

MEMO

Aan: Rijkswaterstaat Zee en Delta
Van: Vincent Vuik
Datum: 5 maart 2021
Projectnummer: PR4039.30
Onderwerp: Herziening WBI golvendatabase Oosterscheldekering

1 Inleiding

Voor de vaste delen van de Oosterscheldekering (de damaanzetten en de eilanden Neeltje Jans en Roggenplaat) is nog geen recente golvendatabase beschikbaar. Rijkswaterstaat Zee & Delta heeft HKV gevraagd om een nieuwe op SWAN gebaseerde database te maken voor de vaste delen van de Oosterscheldekering (OSK).

Vanuit de Pilot Oosterschelde WBI2023 zijn reeds golfberekeningen beschikbaar, met uitvoer bij de sluitgaten. De resultaten van deze golfberekeningen zijn opgenomen in de database met de bestandsnaam 'sluitgaten_OSK_218_v01.sqlite', aangeduid als 'Pilot WBI2023'. Uit de vlakdekkende uitvoer van de achterliggende SWAN-berekeningen zou in principe ook een database met golfrandvoorwaarden voor de vaste delen van de kering kunnen worden afgeleid. Uit een verkenning blijkt echter dat de roosterresolutie van ca. 200x200 m in het gebruikte SWAN-model onvoldoende nauwkeurig is. Dit model is oorspronkelijk ook niet bedoeld voor het bepalen van Hydraulische Randvoorwaarden voor de Noordzeezijde van de OSK, maar enkel randvoorwaarden te creëren voor SWAN-berekeningen voor de Oosterschelde, aan de binnenzijde van de kering (Gautier, 2017).

Proefberekeningen bij 4 scenario's lieten zien dat er een behoorlijk verschil bestaat tussen het originele rooster en het rooster dat in beide richtingen met een factor 2 is verfijnd ten opzichte van het model uit de Pilot Oosterschelde WBI2023, tot een roosterresolutie van ca. 100x100 m. Gemiddelde verschillen in golfhoogte waren 0,10 m, en maximale verschillen in de orde van 0,30 m. Verdere verfijning met een factor 3 of 4 bleek geen toegevoegde waarde te hebben (Wegman en Vuik, 2019). Om die reden is ervoor gekozen om alle SWAN-berekeningen opnieuw uit te voeren op het in beide richtingen met een factor 2 verfijnde rooster. Uit de resultaten is een database samengesteld met uitvoer voor zowel de sluitgaten als de vaste delen van de kering.

De nieuwe database 'OSK_218_v03.sqlite' vervangt de database 'OSK_218_v02.sqlite' van september 2019, beschreven in de vorige versie van het huidige document (van maart 2020). Ten opzichte van v02 is in de SWAN-berekeningen voor v03 de modelrand op diep water verbeterd. De database v03 duiden we in dit document aan als 'WBI2017 fijn'.

2 Methode

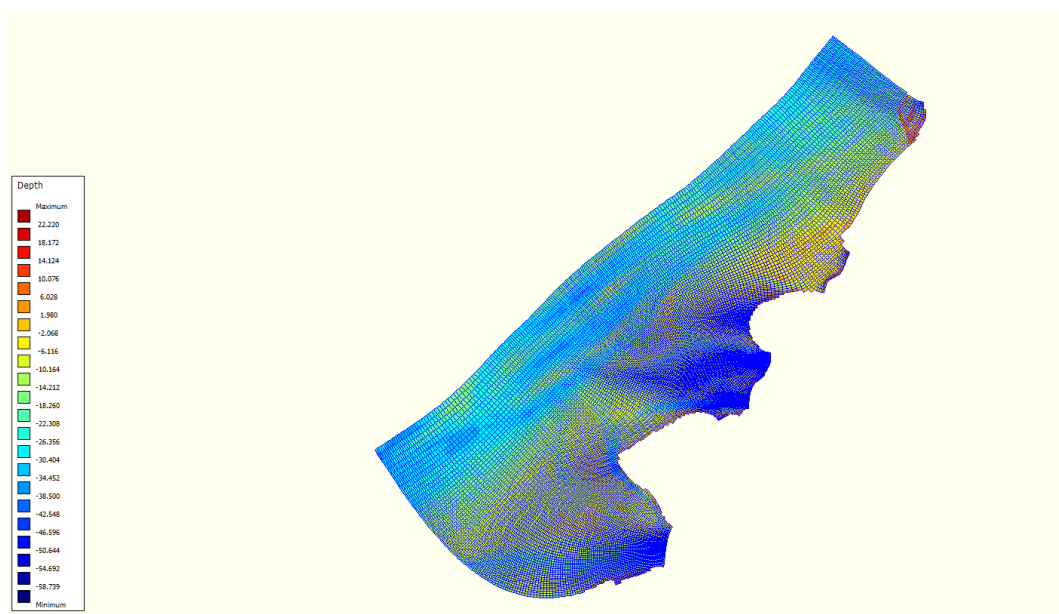
De volgende werkzaamheden zijn uitgevoerd:

1. Verfijnen van het SWAN-rooster met een factor 2 in beide richtingen;
2. Construeren van een modelbodem op dit verfijnde rooster;
3. Definiëren van uitvoerlocaties bij de sluitgaten en vaste delen van de OSK;
4. Uitvoeren van alle SWAN-berekeningen voor de windrichtingen 30 t/m 360 graden;
5. Vullen van een sqlite-database op basis van de rekenresultaten van SWAN.

Deze werkzaamheden worden in dit hoofdstuk in afzonderlijke paragrafen toegelicht.

2.1 Verfijnen SWAN-rooster

Het oorspronkelijke SWAN-rooster uit de Pilot Oosterschelde WBI2023 is met een factor 2 verfijnd in beide richtingen. Dit levert dus 4 keer meer roostercellen op dan in de uitgangssituatie.



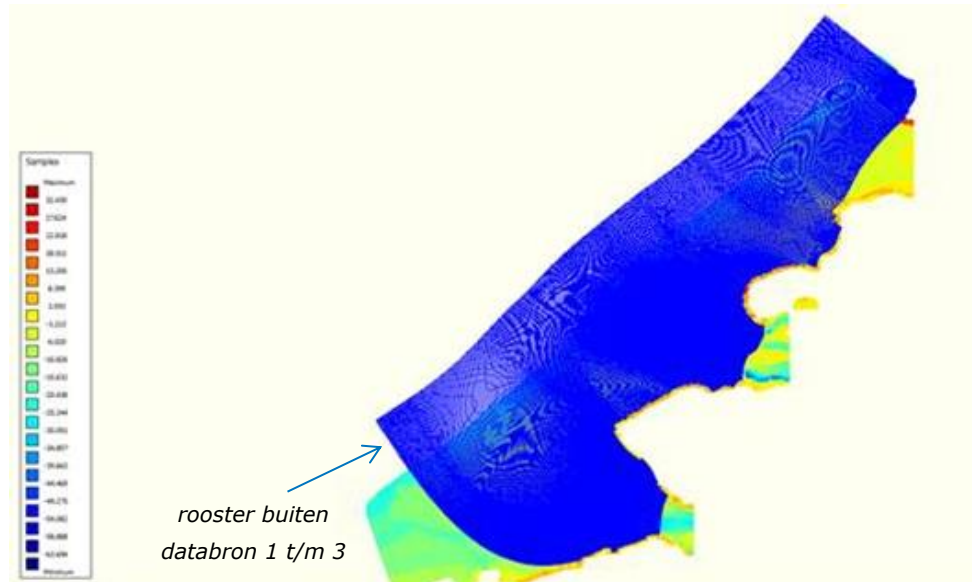
Figuur 1 – Het oorspronkelijke modelrooster met de bodemhoogte daarop geprojecteerd.

2.2 Construeren van een modelbodem

Omdat het modelrooster verfijnd is, is ook de bodemhoogte opnieuw geprojecteerd op het modelrooster. De samengestelde bodemhoogte bestaat uit verschillende databronnen, die zijn gebruikt volgens de volgende prioritering:

1. Gedetailleerde lodingen van ontgrondingskuilen (0,5x0,5 m resolutie), toegeleverd door de opdrachtgever;
2. De meest recente bodemhoogtepeilingen rond de OSK (verschillende resolutie van 0,5x0,5m tot 10x10 m), toegeleverd door de Servicedesk Data van Rijkswaterstaat;
3. Vaklodingen (uit 2013, 2014, 2015, resolutie 20x20 m).

Met deze data kan het verfijnde rooster voor ongeveer 2/3 deel worden gevuld (deel 1, Figuur 2). Ondanks de fijne roosterresolutie liggen er altijd meerdere bodemhoogtepunten in een roostercel, waardoor interpolatie onnodig is. Er is gemiddeld over de bodemhoogtegegevens binnen elke cel om de bodemhoogte per roostercel te bepalen.



Figuur 2 – Het rooster (blauw) met daaronder de samengestelde bodem van databron 1 t/m 3 (deel 1).

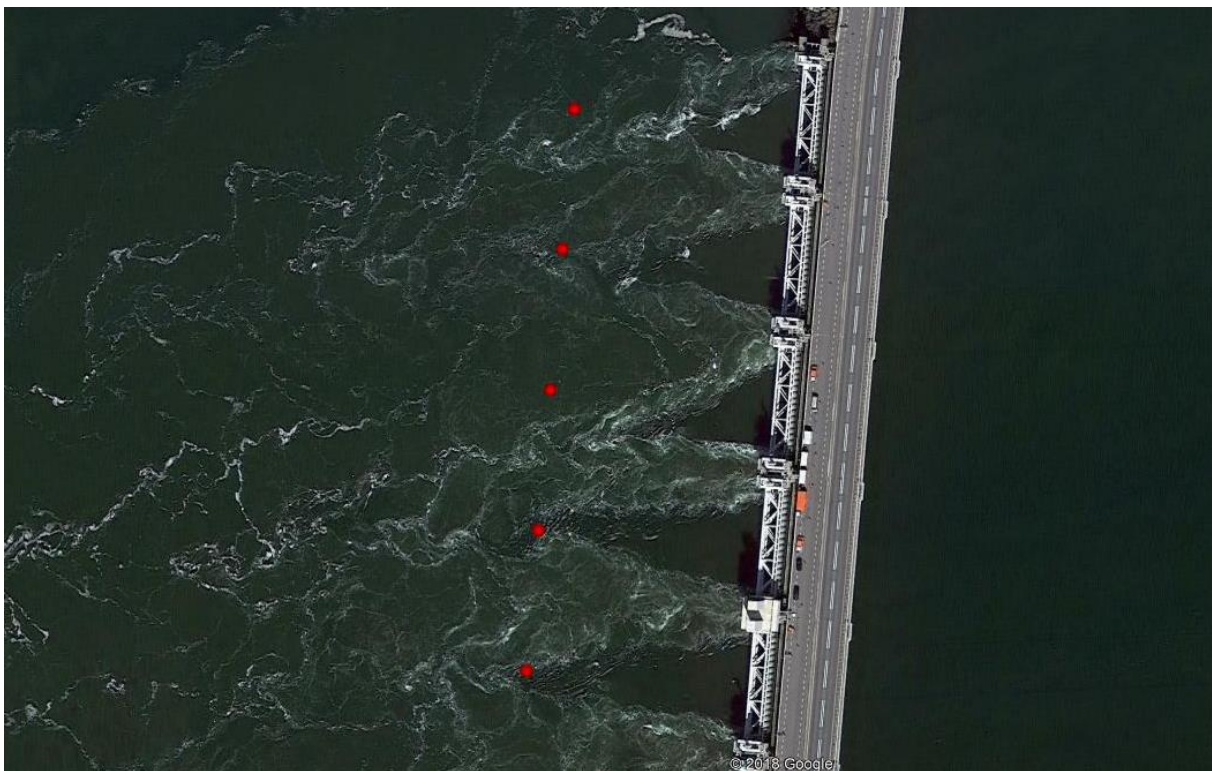
Om een bodemhoogte te verkrijgen voor het zeewaartse resterende 1/3 deel van het rooster is de bodem gebruikt uit het oorspronkelijke niet-verfijnde SWAN-model (deel 2). Deze diepe zone vertoont weinig morfodynamiek, waardoor de fijnheid en recentheid van de bodemgegevens naar verwachting nauwelijks invloed heeft op de golfkarakteristieken nabij de OSK. Er is interpolatie toegepast op dit deel van het rooster, omdat er niet in elke roostercel een bodemhoogtepunt aanwezig is.

Als laatste stap zijn deze twee delen aan elkaar gekoppeld. Hierin krijgt een roostercel met een bodemhoogte gedefinieerd in zowel deel 1 als deel 2 de bodemhoogte opgelegd uit deel 1.

Uit Wegman en Vuik (2019) blijkt dat de verschillen in golfkarakteristieken tussen de oorspronkelijke bodem en de nieuwe samengestelde bodem zo gering zijn dat het verder verfijnen en actualiseren van de bodem onnodig is voor de productieberekeningen.

2.3 Definitie van uitvoerlocaties

Er is een uitvoerlocatie aanwezig in het model ter plaatse van elke schuif in de geulen Roompot, Schaar en Hammen. Deze uitvoerlocaties zijn identiek aan de locaties in de database 'Pilot WBI2023'.



Figuur 3 – Uitvoerlocaties bij de schuiven in de Oosterscheldekering, overzicht (boven) en detail (onder).

Daarnaast zijn nieuwe uitvoerlocaties gedefinieerd rond de vaste delen van de kering: de damaanzetten en de eilanden Neeltje Jans en Roggenplaat. Deze locaties liggen op ongeveer 100 m uit de kering, met een onderlinge afstand van 250 m. Ter plaatse van de stranden zijn de locaties zodanig gepositioneerd, dat er geen droogval ontstaat bij lagere waterstanden.

Dit resulteert in de sets met uitvoerlocaties in het SWAN-model uit Tabel 1.

SWAN invoerbestand	Omschrijving
NZPCHECK.PNT	Controlelocaties op de Noordzee nabij de OSK
NZPOBS.PNT	Observatiepunten op de Noordzee
NZOSKFAST.PNT	Vaste delen OSK, 37 punten
NZPNZ2OS.PNT	Sluitgaten, 62 punten

Tabel 1 – Sets met uitvoerlocaties in het nieuwe 'WBI2017 fijn' SWAN-model voor de OSK



Figuur 4 – Overzicht van uitvoerlocaties langs de vaste delen van de Oosterscheldekering en de meetlocatie Oosterschelde 4 (OS4)



Figuur 5 – Twee close-ups van uitvoerlocaties langs de vaste delen van de Oosterscheldekering (in groen)

De naamgeving van de uitvoerlocaties volgt Stijnen (2016). In tegenstelling tot de database 'Pilot WBI2023' lopen alle nummeringen van zuid naar noord langs de kering.

Voorbeeld: 'HK_3_218_kw03_00010':

- HK: Hollandse Kust
- 3: categorie 'Extra', omdat de gehele kering strikt geen standaard dijk of duin is.
- 218: normtraject 218
- kw: kunstwerk (de sluitgaten Roompot, Schaar en Hammen)
hd: havendam (de havendammen op Neeltje Jans)
vk: voorliggende kering (de aanzetdammen, Neeltje Jans en Roggenplaat)
- 03: nummer van het keringdeel, per type, genummerd van zuid naar noord, zie Tabel 2.
- 00010: locatienummer, genummerd van zuid naar noord per keringdeel.

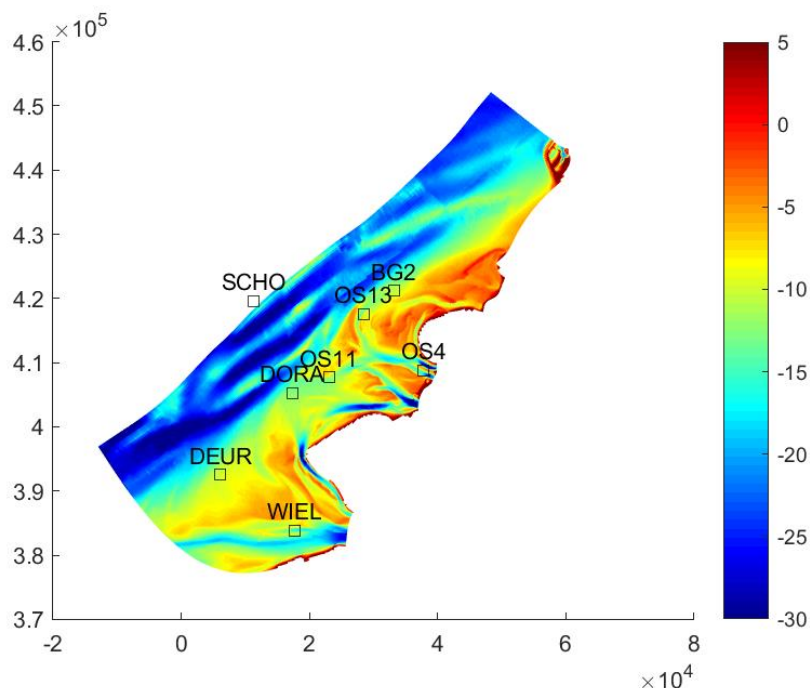
Deeltraject	Code	# Locaties	Naam noordelijkste locatie
Aanzetdam zuid	vk01	4	HK_3_218_vk01_00004
Roompot	kw01	31	HK_3_218_kw01_00031
Havendammen Roompotsluis	hd01	8	HK_3_218_hd01_00008
Neeltje Jans	vk02	15	HK_3_218_vk02_00015
Schaar	kw02	16	HK_3_218_kw02_00016
Roggenplaat	vk03	6	HK_3_218_vk03_00006
Hammen	kw03	15	HK_3_218_kw03_00015
Aanzetdam noord	vk04	4	HK_3_218_vk04_00004
Meetlocaties Tabel 3	-	13	-
Totaal		112	

Tabel 2 – Naamgeving locaties voor de sluitgaten en vaste delen van de Oosterscheldekering

Voor verificatiedoeleinden zijn ook de meetlocaties aan het model toegevoegd, zie Tabel 3 en Figuur 6. In de sqlite-database (§2.5) is van deze locaties alleen OS4 opgenomen.

Locatie	Naam	X [m]	Y [m]
BG2	Brouwershavense Gat	33140	421239
DEUR	Deurloo	6071	392601
DORA	Domburger Rassen	17325	405275
OS4	Oosterschelde 4	37837	408813
SCHB	Schouwenbank	11522	419554
SCHO	Scheur Oost	9915	381366
WIEL	Wielingen	17641	383875
RPBU	Roompot Buiten	36931	404793
ROOMW	Roompot West	35800	404500
OS13	Oosterschelde 13	28438	417600
OS11	Oosterschelde 11	23021	407778
WAVEC_RP	WAVEC boei Roompot	35489	403980
WAVEC_SC	WAVEC boei Schaar	37975	408206

Tabel 3 – Meetlocaties in het SWAN-model



Figuur 6 – Locaties golfmetingen en ligging binnen het modeldomein. De bodemhoogte in het SWAN-model is weergegeven met de kleuren in de achtergrond.

2.4 Uitvoeren SWAN-berekeningen

Er zijn berekeningen uitgevoerd voor 12 windsectoren van 30 graden, van 30 tot en met 360 graden. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de westelijke sectoren (210 t/m 360 graden) en de oostelijke sectoren (30 t/m 180 graden). Voor de westelijke sectoren is gerekend met het in beide richtingen met een factor 2 verfijnde model. Voor de oostelijke sectoren zijn met het oog op de totale rekentijd het oorspronkelijke rooster en bodem uit de Pilot Oosterschelde WBI2023 gebruikt. Dit is acceptabel, omdat oostelijke windrichtingen een verwaarloosbare bijdrage leveren aan de overschrijdingskans van belastingen op de buitenzijde van de OSK. Dit was reeds aangetoond in Duits en Stijnen (2017). Voor de vorige versie van de database is voor de oostelijke sectoren geïnterpoleerd tussen berekeningen bij andere windrichtingen (met 22,5 graden sectoren). Voor de nieuwe database 'WBI2017 fijn' zijn alle berekeningen opnieuw uitgevoerd, zodat een homogene dataset ontstaat met de meest recente uitvoerlocaties.

De doorgerekende waterstanden en windsnelheden zijn identiek aan de waarden uit Duits en Stijnen (2017). In totaal zijn 2958 SWAN-berekeningen uitgevoerd.

Sector	#windrichtingen	#windsnelheden	#waterstanden	Aantal
Oost	6	10	29	1740
West	6	7	29	1218
Totaal		2958		

Tabel 4 – Aantal berekeningen voor de westelijke en oostelijke sectoren

Alle berekeningen zijn uitgevoerd met SWAN versie 41.10.2, evenals in de vorige set berekeningen voor 'Pilot WBI2023' (Gautier, 2017), gecompileerd onder Linux. Rekentijden voor de westelijke

sectoren bedroegen 4,5 processor-uren van het Linux rekencluster van het Nationaal Watermodel (Modellenplatform). Op de 104 beschikbare processoren konden de berekeningen in ongeveer 5 dagen uitgevoerd worden. Voor de oostelijke sectoren was de benodigde rekentijd ongeveer 2,0 processor-uren.

2.5 Samenstellen sqlite-database

Op basis van de TAB files uit SWAN is een sqlite-database gemaakt (OSK_218_v03.sqlite). De werkwijze daarvoor is identiek aan Duits en Stijnen (2017). Het enige verschil is de verwerking van de laatste inzichten met betrekking tot de toepassing van modelonzekerheden in WBI databases (Groeneweg, 2018; Geerse, 2018; Stijnen, 2019). De waarden zoals van toepassing voor de regio Hollandse Kust zijn weergegeven in Tabel 5. Een positieve waarde voor μ houdt in dat het model lagere waarden berekent dan de werkelijkheid, waardoor de golfparameters verhoogd worden in Hydra-NL of Riskeer ten opzichte van de rekenresultaten van SWAN.

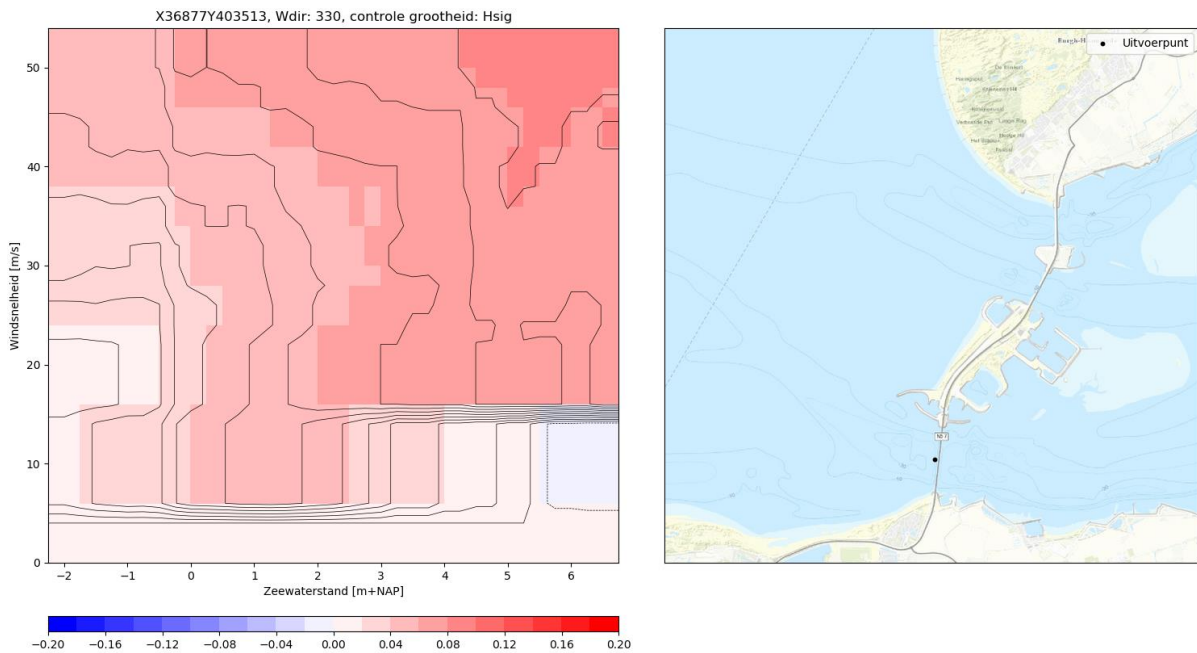
μH_{m0}	σH_{m0}	$\mu T_{m-1,0}$	$\sigma T_{m-1,0}$
1,01	0,19	1,04	0,11

Tabel 5 – Toegepaste modelonzekerheden voor de regio Hollandse Kust

3 Controles

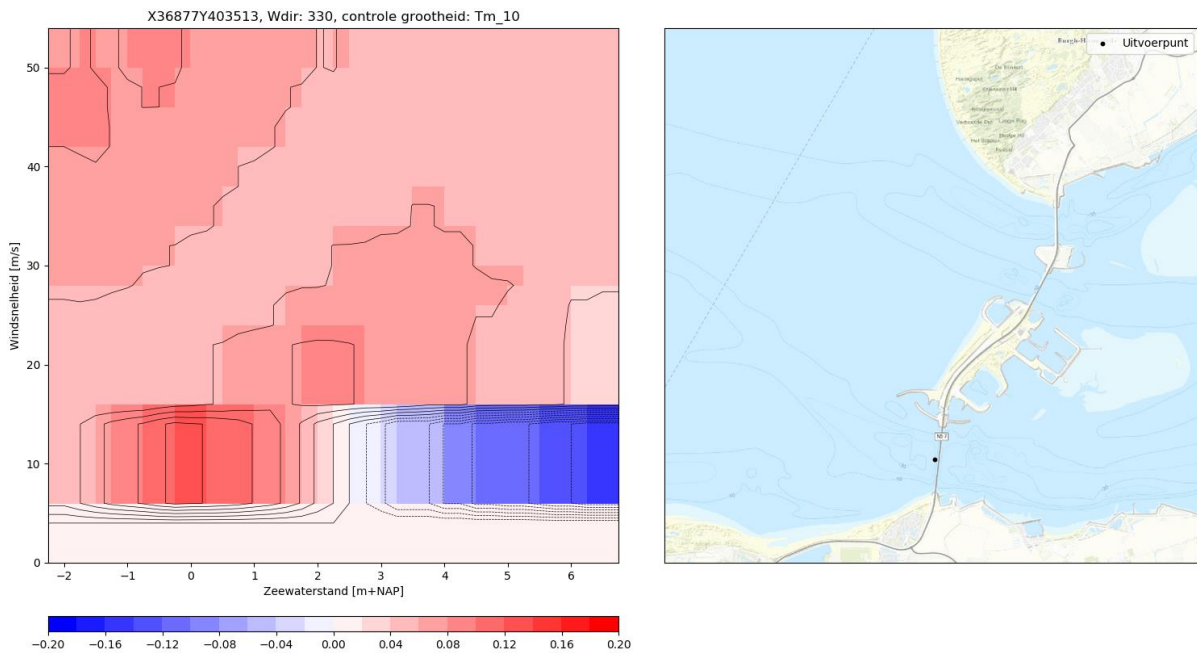
3.1 Verschil met SWAN-berekeningen Pilot WBI2023

De voorgaande set berekeningen uit de Pilot Oosterschelde WBI2023 is uitgebreid gecontroleerd (aangeduid als 'Pilot WBI2023'). Daarom is een vergelijking tussen de oude berekeningen voor 'Pilot WBI2023' en de nieuwe berekeningen 'WBI2017 fijn' gemaakt. Daarmee zijn eventuele afwijkingen snel te traceren, en wordt inzichtelijk wat de invloed is van het rekenen op een fijner rekenrooster.



Figuur 7 – Verschil in significante golfhoogte (m) (WBI2017 fijn – Pilot WBI2023) voor locatie HK_3_218_kw01_00016 in de geul Roompot, bij een windrichting van 330 graden.

Figuur 7 toont een representatief voorbeeld voor de verschillen in significante golfhoogte tussen de berekeningen voor 'WBI2017 fijn' en 'Pilot WBI2023'. Overwegend zijn de golfhoogtes tussen 0 en 0,20 m groter in het model voor 'WBI2017 fijn', en dan met name bij hoge windsnelheden en hoge zeewaterstanden. Dit komt overeen met Figuur 8 uit Wegman en Vuik (2019). Alleen bij 10 m/s is bij hoge waterstanden een geringe verlaging van de golfhoogte te zien ten opzichte van 'Pilot WBI2023'. Hier blijkt een verschil aanwezig te zijn in de opgelegde offshore randvoorwaarden. Ondanks dezelfde invoer (de WBI-statistiek voor de offshore golfrandvoorwaarden, Stijnen en Kallen, 2010) en hergebruik van het Matlab-script van Gautier (2017) blijkt de uitvoer bij 10 m/s anders te zijn. Bij 10 m/s is sprake van extrapolatie onder het bereik aan windsnelheden uit Stijnen en Kallen (2010). Bij alle andere windsnelheden is het resultaat identiek. Mogelijk speelt hier een verschil in versie van Matlab een rol. De lagere golfrandvoorwaarden op de offshore modelrand hebben vooral invloed bij de hoogste waterstanden, waar de offshore golven relatief ongehinderd de Oosterscheldekering kunnen bereiken. Aangezien dergelijke hoge waterstanden in de praktijk niet voorkomen bij een windsnelheid van slechts 10 m/s, heeft dit verschil geen invloed op de WBI2017 veiligheidsbeoordeling van de Oosterscheldekering.



Figuur 8 – Verschil in spectrale golfperiode $T_{m-1,0}$ (WBI2017 fijn – Pilot WBI2023) voor locatie HK_3_218_kw01_00016 in de geul Roombot, bij een windrichting van 330 graden.

Ook de golfperiode $T_{m-1,0}$ is bij 10 m/s iets lager in de nieuwe berekeningen, ca. 0,2 sec. Bij alle andere windsnelheden is het verschil in golfperiode klein, wat overeenkomt met de testberekeningen in Wegman en Vuik (2019).

3.2 Convergentie

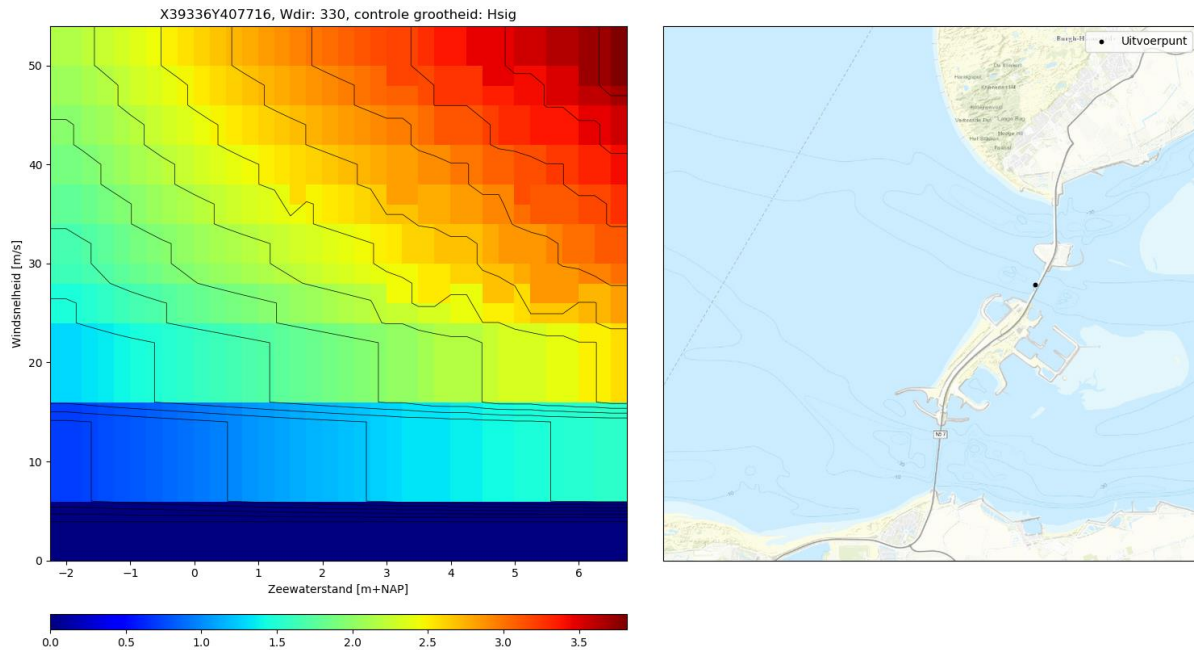
Convergentie van de berekeningen is gecontroleerd door het verschil in significante golfhoogte tussen de laatste twee iteraties te beschouwen. Het maximale verschil over alle uitvoerlocaties en berekeningen bedraagt 9,8 mm, en de 99,9% percentielwaarde bedraagt 3 mm. Dit toont aan dat de convergentie van de SWAN-berekeningen na de gehanteerde 80 iteraties in alle gevallen prima is.

3.3 Verloop van golfparameters

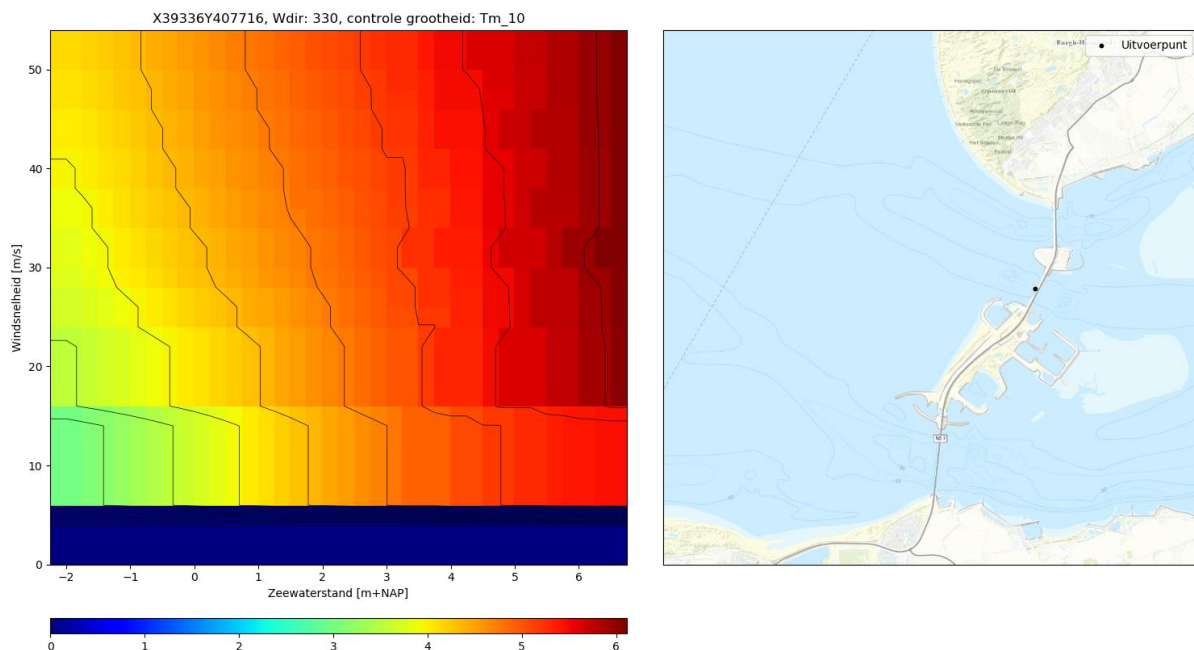
Voor elke locatie en windrichting is een figuur gemaakt met het verloop van de significante golfhoogte H_{m0} , spectrale gemiddelde golfperiode $T_{m-1,0}$ en de gemiddelde golfrichting als functie van de waterstand en windsnelheid. Daarmee is inzichtelijk gemaakt of deze golfparameters een logisch verloop vertonen over de windsnelheden en waterstanden. Onderstaande figuren tonen een voorbeeld voor locatie HK_3_218_kw02_00009 in het midden van de geul Schaar, voor een windrichting van 330 graden.

Voor een lage windsnelheid (10 m/s) zijn de golven nog klein, en heeft de bodem een geringe invloed. De golven zijn bij elke waterstand vrijwel gelijk, en worden sterk beïnvloed door de offshore randvoorwaarden (zie paragraaf 3.1). Bij hogere windsnelheden nemen de golven toe met zowel de windsnelheid als de waterstand. Deze figuren zijn gemaakt en onderzocht voor alle

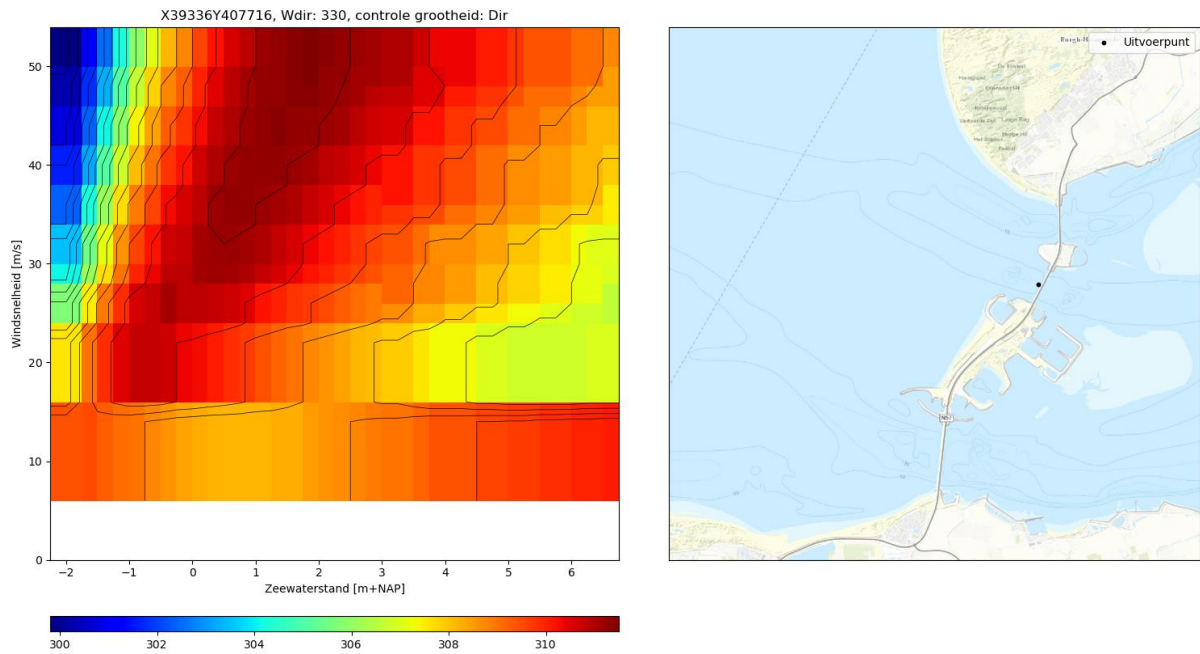
locaties en windrichtingen, en gaven vertrouwen in de uitkomst van de berekeningen. Figuur 12 geeft een (vrij extreem) voorbeeld voor het gedrag van de piekperiode T_p . Ondanks smoothing van het spectrum in SWAN heeft deze periodemaat nog steeds een grillig verloop. Afhankelijk van de windsnelheid en waterstand wordt de waarde voor T_p bepaald door de lokale windgolven of de deiningsgolven die binnenkomen vanaf de modelrand. In overeenstemming met Duits en Stijnen (2017) wordt deze periodemaat daarom niet in de database opgenomen. In Hydra-NL zal de piekperiode dan berekend worden vanuit de gemiddelde golfperiode $T_{m-1,0}$.



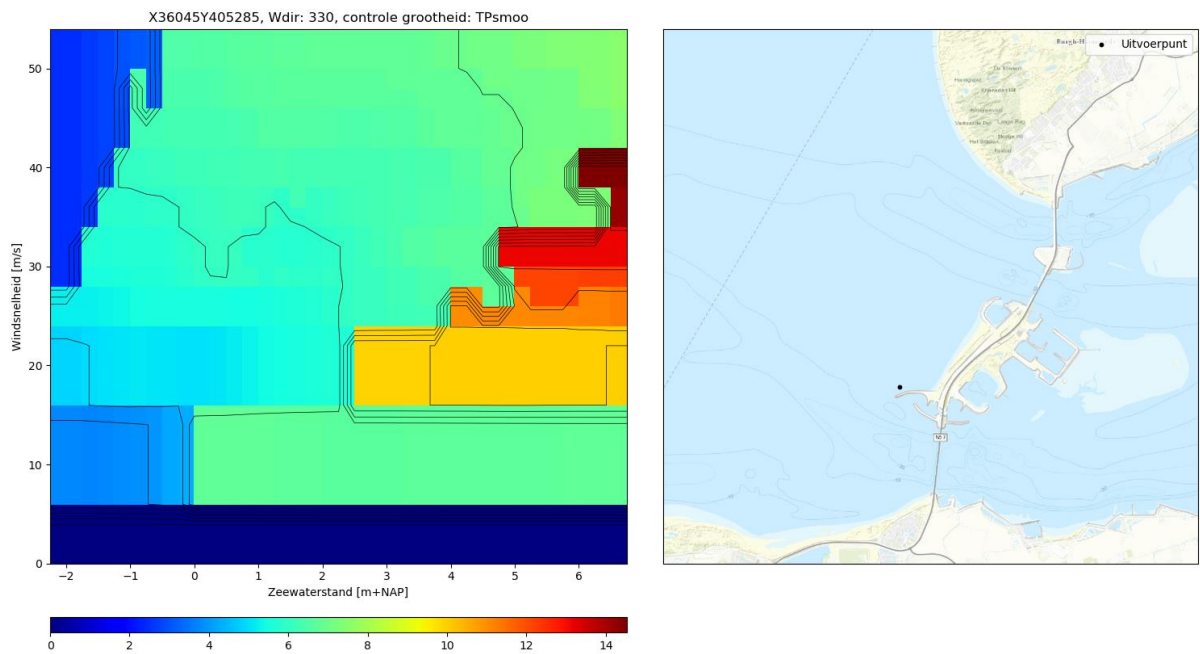
Figuur 9 – Verloop van de significante golfhoogte (m) over de windsnelheden en windrichtingen voor locatie HK_3_218_kw02_00009 in het midden van de geul Schaar, bij een windrichting van 330 graden



Figuur 10 – Verloop van de spectrale gemiddelde golfperiode $T_{m-1,0}$ (s) over de windsnelheden en windrichtingen voor locatie HK_3_218_kw02_00009 in het midden van de geul Schaar, bij een windrichting van 330 graden



Figuur 11 – Verloop van de gemiddelde golfrichting (graden t.o.v. N.) over de windsnelheden en windrichtingen voor locatie HK_3_218_kw02_00009 in het midden van de geul Schaar, bij een windrichting van 330 graden



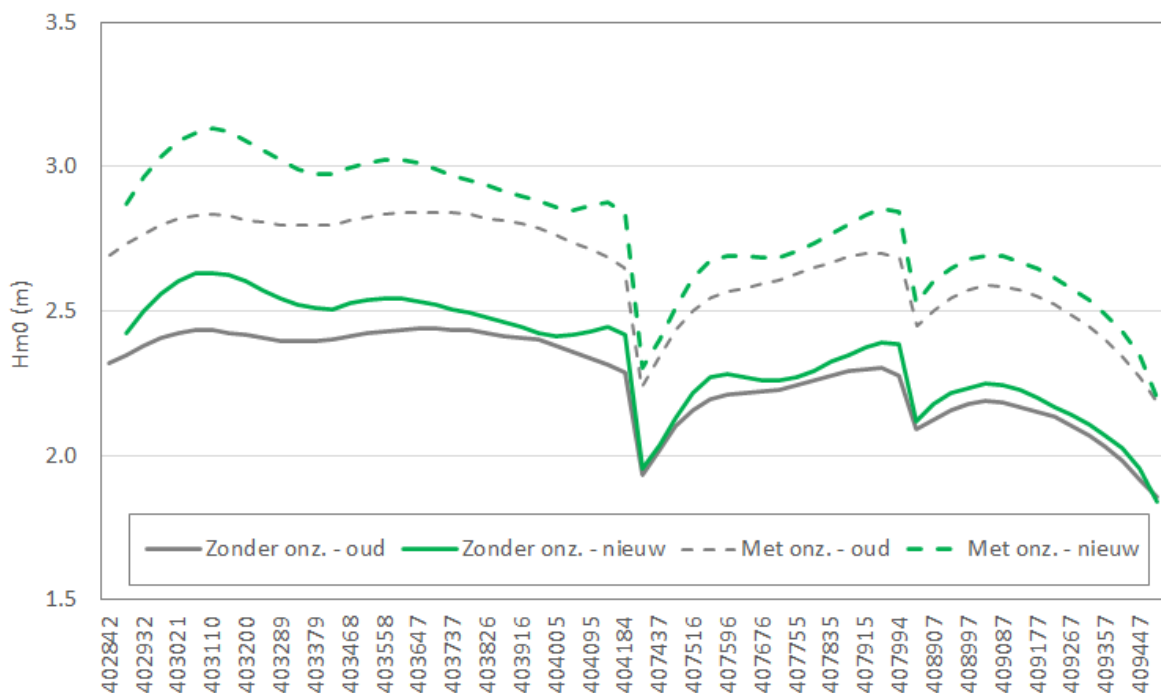
Figuur 12 – Verloop van de smoothed piekperiode $T_{p,s}$ over de windsnelheden en windrichtingen voor een locatie bij de havendammen van de Roompotsluis, bij een windrichting van 330 graden

4 Testberekeningen met Hydra-NL

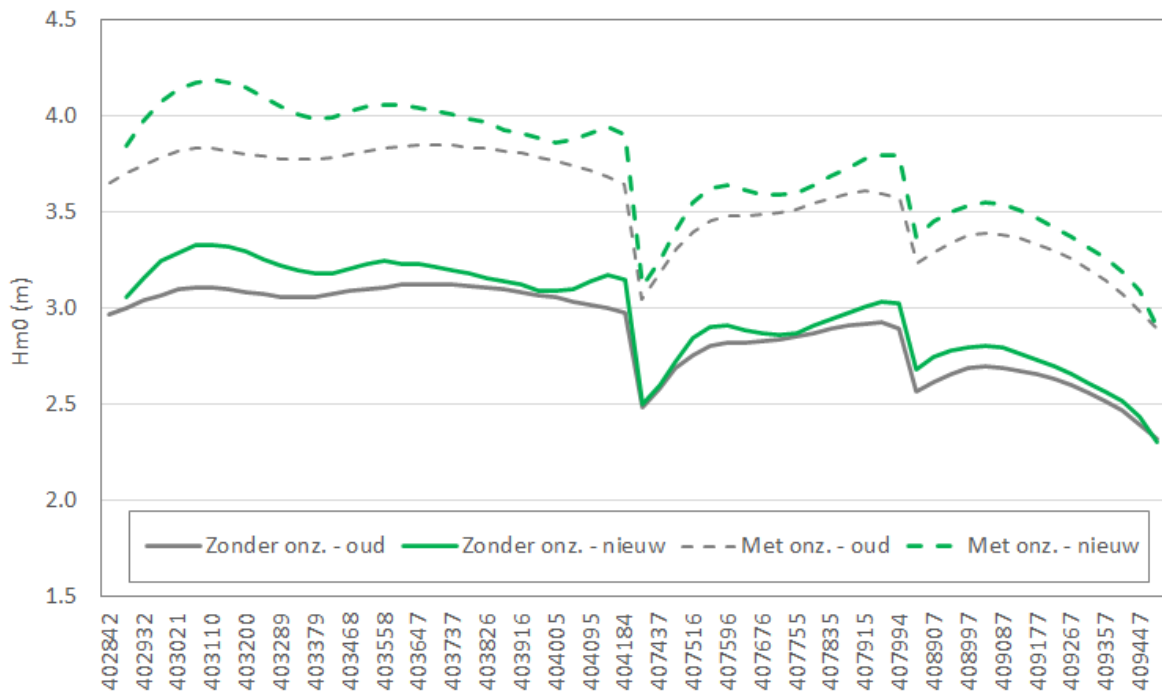
4.1 Overzicht

Onderstaande figuren tonen voor drie terugkeertijden (10, 1.000 en 10.000 jaar) het verloop van de significante golfhoogte langs de Roompot, Schaar en Hammen (van Zuid naar Noord) voor de 'pilot WBI2023' database (Gautier 2017, vanuit de Pilot Oosterschelde WBI2023) en de nieuwe 'WBI2017 fijn' database (de actualisatie beschreven in dit memo). Niet alleen de onderliggende SWAN-berekeningen zijn gewijzigd, maar ook de gemiddelde waarde van de kansverdeling voor de modelonzekerheid is aangepast. Gezamenlijk zorgen deze twee aanpassingen ervoor dat de significante golfhoogte gemiddeld langs de kering 0,20 m hoger komt te liggen bij de grotere terugkeertijden.

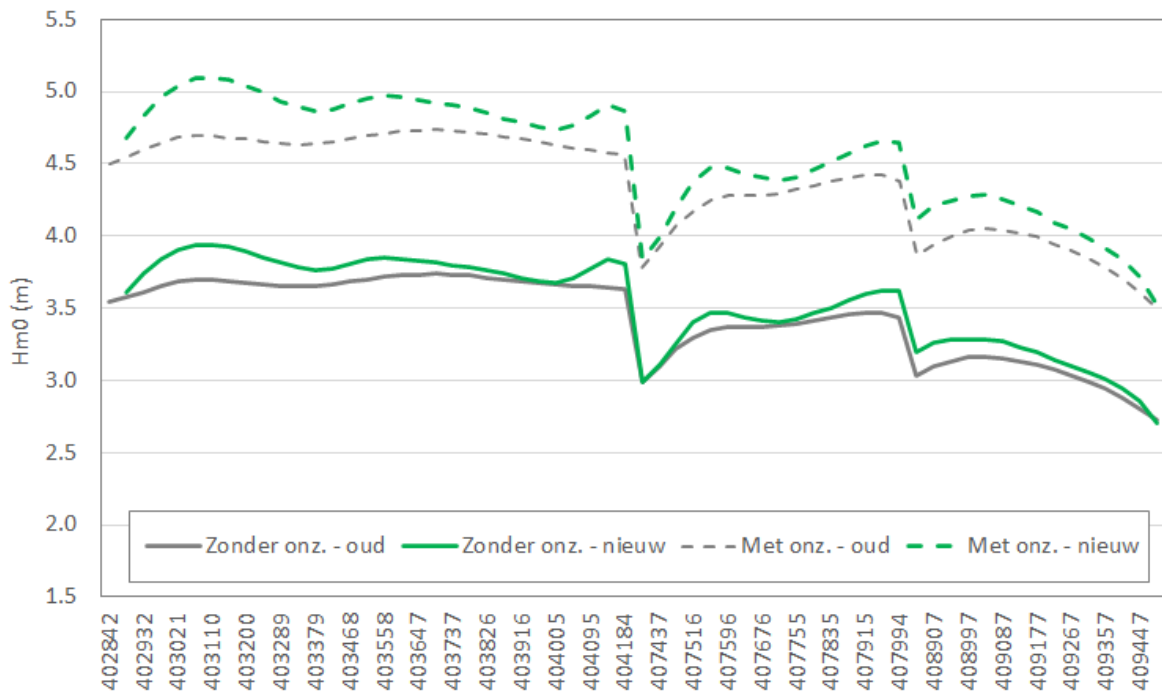
Daarnaast wordt voor drie terugkeertijden weergegeven wat de invloed is van modelonzekerheid, met een berekening met de standaard normale verdeling volgens WBI2017 voor het watersysteem Kust: een multiplicatieve modelonzekerheid met biascorrectie van 1% en een standaardafwijking van 19% van de golfhoogte. De invloed van deze modelonzekerheid op de golfhoogte bedraagt, gemiddeld langs de kering, 0,4 m bij een terugkeertijd van 10 jaar, 0,8 m bij 1.000 jaar en 1,0 m bij 100.000 jaar.



Figuur 13 – Significante golfhoogte bij $T = 10$ jaar, met en zonder WBI2017 modelonzekerheden, voor de oude 'pilot WBI2023' database (Gautier, 2017) en de nieuwe 'WBI2017 fijn' database (dit memo). Langs de horizontale as de y-coördinaat (RD).



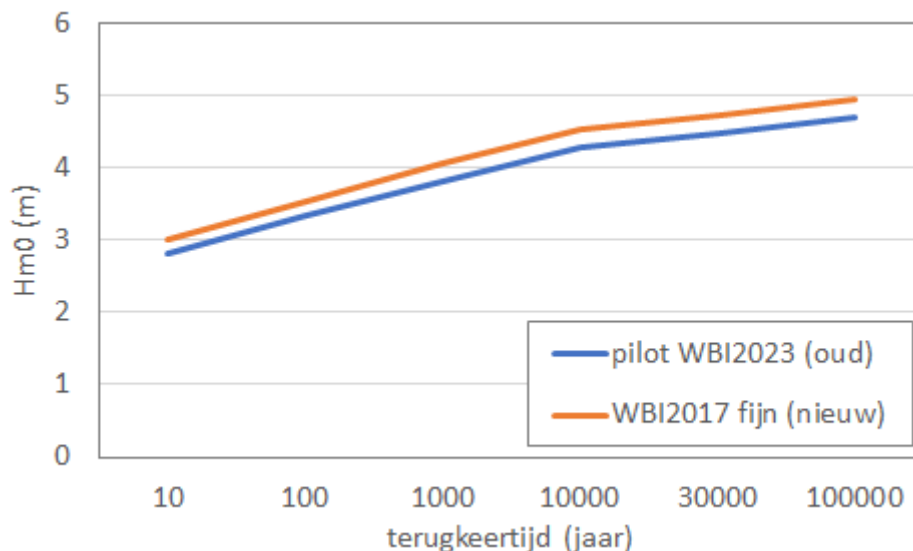
Figuur 14 – Significante golfhoogte bij $T = 1000$ jaar, met en zonder WBI2017 modelonzekerheden, voor de oude 'pilot WBI2023' database (Gautier, 2017) en de nieuwe 'WBI2017 fijn' database (dit memo). Langs de horizontale as de y-coördinaat (RD).



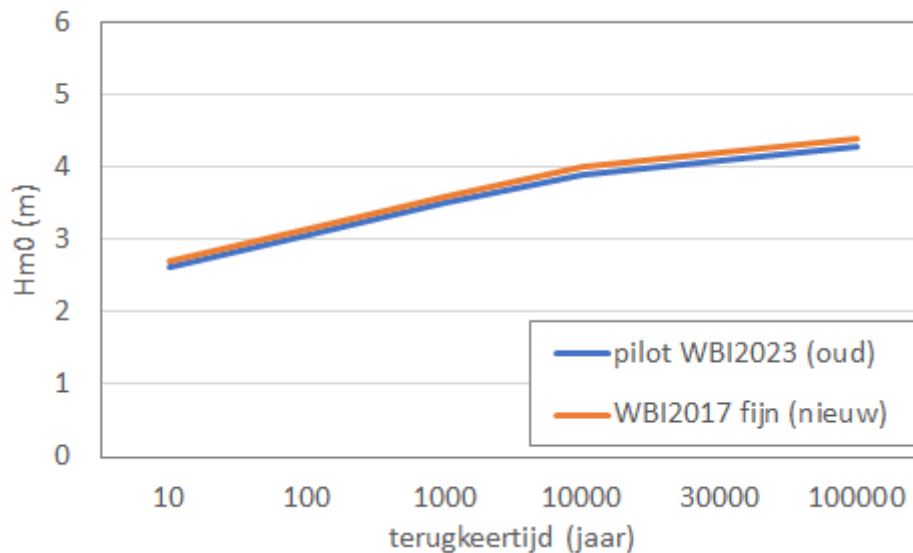
Figuur 15 – Significante golfhoogte bij $T = 100.000$ jaar, met en zonder WBI2017 modelonzekerheden, voor de oude 'pilot WBI2023' database (Gautier, 2017) en de nieuwe 'WBI2017 fijn' database (dit memo). Langs de horizontale as de y-coördinaat (RD).

4.2 Golfhoogte per sluitgat

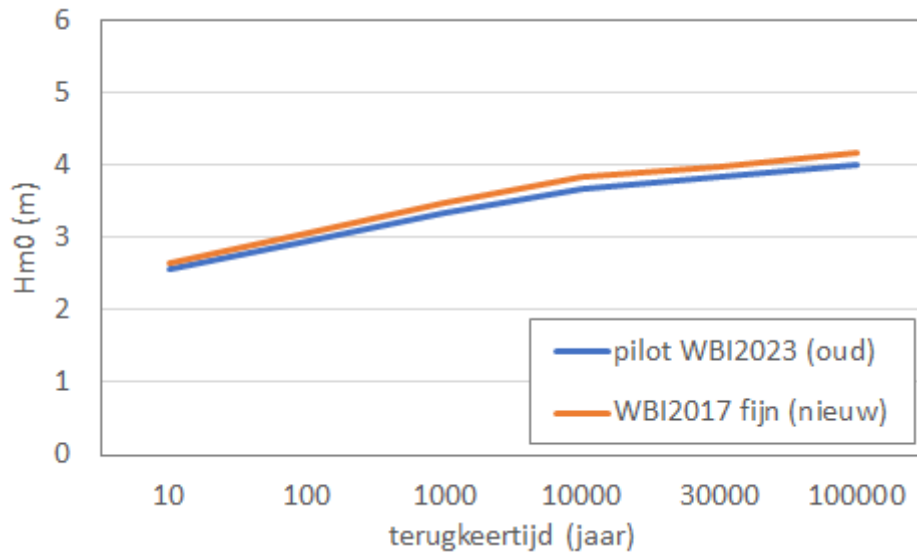
Onderstaande figuren tonen het door Hydra-NL berekende verloop van de golfhoogte als functie van de terugkeertijd voor 4 verschillende locaties, volgens de 'pilot WBI2023' database en de nieuwe 'WBI2017 fijn' database, in alle gevallen met de WBI2017 modelonzekerheden uit Tabel 5.



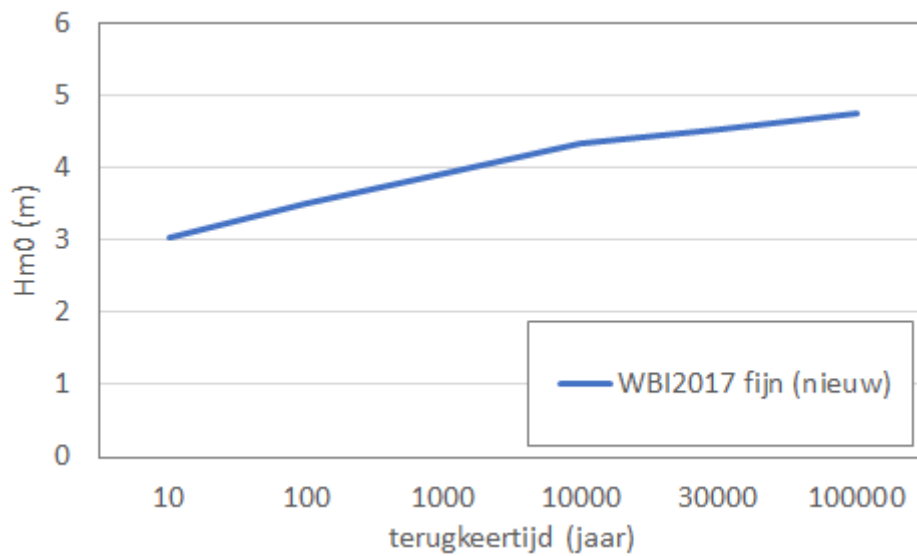
Figuur 16 – Frequentielijn van de significante golfhoogte voor de oude database 'pilot WBI2023' en de nieuwe database 'WBI2017 fijn' (in beide gevallen inclusief WBI2017 modelonzekerheden, Tabel 5), voor locatie HK_3_218_kw01_00016 in het midden van de Roopot.



Figuur 17 – Frequentielijn van de significante golfhoogte voor de oude database 'pilot WBI2023' en de nieuwe database 'WBI2017 fijn' (in beide gevallen inclusief WBI2017 modelonzekerheden, Tabel 5), voor locatie HK_3_218_kw02_00009 in het midden van de Schaar.



Figuur 18 – Frequentielijn van de significante golfhoogte voor de oude database 'pilot WBI2023' en de nieuwe database 'WBI2017 fijn' (in beide gevallen inclusief WBI2017 modelonzekerheden, Tabel 5), voor locatie HK_3_218_kw03_00008 in het midden van de Hammen



Figuur 19 – Frequentielijn van de significante golfhoogte voor de nieuwe database 'WBI2017 fijn' (inclusief WBI2017 modelonzekerheden, Tabel 5) voor locatie HK_3_218_vk02_00008 bij Neeltje Jans

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

In voorliggend memorandum doen we verslag van het berekenen van golfparameters voor de Oosterscheldekering met SWAN en het vullen van de sqlite-database met de rekenresultaten (OSK_218_v03.sqlite). Controles van de SWAN-berekeningen en testberekeningen met Hydra-NL geven vertrouwen in deze database en de achterliggende golfberekeningen.

5.2 Aanbevelingen

Modelonzekerheden in de opgeleverde database zijn gelijk aan de standaard waarden uit WBI2017, zoals van toepassing verklaard voor de regio Hollandse Kust. Mogelijk kent het nieuw ontwikkelde, verfijnde SWAN-model een andere bias en standaardafwijking ten opzichte van de werkelijkheid. Uit hoofdstuk 4 volgt dat de modelonzekerheden tot een significante verhoging leiden van de toe passen significante golfhoogte. Hetzelfde geldt voor de golfperiode. Gezien de relevantie van de modelonzekerheden, bevelen we aan om specifiek voor het gebruikte SWAN-model te bepalen hoe groot de bias en standaardafwijking zijn ten opzichte van golfmetingen nabij de Oosterscheldekering. Hiertoe zou een hindcast moeten worden uitgevoerd voor enkele stormen, waarvoor meetdata beschikbaar is bij in ieder geval meetlocatie OS4, vergelijkbaar met de hindcasts door Svašek Hydraulics in 2016 voor het grovere model uit de Pilot Oosterschelde WBI2023.

Referenties

[Duits en Stijnen, 2017]

Golfrandvoorwaarden Oosterscheldekering; Verslaglegging werkzaamheden en tests. HKV-memo pr3602.10, M.T. Duits en J.W. Stijnen, 16 juni 2017.

[Gautier, 2017]

Golfberekeningen Pilot Oosterschelde WBI2023. Deltares-rapport 11200556-000, C. Gautier, 19 december 2017.

[Geerse, 2018]

Adviezen voor verbetering onzekerheidsmodellering golven WBI2017 – Schattingsmethodes voor twee multiplicatieve modellen. HKV-rapport PR3919.10, C.P.M. Geerse, november 2018.

[Groeneweg, 2018]

Inconsistentie in modelonzekerheden golfcondities. Deltares-memo 11202225-004-0001, J. Groeneweg, 11 september 2018.

[Stijnen en Kallen, 2010]

Diepwaterrandvoorwaarden WTI-2011. HKV-rapport pr1759.10, J.W. Stijnen en M.J. Kallen, februari 2010.

[Stijnen, 2016]

Naamgeving locaties zoute wateren. HKV-memo pr3367.10, J.W. Stijnen, 29 juni 2016.

[Stijnen, 2019]

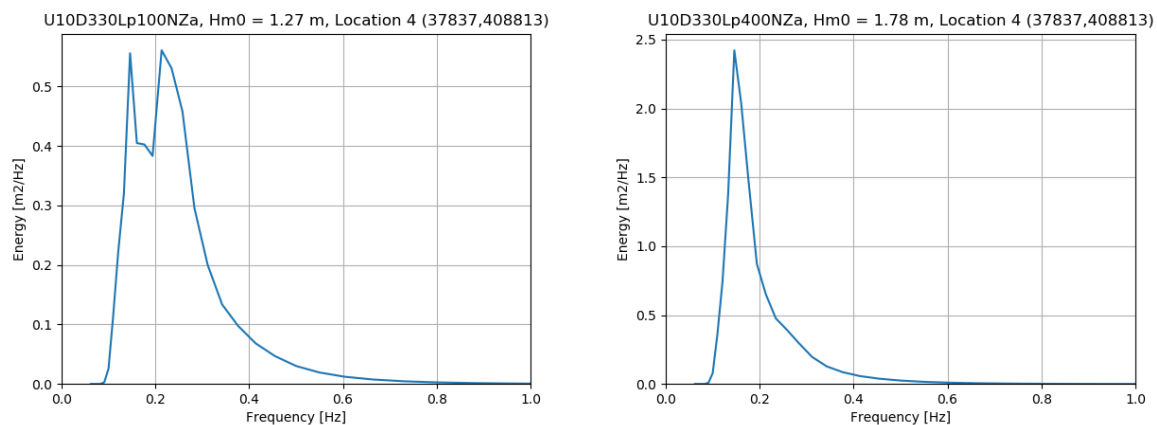
Invloed nieuw inzicht modelonzekerheid golfparameters BOI. HKV-memo pr4066.10, J.W. Stijnen, 23 augustus 2019.

[Wegman en Vuik, 2019]

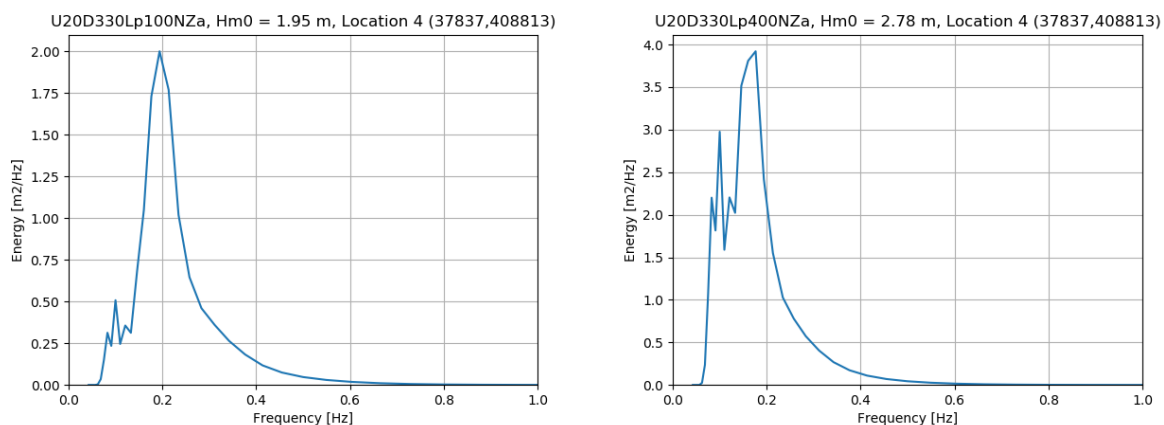
Verfijning SWAN rekenrooster Oosterscheldekering. HKV-memo pr4039.10, C. Wegman en V. Vuik, 21 juni 2019.

Bijlage A – Golspectra OS4

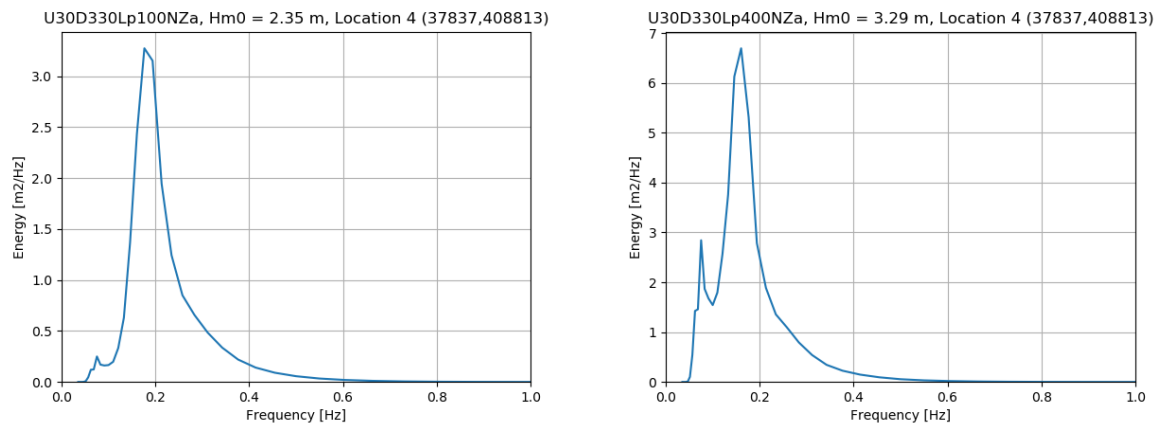
Deze bijlage toont voor enkele combinaties van waterstand, windsnelheid en windrichting de 1D golspectra vanuit SWAN, met de variantiedichtheid (m^2/Hz) als functie van de frequentie ter plaatse van meetlocatie OS4. Andere golspectra zijn als separate figuren beschikbaar. Te zien is dat deining overheerst bij lage windsnelheden in combinatie met hoge waterstanden (bijvoorbeeld Figuur A1, rechts). Bij hoge windsnelheden (boven 24 m/s) is altijd de lokale windzee dominant, of de golfenergie van deining en windzee vloeien samen in één piek in het spectrum (Figuur A2, links en Figuur A3). Bij tussenliggende situaties kunnen dubbelpiekgige spectra optreden (Figuur A1, links; Figuur A2, rechts). Hoe hoger de windsnelheid, hoe lager de relatieve hoogte van de deiningpiek. Aangezien voor veiligheid met name situaties met zware lokale wind van belang zijn, is de verwachting dat hiervoor vrijwel volledig uitgegaan kan worden van lokaal gegenereerde windgolven.



Figuur A1 – 1D golspectrum van variantiedichtheid bij locatie OS4 bij een windrichting van 330 graden, een windsnelheid van 10 m/s en een waterstand van NAP+1,0 m (links) en NAP+4,0 m (rechts).



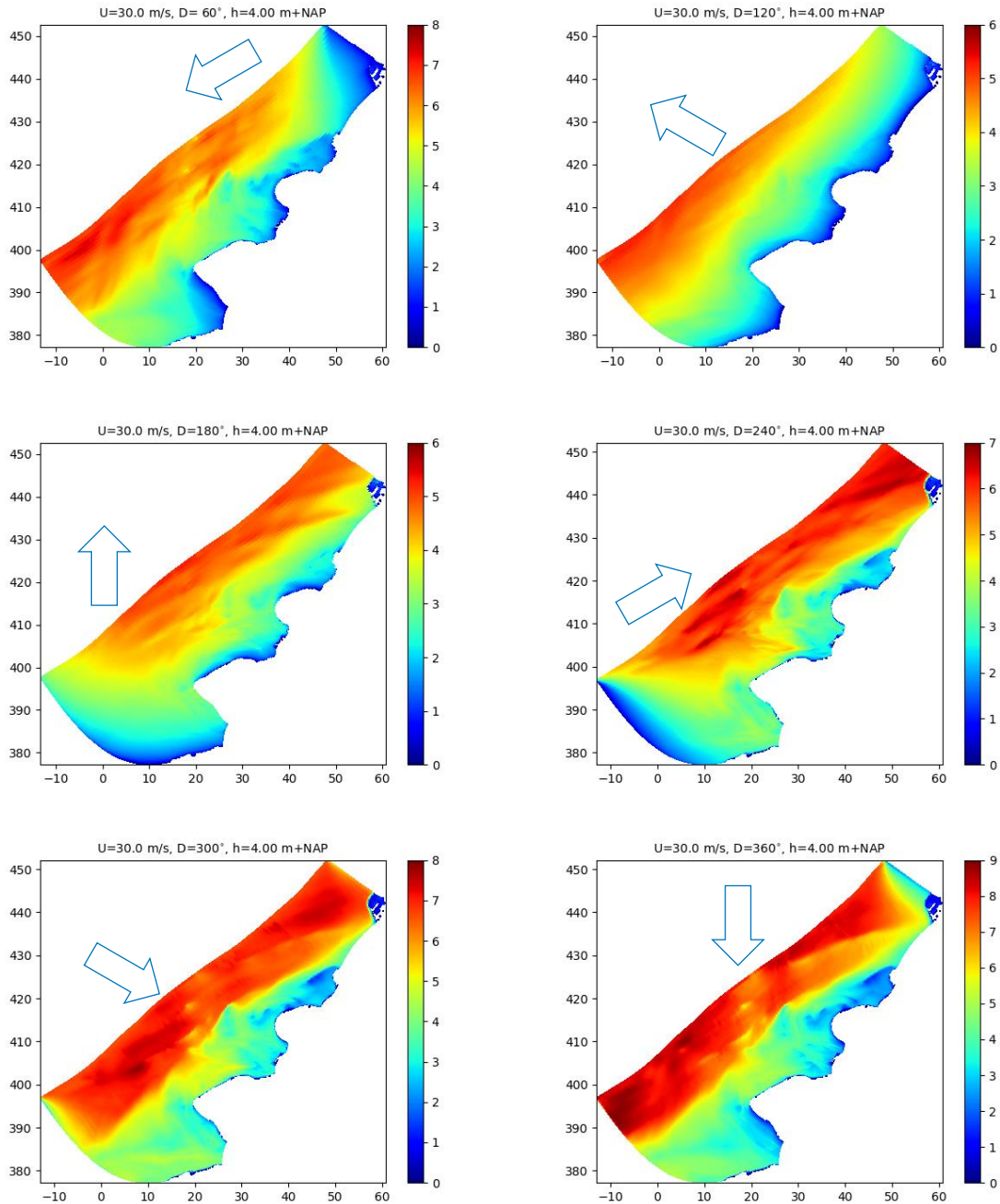
Figuur A2 – 1D golspectrum van variantiedichtheid bij locatie OS4 bij een windrichting van 330 graden, een windsnelheid van 20 m/s en een waterstand van NAP+1,0 m (links) en NAP+4,0 m (rechts).



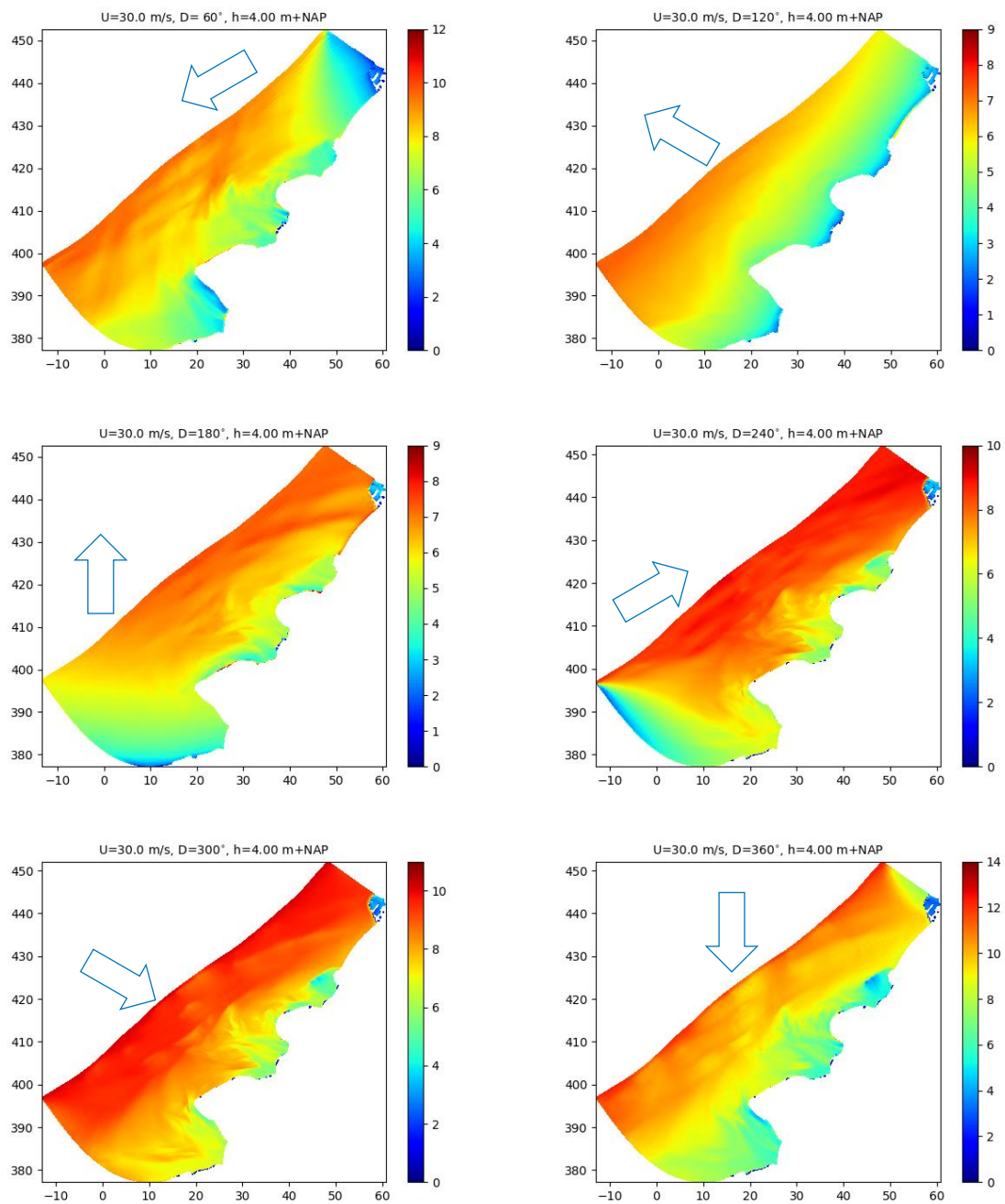
Figuur A3 – 1D golfspectrum van variantiedichtheid bij locatie OS4 bij een windrichting van 330 graden, een windsnelheid van 30 m/s en een waterstand van NAP+1,0 m (links) en NAP+4,0 m (rechts).

Bijlage B – Figuren H_{m0} en $T_{m-1,0}$

Deze bijlage bevat als voorbeeld figuren van de significante golfhoogte (Figuur B1) en spectrale golfperiode (Figuur B2) in het modeldomein voor een windsnelheid van 30 m/s en een waterstand van 4 m+NAP voor zes verschillende windrichtingen. De kleurschaal varieert over de figuren.



Figuur B1 – Significante golfhoogte H_{m0} (m) in de berekeningen met een windsnelheid van 30 m/s, een waterstand van 4 m+NAP en windrichtingen van respectievelijk 60, 120, 180, 240, 300 en 360 graden.



Figuur B2 – Spectrale golfperiode $T_{m-1,0}$ (s) in de berekeningen met een windsnelheid van 30 m/s, een waterstand van 4 m+NAP en windrichtingen van respectievelijk 60, 120, 180, 240, 300 en 360 graden.