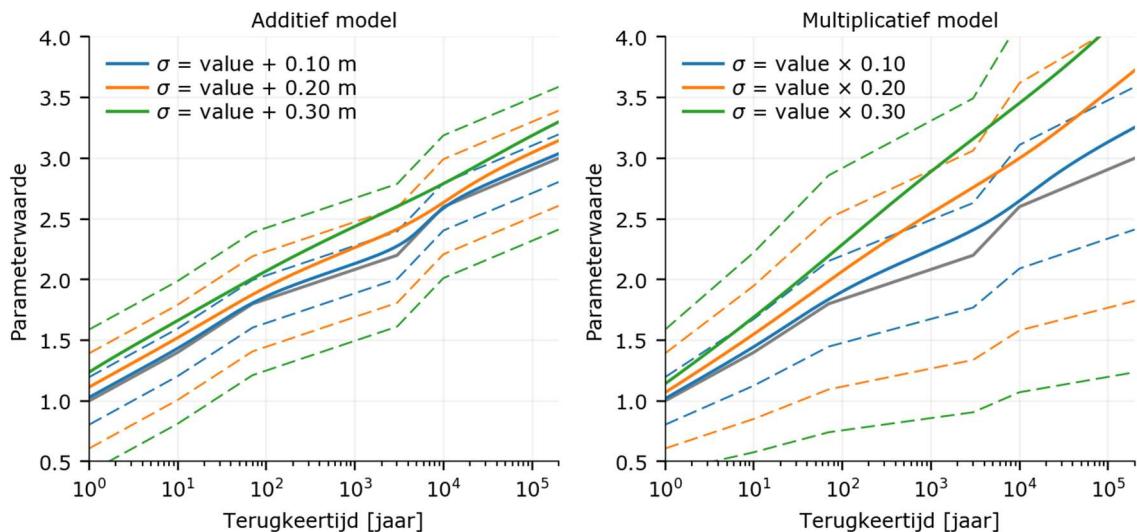
Binnen het WBI2017 wordt er met twee soorten onzekerheden gerekend; statistische- en modelonzekerheden. Zoals de naam al aangeeft, is de eerste een onzekerheid in de statistiek. Denk hierbij aan de overschrijdingsfrequenties van de wind, zeewaterstand, afvoer of het meerpeil. Statische onzekerheden komen over het algemeen voort uit het fitten van metingen of simulaties met statistische verdelingen. De modelonzekerheden zijn onzekerheden op door hydrodynamische modellen berekende waarden. Omdat deze modellen de werkelijkheid slechts benaderen, zit er onzekerheid in de berekende waterstanden of golfcondities. Het onderscheid tussen statistische onzekerheden en modelonzekerheden is niet altijd even duidelijk. Zo wordt de afvoerstatistiek afgeleid met een serie modellen, en zou je de onzekerheid in het resultaat dus modelonzekerheid noemen. In de praktijk worden de onzekerheden in de invoerstatistiek (windsnelheid, afvoer, zeewaterstand, etc.) statistische onzekerheden genoemd, en de onzekerheid in hydrodynamische berekeningen (waterstand, golfhoogte, golfperiode) modelonzekerheden genoemd.

Golfcondities worden berekend met golfmodellen zoals SWAN en PHAROS. Op basis van kalibratie en ontbrekende fysische processen wordt hier vervolgens een onzekerheid aan gekoppeld. Voor de zoute wateren worden de waterstanden bepaald op basis van triangulaire interpolatie tussen verschillende kuststations. De waterstand volgt hier dus uit statistiek, en is een invoerparameter voor het Hydra-model. Deze stochast wordt dus vergezeld van een statistische onzekerheid, niet een modelonzekerheid.

De modelonzekerheid wordt over het algemeen gekwantificeerd met een normale verdeling. In het geval van een additief model wordt de onzekerheid opgeteld bij de waarde. Voor een lage waterstand geldt dus eenzelfde standaardafwijking als bij een hoge waterstand. In het geval van een multiplicatief model wordt de waarde vermenigvuldigd met de onzekerheid. Zo is de standaardafwijking bij een golf van 2 meter dubbel zo groot als bij een golf van 1 meter. De onzekerheid neemt dus toe met hoge parameterswaarden. In de volgende paragraaf wordt dit met een concreet voorbeeld toegelicht.

#### H.1.2 Effect modelonzekerheden

Het effect van de modelonzekerheid op de uiteindelijke parameterwaarde hangt af van de onzekerheidsstochast en het verloop van de frequentielijn. Voor een berekening met één modelonzekerheid (bijvoorbeeld waterstand, maar niet HBN) kunnen we het effect van de onzekerheid bepalen door deze in de overschrijdingsfrequenties te verwerken. De werkwijze hiervoor staat beschreven in (Geerse, 2016). Het resultaat hiervan is weergeven in Figuur 72. De grijze lijn geeft de overschrijdingsfrequenties weer zonder modelonzekerheid, en de stippeellijnen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval weer voor verschillende standaardafwijkingen. De doorgetrokken gekleurde lijnen zijn de overschrijdingsfrequenties met onzekerheid erin verwerkt.



Figuur 72 Frequentielijn met verwerkte modelonzekerheid voor een additief model (links) en een multiplicatief model (rechts). De stippellijnen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan. De doorgetrokken grijze lijn de is de frequentielijn zonder onzekerheid, en de gekleurde lijnen met verwerkte modelonzekerheid.

We beschrijven een aantal opmerkelijke punten, die het effect van modelonzekerheden samenvatten:

- Het effect van de onzekerheid neemt sterk toe met een grotere sigma. Dit verband is bij benadering kwadratisch (Rongen en Geerse, 2016);
- Bij minder steile delen van de frequentielijn is het effect van onzekerheid groter dan bij steilere delen. Hierdoor ‘poest’ het toevoegen van modelonzekerheid inconsistenties weg.
- Voor het multiplicatieve model stijgt het effect van de onzekerheid hierdoor nog sterker bij hoge parameterwaarden;
- Over het algemeen geldt: de toevoeging van modelonzekerheid leidt tot hogere parameterwaarden.

### H.1.3 Kwantificering van modelonzekerheden bij golffparameters

Voor het kwantificeren van de modelonzekerheden is voor het WBI2017 gebruik gemaakt van verschillende methoden: gevoelighedsanalyses, hindcasts en vergelijkingen met modelstudies. De onderbouwing van de modelonzekerheid voor de verschillende parameters en verschillende systemen staat beschreven in (Deltares, 2015). Voor de kust (SWAN) en de smalle wateren (Bretschneider) komt men uit op de waarden gegeven in Tabel 5.

Hoofdsysteem	$H_{m0}$		$T_{m-1,0}$		$T_p$	
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\Sigma$	$\mu$	$\Sigma$
Kust	0.99	0.19	0.96	0.11	-	-
Smalle wateren	0.96	0.27	-	-	1.03	0.13

Tabel 5 Keuze voor  $\mu$  en  $\sigma$  van de modelonzekerheid voor de kust en smalle wateren binnen het WBI2017.

Als de golven geen systematische fout bevatten, geldt simpelweg  $\mu = 1$ . In de praktijk is wel vaak sprake van een systematische fout, met dus  $\mu$  ongelijk aan 1, zie Tabel 5. Verder zijn de onzekerheden in de door SWAN bepaalde waarden kleiner dan de onzekerheden in Bretschneider, wat te verwachten is gegeven de fysische achtergrond van beide modellen.

De factoren op de golfhoogte en golfperiode worden tot nu toe statistisch onafhankelijk van elkaar genomen, hoewel inmiddels is gebleken dat dat tot onfysische golfsteilheden kan leiden. Tot nu tot hanteert men dus een factor  $x_{gh}$  voor de golfhoogte, en een factor  $x_{gp}$  voor de golfperiode (waarbij we er hier van uitgaan dat in een berekening slechts één golfperiode tegelijk wordt gebruikt). Zowel  $x_{gh}$  als  $x_{gp}$  volgen daarbij dan een normale verdeling, waarbij deze variabelen statistisch onafhankelijk worden genomen.

## H.2 Kader voor HBH

Een uitgangspunt voor HBH is dat de uitkomsten direct in Hydra-NL en Riskeer kunnen worden gebruikt, zonder dat er aanpassingen aan deze software gedaan hoeven te worden. De consequentie van dit uitgangspunt is dat de gebruiker bij het invullen van de modelonzekerheden beperkt is tot het kader van het WBI2017.

### **Beperkingen met betrekking tot havens**

Concreet zijn de beperkingen met betrekking tot de havens als volgt:

- Er kan geen modelonzekerheid voor de waterstand worden toegevoegd voor de zoute systemen. Voor deze gebieden berekent Hydra de waterstand niet, maar leidt deze af uit de invoerstatistiek. Een modelonzekerheid is dus ook niet nodig, want de waterstandonzekerheid wordt opgelegd via de statistische onzekerheid.
- Voor golfparameters worden onzekerheden multiplicatief verwerkt. Hoe groter de parameterwaarden, hoe groter de onzekerheid.
- Er wordt met één waarde voor de onzekerheid ( $\sigma$ ) per parameter en locatie gerekend. Het is dus niet mogelijk om bijvoorbeeld bij bepaalde golfhoogtes of -periodes een andere waarde te kiezen.

Welke vrijheidsgraden heeft de gebruiker dan wel? De gebruiker kan per locatie en per stochast één  $\mu$  en één  $\sigma$  opgeven, die onder de aannname van een normale verdeling worden verwerkt door Hydra-NL of RisKeer. In dit parameterduo kunnen uiteraard wel verschillende factoren verwerkt zitten.

### **Kwantificeren van de modelonzekerheid**

Op een bepaald punt in het proces van het vertalen van golfcondities, moet de keuze worden gemaakt welke modelonzekerheid te gebruiken. Afhankelijk van de locatie in de haven kan dit zijn:

1. De onzekerheidswaarden in de steunpuntlocaties;
2. De onzekerheidswaarden behorend bij het golfgroeimodel;
3. Een combinatie van de eerste twee.

Optie 2 en 3 vereisen dat de onzekerheidswaarden bekend zijn. Om deze te bepalen heeft de gebruiker de volgende keuzen:

1. Het kwantificeren van de modelonzekerheid wordt idealiter gedaan met een onzekerheidsanalyse. Hiervoor kan de gebruiker de onderliggende bronnen van onzekerheid kwantificeren, en met modelsimulaties de resulterende onzekerheid bepalen. Een andere optie is om de resultaten met metingen te vergelijken. Deze methode zal tijdsintensief zijn, voor kleinere havens wellicht te tijdsintensief.
2. De modelonzekerheid kan geschat worden met expert judgement.

3. Een derde optie is het overnemen van onzekerheidswaarden uit studies voor het WBI2017, mits deze beschikbaar zijn. Voor de eenvoudige methode, met Bretschneider als model voor golfgroei, is dit het geval.

Belangrijk is om te onthouden dat de rol van HB Havens in dit keuzeproces is om alle opties te schetsen, en het belang ervan aan de gebruiker duidelijk te maken. Het is echter de gebruiker die de uiteindelijke keuze maakt welke onzekerheid waar gebruikt moet worden, en hoe groot deze onzekerheid is.

#### **Verschillende modellen voor condities in één haven**

Een laatste punt dat onder aandacht moet worden gebracht is het gebruik van meerdere modellen voor één haven. Voor de geavanceerde methode moeten zowel SWAN als PHAROS gebruikt worden. De gebruiker kan echter maar één onzekerheidswaarde per locatie per parameter geven. Hier moet dus de keuze gemaakt worden welke modelwaarden te kiezen. Men kan bijvoorbeeld het maximum kiezen, of juist de waarden bij maatgevende situaties. Ook dit is een keuze aan de gebruiker.

### **H.3 Onzekerheden in golven**

Voor het combineren van onzekerheden in de golfparameters binnengaats en buitenlangs kunnen verschillende keuzes gemaakt worden, met verschillende effecten op de onzekerheden. In deze paragraaf is weergegeven wat de fysische achtergrond van de keuzes kan zijn, en hoe deze wiskundig uitgewerkt kunnen worden.

#### **H.3.1 Doorvertaling golven van zee naar havenlocatie**

Neem aan dat een locatie L ergens in de haven wordt gekozen. We bekijken dan de volgende situatie, waarbij we als golfperiode hier de *piekperiode* nemen (voor  $T_{m-1,0}$  gelden soortgelijke beschouwingen):

1. Beschouw op een geschikte locatie buitenlangs, en zonder onzekerheid, de golfgegevens  $H_{s,zee}$  en  $T_{p,zee}$ , golfrichting  $\theta_{zee}$ , windsnelheid  $u$  en windrichting  $r$ . Aanname hier is dat  $r$  en  $u$  voor het zeegebied en de haven ruimtelijk uniform zijn.  
N.B. Waar de locatie op zee wordt gekozen, en hoe die randvoorwaarde precies wordt opgelegd, laten we hier in het midden.
2. Gegeven onzekerheidsfactoren  $x_{gh}$  en  $x_{gp}$ , levert dat op deze locatie ‘nieuwe’ golven:<sup>21</sup>

$$\begin{aligned}\tilde{H}_{s,zee} &= x_{gh} H_{s,zee} \\ \tilde{T}_{p,zee} &= x_{gp} T_{p,zee}\end{aligned}\tag{1}$$

3. De grootheden ( $x_{gh}H_{s,zee}$ ,  $x_{gp}T_{p,zee}$ ,  $\theta_{zee}$ ,  $u$ ,  $r$ ) vormen invoer voor een golfmodel, bijvoorbeeld Pharos of SWAN. Op een locatie L ergens in de haven levert dat weer nieuwe golven, die een functie zijn van de grootheden buitenlangs. We schrijven:

---

<sup>21</sup> De stap om de hele mogelijke range voor  $x_{gh}$  en  $x_{gp}$ , te beschouwen, waarbij de waarden  $x_{gh}$  en  $x_{gp}$  worden gewogen met hun kansen, blijft hier nog buiten beschouwing.

$$\begin{aligned} H_{s,haven} &= f_{gh}(x_{gh}H_{s,zee}, x_{gp}T_{p,zee}, \theta_{zee}, r, u) \\ T_{p,haven} &= f_{gp}(x_{gh}H_{s,zee}, x_{gp}T_{p,zee}, \theta_{zee}, r, u) \end{aligned} \quad (2)$$

4. Deze golven worden ook weer voorzien van onzekerheden. De aannname is hier wederom het multiplicatieve model, waarbij de golfgrooteden worden vermenigvuldigd met factoren die normale verdelingen volgen. Gegeven de factoren  $y_{gh}$  en  $y_{gp}$  levert dat golven:

$$\begin{aligned} \tilde{H}_{s,haven} &= y_{gh}H_{s,haven} = y_{gh}f_{gh}(x_{gh}H_{s,zee}, x_{gp}T_{p,zee}, \theta_{zee}, r, u) \\ \tilde{T}_{p,haven} &= y_{gp}T_{p,haven} = y_{gp}f_{gp}(x_{gh}H_{s,zee}, x_{gp}T_{p,zee}, \theta_{zee}, r, u) \end{aligned} \quad (3)$$

Bedenk dat in bovenstaande de functies  $f_{gh}(\dots)$  en  $f_{gp}(\dots)$  deterministische relaties betreffen, die zijn berekend met een golfmodel zoals Pharos of SWAN. De factoren  $x_{gh}$ ,  $x_{gp}$ ,  $y_{gh}$ ,  $y_{gp}$  volgen elk een normale verdeling, waarbij we aannemen dat deze factoren statistisch onafhankelijk van elkaar zijn.

Terzijde: dat de onzekerheid voor de golven in de haven statistisch onafhankelijk zijn van de onzekerheid voor de golven op zee is een plausibele aanname (de golven op zee en in de haven zijn gewoonlijk sterk gecorreleerd, maar hun onzekerheden zullen dat in het algemeen niet zijn). Dat  $y_{gh}$  en  $y_{gp}$  ook statistisch onafhankelijk worden genomen is helemaal niet plausibel, maar deze aanname is equivalent aan het statistisch onafhankelijk nemen van  $x_{gh}$  en  $x_{gp}$ . N.B. De golven in de haven kunnen door het onafhankelijk nemen van  $y_{gh}$  en  $y_{gp}$  weer onfysische golfsteilheden krijgen.

### H.3.2 Mogelijkheden probabilistische aanpak

We onderscheiden hierna twee mogelijkheden voor een probabilistische aanpak van de golven. In beide gevallen zullen voor een hele range van (zee)randvoorwaarden ( $H_{s,zee}$ ,  $T_{p,zee}$ ,  $\theta_{zee}$ ,  $r$ ,  $u$ ) berekeningen met een golfmodel (Pharos of SWAN) gemaakt moeten worden. Deze berekeningen zijn nodig om de functies  $f_{gh}(\dots)$  en  $f_{gp}(\dots)$  vast te leggen. N.B. In deze berekeningen spelen de onzekerheden van de golven nog geen rol; die komen in het model terecht via de argumenten van formule (3).

We onderscheiden nu twee mogelijkheden voor de probabilistische verwerking van de onzekerheid in de golven:

1. Volledig probabilistische aanpak

In dit geval worden de golven uit (3) volledig uitgeïntegreerd, door gebruik te maken van de (normale) kansverdelingen voor  $x_{gh}$ ,  $x_{gp}$ ,  $y_{gh}$  en  $y_{gp}$ . Dat kan door numerieke integratie te gebruiken. In principe is dit soort aanpak niet ongewoon in een model als Hydra-NL. Maar de implementatie zal wel het nodige werk vergen. Ook zal sprake zijn van een relatief lange rekentijd.

2. Versimpelde aanpak: onzekerheidsfactoren alleen op de golven in de haven

Het is ook denkbaar om de factoren ( $x_{gh}$ ,  $y_{gh}$ ) te vervangen door één nieuwe factor  $v_{gh}$ , en de factoren ( $x_{gp}$ ,  $y_{gp}$ ) te vervangen door één nieuwe factor  $v_{gp}$ . Daarbij worden  $v_{gh}$  en  $v_{gp}$  dan weer normaal verdeeld verondersteld, met geschikt gekozen  $\mu$  en  $\sigma$ . Deze factoren worden dan toegepast op de golven in de haven. Die aanpak wordt nu nader uitgelegd.

### **Uitleg methode 'onzekerheidsfactoren alleen op havengolven'**

We beperken ons in de uitleg tot de golfhoogte. In dat geval worden de golfhoogtes in de haven gegeven door de eerste regel uit (3). Ruwweg onderscheiden we als *uitersten* de volgende situaties:

1. De golven op zee zijn sterk bepalend voor de golven in de haven: een twee maal zo grote golfhoogte op zee vertaalt zich ruwweg als een twee maal zo grote golf in de haven.
2. De golven op zee hebben nauwelijks invloed op de golven in de haven: de golven in de haven worden vrijwel uitsluitend lokaal opgewekt door de wind, waarbij de randvoorwaarden op zee er nauwelijks toe doen.
3. De golven in de haven zijn vrijwel gelijk aan die op zee. Deze situatie zal zich misschien niet vaak voordoen (de haven is dan blijkbaar onbeschut), maar wordt hier voor de volledigheid genoemd.

In de eerste situatie (punt 1) maken we de volgende benadering voor de golfhoogte uit (3):

$$\begin{aligned}\tilde{H}_{s,\text{haven}} &= y_{gh} H_{s,\text{haven}} = y_{gh} f_{gh}(x_{gh} H_{s,\text{zee}}, x_{gp} T_{p,\text{zee}}, \theta_{zee}, r, u) \\ &\approx y_{gh} x_{gh} f_{gh}(H_{s,\text{zee}}, x_{gp} T_{p,\text{zee}}, \theta_{zee}, r, u)\end{aligned}\quad (4)$$

Hier is dus aangenomen dat in  $f_{gh}(x_{gh} H_{s,\text{zee}}, \dots)$  de factor  $x_{gh}$  als benadering ook vóór de functie kan worden gezet, wat feitelijk betekent dat de grootheid  $f_{gh}(H_s, \dots)$  in benadering recht evenredig wordt genomen met de golfhoogte  $H_s$ . Als tweede benadering nemen we nu aan dat de precieze waarde van de golfperiode niet zo nauw steekt voor de berekening van de golfhoogte (de golfhoogte in de haven wordt veel meer beïnvloed door de golfhoogte op zee dan door de golfperiode op zee). Dat betekent dat (4) ook kan worden geschreven als:

$$\begin{aligned}\tilde{H}_{s,\text{haven}} &\approx y_{gh} x_{gh} f_{gh}(H_{s,\text{zee}}, x_{gp} T_{p,\text{zee}}, \theta_{zee}, r, u) \\ &\approx y_{gh} x_{gh} f_{gh}(H_{s,\text{zee}}, T_{p,\text{zee}}, \theta_{zee}, r, u) \\ &= y_{gh} x_{gh} H_{s,\text{haven};\text{excl.onz}}\end{aligned}\quad (5)$$

waarbij het subscript  $s,\text{haven};\text{excl.onz}$  uiteraard aangeeft dat de golfgegevens in de haven zijn berekend zonder enige onzekerheid in de golven aan te nemen. Als we definiëren:

$$v_{gh} = y_{gh} x_{gh} \quad (6)$$

krijgt het model op basis van (4) de volgende uitdrukking:

$$\tilde{H}_{s,\text{haven}} = v_{gh} H_{s,\text{haven};\text{excl.onz}} \quad (7)$$

Het volgende hoofdstuk gaat over de kansverdeling van  $v_{gh}$ . Het zal blijken (in paragraaf H.4) dat het een redelijke benadering is om aan te nemen dat  $v_{gh}$  dan een normale verdeling volgt, waarbij de waarden van  $\mu$  en  $\sigma$  eenvoudig kunnen worden berekend uit de  $\mu$  en  $\sigma$  van de verdelingen voor  $x_{gh}$  en  $y_{gh}$ .

In de tweede situatie (punt 2 hierboven) kan worden aangenomen dat de grootheid  $f_{gh}(x_{gh}H_{s,zee}, x_{gp}T_{p,zee}, \theta_{zee}, r, u)$  nu nauwelijks afhangt van de golfgegevens op zee; deze grootheid wordt van een functie van alleen  $r$  en  $u$ . Als benaderend model kan voor de golfhoogte uit (3) dan worden genomen:

$$\tilde{H}_{s,haven} \approx y_{gh}f_{gh}(r, u) = y_{gh}H_{s,haven;excl.onz} \quad (8)$$

Deze vorm kan ook worden gezien als een speciaal geval van (7), waarbij we voor de (normaal aangenomen) verdeling van  $v_{gh}$  de  $\mu$  en  $\sigma$  kiezen die horen bij  $y_{gh}$ .

Voor de derde situatie (punt 3 hierboven) kan voor de golfhoogte uit (3) worden genomen:

$$\tilde{H}_{s,haven} \approx x_{gh}H_{s,zee} \approx x_{gh}H_{s,haven;excl.onz} \quad (9)$$

Ook deze vorm kan worden gezien als een speciaal geval van (7), waarbij we voor de (normaal aangenomen) verdeling van  $v_{gh}$  de  $\mu$  en  $\sigma$  kiezen die horen bij  $x_{gh}$ .

Samenvattend kan als ruw model voor de onzekerheid in de golfhoogte uit (3) worden uitgegaan van (7), waarbij voor  $v_{gh}$  dan een normale verdeling wordt genomen, met geschikte keuzes voor  $\mu$  en  $\sigma$ . Bedenk wel dat we in de afleiding van (7), (8) en (9) drie 'uitersten' hebben genomen voor de situaties die in de praktijk voorkomen. Hoe voor 'tussenliggende' situaties de  $\mu$  en  $\sigma$  voor  $v_{gh}$  uit (7) moeten worden gekozen is nog niet uitgezocht.

Uiteraard kan voor de golfperiode op dezelfde manier worden uitgegaan van:

$$\tilde{T}_{p,haven} = v_{gp}T_{p,haven;excl.onz} \quad (10)$$

met ook  $v_{gp}$  normaal verdeeld met geschikt gekozen  $\mu$  en  $\sigma$ . In de golfrichting wordt, zoals gebruikelijk, geen onzekerheid meegenomen.

De aanpak op basis van (7) en (10) is simpel: de golfhoogte wordt vermenigvuldigd met een factor  $v_{gh}$  die normaal verdeeld is met parameters  $\mu_{gh}$  en  $\sigma_{gh}$ , en de golfperiode met een factor  $v_{gp}$  die normaal verdeeld is met parameters  $\mu_{gp}$  en  $\sigma_{gp}$ . Voor de praktijk is zoals gezegd dan wel de vraag hoe de parameters  $\mu_{gh}$ ,  $\sigma_{gh}$ ,  $\mu_{gp}$  en  $\sigma_{gp}$  gekozen moeten worden, omdat tot nu toe alleen drie 'uiterste situaties' zijn beschouwd.

## H.4 Kansverdeling product van twee onafhankelijke normaal verdeelde variabelen

In formule (6) voor  $v_{gh}$  is sprake van een product van twee onafhankelijke normaal verdeelde variabelen. Dit hoofdstuk laat zien dat het redelijk is om aan te nemen dat dit product in goede benadering weer normaal verdeeld is.

In het vervolg gebruiken we de standaardnotatie waarbij een stochast wordt geschreven met een hoofdletter, en een realisatie daarvan met de overeenkomstige kleine letter. Bijvoorbeeld  $X$  is een stochast, en  $x$  een realisatie daarvan.

#### H.4.1 De setting

Beschouw een normaal verdeelde variabele X met parameters  $\mu_X$  en  $\sigma_X$ , en een normaal verdeelde variabele Y met parameters  $\mu_Y$  en  $\sigma_Y$ , waarbij we aannemen dat X en Y statistisch onafhankelijk zijn. Beschouw ook de stochast die het product is van X en Y:

$$V = X Y \quad (11)$$

Volgens standaardformules zijn het gemiddelde  $\mu_V$  en de variantie  $Var(V)$  van V dan te berekenen als:

$$\begin{aligned} \mu_V &= \mu_X \mu_Y \\ Var(V) &= Var(X)Var(Y) + Var(X)(\mu_Y)^2 + Var(Y)(\mu_X)^2 \end{aligned} \quad (12)$$

Uiteraard is de standaarddeviatie  $\sigma_V$  dan gelijk aan:

$$\sigma_V = \sqrt{Var(V)} \quad (13)$$

De formules voor  $\mu_V$  en  $\sigma_V$  zijn exact, maar de verdeling van V blijkt niet de normale verdeling te zijn. Door middel van Monte Carlo simulaties (MC-simulaties) wordt hierna gedemonstreerd dat V wel in redelijke benadering een normale verdeling blijkt te hebben.

Voordat we deze MC-simulaties uitvoeren, wordt eerst plausibel gemaakt dat in benadering in onze setting een normale verdeling voor V volgt. Stel dat  $\mu_X = 1$  en  $\mu_Y = 1$  (geen systematische fout in de golfgegevens), en dat  $\sigma_X$  en  $\sigma_Y$  absoluut gezien niet al te groot zijn t.o.v. 1 (zeg dat  $|\sigma_X| < 0.25$  en  $|\sigma_Y| < 0.25$ ). Als we nu schrijven:

$$\begin{aligned} \hat{X} &= X - 1 \\ \hat{Y} &= Y - 1 \end{aligned} \quad (14)$$

kan V worden geschreven als:

$$V = (1 + \hat{X})(1 + \hat{Y}) = 1 + \hat{X} + \hat{Y} + \hat{X}\hat{Y} \quad (15)$$

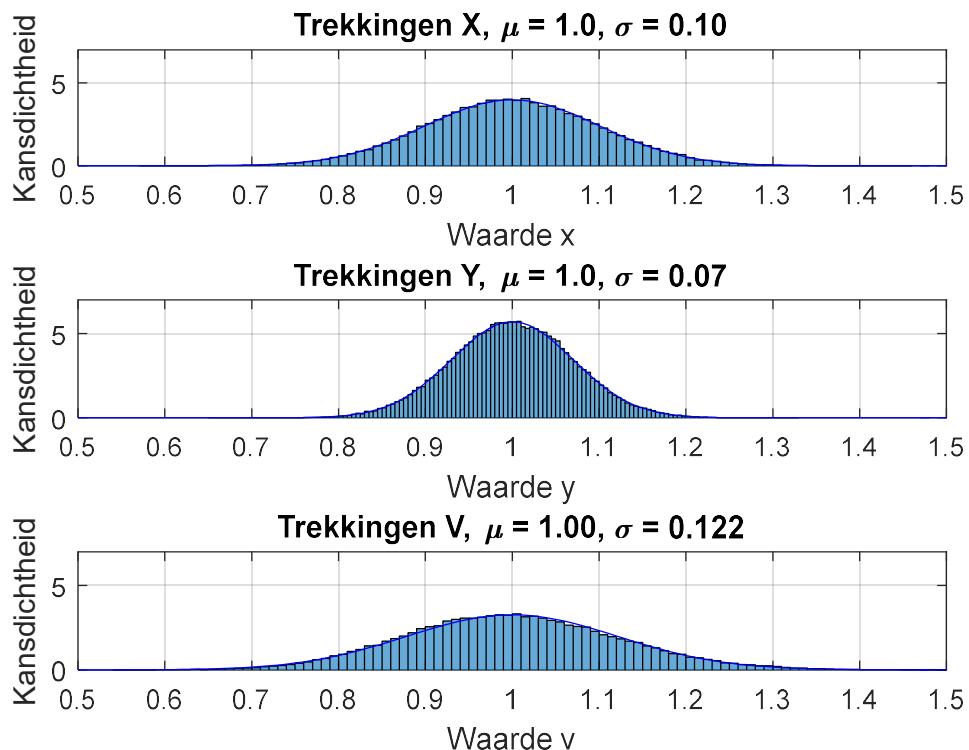
Omdat  $\sigma_X$  en  $\sigma_Y$  absoluut gezien relatief klein zijn t.o.v. 1, geldt dat de product-term  $\hat{X}\hat{Y}$  in het rechterlid voor de meeste realisaties x en y klein zal zijn t.o.v. de som-term  $\hat{X} + \hat{Y}$ . Voor de meeste realisaties zal dus gelden dat in redelijke benadering geldt  $V = 1 + \hat{X} + \hat{Y}$ . Omdat  $\hat{X}$  en  $\hat{Y}$  onafhankelijk zijn en beiden normaal verdeeld, geldt dan dat V in redelijke benadering normaal verdeeld zal zijn. De MC-simulaties uit de volgende paragraaf illustreren deze benadering.

#### H.4.2 Monte Carlo simulaties voor X, Y en V = XY

Om zicht te krijgen op de verdeling van V zijn MC-simulaties uitgevoerd. Er worden steeds  $N = 10^5$  trekkingen gedaan. Met dit grote aantal trekkingen is de statistische ruis gering, en kan goed inzicht worden verkregen in de vorm van de verdeling van V. De volgende procedure is uitgevoerd:

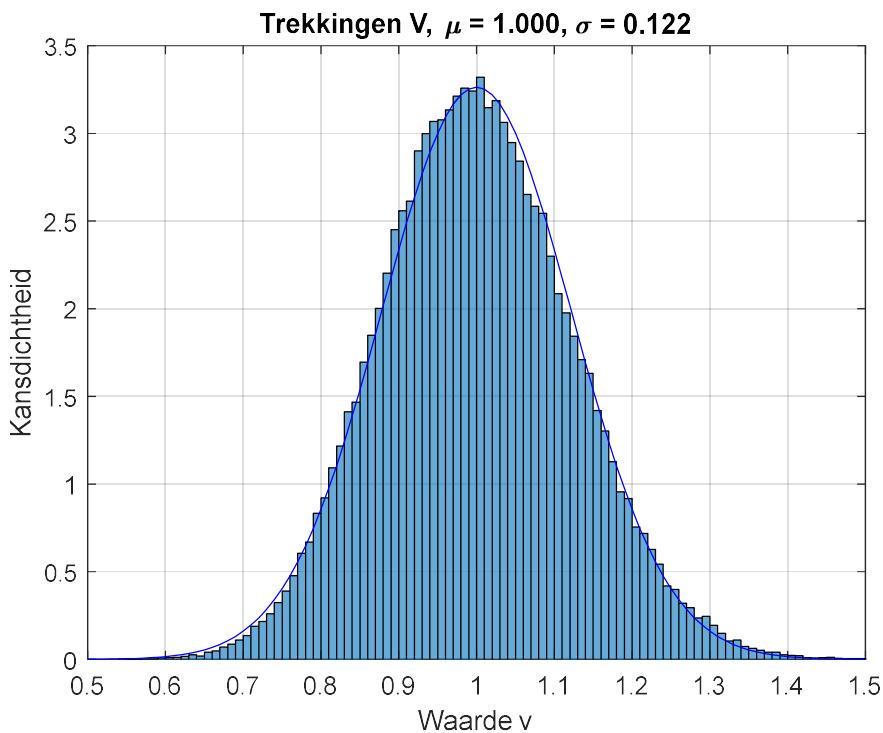
1. Er worden N trekkingen gedaan uit de normale verdeling van X met  $\mu_X$  en  $\sigma_X$ . Dat levert trekkingen  $x_i$ ,  $i=1..N$ . Deze trekkingen worden uitgezet in een histogram, waarbij ook de kansdichtheid van de bekende normale verdeling voor X is uitgezet.

2. Onafhankelijk van de trekkingen uit punt 1, worden vervolgens N trekkingen gedaan uit de normale verdeling van Y met  $\mu_Y$  en  $\sigma_Y$ . Dat levert trekkingen  $y_i$ ,  $i=1..N$ . Deze trekkingen worden weer uitgezet in een histogram, waarbij ook de kansdichtheid van de bekende normale verdeling voor Y is uitgezet.
3. Uit de trekkingen  $x_i$  en  $y_i$  worden trekkingen voor V bepaald, door te nemen  $v_i = x_i y_i$ ,  $i=1..N$ . Ook deze trekkingen worden uitgezet in een histogram. Daarbij wordt ook de kansdichtheid van de normale verdeling uitgezet die correspondeert met  $\mu_V$  en  $\sigma_V$  uit (12) en (13), om te bekijken in hoeverre de  $v_i$  worden beschreven door deze normale verdeling.



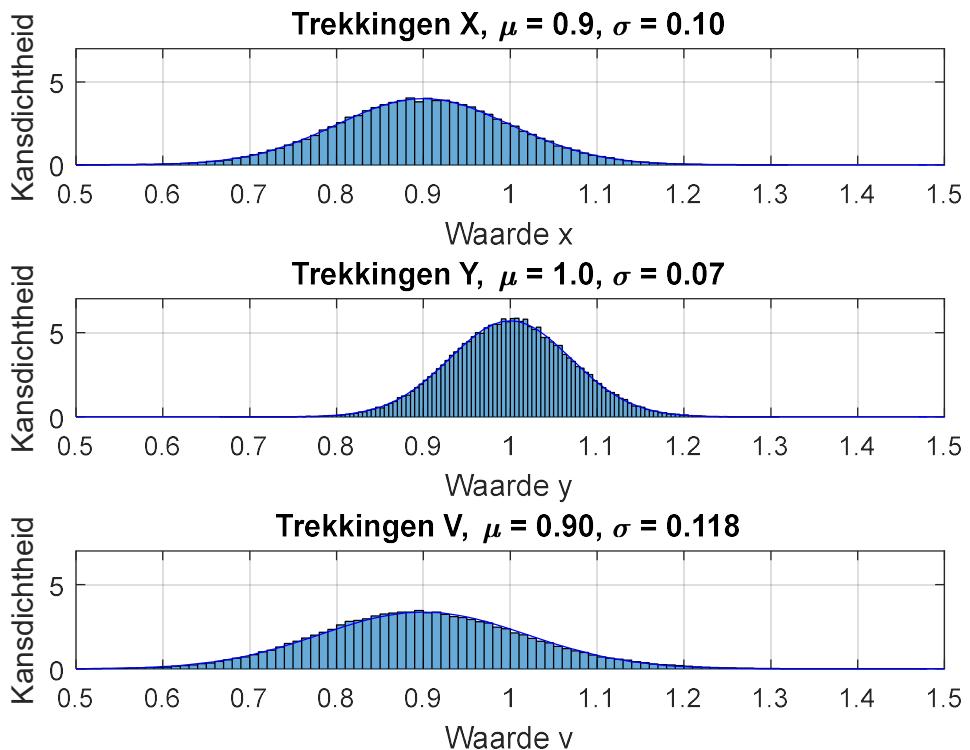
Figuur 73 MC-simulaties:  $\mu_X$  en  $\mu_Y$  beiden 1.0 en kleine  $\sigma_X$  en  $\sigma_Y$ .

Figuur 73 laat de resultaten zien voor  $\mu_X = \mu_Y = 1$  en  $\sigma_X = 0.10$  en  $\sigma_Y = 0.07$ . De trekkingen voor X en Y worden inderdaad goed beschreven door hun verdelingen (wat noodzakelijkerwijs het geval moet zijn bij zoveel trekkingen). Ook de verdeling van V blijkt hier heel goed te worden gerepresenteerd door een normale verdeling. Als de verdeling van V wat groter wordt weergegeven (Figuur 74) lijkt de verdeling net niet precies normaal te zijn, maar wel in zeer goede benadering. N.B. Ook bij herhaalde trekkingen, blijkt de rechterstaart van de trekkingen steeds iets 'dikker' te zijn dan de rechterstaart van de normale verdeling; voor de linker staart geldt steeds het tegenovergestelde.

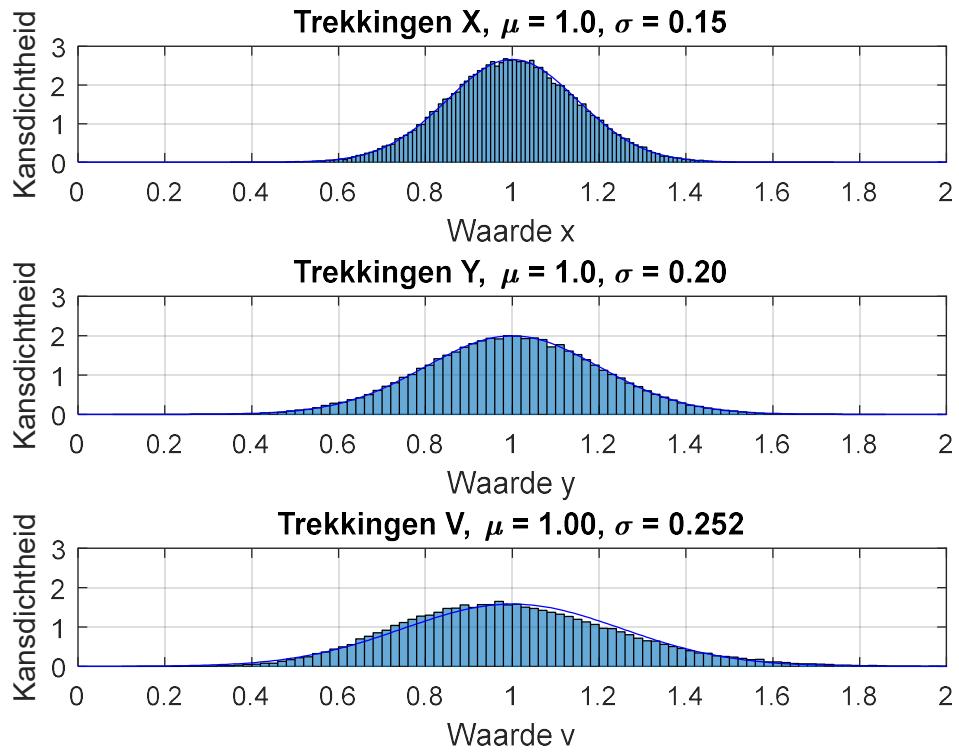


Figuur 74 Ingezoomd op het plaatje voor de verdeling van V uit Figuur 73.

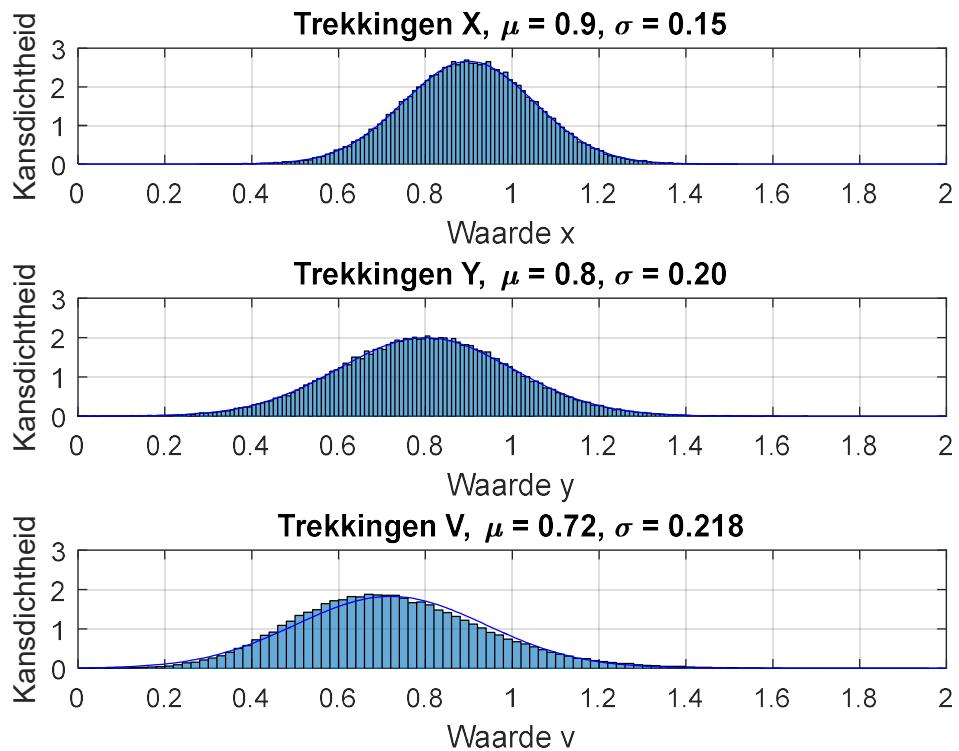
Nu volgen nog wat meer voorbeelden, waarbij de gebruikte  $\mu$ 's en  $\sigma$ 's zijn af te lezen in de figuren (Figuur 75 t/m Figuur 79). De figuren laten zien dat zolang  $\mu_x$  en  $\mu_y$  dicht bij 1 liggen, en  $\sigma_x$  en  $\sigma_y$  niet al te groot zijn, de verdeling van V behoorlijk goed een normale verdeling volgt.



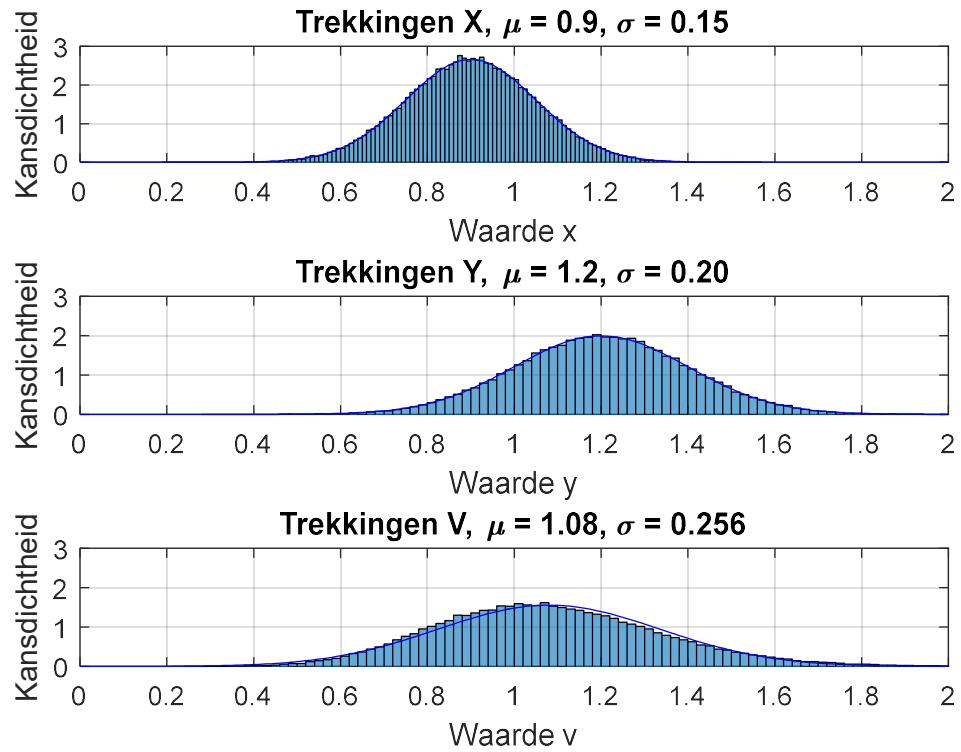
Figuur 75 MC-simulaties:  $\mu_X < 1$  en kleine  $\sigma_X$  en  $\sigma_Y$ .



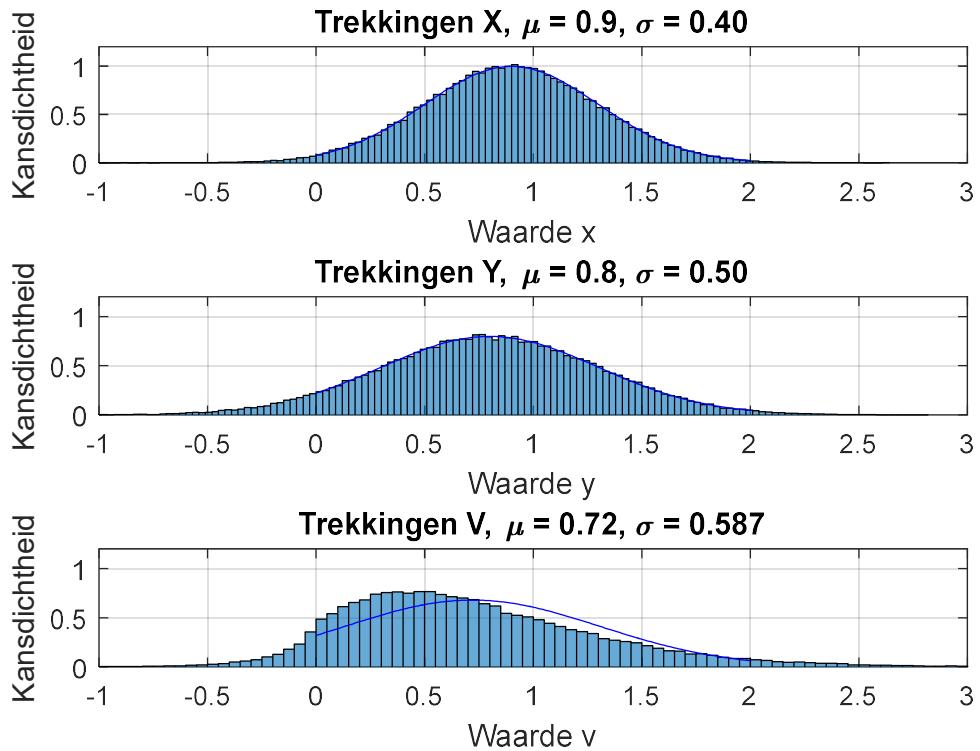
Figuur 76 MC-simulaties:  $\mu_x$  en  $\mu_y$  beiden 1 en grotere  $\sigma_x$  en  $\sigma_y$ .



Figuur 77 MC-simulaties:  $\mu_x$  en  $\mu_y$  beiden < 1 en  $\sigma_x$  en  $\sigma_y$  als in Figuur 76.



Figuur 78 MC-simulaties:  $\mu_X < 1$  en  $\mu_Y > 1$  en grotere  $\sigma_X$  en  $\sigma_Y$  als in Figuur 76.



Figuur 79 MC-simulaties:  $\mu_X$  en  $\mu_Y$  beiden < 1 en veel grotere  $\sigma_X$  en  $\sigma_Y$ .

## Bijlage I Naamgeving uitvoerlocaties

Voor de naamgeving van uitvoerlocaties zijn in het WBI project afspraken gemaakt. In deze bijlage zijn de voor HB Havens relevante afspraken en uitgangspunten beschreven. Meer informatie is terug te vinden in () en ( ).

### I.1 Naamgeving uitvoerlocaties in zoute wateren

Voor de naamgeving van locaties kunnen de kolommen uit Tabel 6 aan elkaar gekoppeld worden, waarbij elke kolom steeds wordt gescheiden door een underscore ("\_").

Letter	Omschrijving	Voorbeeld																		
a)	Waterlichaam	Oosterschelde, Westerschelde, Hollandse Kust, Waddenzee																		
b)	Afkorting (2-cijferige afkorting van het waterlichaam)	OS, WS, HK, WZ, ...																		
c)	Provincie	Zeeland, Zuid-Holland, ...																		
d)	Beheerder (naam waterschap of Rijkswaterstaat)	Scheldestromen, RWS, ...																		
e)	Normtraject (conform de nieuwe normering) <ul style="list-style-type: none"> <li>• alleen voor punten die direct aan een dijk of verbindende kering te koppelen zijn.</li> <li>• niet voor duinen</li> <li>• niet voor punten uit set 3 (extra), zoals voorlanden, zandplaten, havendammen, etc.</li> </ul>	32-1, 32-2, 14-5, ...																		
f)	Code referentiepunt (set 1 en 2) Tweeletterige code.	<table> <tr> <td>dk</td><td>- dijk</td></tr> <tr> <td>vk</td><td>- verbindende kering</td></tr> <tr> <td>dn</td><td>- duin</td></tr> </table>	dk	- dijk	vk	- verbindende kering	dn	- duin												
dk	- dijk																			
vk	- verbindende kering																			
dn	- duin																			
	Code referentiepunt (set 3) Tweeletterige code.	<table> <tr> <td>al</td><td>- aslocatie</td></tr> <tr> <td>ha</td><td>- haven</td></tr> <tr> <td>hd</td><td>- havendam</td></tr> <tr> <td>hy</td><td>- Hydra locatie</td></tr> <tr> <td>im</td><td>- IMPLIC locatie</td></tr> <tr> <td>kw</td><td>- kunstwerk</td></tr> <tr> <td>mp</td><td>- meetpunt</td></tr> <tr> <td>vl</td><td>- voorland</td></tr> <tr> <td>zp</td><td>- zandplaat</td></tr> </table>	al	- aslocatie	ha	- haven	hd	- havendam	hy	- Hydra locatie	im	- IMPLIC locatie	kw	- kunstwerk	mp	- meetpunt	vl	- voorland	zp	- zandplaat
al	- aslocatie																			
ha	- haven																			
hd	- havendam																			
hy	- Hydra locatie																			
im	- IMPLIC locatie																			
kw	- kunstwerk																			
mp	- meetpunt																			
vl	- voorland																			
zp	- zandplaat																			
g)	Kustvak, dijkvak of "groep" (tweecijferige code) Bij elk nieuw kustvak begint een nieuwe "groep", met een nieuw nummer, maar ook bij elke zandplaat, haven, kunstwerk, etc.	01, 02, 03, ...																		
h)	Kenmerk	Dijk, duin, verbindende kering, voorland, ... (zie code referentiepunt, f)																		
i)	Referentiepunt	Niet gebruikt. In de toekomst kan hier b.v. een hectometerpunt of ander punt aan worden gekoppeld indien wenselijk.																		

Letter	Omschrijving	Voorbeeld
j)	Setnr.	<ul style="list-style-type: none"> <li>"0" voor locaties op de kruinlijn</li> <li>"1" voor locaties langs de teen (basis)</li> <li>"2" voor locaties 50 meter verder uit de teen als set 1 (backup)</li> <li>"3" voor bijzondere punten (extra)</li> </ul>
k)	HR-locatie Geeft aan of een locatie wel of geen deel uitmaakt van de definitieve set met Hydraulische Randvoorwaarden locaties.	"0" als geen HR-locatie "1" als wel een HR-locatie
l)	X locatie	x-coördinaat in Rijksdriehoekscoördinaten
m)	Y locatie	y-coördinaat in Rijksdriehoekscoördinaten
n)	Volgnummer (5-cijferige code) De locaties binnen een normtraject (dijken) of een kustvak (duinen) zijn op langsvolgorde gezet en hebben een volgnummer gekregen. Locaties in set "3" (extra) zijn per kenmerk (kolom)	00001, 00002, 00003, ...
o)	Naam	Zeeuws-Vlaanderen, Texel, Brouwersdam, St. Philipsland, ...
p)	Opmerking Een kolom die beschikbaar is voor aanvullende opmerkingen. Deze is vrij in te vullen, bijvoorbeeld met bepaalde geografische kenmerken.	Verdronken Land van Saeftinghe, Flauwe Werk, Buitenhaven Scheveningen, Borssele, Eemshaven, etc.
q)	Locatienaam Baseline	Naamgeving zoals gehanteerd in Baseline voor deze locatie. Op dit moment nog niet ingevuld.
p)	Locatienaam Hydra-Ring (zie beschrijving onder deze tabel)	duin: WS_1_32-1_dn17-1487 dijk: WS_1_30-2_dk00019 dijk: OS_2_26-2_dk00133 haven: WS_3_ha01-00004 voorland: WS_3_vl01-00077 havendam: HK_3_hd03-00024

Tabel 6 Uitgangspunten naamgeving uitvoerlocaties zoute wateren

De naamgeving is dusdanig gekozen dat aan de naam van een locatie een goed beeld mogelijk is van de geografische ligging van deze locatie. De opbouw van de naamgeving is als volgt:

#### Voor dijken (set "1" en "2")

"code waterlichaam"\_"set"\_"normtraject"\_"code referentiepunkt"\_"volgnummer"

ofwel, de kolommen "b"\_"j"\_"e"\_"f""g"\_"n" zijn achter elkaar gezet. Merk op dat de kolommen "f" en "g" direct aan elkaar zijn geplakt, en niet zijn gescheiden door een underscore.

#### Voor duinen (set "1" en "2")

De structuur is nagenoeg hetzelfde, maar is achter de code van het referentiepunkt ook nog het kustvak meegegeven, gevuld door een liggend streepje "-" met de Jarkusraai:

```
"code waterlichaam"_"set"_"normtraject"_"code referentiepunt met kustvak"-  
"Jarkusraai"
```

Tot slot zijn er locaties die niet zonder meer aan een normtraject of kustvak kunnen worden gekoppeld. Denk aan zandplaten of voorlanden. Alle locaties uit set "3" (extra) vallen eigenlijk in deze categorie. Voor deze locaties vervalt het "normtraject" of "kustvak" uit de naamgeving en wordt dit vervangen door het eigen "groepnummer" (code g).

```
"code waterlichaam"_"set"_"code referentiepunt""groep"_"volgnummer"
```

## I.2 Naamgeving uitvoerlocaties zoete wateren

Voor verbindende keringen en dijken wordt dezelfde naamgeving gehanteerd als in de zoute wateren. Dit is ook het geval voor de locaties uit set 3.

### **Voor Hoge gronden en Buitenland (set "1" en "2")**

Voor de locaties uit set 1 die in het buitenland liggen of die aan hoge gronden grenzen wordt een net iets andere naamgeving toegepast die conform de naamgeving voor voorlanden en zandplaten.

```
"code waterlichaam"_"set"_"code referentiepunt"_"volgnummer"
```

ofwel, de kolommen "b"\_"j"\_"f"\_"n" zijn achter elkaar gezet. Merk op dat de kolom "g" hier niet voorkomt in de naamgeving. Dit is omdat de hoge gronden en locaties in het buitenland niet te groeperen zijn. Ook kolom "e" komt niet voor, want hoge gronden en buitenland zijn niet aan een normtraject gekoppeld.

## Bijlage J Projectbestand HB Havens

HB Havens maakt gebruik van een zogenaamd projectbestand waarin gebruikerskeuzen uit de verschillende schermen van HB Havens vastgelegd worden. HB Havens bouwt dit bestand gedurende het gebruik stap voor stap op. Het is mogelijk om als (geoefende gebruiker van HB Havens) dit bestand buiten HB Havens om, aan te passen. Het projectbestand is van het type JSON. Kennis van dit bestandtype is noodzakelijk als aanpassingen in het bestand doorgevoerd worden. In het algemeen geldt dat een attribuutnaam tussen dubbele quotes wordt geschreven, gevolgd door een dubbele punt en daarachter de attribuutwaarde, eveneens tussen dubbele quotes. Als een attribuut meerdere sub attributen heeft dan worden deze tussen brackets geplaatst. Attributen worden altijd gescheiden door komma's, behalve de laatste uit een set met sub attributen. Let goed op het gebruik van de brackets en komma's. De geldigheid van een JSON bestand kan online gevalideerd worden in bijvoorbeeld de website <https://jsonlint.com/>. In deze bijlage zijn de verschillende onderdelen van het projectbestand toegelicht.

### J.1 Project gegevens

Het eerste deel van het projectbestand bevat de projectdata. Deze data bestaat uit:

1. Naam, versie en datum van de HB Havens software.
2. Naam van het project.
3. Gebruikersgegevens.
4. Datum en tijd waarop het bestand is aangemaakt en van de laatste aanpassing.

```
"project": {
    "software": {
        "name": "HB Havens",
        "version": "23.1.1",
        "date": "september 2023"
    },
    "name": "Voorbeeld Gebruikershandleiding Eenvoudige beoordeling",
    "user": {
        "name": "Bart Thonus",
        "email": "thonus@hkv.nl"
    },
    "created": {
        "date": "11-Dec-2017",
        "time": "14:38:06"
    },
    "last_modified": {
        "date": "22-Dec-2017",
        "time": "08:50:28"
    }
},
```

### J.2 Schematisatie gegevens

Het tweede deel van het projectbestand bevat de data uit de haven schematisatie. Deze data bestaat uit:

1. De folder en bestandsnaam van de shape met het haventerrein,
2. De folder en bestandsnaam van de shape de havendammen,
3. De transmissieve eigenschappen van de golfbrekers,
4. Indien van toepassing (bij een enkele havendam) de coördinaten van het tweede punt dat de haveningang definieert,
5. De traject ID uit de HRD-trajectdatabase,
6. De representatieve bodemligging,

7. De gekozen steunpuntlocatie uit de HRD-trajectdatabase,
8. De shape met de uitvoerlocaties in de haven,
9. De HRD-trajectdatabase.

```
"schematisation": {
    "harbor_area_shape": ".../colijnsplaat/schematisatie/haventerrein.shp",
    "breakwater_shape": ".../colijnsplaat/schematisatie/havendammen.shp",
    "breakwater_properties": {
        "height": [-1.0, 2.0],
        "alpha": [1.5, 2.6],
        "beta": [0.15, 0.4],
    },
    "entrance_coordinate": "",
    "flooddefence_ids": [
        "28-1"
    ],
    "representative_bedlevel": -5.0,
    "support_location_name": "OS 1_28-1_dk00102",
    "result_locations_shape": ".../colijnsplaat/schematisatie/uitvoerlocaties_generated.shp"
},
"input_databases": {
    "HRD": ".../colijnsplaat/hydraulische belastingen/WBI2023_Oosterschelde_28-1_TEST.sqlite"
},
```

### **J.3 De HRD gegevens**

Het tweede deel van het projectbestand bevat de data uit de haven schematisatie. Deze data bestaat uit:

1. De folder en bestandsnaam van de HRD input database,
2. Of de waterstanden opnieuw berekend zijn,
3. Welke methode gebruikt is voor het herberekenen van de waterstanden,
4. De herberekende waterstanden.

```
'hydraulic_loads': {
    'HRD' : '',
    'recalculate_waterlevels': False,
    'recalculate_method': 'regression',
    'waterlevels': []
},
```

### **J.4 Rekenmethode**

Het vierde deel van het projectbestand bevat de data betreffende de gekozen rekenmethode. Deze data bestaat uit:

1. De gekozen rekenmethode (eenvoudig=simple en geavanceerd=advanced).
2. Voldoet de haven aan de geometrie eis van de eenvoudige rekenmethode.
3. Voldoet de haven aan de reflectie eis van de eenvoudige rekenmethode.
4. Voldoet de haven aan de stroming eis van de eenvoudige rekenmethode.
5. De motivatie van de gemaakte keuze voor een rekenmethode.

```
"calculation_method": {
    "method": "simple",
    "condition_geometry": true,
    "condition_reflection": false,
    "condition_flow": false,
    "motivation": "De havenschematisatie voldoet aan alle voorwaarden voor toepassing van de eenvoudige rekenmethode.",
    "include_pharos": true
},
```

## J.5 Eenvoudige rekenmethode

Het vijfde deel van het projectbestand bevat (indien gekozen is voor de eenvoudige rekenmethode) de data betreffende de eenvoudige rekenmethode. Deze data bestaat uit:

1. De status van de eenvoudige rekenmethode (true als de export is afgerond).
2. Een overzicht van de processen die beschouwd zijn/worden in de berekening volgens de eenvoudige rekenmethode.

```
"simple": {
    "finished": false,
    "processes": [
        "Diffraagte",
        "Transmissie",
        "Lokale golfgroei"
    ]
},
```

## J.6 Geavanceerde rekenmethode SWAN

Het zesde deel van het projectbestand bevat (indien gekozen is voor de geavanceerde rekenmethode) de data betreffende de SWAN berekeningen. Deze data bestaat uit:

1. De folder en bestandsnaam van de SWAN template.
2. De folder en bestandsnaam van het SWAN bodembestand.
3. De uitvoermap voor de SWAN berekeningen.
4. De omrekenfactor tussen de spectrale golfperiode en piekperiode.
5. Voor elke SWAN berekening de folder naam met de invoer en uitvoer en of de invoer is aangemaakt.
  - a. I1 is de eerste iteratiestap met SWAN
  - b. I2 is de tweede iteratiestap met SWAN
  - c. I3 is de derde iteratiestap met SWAN
  - d. D is de golndoordringing met SWAN
  - e. TR is de transmissie met SWAN
  - f. W is de wind met SWAN

```
"swan": {
    "mastertemplate": ".../colijnsplaat_geavanceerd/SWAN-advanced
                    /SWAN_master_colijnsplaat.swn",
    "depthfile": ".../colijnsplaat_geavanceerd/SWAN-advanced/bottom_colijnsplaat.dep",
    "swanfolder": ".../VB_handleiding_geavanceerd/uitvoer",
    "factor TmTp": 1.1,
    "calculations": {
        "I1": {
            "folder": ".../VB_handleiding_geavanceerd/uitvoer\iterations\\I1",
            "input_generated": true
        },
        "I2": {
            "folder": ".../VB_handleiding_geavanceerd/uitvoer\iterations\\I2",
            "input_generated": true
        },
        "I3": {
            "folder": ".../VB_handleiding_geavanceerd/uitvoer\iterations\\I3",
            "input_generated": true
        },
        "D": {
            "folder": ".../VB_handleiding_geavanceerd/uitvoer\calculations\\D",
            "input_generated": true
        },
        "TR": {
            "folder": ".../VB_handleiding_geavanceerd/uitvoer\calculations\\TR",
            "input_generated": true
        },
        "W": {
            "folder": ".../VB_handleiding_geavanceerd/uitvoer\calculations\\W",
            "input_generated": true
        }
    }
},
```

```

        "input_generated": true
    }
},
},

```

## J.7 Geavanceerde rekenmethode PHAROS

Het zevende deel van het projectbestand bevat (indien gekozen is voor de geavanceerde rekenmethode) de data betreffende de PHAROS berekeningen. Deze data bestaat uit:

1. Of de PHAROS berekening is gedigitaliseerd.
2. Of de PHAROS invoer (opstellen tweedimensionaal golfspectrum) is gegenereerd.
3. Of inkomende golffactoren worden gebruikt,
4. De invoergegevens betreffende de Hydraulische Belastingen:
  - a. De omrekenfactor tussen de spectrale golfperiode en piekperiode.
  - b. De waterdiepte voor de golflengte berekening.
5. De invoergegevens betreffende de golfrichting bins:
  - a. Laagste waarde golfrichting.
  - b. Hoogste waarde golfrichting.
  - c. Grootte van de golfrichting bins.
6. De invoergegevens betreffende de frequentie bins:
  - a. De laagste waarde van de frequentie bins (gebaseerd op de maximale golfperiode in het steunpunt).
  - b. De hoogste waarde van de frequentie bins (gebaseerd op de minimale golfperiode in het steunpunt).
  - c. Het aantal frequentie bins.
  - d. Het type verdeling voor de frequenties bins (logaritmisch of lineair).
  - e. De frequentie bins die meegenomen (aangevinkt) moeten worden in de PHAROS berekeningen.
7. Instellingen voor de berekening van het tweedimensionale golfspectrum (JONSWAP), bestaande uit:
  - a. De waarde voor spread.
  - b. De waarde voor gamma.
  - c. De signaleringswaarde voor de energie.
8. De uitvoerfolder voor de invoer en resultaten van de PHAROS berekeningen.
9. De folder met de PHAROS schematisaties (templates en invoer).
10. De waterstanden uit het steunpunt die meegenomen moeten worden in de PHARIS berekeningen.
11. De waarde van de verschuiving  $\Delta x$  en  $\Delta y$  voor het gebruikt lokale coördinatenstelsel.
12. De aan de verschillende PHAROS schematisaties gekoppelde golfrichting bins.

```

"pharos": {
    "initialized": true,
    "input_generated": true,
    "use_incoming_wave_factors": True,
    "hydraulic loads": {
        "factor TmTp": 1.1,
        "water depth for wave length": 5,
    },
    "wave directions": {
        "lowest": 0,
        "highest": 360,
        "bin size": 5
    },
    "frequencies": {
        "lowest": 0.12,
        "highest": 0.718,
    }
}

```

```

    "number of bins": 20,
    "scale": "logarithmisch",
    "checked": [
        0.1921498201980836
        ...
        0.2345178946282676
    ],
},
"2d wave spectrum": {
    "spread": 10,
    "gamma": 3.3,
    "min energy": 0.01
},
"paths": {
    "pharos folder": ".../VBHandleiding_geavanceerd/uitvoer/pharos",
    "schematisation folder": ".../uitvoerfolder/pharos/schematisations"
},
"water levels": {
    "checked": [
        2.5,
        3.5,
        ...
        6.5
    ]
},
"transformation": {
    "dx": 1000,
    "dy": 1000
},
"schematisations": {
    "Q17-Q18": [
        60.0
        ...
        90.0
    ],
    "R33": [
        110.0
        ...
        140.0
    ]
},
}
,
```

## J.8 Geavanceerde rekenmethode HARES

Het achtste deel van het projectbestand bevat (indien gekozen is voor de geavanceerde rekenmethode) de data betreffende de HARES berekeningen. De data is gelijk aan die voor PHAROS (zie bijlage J.7)

## J.9 Export naar database

Het laatste deel van het projectbestand bevat de data betreffende de export van de rekenresultaten van HB Havens naar de HRD-trajectdatabase(s). Deze data bestaat uit:

1. Of de data ook naar een HLCD en config-database geexporteerd moet worden.
2. De folder en bestandsnaam van de HLCD database.
3. Of de export is uitgevoerd of niet.

```

"export": {
    "export_HLCD_and_config": false,
    "HLCD": "",
    "export_succeeded": false
}
,
```





HKV lijn in water BV

Postbus 2120  
8203 AC Lelystad

Botter 11-29  
8232 JN Lelystad

0320 29 42 42  
[info@hkv.nl](mailto:info@hkv.nl)  
[www.hkv.nl](http://www.hkv.nl)