

## Memo

### Aan

de heer M. Scholten

### Datum

8 oktober 2021

### Contactpersoon

Joana van Nieuwkoop

### Ons kenmerk

11206814-005-ZKS-0003

### Doorkiesnummer

+31(0)88 335 8361

### E-mail

Joana.vanNieuwkoop@deltares.nl

### Aantal pagina's

1 van 24

### Onderwerp

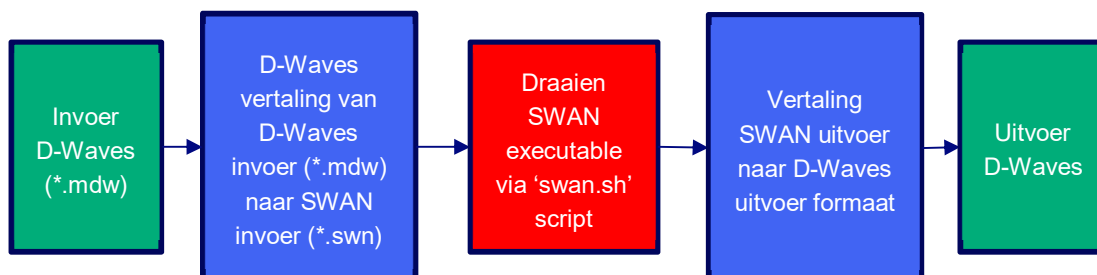
Toepassingsadvies D-Waves

versie	datum	auteur		review		akkoord	
0.1 (concept)	21/9/21	Joana van Nieuwkoop		Caroline Gautier		Marcel van Gent	
1.0 (definitief)	8/10/21	Joana van Nieuwkoop	<i>JAN</i>	Caroline Gautier	<i>CG</i>	Marcel van Gent	<i>MG</i>

## 1 Inleiding

### 1.1 Probleembeschrijving

Het golfmodel SWAN wordt op dit moment ingezet voor golfberekeningen voor Rijkswaterstaat. Het is ook mogelijk om het rekenhart SWAN te draaien via de D-Hydro-suite, met de zogenaamde D-Waves module. Aangezien voor de hydrodynamische modellen van Rijkswaterstaat de overstap van WAQUA naar D-Hydro wordt gemaakt (6<sup>e</sup> generatie modellen), is de wens van Rijkswaterstaat om deze stap ook te maken voor de golven. Het voordeel van D-Waves is dat een directe koppeling met D-Flow mogelijk is voor waterstanden en stroming en dat er naar een consistentere modelinstrumentarium gestreefd kan worden. D-Waves is een wrapper om het SWAN rekenhart heen, waarmee de in- en uitvoer voor SWAN geregeld wordt, zie Figuur 1.1. D-Waves kan zowel via de 'user interface' van de D-Hydro suite aangeroepen worden, als via een script, bijvoorbeeld wanneer D-Waves op het rekencluster wordt gedraaid. In beide gevallen maakt D-Waves gebruik van een mdw-file<sup>1</sup>, waarbij de invoer voor D-Waves kan worden opgegeven. De invoermogelijkheden in de mdw-file zijn beperkter dan wat er in SWAN mogelijk is.



Figuur 1.1 D-Waves proces

Het probleem met D-Waves is dat D-Waves nog niet geschikt is om te gebruiken op de manier waarop SWAN nu wordt gebruikt voor bijvoorbeeld RWsOS en BOI. Sommige opties, die wel in SWAN zitten, zijn niet beschikbaar in D-Waves. Om deze reden zijn er nog aanpassingen in de software nodig en is het nodig om op een rij te zetten wat er moet gebeuren om in de toekomst wel gebruikt te kunnen maken van D-Waves.

<sup>1</sup> Master definition file voor Waves, het invoerbestand van D-Waves (\*.mdw).

## 1.2 Doel

Het doel van dit memo is om een toepassingsadvies te geven voor D-Waves. We zetten op een rij wat wel en niet goed gaat en wat er moet gebeuren om in de toekomst wel gebruik te kunnen maken van D-Waves. Het gaat hierbij om het gebruik van D-Waves voor RWsOS-meren (quasi-niet-stationair), RWsOS-Noordzee (niet-stationair) en BOI (stationair) toepassingen.

## 1.3 Aanpak

De operationele SWAN-Markermeer en SWAN-Kuststrook modellen worden naar D-Waves vertaald en vervolgens met D-Hydro versie 2021.05 gedraaid. Het SWAN-Markermeer model is een quasi-stationair model (opeenvolging van stationaire sommen) en het SWAN-Kuststrook model is een niet-stationair model. Met de twee modelschematisaties kunnen dus alle verschillende modes van SWAN getest worden. De D-Waves resultaten worden vergeleken met de SWAN resultaten van deze modellen, zodat zichtbaar wordt of en waar verschillen optreden.

Aandachtspunten zijn:

- Welke SWAN versie wordt gebruikt en hoe flexibel zijn we om de SWAN versie te veranderen?
- Is parallel rekenen mogelijk in verband met de rekentijd van de modellen? Is het mogelijk om op linux te rekenen? Met gebruik van DIMR software en configuratie bestand?
- Is stationair, niet-stationair en quasi-stationair mogelijk?
- Welke SWAN instellingen zijn beschikbaar in D-Waves (fysica, numeriek, overige)?
- Zijn de interpolaties van golfrandvoorwaarden, wind, waterstands- en stromingsinvoer correct? Kunnen de invoerbestanden in NetCDF aangeboden worden?
- Welke uitvoeropties zijn mogelijk? Wordt de juiste uitvoer gegenereerd? Kan de uitvoer in NetCDF aangeboden worden?
- Hoe kan D-Flow met D-Waves offline gekoppeld worden? Gaat deze koppeling goed?
- Hoe zorg je voor juist gebruik van hotstart files? Kunnen de hotstart files in NetCDF aangeboden worden?
- Welke folderstructuur is nodig?
- Gaat de convergentie goed?
- Geeft D-Waves dezelfde resultaten als SWAN?
- Wat is de rekentijd? Ook ten opzichte van het SWAN model.
- Kan D-Waves binnen RWsOS draaien? Bestaat er al een wrapper? Wat zijn hiervoor de aandachtspunten?

Met deze aanpak wordt inzicht verkregen in wat er wel en niet goed gaat en kunnen de benodigde aanpassingen voor D-Waves geformuleerd worden. Dit vergt afstemming met Deltares Software Center (de ontwikkelaars van D-Waves), zowel om aan te geven wat onze wensen zijn als om te vernemen wat de laatste ontwikkelingen zijn.

## 1.4 Opzet memo

De opzet van het memo is als volgt. In Hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de gebruikte software en de ontwikkelingen van deze software. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 gekeken wat de aandachtspunten zijn wanneer het RWsOS SWAN-Markermeer wordt vertaald naar SWAN en gedraaid met D-Waves. Hetzelfde wordt voor het RWsOS SWAN-Kuststrook model gedaan in Hoofdstuk 4. In Hoofdstuk 5 wordt dan ook nog kort ingegaan op mogelijke aandachtspunten voor BOI modellen. Tot slot worden in Hoofdstuk 6 de vragen beantwoord, die in paragraaf 1.3 geformuleerd zijn en wordt een toepassingsadvies gegeven.

## 2 Software en ontwikkelingen

### 2.1 D-Hydro en SWAN versie

Voor de D-Waves modellering wordt gebruik gemaakt van D-Hydro versie 2021.05. Hierbij is gebruik gemaakt van DIMR software<sup>2</sup> in combinatie met het configuratiebestand<sup>3</sup>. Het is mogelijk om D-Waves met DIMR software te draaien.

Er kan gebruik worden gemaakt van een workaround om instellingen, die niet mogelijk zijn in het mdw bestand van D-Waves, alsnog aan te passen. Hiervoor is het echter wel nodig om de D-Hydro installatie lokaal te zetten. In het vervolg van het rapport noemen we dit de 'swan.sh' workaround.

De 'swan.sh' workaround werkt op dit moment als volgt. De DIMR stuurt D-Waves aan die vervolgens het mdw bestand vertaald naar een SWAN invoer<sup>4</sup> bestand. Vervolgens wordt door D-Waves het script, 'swan.sh', aangeroepen om de SWAN executable op te starten. In het script 'swan.sh' kunnen regels worden toegevoegd om de SWAN invoer te veranderen. Een voorbeeld van deze regels wordt in Appendix B getoond.

D-Hydro versie 2021.05 maakt gebruik van SWAN versie 41.20 A7. De meest recente SWAN versie is versie 41.31. Een update van de versie is nu nog mogelijk via de 'swan.sh' workaround, maar is in dat geval niet officieel getest. Voor een officiële update moet het testbed van D-Waves doorlopen zijn en zijn er mogelijk ook aanpassingen nodig in de default instellingen voor het D-Wavesinvoerbestand. Daarnaast moet worden opgemerkt dat het Deltares SWAN beheer voor D-Waves gaat veranderen, zie paragraaf 2.3 voor meer informatie.

### 2.2 Platform

De testberekeningen zijn uitgevoerd op het Deltares linuxcluster via een script dat de DIMR aanroept en via de GUI op een windows rekencomputer.

Op het linuxcluster is D-Waves getest met OpenMP en 4 threads en vergeleken met SWAN, dat ook via OpenMP en 4 threads is gedraaid.

### 2.3 Ontwikkelingen

Op dit moment wordt nog gebruik gemaakt van de 'swan.sh' workaround. Er is echter een mogelijkheid in ontwikkeling om via een keyword in het D-Waves invoerbestand (\*.mdw) een link naar een script toe te voegen. Dit kan dan onder het kopje 'general' met het keyword 'ScriptName = filename'. In dit script kunnen regels worden toegevoegd om het SWAN (\*.swn) invoerbestand te wijzigen. Dit werk valt onder Deltares issue UNST-4845 en is niet opgenomen in D-Hydro versie 2021.05.

Op dit moment kan D-Waves alleen parallel rekenen via OpenMP. Naast OpenMP wordt parallel rekenen met MPI op dit moment ontwikkeld. Dit heeft met name voordelen wanneer een koppeling met D-Flow wordt beoogd. Dit werk valt onder Deltares issue UNST-3663 en is nog niet opgenomen in D-Hydro versie 2021.05.

Om parallel rekenen met MPI mogelijk te maken moet van SWAN een dll/so gemaakt worden in plaats van een executable. Daarnaast zijn aanpassingen in SWAN nodig om ervoor te

---

<sup>2</sup> DIMR staat voor 'Deltares Integrated Model Runner'. DIMR is een programma om verschillende simulaties en componenten samen te draaien, waarbij data met de goede timing wordt uitgewisseld.

<sup>3</sup> De DIMR maakt gebruik van een configuratiebestand, waarin de gebruiker beschrijft hoe de verschillende componenten worden gecombineerd en welke data moet worden uitgewisseld.

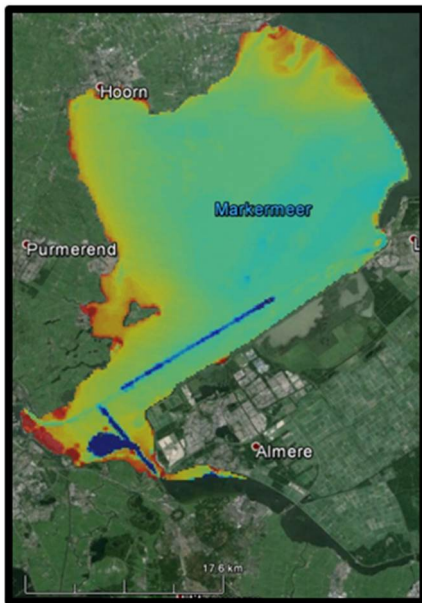
<sup>4</sup> Het zogenaamde \*.swn bestand. Dit is een tekstformaat.

zorgen dat herhaaldelijk aanroepen mogelijk is en komt de SWAN broncode in de D-Hydro boom te staan. Het lijkt er op dat deze aanpassingen door de TU Delft worden opgenomen in het SWAN versiebeheer. Wanneer de aanpassingen niet worden overgenomen kost het redelijk wat inspanning om een nieuwe SWAN versie onder D-Waves te hangen. Dit komt omdat handmatig de broncode gemerged moet worden. Opgemerkt moet worden dat de SWAN code in dat geval gegenereerd is voor MPI en dat dus niet zomaar met OpenMP gerekend kan worden.

## 3 SWAN-Markermeer model

### 3.1 Beschrijving model

Het Markermeermodel (Deltares, 2015) is gebruikt om te kijken wat de aandachtspunten zijn wanneer SWAN-Meren modellen omgezet worden naar D-Waves. Het modelrooster is rechthoekig met een resolutie van 180 x 180 m. Het domein van het Markermeer is te zien in Figuur 3.1. Dit model draait in FEWS om operationele golfverwachtingen op het Markermeer te geven. Het model maakt gebruik van operationele ruimtelijke waterstanden en wind. Het model wordt in quasi-stationaire mode gedraaid, dat wil zeggen dat voor elk tijdstip een stationaire som gemaakt wordt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van golfinformatie van het voorgaande tijdstip. De SWAN invoer voor het Markermeermodel wordt getoond in Appendix A.1.



Figuur 3.1 Het Markermeermodel

### 3.2 Vertaling SWAN naar D-Waves

Om de berekening in D-Waves uit te kunnen voeren zijn eerst een aantal invoerbestanden van SWAN met matlab en rgfgrid vertaald naar een D-Waves invoerformaat. Het gaat hierbij om:

- Het rooster: van rechthoekig opgeven in het SWAN (\*.swn) invoerbestand naar een \*.grd<sup>5</sup> bestand.
- De bodem: van \*.bot naar \*.dep formaat<sup>6</sup>.
- De obstakels: van \*.obs naar een \*.obt en \*.pol bestand.
- De wind: van SWAN NetCDF invoer naar een \*.amu en \*.amv bestand.

### 3.3 Aandachtspunten invoer en uitvoer mogelijkheden

Bij het omzetten van het SWAN model naar D-Waves zijn de onderstaande aandachtspunten naar voren gekomen wat betreft invoer en uitvoer mogelijkheden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen 'showstoppers' en overige aandachtspunten. Onder 'showstoppers' verstaan we punten die opgelost moeten zijn voordat D-Waves voor Rijkswaterstaat doeleinden gebruikt

<sup>5</sup> Het \*.grd rooster is het invoerformaat van roosters in D-Waves. Dit formaat kan echter ook door SWAN direct ingelezen worden. Echter, in het geval van Markermeer bestaat er nog geen roosterbestand, aangezien het rooster in het SWAN (\*.swn) invoerbestand wordt opgegeven en in dat geval door SWAN wordt gecreëerd.

<sup>6</sup> Het formaat voor de bodem van SWAN (\*.bot) en van D-Waves (\*.dep) verschilt in de hoeveelheid kolommen van de matrix met bathymetriedata.

kan worden. Voor de overige aandachtspunten zou een workaround een acceptabele oplossing kunnen zijn.

We zien de volgende 'showstoppers' wat betreft de invoer- en uitvoermogelijkheden in D-Waves:

- Offline koppelen van ruimtelijke waterstanden met D-Waves is alleen mogelijk voor één tijdstip, aangezien de communicatiefile maar één tijdstip opslaat. Het is dus op dit moment niet mogelijk om de waterstanden offline met D-Waves te koppelen voor een quasi-stationaire berekening.
- Het is niet mogelijk om invoervelden in NetCDF formaat aan te bieden aan D-Waves.

We zien de volgende overige aandachtspunten:

- In SWAN wordt een NetCDF hotstart gebruikt om de start van de berekening 'warm' te laten verlopen. In D-Waves is het niet mogelijk om het bestand op te geven waarmee D-Waves moet beginnen en daarnaast wordt ook geen NetCDF formaat voor de hotstart gebruikt, waardoor de hotstart een zeer groot bestand zou worden.
- In SWAN wordt een hotstart weggeschreven op het laatste tijdstip. In D-Waves kan wel een hotstart weggeschreven worden, maar niet uitsluitend voor het laatste tijdstip. Er is dus extra tijd nodig om na elk timepoint de hotstart weg te schrijven zonder dat die bestanden (op de laatste na) gebruikt zullen worden.
- Het is niet mogelijk om alle fysica instellingen te kiezen in D-Waves. Voor Markermeer gaat het om de instellingen van 'whitcapping Komen'  $\delta = 1$  in plaats van  $\delta = 0$  in D-Waves. Een gedetailleerder overzicht hiervan is te vinden in Tabel 6.1.
- Het is in D-Waves niet mogelijk om bepaalde convergentie instellingen aan te passen. In D-Waves wordt standaard 'Accur' gebruikt, terwijl in SWAN 'Stopc' wordt gebruikt. Een gedetailleerder overzicht hiervan is te vinden in Tabel 6.1.
- D-Waves draaien met in ruimte en tijd variërende wind is niet mogelijk wanneer met de GUI (windows) wordt gewerkt. Via het linux cluster is het geen probleem.
- D-Waves biedt niet alle uitvoermogelijkheden voor ruimtelijke, punt- en spectrale uitvoer. Een gedetailleerder overzicht hiervan is te vinden in Tabel 6.1.
  - Bepaalde parameters worden niet weggeschreven, bijvoorbeeld de spectrale periode  $T_{m-1,0}$  en parameters om de convergentie te controleren (DHSIG en DRTM01).
  - Bepaalde parameters worden wel weggeschreven, maar zijn niet nodig. Het gaat bijvoorbeeld om verschillende stroomsnelheden.
  - Er kan maar één locatiebestand gekozen worden. Echter, bijvoorbeeld de spectrale uitvoer is alleen gewenst op een subset van de locaties. Dit heeft effect op de io-tijd en opslag van data.
- Er zijn een aantal generieke invoerinstellingen, die in het door D-Waves gegenereerde SWAN invoerbestand worden gebruikt, die niet in het SWAN invoerbestand gespecificeerd zijn en die verschillen van de SWAN default. Hierdoor kunnen mogelijk afwijkingen optreden. Een gedetailleerder overzicht hiervan is te vinden in Tabel 6.1.

De bovenstaande overige aandachtspunten zijn of makkelijk op te lossen of kunnen met een workaround opgelost worden. Voor de invoer is de workaround om via het swan.sh bestand het SWAN invoerbestand dat door D-Waves wordt gegenereerd aan te passen, zie de beschrijving hiervan in Hoofdstuk 2.

### 3.4 Vergelijking D-Waves met SWAN

Er zijn twee verschillende Markermeermodellen opgezet in D-Waves en SWAN: één simpele versie en de modelversie uit Deltares (2015), waarbij in D-Waves van een aantal workarounds gebruik is gemaakt. Aangezien de windinvoer via de GUI niet goed werkt zijn de modellen beide alleen op het linuxcluster gedraaid met de specificaties zoals in paragraaf 2.2 worden genoemd. Voor beide modellen is een periode van 7 uur doorgerekend van 24-11-2020 00:00 uur tot 06:00 uur.

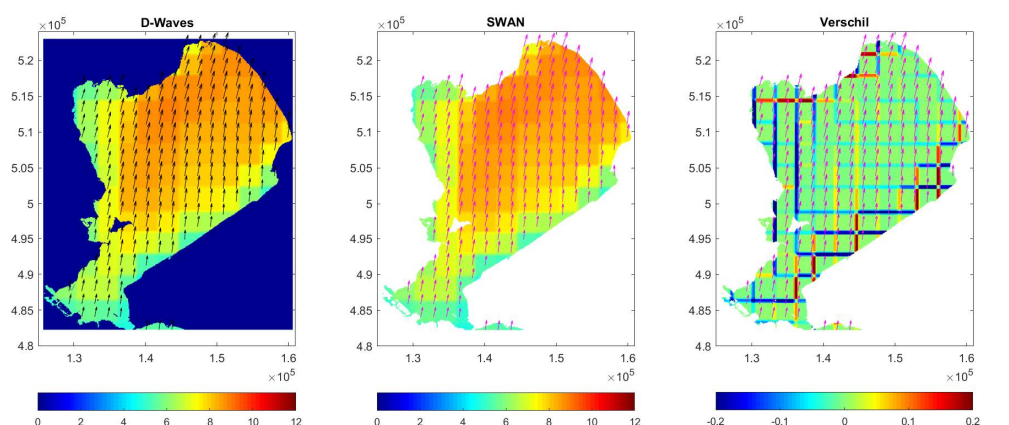
### 3.4.1 Simpel Markermeermodel

In het simpele model is een waterstand van 0 m+NAP aangehouden in plaats van een waterstandsvariatie. Daarnaast zijn de standaard D-Waves invoermogelijkheden gebruikt. Zowel D-Waves als SWAN zijn voor deze modelinvoer gedraaid. Er zijn wel verschillen tussen het door D-Waves gegeneerde SWAN invoerbestand en het SWAN invoerbestand dat voor de SWAN vergelijkberekening is gebruikt:

- D-Waves gebruikt \*.amu en \*.amv windvelden en SWAN gebruikt NetCDF windinvoer.
- In D-Waves wordt voor elk timepoint een nieuw SWAN invoerbestand gemaakt, terwijl in SWAN één invoerbestand wordt gebruikt voor alle tijdstippen. Of dit tot verschillen kan leiden is niet bekend. Dit zou verder uitgezocht moeten worden.

De D-Waves en SWAN resultaten zijn met elkaar vergeleken. Wanneer de ruimtelijke velden van de golfhoogte en spectrale periode met elkaar worden vergeleken, dan zijn kleine verschillen waar te nemen. Voor de golfhoogte zijn de verschillen maximaal 1 centimeter, voor de spectrale periode maximaal 0.05 seconde.

Opmerkelijk is dat wanneer de D-Waves winduitvoer met de SWAN winduitvoer wordt vergeleken, er verschillen waar te nemen zijn, zie Figuur 3.2. De D-Waves windvelden lijken verschoven te zijn ten opzichte van de SWAN windvelden. Dit moet verder onderzocht worden.



Figuur 3.2 Winduitvoer D-Waves en SWAN voor 24-11-2020 om 6 uur . Eerste figuur van links toont de windsnelheid (m/s) en windrichting (pijlen) van D-Waves, het tweede figuur van SWAN en het derde figuur toont het verschil tussen D-Waves en SWAN.

### 3.4.2 Operationeel Markermeermodel

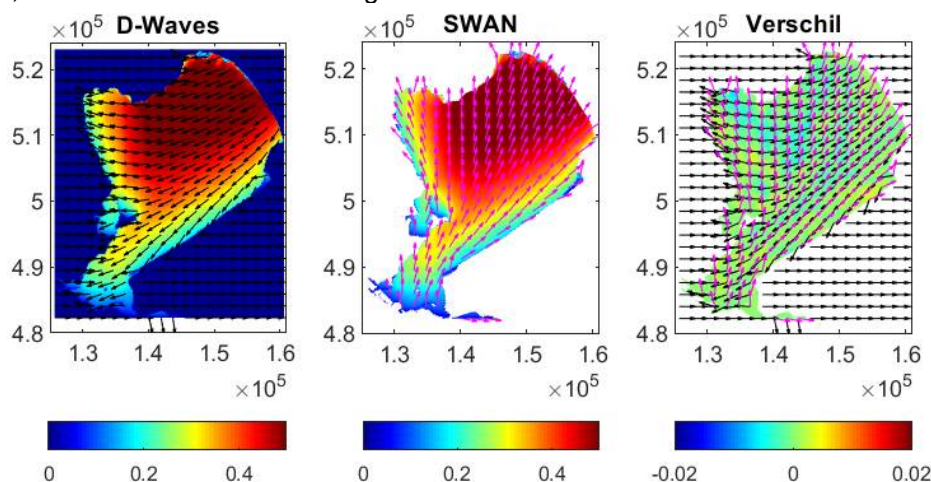
Daarnaast is het Markermeermodel, zoals dat operationeel draait, in D-Waves gezet. Hiervoor is via de swan.sh optie een workaround gecreëerd om het D-Waves SWAN invoerbestand aan te passen. De aanpassingen worden getoond in Appendix B. Naast aanpassingen in fysica en numerieke instellingen is via de swan.sh optie ook de wind- en waterstandsinvoer via NetCDF aan het D-Waves SWAN invoerbestand toegevoegd. Op deze manier zouden D-Waves en SWAN voor het Markermeermodel dezelfde resultaten moeten geven. Er blijven wel verschillen tussen beide modellen, zoals eerder genoemd wordt in D-Waves voor elk timepoint een nieuw SWAN (\*.swn) invoerbestand gegeneerd, terwijl in SWAN één (\*.swn) invoerbestand wordt gebruikt voor alle tijdstippen.

De vergelijking tussen D-Waves en SWAN voor golfhoogte wordt getoond in Figuur 3.3. Opvallend is dat er verschillen te zien zijn in de golfhoogte en golfrichting. Het verschil in golfrichting komt doordat D-Waves de golfrichting foutief volgens de cartesische conventie in NetCDF opslaat<sup>7</sup>. Dit moet worden aangepast in D-Waves.

<sup>7</sup> Dit was ook al opgemerkt voor het simpele Markermeermodel.

Figuur 3.3 toont ook verschillen in de significante golfhoogte van enkele millimeters. Ook zijn er kleine verschillen in de spectra golfperiode van orde 0.01 seconde te zien. Deze verschillen zijn op dit moment niet te verklaren. Mogelijk is de aansturing van de berekening, zoals hierboven genoemd van invloed. Of de manier waarop D-Waves de uitvoer in de NetCDF opslaat (bijvoorbeeld precisie). Het is namelijk opvallend dat ook de windinvoer zeer kleine verschillen laat zien, terwijl precies dezelfde NetCDF windinvoer wordt gebruikt.

Wat betreft de uitvoer moet nog worden opgemerkt dat de ruimtelijke- en puntuitvoer naar NetCDF worden weggeschreven. De ruimtelijke uitvoer wordt daarnaast ook nog naar Delft3D formaat weggeschreven, wat gezien de rekentijd en opslag niet nodig zou zijn. De spectrale uitvoer wordt op dit moment door D-Waves in tekstbestanden weggeschreven voor elk tijdstip. Voor Rijkswaterstaat zou het gewenst zijn om de spectrale uitvoer ook naar NetCDF weg te schrijven, zoals door SWAN wel wordt gedaan.



Figuur 3.3 Significante golfhoogte ( $H_{m0}$  in m) voor D-Waves en SWAN voor 24-11-2020 om 6 uur . Eerste figuur van links toont de  $H_{m0}$  (m) en golfrichting (pijlen) van D-Waves, het tweede figuur van SWAN en het derde figuur toon het verschil (m) tussen D-Waves en SWAN

Tot slot is de rekentijd van D-Waves vergeleken met de rekentijd van SWAN voor het operationele Markermeermodel, zie Tabel 3.1. Er is te zien dat de rekentijd van D-Waves significant langer is. Voor een deel kan dit komen doordat meer uitvoer wordt weggeschreven. Echter, het is van belang om hier goed naar te kijken.

Tabel 3.1 Rekentijd D-Waves en SWAN Markermeermodel voor een testberekening met een periode van 7 uur

	Rekentijd [min.]
D-Waves	35
SWAN	21
Vershil	14

### 3.4.3 Overzicht aandachtspunten

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste aandachtspunten, die uit de D-Waves berekeningen volgen. Hierbij wordt weer onderscheid gemaakt tussen 'showstoppers' en overige aandachtspunten.

We zien de volgende 'showstoppers':

- De rekentijd van D-Waves is aanzienlijk langer dan van SWAN. Er moet worden uitgezocht waaraan dit ligt, zodat de rekentijd van D-Waves gereduceerd kan worden.



- De interpolatie van de wind in D-Waves gaat niet goed. Hiervoor moet een oplossing komen.

We zien de volgende overige aandachtspunten:

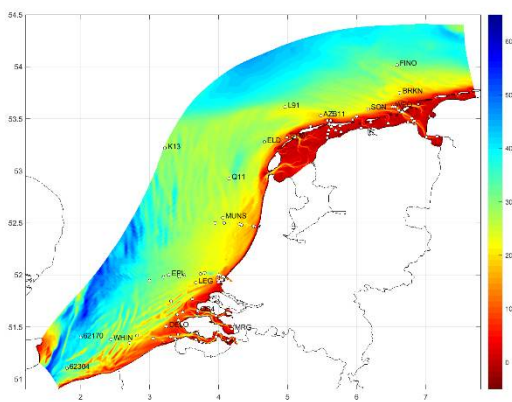
- In D-Waves wordt voor elk timepoint een nieuw SWAN (\*.swn) invoerbestand gegeneerd, terwijl in SWAN één invoerbestand wordt gebruikt voor alle tijdstippen. Of dit tot verschillen kan leiden is niet bekend. Dit zou verder uitgezocht moeten worden.
- Er treden kleine verschillen op tussen D-Waves en SWAN terwijl de invoer verder gelijk is. Dit moet verder worden uitgezocht.
- De spectrale uitvoer wordt op dit moment door D-Waves in tekstbestanden weggeschreven voor elk tijdstip. Voor RWsOS zou het gewenst zijn om de spectrale uitvoer ook naar NetCDF weg te schrijven, zoals door SWAN wel wordt gedaan.
- Ruimtelijke uitvoer wordt naast NetCDF formaat ook naar Delft3D formaat weggeschreven in D-Waves. Dit is dubbel en verhoogt de iotijd en dataopslag.
- In het ruimtelijk NetCDF uitvoerbestand is een verschil te zien tussen de golfrichting in D-Waves en in SWAN. Het verschil in golfrichting komt doordat D-Waves de golfrichting foutief volgens de cartesische conventie in NetCDF opslaat wanneer het model cartesische coördinaten heeft.

## 4 SWAN-Kuststrook model

### 4.1 Beschrijving model

Het SWAN-Kuststrook model (Deltares, 2018) is gebruikt om te kijken wat de aandachtspunten zijn wanneer RWsOS SWAN-Noordzee modellen omgezet worden naar D-Waves. In tegenstelling tot het Markermeer model wordt het SWAN-Kuststrook model in niet-stationaire mode gedraaid in plaats van quasi-stationaire mode. Dit geeft weer andere aandachtspunten.

Het Kuststrookdomein wordt getoond in Figuur 4.1. Er wordt gebruik gemaakt van een curvilineair rooster. Het model gebruikt offshore golfrandvoorwaarden, operationele ruimtelijke waterstands- en stromingsvelden en ruimtelijke windvelden. Het model draait operationeel in FEWS. De SWAN invoer voor het Kuststrookmodel wordt getoond in Appendix A.2.



Figuur 4.1 Het SWAN-Kuststrookmodel

### 4.2 Vertaling SWAN naar D-Waves

Een aantal invoerbestanden van SWAN zijn met matlab en rgfgrid vertaald naar een D-Waves invoerformaat. Het gaat hierbij om:

- De bodem: van \*.bot naar \*.dep formaat.
- De obstakels: van \*.obs naar een \*.obt en \*.pol bestand.
- De wind: van SWAN NetCDF invoer naar een \*.amu en \*.amv bestand.

Het curvilineaire rooster van SWAN-Kuststrook kan in D-Waves meteen gebruikt worden. De golfrandvoorwaarden uit SWAN (\*.bnd formaat) kunnen direct in D-Waves worden gebruikt. De SWAN-Kuststrook schematisatie bevat ook NetCDF golfrandvoorwaarden. Deze kunnen niet gebruikt worden door D-Waves. Opgemerkt moet worden dat deze op dit moment ook niet door SWAN-Kuststrook worden gebruikt.

### 4.3 Aandachtspunten invoer- en uitvoer mogelijkheden

Bij het omzetten van het SWAN model naar D-Waves zijn verschillende aandachtspunten naar voren gekomen wat betreft invoer- en uitvoermogelijkheden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen 'showstoppers' en overige aandachtspunten. Onder 'showstoppers' verstaan we punten die opgelost moeten zijn voordat D-Waves voor Rijkswaterstaat doeleinden gebruikt kan worden. Voor de overige aandachtspunten is het mogelijk om met een workaround te werken. Voor SWAN-Kuststrook zijn een aantal aandachtspunten als genoemd voor het Markermeemodel. Om deze reden worden de punten alleen kort genoemd en wordt verwezen naar Hoofdstuk 3.

We zien de volgende 'showstoppers' wat betreft de invoer- en uitvoermogelijkheden in D-Waves:

- Offline koppelen van ruimtelijke waterstanden en stroming met D-Waves, zie paragraaf 3.3.
- Het is niet mogelijk om invoervelden in NetCDF formaat aan te bieden aan D-Waves.

We zien de volgende overige aandachtspunten:

- Het gebruik van een hotstart, zie paragraaf 3.3.
- Er bestaat een verschil hoe de randvoorwaarden in D-Waves worden opgegeven in het door D-Waves gegenereerde SWAN invoerbestand in vergelijking met de SWAN invoer van de vergelijkingsberekening. In SWAN wordt opgegeven: 'BOUND NEST 'SPECTRA\_WAM.BND' OPEN', terwijl in de door D-Waves gegenereerde SWAN invoer staat: 'BOUN NEST 'SPECTRA\_WAM.sp2' CLOSED'. Uit analyses (zie paragraaf 4.4) blijkt dat wanneer 'CLOSED' wordt gekozen, significante verschillen kunnen optreden.
- Het is niet mogelijk om alle fysica instellingen te kiezen. Voor Kuststrook gaat het om de instellingen van 'whitecapping', 'triads' en 'quadruplets'. In Kuststrook wordt bijvoorbeeld de ST6 formulering gebruikt voor whitecapping. Echter, in D-Waves kan niet voor ST6 gekozen worden. Bij de ST6 formulering hoort ook een andere wind drag formulering. Een gedetailleerder overzicht hiervan is te vinden in Tabel 6.1.
- D-Waves biedt niet alle uitvoermogelijkheden voor ruimtelijke, punt- en spectrale uitvoer, zie paragraaf 3.3. Een gedetailleerder overzicht hiervan is te vinden in Tabel 6.1.
- Er zijn een aantal generieke invoer instellingen die verschillen. Een gedetailleerd overzicht hiervan is te vinden in Tabel 6.1.

De overige aandachtspunten zijn of makkelijk op te lossen of kunnen met een workaround opgelost worden. Voor de invoer is de workaround om via het swan.sh bestand het SWAN invoerbestand dat door D-Waves wordt gegenereerd aan te passen, zie de beschrijving hiervan in Hoofdstuk 2.

## 4.4 Vergelijking D-Waves met SWAN

Er zijn twee verschillende Kuststrookmodellen opgezet in D-Waves en SWAN: één simpele versie en de modelversie uit Deltares (2018), waarbij in D-Waves van een aantal workarounds gebruik is gemaakt. Aangezien de windinvoer via de GUI niet goed werkt zijn de modellen beide alleen op het linuxcluster gedraaid met de specificaties zoals in paragraaf 2.2 worden genoemd. Voor beide modellen is een periode van 48 uur doorgerekend van 10-02-2020 18:00 uur tot 12-02-2020 18:00 uur.

### 4.4.1 Simpel Kuststrook model

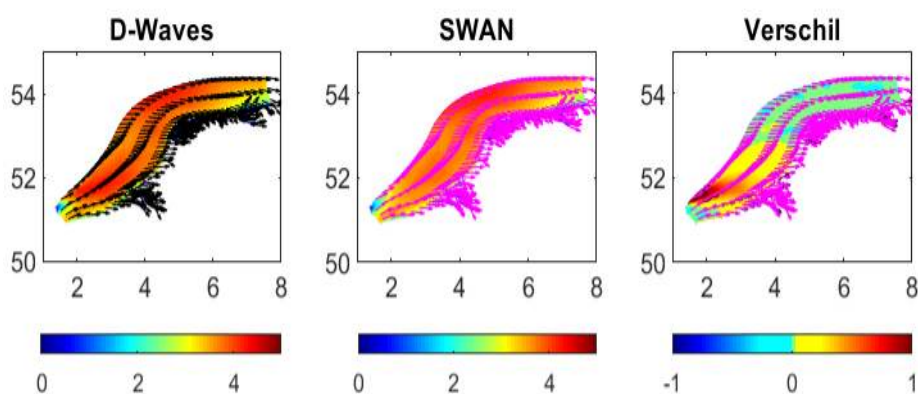
In het simpele model is een waterstand van 0 m+NAP aangehouden in plaats van een waterstandsvariatie. Daarnaast zijn de standaard D-Waves invoermogelijkheden gebruikt. Zowel D-Waves als SWAN zijn voor deze modelinvoer gedraaid. Er zijn wel verschillen tussen de D-Waves en SWAN invoerbestanden. D-Waves gebruikt bijvoorbeeld \*.amu en \*.amv windvelden en SWAN gebruikt NetCDF windinvoer.

Het simpele model kan gedraaid worden, maar er blijken een aantal problemen te zijn waardoor het model niet correct draait. Het gaat om de volgende punten:

- In D-Waves wordt alleen voor één timepoint een wind invoerbestand ('WNDNOW') gemaakt. Echter, bij niet-stationair standalone draaien wordt maar één timepoint opgegeven, namelijk de startdatum en tijd. Om deze reden gaat het fout bij niet-stationair rekenen: de gehele berekening van 48 uur wordt gedaan met het windveld op  $t = 0$ . Wenselijk zou zijn dat er per tijdstap een nieuw windveld wordt genomen of nog beter, geïnterpoleerd met behulp van de opgegeven windvelden. Dit moet worden aangepast voor niet-stationair rekenen.

- De uitvoer van de niet-stationaire berekening wordt niet goed weggeschreven. In de ruimtelijke uitvoer komen maar 2 tijdstippen voor (in plaats van 49) en in de puntuitvoer komt maar 1 tijdstip voor. Ook de spectrale uitvoer is slechts voor één tijdstip beschikbaar. Hieraan moet worden gewerkt.
- Er bestaat een verschil hoe de randvoorwaarden in D-Waves worden opgegeven in vergelijking met de SWAN invoer, 'CLOSED' in plaats van 'OPEN', zie ook paragraaf 4.3. Dit zorgt voor verschillen, zoals te zien is in Figuur 3.2. Verschillen in golfhoogte van meer dan 1 meter treden op, omdat de randvoorwaarden verkeerd worden opgelegd.

Vanwege bovenstaande punten is een vergelijking tussen D-Waves en SWAN niet mogelijk.

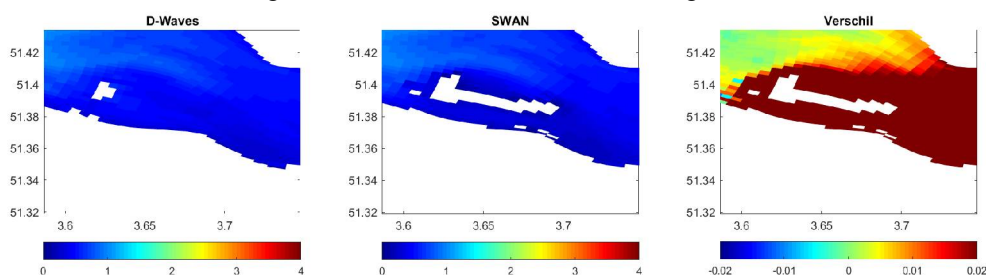


Figuur 4.2 Significante golfhoogte ( $H_{m0}$  in m) voor D-Waves en SWAN voor 11-02-2020 om 0 uur. Eerste figuur van links toont de  $H_{m0}$  (m) en golfrichting (pijlen) van D-Waves, het tweede figuur van SWAN en het derde figuur toon het verschil tussen D-Waves en SWAN

#### 4.4.2 Operationeel Kuststrook model

Het Kuststrookmodel, zoals het operationeel draait, is in D-Waves gezet met een groot aantal workarounds. Naast aanpassingen in fysica en numerieke instellingen, is ook de wind-, waterstands-, en stromingsinvoer via NetCDF aan het door D-Waves gegenereerde SWAN invoerbestand toegevoegd via de swan.sh optie. De aanpassingen worden getoond in Appendix B. Tot slot wordt een extra ruimtelijk uitvoerbestand in het door D-Waves gegenereerde SWAN invoerbestand gezet om uitvoer te creëren die niet door D-Waves wordt bewerkt. Hiermee wordt een vergelijking tussen beide modellen mogelijk gemaakt.

Hoewel de invoer voor de D-Waves en SWAN modellen (bijna) gelijk is, zijn er voornamelijk nabij land nog wel verschillen te zien. Dit is te zien in Figuur 4.3, waarbij ingezoomd is op de Westerschelde. Het rooster van D-Waves lijkt verschoven te zijn ten opzichte van SWAN. Er moet verder worden uitgezocht waardoor deze verschuiving veroorzaakt wordt.



Figuur 4.3 Significante golfhoogte ( $H_{m0}$  in m) voor D-Waves en SWAN voor 12-02-2020 om 18 uur. Eerste figuur van links toont de  $H_{m0}$  (m) en golfrichting (pijlen) van D-Waves, het tweede figuur van SWAN en het derde figuur toon het verschil tussen D-Waves en SWAN

Tot slot is de rekentijd van D-Waves vergeleken met de rekentijd van SWAN voor het operationele Kuststrookmodel, zie Tabel 4.1. Er is te zien dat de rekentijd significant langer is. Voor een deel kan dit komen doordat meer uitvoer wordt weggeschreven. Echter, het is van belang om hier goed naar te kijken.

Tabel 4.1 Rekentijd D-Waves en SWAN Kuststrookmodel voor een 48 uurs forecast

	Rekentijd [min.]
D-Waves	124
SWAN	96
Verschil	28

#### 4.4.3 Overzicht aandachtspunten

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste aandachtspunten, die uit de D-Waves berekeningen volgen. Hierbij wordt weer onderscheid gemaakt tussen 'showstoppers' en overige aandachtspunten.

We zien de volgende 'showstoppers':

- De rekentijd van D-Waves is aanzienlijk langer dan van SWAN. Er moet worden uitgezocht waaraan dit ligt, zodat de rekentijd van D-Waves gereduceerd kan worden.
- Het toepassen van windvelden bij de standalone niet-stationaire berekening met één timepoint (begin tijdstip) gaat niet goed, omdat er in D-Waves alleen voor een timepoint een windinvoer bestand gemaakt wordt, terwijl windvoer voor de gehele periode gewenst is.
- Uitvoer bij de standalone niet-stationaire berekening met 1 timepoint (begin tijdstip) gaat niet goed.
- Er is een verschuiving waar te nemen tussen de resultaten van D-Waves en SWAN. De verschuiving is voornamelijk nabij land waar te nemen. Mogelijk interpoleert D-Waves invoer anders dan SWAN. Dit moet verder uitgezocht worden voordat D-Waves ingezet kan worden.

We zien de volgende overige aandachtspunten:

- Uitvoer in NetCDF formaat is gewenst. Uitvoer in Delft3D formaat is niet nodig en zorgt voor extra rekentijd en dataopslag.

## 5 BOI modellen

De modellen die op dit moment onder BOI worden gedraaid zijn stationaire modellen. De conclusies voor de BOI modellen zullen dan ook vergelijkbaar zijn met die voor het SWAN-Markermeemodel, aangezien dit model in feite een reeks van stationaire modellen bevat. Voordeel van de BOI modellen is dat in veel gevallen uniforme wind en waterstandsinvloed gebruikt wordt. Dat is op dit moment goed mogelijk in D-Waves.

Aandachtspunten zijn:

- Wanneer ruimtelijk variërende wind-, waterstandsvelden of stromingsvelden nodig zijn. In de voorgaande hoofdstukken is al besproken dat dit niet goed mogelijk is of dat de D-Waves resultaten dan afwijken van SWAN.
- Modelinstellingen zijn niet allemaal mogelijk, ontbrekende opties moeten nu via 'swan.sh' optie.
- Uitvoer (waaronder testuitvoer) is niet flexibel instelbaar. Dit zou via de 'swan.sh' optie moeten.
- Tot slot is nog een aandachtspunt hoe flexibel de SWAN versie met D-Waves kan worden aangepast.

## 6 Toepassingsadvies

### 6.1 Beantwoording vragen

In deze paragraaf wordt getracht de vragen te beantwoorden, zoals gesteld in paragraaf 1.3.

- **Welke SWAN versie wordt gebruikt en hoe flexibel zijn we om de SWAN versie te veranderen?**

Op dit moment is SWAN versie 40.21 A7 aan D-Waves gekoppeld. Bij een overgang naar D-Waves zal gekeken moeten worden hoe vaak het wenselijk is om naar een andere SWAN versie over te stappen en welke stappen hiervoor nodig zijn. Bij een overgang moet het testbed worden gedraaid om te kijken of alles nog werkt en zullen mogelijk defaults in D-Waves moeten worden aangepast.

Wat betreft de flexibiliteit van de SWAN versie moeten ook de toekomstige ontwikkelingen met updates in de SWAN code van de TU Delft ten behoeve van Deltares goed in de gaten worden gehouden.

- **Is parallel rekenen mogelijk in verband met de rekentijd van de modellen? Is het mogelijk om op linux te rekenen? Met gebruik van DIMR software en configuratie bestand?**

Het is mogelijk om D-Waves parallel te draaien met OpenMP (in dit voorbeeld met 4 threads). Er wordt ook gewerkt aan een optie om D-Waves via MPI parallel te draaien. Dit kan op het linuxcluster. In dat geval is de OpenMP optie niet meer mogelijk.

Het is mogelijk om D-Waves te draaien met de DIMR software en het configuratiebestand.

- **Is stationair, niet-stationair en quasi-stationair mogelijk?**

Stationair rekenen is mogelijk met D-Waves.

Quasi-stationair is mogelijk met D-Waves. Er zijn wel verschillen in de aansturing: D-Waves maakt voor elke tijdstip een nieuw SWAN invoerbestand, terwijl SWAN verschillende tijdstippen in één SWAN invoerbestand afhandelt. Het moet verder uitgezocht worden of dit een effect heeft op de resultaten of de rekentijd.

Niet-stationair rekenen is in de 2021.05 versie van D-Hydro niet goed mogelijk zonder aanpassingen in D-Waves.

- **Welke SWAN instellingen zijn beschikbaar in D-Waves (fysica, numeriek, overige)?**

Niet alle SWAN instellingen zijn beschikbaar in de D-Waves invoer (\*.mdw bestand). Zie voor een overzicht van de ontbrekende instellingen Appendix C.2. De ontbrekende SWAN instellingen kunnen redelijk eenvoudig toegevoegd worden in een D-Waves berekening via de swan.sh optie en in de toekomst via een keyword in het \*.mdw bestand en een script. Voor sommige instellingen kan gekozen worden om deze standaard in D-Waves toe te voegen. Hiernaar zal beter gekeken moeten worden.

- **Zijn de interpolaties van golfrandvoorwaarden, wind, waterstands- en stromingsinvoer correct? Kunnen de invoerbestanden in NetCDF aangeboden worden?**

Interpolatie van golfrandvoorwaarden in D-Waves ziet er okay uit op grote lijnen, maar is niet in detail gecontroleerd, doordat de berekening door andere problemen beïnvloed is.

De interpolatie van windinvoer gaat op dit moment niet goed.

Waterstands- en stromingsinvoer via offline koppeling in D-Waves was niet mogelijk. Deze vraag kan hierdoor dus nog niet beantwoord worden.

De invoerbestanden kunnen op dit moment niet in NetCDF aangeboden worden. Dit is een aandachtspunt.

- **Welke uitvoeropties zijn mogelijk? Wordt de juiste uitvoer gegenereerd? Kan de uitvoer in NetCDF aangeboden worden?**

Niet alle uitvoeropties zijn mogelijk (zie Appendix C.2), maar dit zou via een workaround opgelost kunnen worden. In bepaalde gevallen wordt niet de juiste uitvoer gegenereerd, bijvoorbeeld voor golfrichtingen in combinatie met een cartesisch coördinatenstelsel en de D-Waves uitvoer verschilt soms van SWAN. Dit is een aandachtspunt. Een deel van de uitvoer wordt als NetCDF aangeboden. Voor spectrale is dit nog niet mogelijk.

- **Hoe kan D-Flow met D-Waves offline gekoppeld worden? Gaat deze koppeling goed?**  
De offline koppeling met D-Flow is op dit moment niet mogelijk. Dit is een aandachtspunt.
- **Hoe zorg je voor juist gebruik van hotstart files? Kunnen de hotstart files in NetCDF aangeboden worden?**  
Er zijn problemen met de mogelijkheden die D-Waves voor hotstart files biedt. Het gebruik van hotstart files is in deze studie niet volledig onderzocht. Hotstart files kunnen nog niet in NetCDF worden aangeboden.
- **Welke folderstructuur is nodig?**  
Verschillende folderstructuren zijn mogelijk wanneer D-Waves buiten de GUI gedraaid wordt. Echter, de uitvoer wordt standaard in de rundirectory weggeschreven.
- **Gaat de convergentie goed?**  
Er is in deze studie niet in detail naar de convergentie gekeken. Dit zou in een eventueel later stadium moeten gebeuren.
- **Geeft D-Waves dezelfde resultaten als SWAN?**  
Voor de gedraaide cases zijn verschillen waarneembaar tussen D-Waves en SWAN, voornamelijk voor het SWAN-Kuststrook model. Er moet nog verder worden onderzocht waardoor deze verschillen optreden.
- **Wat is de rekentijd? Ook ten opzichte van het SWAN model.**  
Er is voor zowel het SWAN-Markemeermodel als het SWAN-Kuststrookmodel gekeken naar de rekentijd van D-Waves in vergelijking met SWAN. Hieruit is gebleken dat D-Waves een significant langere rekentijd heeft. Dit zal nader bekeken moeten worden.
- **Kan D-Waves binnen RWSOS draaien? Bestaat er al een wrapper? Wat zijn hiervoor de aandachtspunten?**  
Hier is nog niet naar gekeken.

Appendix C geeft een overzicht van alle showstoppers en overige aandachtspunten.

## 6.2 Toepassingsadvies

Op dit moment kan D-Waves nog niet worden ingezet om SWAN te vervangen voor vraagstukken van Rijkswaterstaat (RWSOS en BOI). Er spelen nog een aantal showstoppers waardoor het gebruik op dit moment niet zonder zeer grote workarounds mogelijk is. Een overzicht van de showstoppers wordt gegeven in Appendix C.1.

Geadviseerd wordt om samen met de Deltares Software Centre de geïdentificeerde showstoppers te bekijken en te kijken op welke termijn deze problemen opgelost kunnen worden. Voor stationaire en quasi-stationaire modellen zijn de showstoppers overzienbaar. Voor de niet-stationaire modellen is een behoorlijke inspanning nodig om de showstoppers op te lossen. Voor niet-stationaire modellen staat deze inspanning al wel ingepland. Vooral nog staat een deel van de niet-stationaire showstoppers gepland om in 2022 aangepakt te worden.

Daarnaast wordt geadviseerd om in een later stadium de vergelijking tussen D-Waves en SWAN resultaten onder de loep te nemen en de verschillen in rekentijd nader te bekijken. In dat stadium kunnen dan ook de FEWS mogelijkheden verkend worden.



# A Operationele modellen

## A.1 SWAN-Markermeer

```
PROJECT 'RWSOS-Meren', 'mm'  
  'SWAN-markermeer swan_mm_rwsos-j16_5-v2'  
  'Forecast; Analysetijd 20201124.000000'  
  'Template opgesteld voor SWAN-versie 41.20.A8 dd december 2020'  
  
$----- algemeen -----  
  
TEST 1  
SET RHO=1000 NAUTICAL  
SET MAXERR=2  
MODE NONSTATIONARY TWODIMENSIONAL  
  
$----- invoer -----  
  
CGRID CURV 388 453 EXCEPT 0.0000000000000000E+00 0.0000000000000000E+00 _  
  CIR          36  0.06  2.40 39  
  
$  
READ COOR 1. 'TMP_grid2swan01' _  
  4 0 1 FREE  
  
$  
INPGRID _  
BOTTOM CURV 0.0. 388 453  
READINP BOTTOM 1.0 'BOTNOW' 4 0 FREE  
  
$  
INPGRID WLEV REGF './INP/fews_wlev_adapted.nc' NONSTAT 20201124.000000 60 MIN 20201124.060000  
READINP WLEV 1.0 './INP/fews_wlev_adapted.nc'  
  
INPGRID WIND REGF './INP/fews_wind_adapted.nc' NONSTAT 20201124.000000 60 MIN 20201124.060000  
READINP WIND 1.0 './INP/fews_wind_adapted.nc'  
  
WIND DRAG FIT  
  
INCLUDE './INP/swan-mm-j16_5-v1.obs'  
  
$INITIAL HOTSTART './INP/swan-restart.nc' NETCDF  
  
$----- fysica & numeriek -----  
  
GEN3 KOMEN  
WCAP KOMEN delta=1  
QUAD iquad=2 lambda=0.25 Cnl4=3.0e+07  
LIMITER ursell=10.0 qb=1.0  
FRIC JONSWAP cfjon=0.038  
BREAK CONST alpha=1.0 gamma=0.73  
  
NUM STOPC dabs=0.005 drel=0.01 curvat=0.005 npnts=99.5 STAT mxitst=50  
  
$----- uitvoer -----  
  
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'results/swan.mat' LAY-OUT 3 &
```

```
XP YP DHSIG DRTM01 OUTPUT 20201124.000000 1 HR

BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'results/swan.nc' LAYOUT 3 &
  XP YP DEP HSIG TMM10 TPS TM02 DIR DSPR WATLEV WIND &
  OUTPUT 20201124.000000 1 HR

POINTS 'P1' FILE './INP/points.xyn'
TABLE 'P1' HEAD 'results/points_p1.tab' TIME XP YP DEP HSIG TMM10 TPS &
  RTP TM02 DIR DSPR WATLEV WIND DHSIG DRTM01 OUTPUT 20201124.000000 1 HR

POINTS 'P2' FILE './INP/specpoints.xyn'
SPEC 'P2' SPEC1D ABS 'results/spec1d_p2.nc' OUTPUT 20201124.000000 1 HR

SPEC 'COMPGRID' RELATIVE 'results/swan-state.nc' MDGRID OUTPUT 20201124.060000 1 HR
$
TEST ITEST= 1 ITRACE= 0

COMPUTE STATIONARY 20201124.000000
COMPUTE STATIONARY 20201124.010000
COMPUTE STATIONARY 20201124.020000
COMPUTE STATIONARY 20201124.030000
COMPUTE STATIONARY 20201124.040000
COMPUTE STATIONARY 20201124.050000
COMPUTE STATIONARY 20201124.060000

STOP
```

## A.2 SWAN-Kuststrook

```
! ** operational model version swan-ks (sep 2018)
! ** for SWAN version 41.20

! *****HEADING*****

PROJ 'SWAN-KS' '001'

! *****MODEL INPUT*****

SET NAUTICAL
SET LEVEL=0;

MODE NONST

COORDINATES SPHERICAL CCM

CGRID CURVI 990 309 EXCE 0.0 0.0 CIRCLE 45 0.03 1.0
READ COORD 1. 'INP/h29-03_mv2_SWAN_ext.grd' IDLA=3 NHEDF=8 FORMAT '(10X,5E26.17)'

INP BOTTOM CURVI 0. 0. 990 309 EXCE -999.
READ BOTTOM 1. 'INP/swan-ks-emodnetbaseline2018.BOT' IDLA=5 NHEDF=0 FREE

!-Waqua water level input
! grid definitie obv Swan_Zuno_flow
```

```
INPGRID WLEV REGF 'fews_wlev.nc' NONSTAT 20200210.1800 60 MIN 20200212.1800
READINP WLEV 1.0 'fews_wlev.nc'

!-Waqua current (stroming) input
! grid definitie obv Swan_Zuno_flow
INPGRID CUR REGF 'fews_vel.nc' NONSTAT 20200210.1800 60 MIN 20200212.1800
READINP CUR 1.0 'fews_vel.nc'

!-HIRLAM_v72 wind input
! grid definitie obv Swan_Dcsm_wind
INPGRID WIND REGF 'fews_wind.nc' NONSTAT 20200210.1800 60 MIN 20200212.1800
READINP WIND 1.0 'fews_wind.nc'

! obstacles
INCLUDE 'INP/OBSBASELINE.OBS'

!***** BOUNDARY CONDITIONS *****

BOUND NEST 'SPECTRA_WAM.BND' OPEN
!!INITIAL HOTSTART 'swan-restart.nc' NETCDF

!***** PHYSICA *****

GEN3 ST6 5.6E-6 17.5E-5 VECTAU U10P 31. AGROW
SSWELL
QUAD iquad=3
TRIAD 11
FRIC JONSWAP 0.038
BREA CONST 1.0 0.73

!***** NUMERICAL PARAMETERS *****

PROP BSBT
NUM ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 NONSTAT mxitns=20

!***** OUTPUT *****

POINTS 'P1' FILE 'INP/POINTS.PNT'
POINTS 'P2' FILE 'INP/POINTS2.PNT'

BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'RES/swan2D.nc' LAYOUT 3 &
  XP YP HSIG HSWELL TMM10 TPS DIR DSPR WATLEV VEL WIND &
  OUT 20200210.1800 1 HR

SPECOUT 'P1' SPEC1D ABS 'RES/swan_spectra1D.nc' OUT 20200210.1800 1 HR
SPECOUT 'P2' SPEC2D ABS 'RES/SPEC_P2.nc' OUT 20200210.1800 1 HR

TABLE 'P1' HEADER 'RES/POINTS.TAB' &
  TIME XP YP DEP HSIG HSWELL &
  TMM10 TM02 TPS DIR FDIR DSPR WIND WATLEV VEL OUT 20200210.1800 1 HR

$ WRITE RESTART FILES AS NETCDF
SPEC 'COMPGRID' RELATIVE 'swan-state.nc' MDGRID OUTPUT 20200212.1800 1 HR
```

TEST 1 0

COMPUTE NONSTAT 20200210.1800 60 MIN 20200212.1800

STOP

## B Volledige workaround

Om de operationele modellen te draaien zoals ze nu zijn, zijn voor zowel Markermeer als voor Kuststrook aanpassingen nodig. Dit kan via de 'swan.sh' waardoor onder de motorkap de door D-Waves gegenereerde SWAN inputbestand wordt veranderd. In deze studie zijn de volgende veranderingen doorgevoerd die het mogelijk maakten om het D-Waves model met dezelfde invoer te laten werken als het operationele SWAN model. Sommige veranderingen zijn behoorlijk ingrijpend. Zo worden bijvoorbeeld de NetCDF wind, waterstand en stromingsinvoer opgelegd.

### Voor Markermeer:

```
sed "s/WCAP KOMEN delta=0/WCAP KOMEN delta=1/" ${1}.swn>edit1.swn
sed "s/NUM ACCUR 0.005 0.010 0.010 99.500 50/NUM STOPC dabs=0.005 drel=0.01 curvat=0.005
npnts=99.5 STAT mxitst=50/" edit1.swn>edit2.swn
sed "s/WIND CURV 0. 0. 388 453/WIND REGF 'fews_wind_adapted.nc' NONSTAT 20201124.000000 60 MIN
20201124.060000/" edit2.swn>edit3.swn
sed "s/READ WIN FAC= 1.00 _/READINP WIND 1.0 'fews_wind_adapted.nc'/" edit3.swn>edit4.swn
sed "s/WNDNOW' IDLA=4 FREE/INPGRID WLEV REGF 'fews_wlev_adapted.nc' NONSTAT 20201124.000000 60
MIN 20201124.060000\n READINP WLEV 1.0 'fews_wlev_adapted.nc'/" edit4.swn>edit5.swn
```

### Voor Kuststrook:

```
sed "s/GEN3/GEN3 ST6 5.6E-6 17.5E-5 VECTAU U10P 31. AGROW/" ${1}.swn>edit1.swn
sed "s/WCAP KOMEN delta=0/SSWELL/" edit1.swn>edit2.swn
sed "s/LIM 10 1/QUAD iquad=3/" edit2.swn>edit3.swn
sed "s/TRIAD trfac= 0.0500 cutfr= 2.5000 urcrit=0.2 urslim=0.01/TRIAD 11/" edit3.swn>edit4.swn
sed "s/WIND CURV 0. 0. 990 309/WIND REGF 'fews_wind.nc' NONSTAT 20200210.1800 60 MIN
20200212.1800/" edit4.swn>edit5.swn
sed "s/READ WIN FAC= 1.00 _/READINP WIND 1.0 'fews_wind.nc'/" edit5.swn>edit6.swn
sed "s/WNDNOW' IDLA=4 FREE/INPGRID WLEV REGF 'fews_wlev.nc' NONSTAT 20200210.1800 60 MIN
20200212.1800\n READINP WLEV 1.0 'fews_wlev.nc'\n INPGRID CUR REGF 'fews_vel.nc' NONSTAT
20200210.1800 60 MIN 20200212.1800\n READINP CUR 1.0 'fews_vel.nc'/" edit6.swn>edit7.swn
sed "s/BOUN NEST 'SPECTRA_WAM.sp2' CLOSED/BOUN NEST 'SPECTRA_WAM.sp2' OPEN\n !INITIAL
HOTSTART 'swan-restart.nc' NETCDF/" edit7.swn>edit8.swn
sed "s/QUANTITY DISBOT excv=-999.0/BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'swan2D.nc' LAYOUT 3 XP YP HSI
G TMM10 DIR WIND WATLEV VEL OUT 20200210.1800 1 HR/" edit8.swn>edit9.swn
```

## C Overzicht aandachtspunten

### C.1 Overzicht showstoppers

Hierbij een totaaloverzicht van de showstoppers:

#### Rekentijd

- De rekentijd van D-Waves is aanzienlijk langer dan van SWAN. Er moet worden uitgezocht waaraan dit ligt, zodat de rekentijd van D-Waves gereduceerd kan worden. *Dit is aangekaart bij Deltares Software Centre in issue D3DFMIQ-2725.*

#### Waterstands- en stromingsinvoer

- Offline koppelen van ruimtelijke waterstanden en stroming met D-Waves is alleen mogelijk voor één tijdstip, aangezien de communicatiefile maar één tijdstip opslaat. Het is dus op dit moment niet mogelijk om de waterstanden offline met D-Waves te koppelen voor een quasi-stationaire berekening. *Dit is aangekaart bij Deltares Software Centre in issue D3DFMIQ-2721.*
- Het is niet mogelijk om invoervelden in NetCDF formaat aan te bieden aan D-Waves. *Dit is aangekaart bij Deltares Software Centre in issue D3DFMIQ-2724.*

#### Windinvoer

- De interpolatie van de wind in D-Waves gaat niet goed. Hiervoor moet een oplossing komen. *Dit is aangekaart bij Deltares Software Centre in issue UNST-5307.*
- Windvelden voor een standalone niet-stationaire berekening met één timepoint gaat niet goed, omdat er in D-Waves alleen voor elk timepoint een windinvoer bestand gemaakt wordt. *Dit is aangekaart bij Deltares Software Centre in issue UNST-5309.*
- Het is niet mogelijk om invoervelden in NetCDF formaat aan te bieden aan D-Waves. *Dit is aangekaart bij Deltares Software Centre in issue D3DFMIQ-2724.*

#### Uitvoer

- Uitvoer bij een standalone niet-stationaire berekening met één timepoint gaat niet goed. *Dit is aangekaart bij Deltares Software Centre in issue UNST-5306.*

#### Vergelijking met SWAN

- Er zijn verschillen waar te nemen tussen D-Waves en SWAN. Voor SWAN-Kuststrook is er een verschuiving waar te nemen tussen de resultaten van D-Waves en SWAN. De verschuiving is voornamelijk nabij land waar te nemen. Mogelijk interpoleert D-Waves invoer anders dan SWAN. Dit moet verder uitgezocht worden voordat D-Waves ingezet kan worden. *Dit is nog niet aangekaart bij Deltares Software Centre.*

#### SWAN versie

- Het is nog de vraag hoe flexibel de SWAN versie in D-Waves geüpdatet kan worden.

### C.2 Overzicht overige aandachtspunten

Hierbij een totaaloverzicht van de overige aandachtspunten:

#### SWAN invoerbestand

- Het is niet mogelijk om alle fysica instellingen te kiezen, zie Tabel 6.1.
- Het is in D-Waves niet mogelijk om alle numerieke instellingen te kiezen, zie Tabel 6.1.
- D-Waves biedt niet alle uitvoermogelijkheden voor ruimtelijke, punt- en spectrale uitvoer, zie Tabel 6.1.

- Er zijn een aantal generieke invoer instellingen, die in de D-Waves SWAN invoer worden gebruikt, die niet in het SWAN invoerbestand gespecificeerd zijn en verschillen van de SWAN default. Hierdoor kunnen mogelijk afwijkingen optreden, zie Tabel 6.1.
- Het opgeven van 'OPEN' golfrandvoorwaarden via een randvoorwaarden bestand is niet mogelijk in D-Waves. Golfrandvoorwaarden in D-Waves worden automatisch via 'BOUN NEST 'SPECTRA.sp2' CLOSED' aan SWAN opgelegd. Zie ook Tabel 6.1.
- Wind drag formulering gaat niet consistent. Wanneer een uniforme wind wordt gekozen dan wordt de wind drag formulering van Wu gebruikt ('WIND VEL= 10.00 DIR= 270.00 DRAG WU'). Echter, als windvelden worden gebruikt dan zou de wind drag formulering alsnog moeten worden opgegeven. Nu wordt dit niet gedaan en wordt SWAN default formulering ('FIT') gebruikt. Dit is niet consistent. Gewenst is om de wind drag te kunnen kiezen of in ieder geval de wind drag formulering consistent te houden voor de verschillende wind invoer opties.

#### D-Waves invoer

- D-Waves draaien met in ruimte en tijd variërende wind is niet mogelijk wanneer met de GUI (windows) wordt gewerkt. Via het linux cluster is het geen probleem.

#### D-Waves uitvoer

- Uitvoer in NetCDF formaat is gewenst, ook voor spectrale uitvoer.
- Uitvoer in Delft3D formaat is niet nodig en zorgt voor extra rekentijd en dataopslag.
- In het ruimtelijk NetCDF uitvoerbestand is een verschil te zien tussen de golfrichting in D-Waves en in SWAN. Het verschil in golfrichting komt doordat D-Waves de golfrichting foutief volgens de cartesische conventie in NetCDF opslaat wanneer het model cartesische coördinaten heeft.
- De spectrale uitvoer wordt op dit moment door D-Waves in tekstbestanden weggeschreven voor elk tijdstip. Voor Rijkswaterstaat zou het gewenst zijn om de spectrale uitvoer ook naar NetCDF weg te schrijven, zoals door SWAN wel wordt gedaan.

#### D-Waves berekening

- In D-Waves wordt bij een quasi-stationaire berekening voor elk timepoint een nieuw SWAN invoerbestand gemaakt, terwijl in SWAN één invoerbestand wordt gebruikt voor alle tijdstippen. Of dit tot verschillen kan leiden is niet bekend. Dit zou verder uitgezocht moeten worden.

#### Hotstart

- In SWAN wordt een NetCDF hotstart gebruikt om de start van de berekening 'warm' te laten verlopen. In D-Waves is het niet mogelijk om het bestand op te geven waarmee D-Waves moet beginnen en daarnaast wordt ook geen NetCDF formaat voor de hotstart gebruikt, waardoor de hotstart een zeer groot bestand wordt.  
*Dit is nog niet aangekaart bij Deltares Software Centre.*
- In SWAN wordt een hotstart weggeschreven op het laatste tijdstip. In D-Waves kan wel een hotstart weggeschreven worden, maar niet uitsluitend voor het laatste tijdstip. Er is dus extra tijd nodig om na elk timepoint de hotstart weg te schrijven.  
*Dit is nog niet aangekaart bij Deltares Software Centre.*

Tabel 6.1 Overzicht van benodigde instellingen voor het Markermeer en Kuststrook model.

Instelling	Model	Nu <b>niet</b> mogelijk in D-Waves, maar wel wenselijk voor SWAN-Noordzee	Nu <b>wel</b> mogelijk in D-Waves, maar niet perse geschikt voor SWAN-Noordzee
Whitecapping	Markermeer	WCAP KOMEN delta=1	WCAP KOMEN delta=0
ST6	Kuststrook	GEN3 ST6 5.6E-6 17.5E-5 VECTAU U10P 31. AGROW SSWELL	GEN3 KOMEN
Quadruplets	Kuststrook	QUAD iquad=3	QUAD
Triads	Kuststrook	TRIAD itriad = 11 trfac= 0.05 cutfr= 2.5 urcrit=0.2 urslim=0.01	TRIAD trfac= 0.05 cutfr= 2.5 urcrit=0.2 urslim=0.01
Golf-randvoowaarden	Kuststrook	BOUN NEST 'SPECTRA_WAM.sp2' OPEN	BOUN NEST 'SPECTRA_WAM.sp2' CLOSED
Numeriek	Markermeer	NUM STOPC dabs=0.005 drel=0.01 curvat=0.005 npnts=99.5 STAT mxitst=50	NUM ACCUR 0.005 0.010 0.010 99.500 50
Uitvoer ruimtelijk	Markermeer	WATLEV	TM01, VELOC, TRANSP, DISSIP, LEAK, QB, DIST, UBOT, STEEPW, WLENGTH, FORCES, RTP, PDIR, SETUP, DISSURF, DISWCAP, DISBOT
Uitvoer punt	Markermeer	TIME, TMM10, TPS, TM02, WATLEV, DHSIG, DRTM01	UBOT, WIND, VEL
Uitvoer ruimtelijk	Kuststrook	HSWELL, WATLEV	TM01, DEPTH, TRANSP, DISSIP, LEAK, QB, DIST, UBOT, STEEPW, WLENGTH, FORCES, RTP, PDIR, Tm02, SETUP, DISSURF, DISWCAP, DISBOT
Uitvoer punt	Kuststrook	TIME HSWELL TMM10 TM02 TPS FDIR WATLEV	RTP, TM01, UBOT
Maximale aantal fouten berichten	Markermeer Kuststrook	MAXMES = 200	MAXMES = 1000
Foutencategorie, die nog toegestaan wordt warning = 1, error = 2, severe error = 3	Markermeer Kuststrook	MAXERR = 1	MAXERR = 2
Spectrale uitvoer energie = 1 variance density = 0	Markermeer Kuststrook	INRHOG = 0	INRHOG = 1