

# WHIFFLE

WEATHER FINECASTING



## CHASM

### Coupled High-resolution Atmosphere Sea Modelling

### Openbaar eindrapport

Date: 28-07-2020  
Version: 1.0  
Authors: Remco Verzijlbergh  
Peter Baas  
Evert Wiegant  
Sofia Caires  
Bas Reijmerink

## Gegevens project

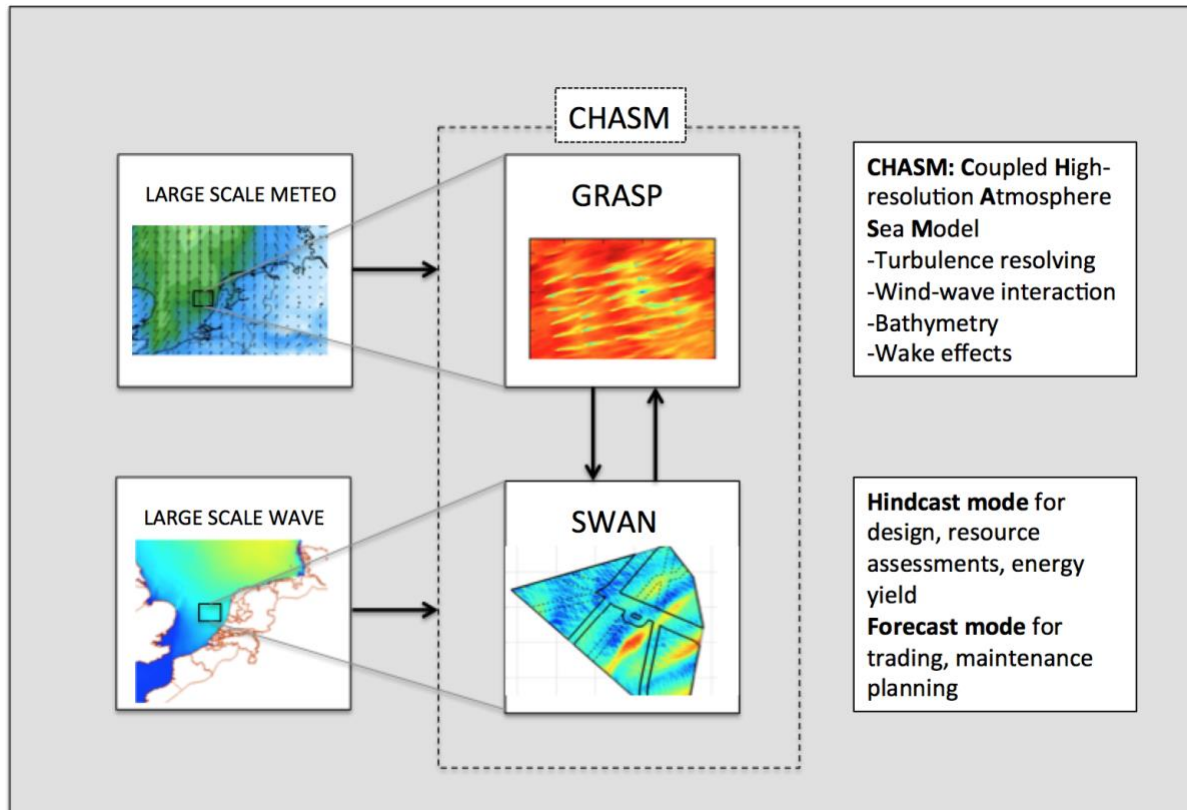
Projectnummer: TEHE117023

Projecttitel: Coupled High-resolution Air-Sea Modelling ( CHASM )

Penvoerder: Whiffle B.V.

Medeaanvragers: Stichting Deltares

Projectperiode: 1 oktober 2017 - 31 maart 2020



Figuur 1 Visuele samenvatting van het project. Er is een gekoppeld golf-atmosfeer model ontwikkeld. Hiermee is het mogelijk om interactie-effecten tussen golven, windparken, zog-effecten etc. volledig te modelleren. Het model kan gebruikt worden voor operationele verwachtingen en voor historische datasets voor planningsdoeleinden.

### Doelstelling en samenwerkende partijen

De doelstelling van dit project was het reduceren van onzekerheden in de modellering van wind- en golfcondities voor offshore windparken. Ondanks de beschikbaarheid van moderne meetmethodes als *floating LiDAR* zijn ontwerp en beheer van offshore windparken nog steeds sterk afhankelijk van modelberekeningen. In dit project zijn twee bestaande modellen gekoppeld: het atmosferische model GRASP<sup>1</sup> en het golfmodel SWAN<sup>2</sup>. Omdat wind en golven elkaar sterk beïnvloeden, wordt van deze dynamische koppeling een verbetering in beide modellen verwacht. De verbetering van het atmosferisch model komt voort uit het toepassen van een meer lokale onderste randvoorwaarde

<sup>1</sup> GPU-Resident Atmospheric Simulation Platform

<sup>2</sup> Simulating WAVes Near-shore

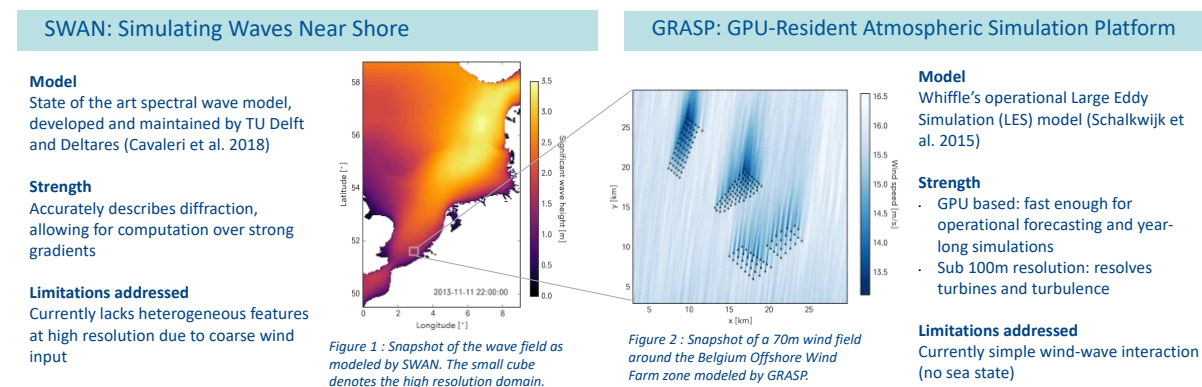
(ruwheidslengte) die uit het lokale golfveld berekend wordt. Vice versa komt de verbetering in het golfmodel voort uit een nauwkeurigere en lokale windsnelheid die door het atmosferisch model wordt berekend. Deze windsnelheid bevat ook de zog-effecten van nabijgelegen windturbines. Figuur 1 toont schematisch hoe de twee modellen in het CHASM project worden gekoppeld.

Het project is uitgevoerd door Whiffle en Deltares. Whiffle heeft zich met name gericht op het atmosferisch model en de implementatie van de koppeling tussen de twee modellen. De focus van Deltares lag op het golfmodel en de fysische aspecten van de koppeling.

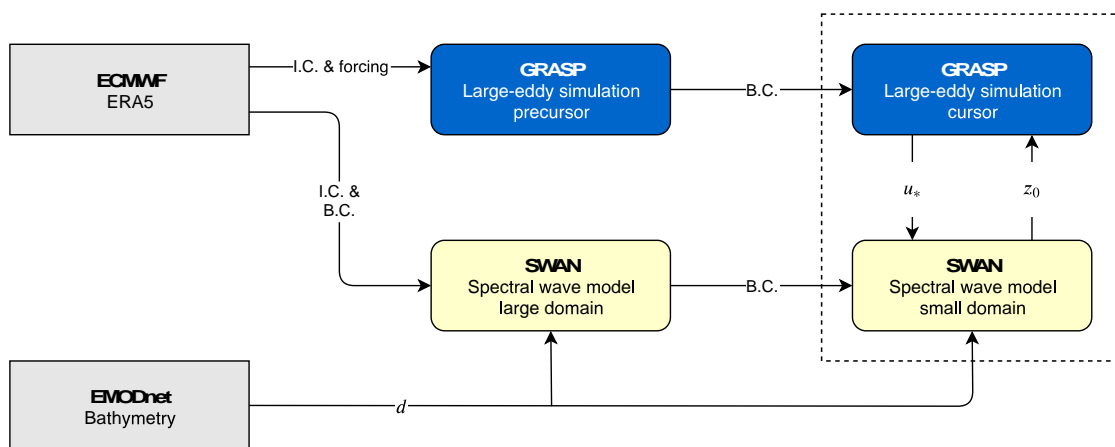
## Resultaten

Numerieke modellering van wind- en golfparameters zijn cruciale input voor ontwerp en exploitatie van offshore windparken. In dit project ontwikkelden Whiffle en Deltares 's werelds eerste gekoppelde atmosferische Large Eddy Simulation (LES) - spectraal golfmodel. Dit innovatieve model is in staat om wind-golfinteractie vast te leggen op de schaal van het windpark. Invloeden van bathymetrie in het golfveld zijn waarneembaar in het windveld en zog-effecten van windparken worden waargenomen in de golfvelden. In een casestudy voor een groot offshore windpark laat het gekoppelde model significante verbeteringen zien in de resultaten van het golfmodel vergeleken met de traditionele modelbenadering.

In dit overzicht van de resultaten laten we zien hoe de ontwikkeling van een snel gekoppeld LES-spectraal golfmodel is uitgevoerd en hoe koppeling wordt geïmplementeerd met de effecten van de koppeling op de golfvelden. Dit laat de verbeteringen in golfmodellering zien en de toepassingen in offshore windenergie.

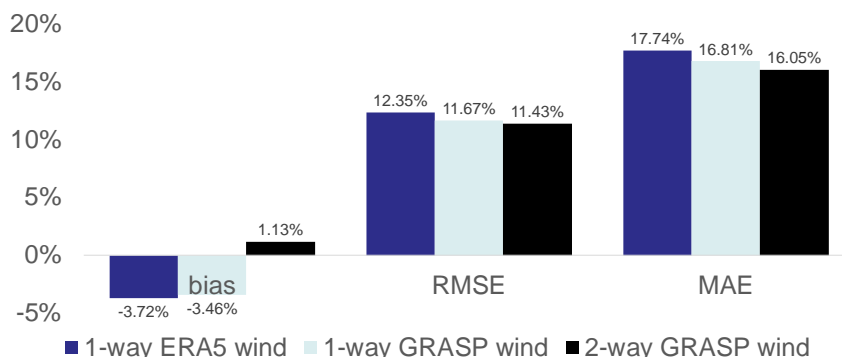


Figuur 2 De koppeling van SWAN (links) met GRASP (rechts) via een nested model implementatie waarbij de sterktes van de verschillende modellen worden benut en de model beperkingen worden verbeterd door de dynamische koppeling. (illustratie uit publicatie Wiegant, E., Baas, P., R.A. Verzijlbergh, B.Reijmerink, and S.Caires (2019): The new frontier in numerical metocean modelling: coupled high-resolution atmosphere wave interactions. In Wind Europe Offshore.



Figuur 3 Gekoppelde modelopstelling. ECMWF-velen bieden begin- en randvoorwaarden (I.C & B.C in het diagram). SWAN en GRASP gebruiken een neststructuur en wisselen wind- en golfinformatie uit in het nest met hoge resolutie.

Een casestudy bij een groot offshore windpark toont significante verbeteringen in golfmodellering binnen het windpark (Van Eck, 2019). Dit blijkt o.a. uit de een verbetering van de bias en forecast-error statistieken zoals de Root Mean Square Error (RMSE) en Mean Absolute Error (MSE).



Figuur 4 Model foutstatistieken over een periode van twee maanden van een SWAN-golfmodel tegen waarnemingen van een significante golfhoogte in een groot offshore windpark.

Uit het onderzoek kan worden geconcludeerd dat met de hedendaagse high-performance computers modelberekeningen kunnen worden gemaakt met een hoge resolutie (~ 100m) met gekoppelde atmosferische en golf-modellering. Hierbij is het eerste gekoppelde LES-spectrale golfmodel ter wereld ontwikkeld en geïmplementeerd op een hybride CPU-GPU computer configuratie. Op deze wijze wordt de wind-golf interactie op een fysiek consistente manier gemodelleerd. Er wordt rekening gehouden met effecten van bathymetrie, turbine zog-effecten, turbulentie en atmosferische stabiliteit. Hiermee wordt de nauwkeurigheid van golfmodellen verbeterd in en rond windparken.

### Bijdrage aan de doelstellingen van de regeling

Het doel van dit project is kostenreductie voor offshore wind, door de onzekerheid in de numerieke modellering van atmosferische en metocean condities bij offshore windparken aanzienlijk te

verminderen. Daartoe is een gekoppeld atmosfeer-golfmodel met hoge resolutie ontwikkeld door koppeling van het bestaande atmosferische GRASP-model en het golf-SWAN-model.

De verbeterde modellering van wind en golven met hoge resolutie voor het offshore windparkgebied leidt tot reducties in CAPEX en OPEX. Het leidt ook tot verbeteringen in AEP en WACC. Deze brede impact wordt verklaard door het feit dat wind- en golfinformatie de belangrijkste factoren zijn voor belastingen (wind & golfbelasting), installatiekosten (weerrisico) en inkomsten (windklimaat). Verbeteringen in de nauwkeurigheid van wind- en golfmodellering leiden dus tot een breed scala aan LCOE-verbeteringen.

### **Spin-off binnen en buiten de sector**

De resultaten van dit project liggen in de toepassing ervan in het ontwerp en exploitatie van offshore windparken: high-resolution Met-Ocean Reports, Medium range local wind-wave forecasts en Day-ahead wind-power forecasts. Ook buiten het offshore windenergie-domein liggen toepassingen voor de hand: een nauwkeuriger wind-wave forecast is erg belangrijk voor de scheepvaart op weg naar de havens, voor onderhoudsactiviteiten aan infrastructuur op zee zowel via de lucht als water.

### **Overzicht van openbare publicaties over het project en waar deze te vinden of te verkrijgen zijn;**

Naast deze publieke eindrapportage, zal een uitgebreider rapport via onze eigen websites worden gepubliceerd. Ook volgen er een tweetal *open acces journal* publicaties. De eerste heeft een nadruk op de verbetering in golfvoorspelling en de tweede is gericht op de windenergie-sector. Verwijzing naar deze publicaties zullen via de Whiffle en Deltares websites kenbaar worden gemaakt.

Op de WindEurope Offshore 2019 conferentie hebben wij tevens het volgende werk gepubliceerd:

Wiegant, E., Baas, P., R.A.Verzijlbergh, B.Reijmerink, and S.Caires (2019). The new frontier in numerical metocean modelling: coupled high-resolution atmosphere wave interactions. In *Wind Europe Offshore*. (<https://windeurope.org/offshore2019/conference/proceedings/>)

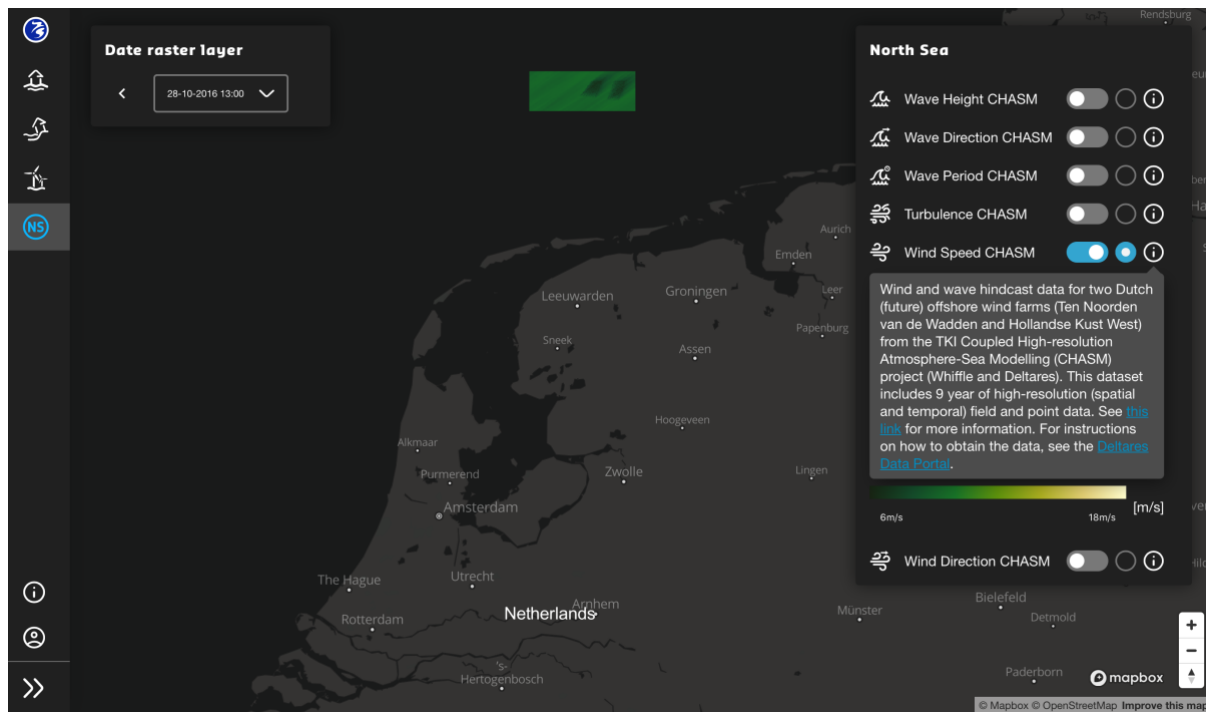
Voor deze publicatie hebben wij de prestigieuze *Best Poster Award* ontvangen van de *Wind Europe Offshore* organisatie.

Als laatste is er een MSc thesis gepubliceerd waarin een TU Delft student een eerste versie van het gekoppelde model heeft geëvalueerd tegen observaties in een groot offshore windpark:

Van Eck, J. (2019). Large-eddy simulations coupled to a spectral wave model for enhanced metocean modelling in offshore wind farms. *Delft University of Technology, MSc Thesis*.  
<http://resolver.tudelft.nl/uuid:759a0eff-b131-4e2d-b503-c0e55058d120>

### **Data**

De data die gegenereerd is in het project wordt beschikbaar gemaakt via <https://gds.deltares.nl>.  
Figuur 5 toont een afbeelding van dit data portal.



Figuur 5 Screenshot van de data portal waar de CHASM data gedownload kan worden. De zog-effecten van het Gemini windpark zijn zichtbaar in het windveld.

**Contactpersonen voor meer informatie:**

Voor meer informatie kan contact opgenomen worden met:

Remco Verzijlbergh (Whiffle)  
remco.verzijlbergh@whiffle.nl

Sofia Caires (Deltares)  
sofia.caires@deltares.nl

Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.