

Memo

Aan
MARIKE OLIEMAN

Datum
15 augustus 2011

Aantal pagina's
10

Van
Hans de Waal

Doorkiesnummer
+31 (0)88 33 58 501

E-mail
hans.dewaal@deltares.nl

Onderwerp
Keuze golfperiodemaat uit SWAN

1 Samenvatting

Ten behoeve van de definitieve HR2011 bepaling moet op korte termijn een keuze gemaakt worden ten aanzien van de te gebruiken golfperiodemaat uit het golfmodel SWAN in het probabilistische model Hydra-Zoet voor de zoete wateren. De strikte randvoorwaarden wat betreft planning, tijd en budget nopen tot een pragmatische oplossing.

Het in deze memo onderbouwde voorstel is als volgt:

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| t.b.v. golfoverslag: $T_{m-1,0} =$ | t.b.v. bekledingen: $T_p =$ |
| $1.09 * T_{m-1,0}(\text{SWAN})$ | $T_p(\text{SWAN})$ |

De correctiefactor op de SWAN uitvoerparameter $T_{m-1,0}$ is gebaseerd op metingen in het IJsselmeer en Slotermeer. Voor andere zoete wateren waar SWAN berekeningen voor de HR worden uitgevoerd zijn geen metingen beschikbaar. Voor die gebieden moest een pragmatische keuze gemaakt worden tussen consistentie met het IJsselmeer (correctiefactor 1.09) of consistentie met de Kust (geen correctiefactor). Daarbij is de keuze gevallen op consistentie met het IJsselmeer.

Met de onderbouwing in deze memo verwachten wij dat deze aanpak op voldoende draagvlak kan rekenen.

De aanleiding voor de hernieuwde keuze van de te gebruiken golfperiodemaat lag in gevonden onverwacht hoge benodigde kruinhoogtes in zeer voorlopige resultaten met Hydra-Zoet in het IJsselmeergebied. Met bovenstaande aanpak zijn dergelijke resultaten ten aanzien van de benodigde kruinhoogte op voorhand nog steeds niet uitgesloten.

2 Probleembeschrijving

2.1 Aanleiding



In zeer voorlopige resultaten met het probabilistische model Hydra-Zoet voor het IJsselmeergebied zijn onverwacht hoge benodigde kruinhoogtes geconstateerd. Deze resultaten moeten kunnen worden verklaard om vertrouwd te kunnen worden. De tot op heden gehanteerde keuze ten aanzien van de te gebruiken golfperiodemaat uit het golfmodel SWAN lijkt een rol te spelen, terwijl deze keuze slecht onderbouwd blijkt. Dit is aanleiding geweest deze keuze nader tegen het licht te houden. Een eventueel herziene keuze moet echter wel op korte termijn gemaakt worden.

2.2 Probleem

Het probleem kan als volgt worden geformuleerd:

Ten behoeve van de definitieve HR2011 bepaling moet op korte termijn een keuze gemaakt worden ten aanzien van de te gebruiken golfperiodemaat uit het golfmodel SWAN in het probabilistische model Hydra-Zoet voor het IJsselmeergebied. We streven daarbij naar een keuze voor een werkwijze die op voldoende draagvlak kan rekenen. De strikte randvoorwaarden wat betreft planning, tijd en budget nopen tot een pragmatische oplossing.

2.3 Aanpak en positionering onderhavige memo

Na de constatering van het probleem heeft de aanpak bestaan uit enkele discussies, mailwisselingen en raadpleging van rapporten over de golfmetingen in het IJsselmeer en de SWAN performance in de Nederlandse wateren. Het is nu tijd voor een beslisdocument (onderhavige memo) met een presentatie van een overzicht (samenvatting) van de problematiek en formulering van de voorkeursoplossing.

De analyse in deze memo heeft primair betrekking op het gebruik van SWAN resultaten in de HR2011 voor meren. Voor het gebruik van SWAN resultaten in HR2011 voor de andere zoete wordt een pragmatische keuze gemaakt.

De doelgroep van deze memo bestaat uit het WTI2011 projectmanagement bij zowel Waterdienst als Deltares.

3 Achtergrond

Golfcondities worden doorgaans samengevat in drie parameters: hoogte, periode en richting. Omdat sprake is van onregelmatige golven bestaan verschillende manieren om een 'representatieve' waarde te bepalen. In onderhavige memo staat de representatieve parameter voor de golfperiode centraal waarbij de beschouwing beperkt blijft tot twee parameters: de piekperiode T_p en de gewogen gemiddelde periode $T_{m-1,0}$.

Beide parameters zijn afgeleid uit het golfspectrum: de wijze waarop de golfenergie(dichtheid) verdeeld is over de golffrequenties. Als golven op relatief eenduidige wijze veroorzaakt zijn door wind, dan heeft het spectrum een karakteristieke vorm, met 1 duidelijke piek. De spectrale

vorm en daarmee de verhoudingen tussen de golfperiodematen liggen dan relatief vast en de periodematen zijn dus relatief goed (eenduidig) in elkaar om te rekenen.

De piekperiode is de periode (reciproke van de frequentie) waarbij de golfenergie(dichtheid) maximaal is. Deze periodemaat wordt van oudsher veel gebruikt, maar verliest aan populariteit omdat deze maat de volgende nadelen heeft:

1. Als het spectrum niet 1 eenduidige piek vertoont, dan vormt de piekperiode een minder eenduidige (en dus minder representatieve) golfperiodemaat. Dit is bijvoorbeeld aan de orde bij:
 - a een spectrum met 2 (of meer) pieken met ongeveer gelijke hoogte (gemengd golfveld, zoals in een gedeeltelijk afgeschermd gebied)
 - b een breed spectrum zonder uitgesproken piek ('platgeslagen' spectrum, zoals bij ondiepe voorlanden)
2. Zowel bij de tijdreeksanalyse van het golfmeetsignaal als in de golfmodellering is doorgaans sprake van discrete frequenties waar de golfenergie(dichtheid) wordt bepaald. Dit discrete karakter kan tot een enigszins springerig gedrag leiden. (Er zijn wel smoothing methodes beschikbaar om de springerigheid te reduceren, maar de essentie blijft overeind).

De gewogen gemiddelde periode heeft bovenstaande nadelen niet: deze maat heeft een veel minder grillig karakter. (Hier kan overigens nog wel sprake zijn van gevoeligheid voor het gekozen frequentiebereik voor de gewogen middeling).

Belangrijke vragen zijn nu:

- Hoe goed kunnen we deze periodematen berekenen?
- Welke periodematen hebben we nodig (zijn het meest relevant) voor onze beoogde toepassing?

Hierop gaan de volgende twee paragrafen in.

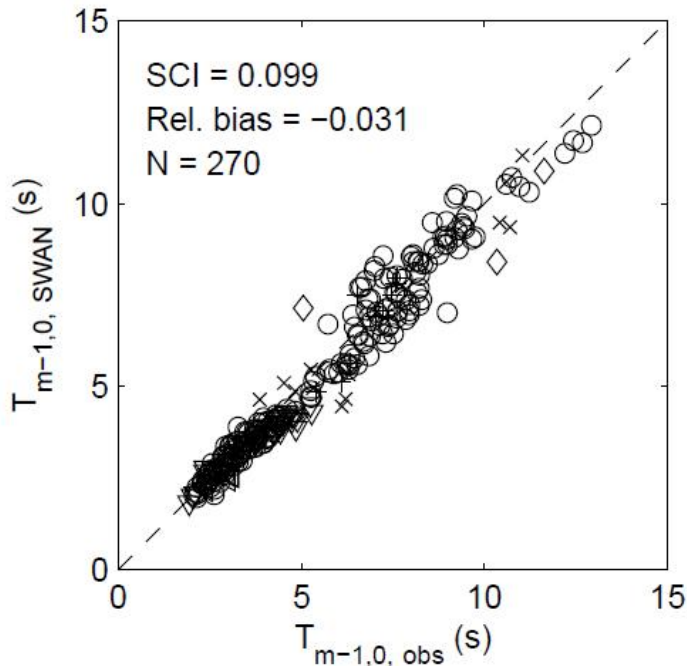
3.1.1 Golfmodellering

SWAN is een spectraal model: het berekent het golfspectrum en leidt daar de golfparameters uit af. De eerder (en in sommige gebieden nog steeds) voor de HR bepaling gebruikte golfmodellen Bretschneider en HISWA berekenen de golfparameters rechtstreeks (m.b.v. parametrisaties), dus zonder de spectrale vorm te berekenen. In die laatste gevallen is geen informatie over de spectrale vorm beschikbaar en kunnen alternatieve periodematen alleen bepaald worden met behulp van de standaard omrekeningsfactoren die voor een 'normaal' golfspectrum gelden. Waarbij dus in feite een aanname wordt gemaakt ten aanzien van de spectrale verdeling, welke op alle locaties en onder alle omstandigheden wordt toegepast.

Bij de afregeling en beoordeling van SWAN wat betreft de reproductie van meetresultaten, wordt wat betreft de golfperiode doorgaans gekeken naar gewogen gemiddelde periode ($T_{m-1,0}$ en T_{m01}) en hooguit zijdelings naar de piekperiode. De SWAN performance aangaande $T_{m-1,0}$ in een brede set meetgegevens is goed te noemen, zoals in Figuur 1 (Figuur 11 uit Deltares, 2011) is te zien. Daar zijn resultaten van hindcasts van stormen getoond in het Amelanders Zeegat (205 waarnemingen), oostelijke Waddenzee (13 waarnemingen), IJsselmeer (34 waarnemingen), Slotermeer (5 waarnemingen), Norderneyer Zeegat (4 waarnemingen) en de Oosterscheldemonding (9 waarnemingen). De relatieve bias bedraagt -3.1%. De verhouding van het aantal waarnemingen over de gebieden geeft aan dat bij de calibratie en validatie van



SWAN (zie Deltares, 2010) de nadruk op de Waddenzee heeft gelegen, ook al is in de weging rekening gehouden met het relatief grote aantal Amelandse Zeegat waarnemingen. In de Waddenzee is de performance van SWAN ten opzichte van de versie uit 2006 sterk verbeterd (zie Deltares, 2010, 2011).



Figuur 1. SWAN performance wat betreft de $T_{m-1,0}$ in een brede set meetgegevens (Amelandse Zeegat, oostelijke Waddenzee, IJsselmeer, Slotermeer, Norderneyer Zeegat, Oosterscheldemonding)

3.1.2 Toepassingsmodellen

In de huidige HR zijn golfbelastingen (en dus de golfperiodemaat) primair voor twee aspecten van belang:

- golfloop/golfoverslag
- de stabiliteit van bekledingen

Van oudsher maakten beide 'vakgebieden' gebruik van T_p als representatieve golfperiodemaat, simpelweg omdat deze parameter lange tijd het meest gangbaar en dus beschikbaar was. Bij golfloop / overslag is echter inmiddels overgestapt op $T_{m-1,0}$, omdat onderzoek bij ondiepe voorlanden heeft uitgewezen dat deze parameter een duidelijker relatie heeft met golfloop/overslag dan T_p (Van Gent, 2001). Bij bekledingen is een dergelijke analyse nog niet uitgevoerd. Maar gezien het wat grillige karakter van T_p is het goed denkbaar dat ook voor dit vakgebied een duidelijker relatie gevonden zal kunnen worden met $T_{m-1,0}$ dan met T_p .

4 Analyse

4.1 Globale oplossingsvarianten

In grote lijnen zijn de volgende opties voor de werkwijze beschikbaar:

| nr | kenmerk | t.b.v. golfoverslag: $T_{m-1,0} =$ | t.b.v. bekledingen: $T_p =$ |
|----|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Alleen T_p uit SWAN gebruiken | $T_p(\text{SWAN}) / C_1$ | $T_p(\text{SWAN})$ |
| 2 | Alleen $T_{m-1,0}$ uit SWAN gebruiken | $T_{m-1,0}(\text{SWAN})$ | $T_{m-1,0}(\text{SWAN}) * C_1$ |
| 3 | Beide SWAN periodematen gebruiken | $T_{m-1,0}(\text{SWAN})$ | $T_p(\text{SWAN})$ |

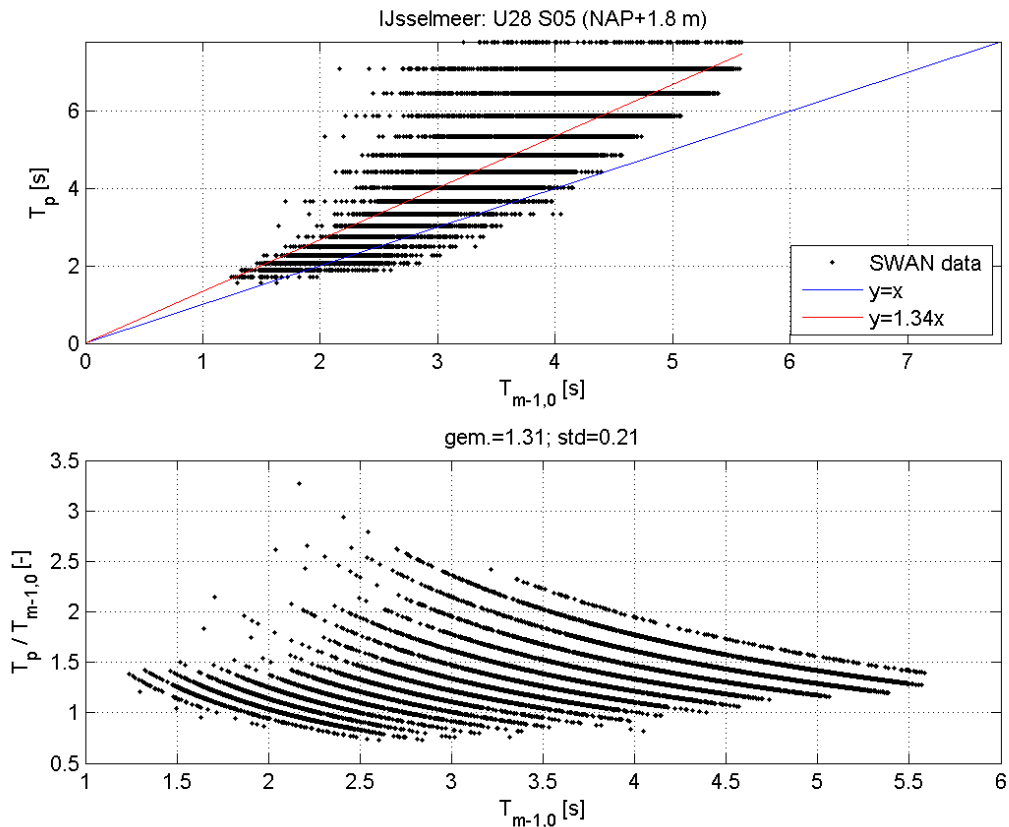
In het kort zijn de belangrijkste karakteristieken van de 3 aanpakken:

- Aanpak 1 bouwt voort op traditie en huidige programmacode Hydra-Zoet.
- Aanpak 2 bouwt voort op de kracht van $T_{m-1,0}$ (c.q. omzeilt de zwakte van T_p).
- Aanpak 3 kiest voor SWAN (vermijdt het gebruik van een omrekenfactor C_1);

Voor de volledigheid zij vermeld dat voor de HR bepaling langs de kust gebruik wordt gemaakt van aanpak 3.

4.2 Afweging

In Aanpak 1 en 2 wordt gebruik gemaakt van een omrekenfactor C_1 . Deze parameter geeft de verhouding van T_p tot $T_{m-1,0}$. Voor de HR uitvoerlocaties langs het IJsselmeer is de variatie in de door SWAN berekende verhouding zeer aanzienlijk, zie Figuur 2. Door de aanwezigheid van ondiepe voorlanden en variatie in maatgevende strijklengte is de ruimtelijke variatie van de spectrale vorm groot. Daarmee dus ook de variatie in de verhouding tussen de twee periodematen. Door één vaste waarde voor C_1 te kiezen wordt een forse fout (scatter) geïntroduceerd.

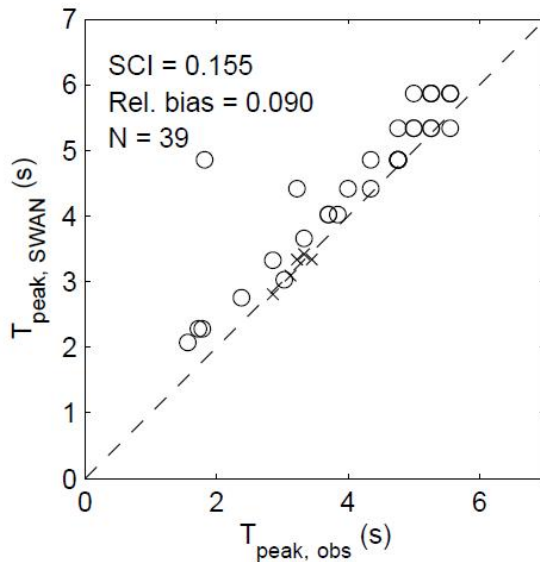


Figuur 2. Voorbeeld van variatie in (door SWAN berekende) verhouding tussen T_p en $T_{m-1,0}$.

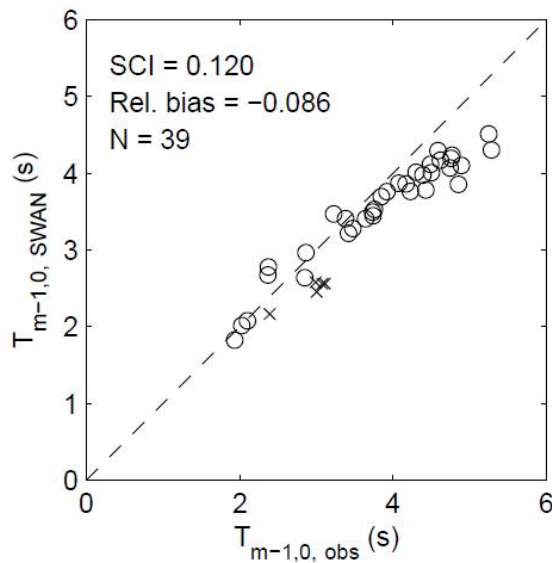
Aanpak 1 kent inhoudelijk alleen maar nadelen. Het zal zeer moeilijk worden hier breed draagvlak voor te krijgen. Wat ons betreft valt deze optie af.

In vergelijking met aanpak 3 is aanpak 2 alleen aantrekkelijk als SWAN de $T_{m-1,0}$ voor de meren zoveel beter kan berekenen dan de T_p dat de aan het gebruik van C_1 gekoppelde fout wordt gecompenseerd.

De performance van SWAN voor de twee periodematen T_p en $T_{m-1,0}$ is gegeven in Figuur 3 resp. Figuur 4. Dit betreft een uitsnede uit Figuur 1 waarbij alleen de waarnemingen in het IJsselmeer en het Slotermeer zijn beschouwd.



Figuur 3. Performance van SWAN m.b.t. T_p voor de meren (o : IJsselmeer; x: Slotermeer).



Figuur 4. Performance van SWAN m.b.t. $T_{m-1,0}$ voor de meren (o : IJsselmeer; x: Slotermeer).

Uit deze figuren blijkt dat de SWAN performance voor beide parameters globaal genomen gelijk is, waarbij SWAN de piekperiode overschat en de gemiddelde periode onderschat. Dit betekent dat aanpak 3 (het vermijden van het gebruik van omrekenfactor C_1) de voorkeur verdient.

Toch is hiermee het verhaal nog niet af. De performance van SWAN zoals getoond in en Figuur 3 en Figuur 4 roept namelijk nog wel aanvullende vragen op. Daarop wordt in de volgende paragraaf ingegaan.



4.3 Nadere uitwerking voorkeursoplossing

Uit Figuur 3 blijkt dat SWAN T_p grosso modo overschat en uit Figuur 4 blijkt dat SWAN $T_{m-1,0}$ grosso modo onderschat. Dit samengevoegd betekent dat de door SWAN berekende spectrumvorm duidelijk anders (breder) is dan de gemeten spectrumvorm. Dit zijn constatering die we niet zomaar kunnen negeren in aanpak 3.

De overschatting van T_p

De overschatting van T_p is het kleinste probleem. De T_p wordt alleen gebruikt voor de berekening van de maatgevende golfbelasting voor de bekleding. Zowel de bepaling van wat maatgevend is (de Q-variant binnen Hydra) als de toepassing binnen de bekledingtoetsing bevatten aanzienlijke vereenvoudigingen en benaderingen. Daarom stellen we voor deze overschatting te accepteren bij het gebruik van de SWAN rekenresultaten in het kader van HR2011 voor de meren.

De spectrumvorm en de onderschatting van $T_{m-1,0}$

Zoals al in Figuur 1 getoond, is de overall performance van SWAN wat betreft $T_{m-1,0}$ goed. Echter, de performance wat betreft de spectrumvorm (en, in het verlengde daarvan en in iets mindere mate, de $T_{m-1,0}$) voor het Slotermeer en IJsselmeer is onbevredigend. Dit is reeds eerder geconstateerd en is aanleiding geweest voor het plannen van nader onderzoek in SBW kader. Dit nader onderzoek zal naar alle waarschijnlijk in de toekomst tot SWAN resultaten voor de $T_{m-1,0}$ leiden die - op de golfmeetlocaties - hoger zijn dan het huidige SWAN geeft. Hierbij gaan we er van uit dat de metingen geen fouten bevatten. Ook dat zal in SBW kader geverifieerd moeten worden.

De meetlocaties op het IJsselmeer bevinden zich over het algemeen in de diepere, open delen van het IJsselmeer. De SWAN performance op de golfmeetlocaties in de meren is daarom representatief voor slechts een deel van de HR locaties langs de meren. Voor dit deel van de locaties weten we op voorhand al dat de toekomstige SWAN verbetering zal leiden tot zwaardere golfcondities in een volgende HR editie. De consequenties van de toekomstige SWAN verbetering voor andere HR locaties zijn op voorhand onbekend.

We willen vermijden dat we in de HR2011 golfcondities afgeven waarvan we op voorhand weten dat ze in een volgende HR editie zullen worden vervangen door zwaardere golfcondities. Daarom stellen we voor de golfcondities voor de HR2011 al opwaarts bij te stellen. Omdat deze bijstelling op dit moment pragmatisch moet zijn, stellen we voor een correctiefactor op $T_{m-1,0}$ toe te passen, waarmee de bias in de SWAN performance voor $T_{m-1,0}$ voor de meren wordt gereduceerd tot nul. Dit betekent dat de door SWAN geproduceerde $T_{m-1,0}$ moet worden vermenigvuldigd met een factor 1.09 (@Check!, en figuurtje opnemen?).

Het verdient wellicht de voorkeur dat de golfcondities in de Hydra-Zoet database(s) bestaan uit de gecorrigeerde SWAN resultaten. De toegepaste correctie zou bij voorkeur in de meta-informatie van de database vermeld moeten worden.

Terzijde:

De matige SWAN performance ten aanzien van de spectrumvorm betekent dat de informatie in Figuur 2 minder betrouwbaar is dan op voorhand gedacht. Echter, de stelling dat de variatie in de verhouding $T_p / T_{m-1,0}$ op de HR locaties aanzienlijk zal zijn, blijft ons inziens overeind.

Het gebruik van SWAN resultaten in HR2011 voor andere zoete wateren

De correctiefactor op de SWAN uitvoerparameter $T_{m-1,0}$ is gebaseerd op metingen in het IJsselmeer en Slotermeer. Voor andere zoete wateren waar SWAN berekeningen voor de HR worden uitgevoerd zijn geen metingen beschikbaar. Voor die gebieden moet een pragmatische keuze gemaakt worden tussen consistentie met het IJsselmeer (correctiefactor 1.09) of consistentie met de Kust (geen correctiefactor).

De andere zoete wateren vertonen wat betreft golfmodellering ons inziens een sterkere overeenkomst met het IJsselmeer dan met de Kust: het dominante golfverschijnsel is meer de lokale golfgroei door wind (zoals op het IJsselmeer) dan de golfbreking op een voorland van gegeven golfcondities vanuit diep water (zoals bij de Kust).

Daarom bevelen wij een keuze voor consistentie met het IJsselmeer aan: het hanteren van een correctiefactor van 1.09 op $T_{m-1,0}$.

5 Conclusies

Ten behoeve van de definitieve HR2011 bepaling stellen wij de volgende keuze voor ten aanzien van de te gebruiken golfperiodemaat uit het golfmodel SWAN in het probabilistische model Hydra-Zoet voor de zoete wateren:

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| t.b.v. golfoverslag: $T_{m-1,0} =$ | t.b.v. bekledingen: $T_p =$ |
| $1.09 * T_{m-1,0}(\text{SWAN})$ | $T_p(\text{SWAN})$ |

Dit heeft de volgende voordelen:

- Het kiest voor gebruik van de meer stabiele $T_{m-1,0}$ en vermijdt - waar mogelijk - het gebruik van de toch wat grillige T_p .
- Het sluit aan bij de gevraagde periodemaat in de golfoverslagformules.
- Het vermijdt het gebruik van een omrekenfactor tussen periodematen. Anders geformuleerd: het laat het spectrale karakter van het gekozen golfmodel tot z'n recht komen.
- Het sluit aan bij aanpak bij de HR voor de kust (afgezien van de correctiefactor op $T_{m-1,0}$).

Enige 'smet' op deze keuze is het gebruik van een correctiefactor op de $T_{m-1,0}$. Toch is ook dit goed te verdedigen:

- Het past binnen de randvoorwaarden (is pragmatisch).
- Het doet recht aan het streven naar 'best guess' HR (met vermindering van onderschatting).
- Het doet recht aan het geplande SBW onderzoek ter verkenning van de mismatch tussen berekende en gemeten spectrale vorm en mogelijke verbetering van de performance van



SWAN op de meren: dat dient er nu op gericht te zijn de correctiefactor overbodig te maken.

Met deze kenmerken verwachten wij dat deze aanpak op voldoende draagvlak kan rekenen.

Het is overigens op voorhand niet te zeggen of met deze keuze de benodigde kruinhoogtes in het IJsselmeergebied duidelijk anders (lager?) zullen uitpakken dan met de aanpak in de voorlopige analyses (waarin de aanleiding voor de discussie over de periodemaat lag). Mogelijk vergt de verklaring van de nieuwe (nog te berekenen) benodigde kruinhoogtes straks dus nog steeds vervolgwerk.

6 Referenties

Deltares (2010). SWAN calibration and validation for HBC2011. Deltares report 12000103-020. May 2010.

Deltares (2011). Improvements in spectral wave modeling in tidal inlet seas. Deltares report 1202119.006, May 2011.

Van Gent, M.R.A. (2001), Wave run-up on dikes with shallow foreshores, ASCE, Journal of Waterways, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol.127, No 5, pp.254-262, September/October 2001 issue.

Kopie aan

Marcel Bottema, Houcine Chbab, Jacco Groeneweg, Annette Kieftenburg