

# **Inventarisatie effecten wijzigingen golfrandvoorwaarden**

September 2002

# **Inventarisatie effecten wijzigingen golfrandvoorwaarden**

September 2002

---

## Colofon

**Uitgegeven door:** Dienst Weg- en Waterbouwkunde

**Informatie:** ir. A.F. Wolters  
**Telefoon:** 015-2518421  
**Fax:** 015-2518555

**Uitgevoerd door:** Dienst Weg- en Waterbouwkunde i.s.m. Rijksinstituut voor  
Kust en Zee (RIKZ)

**Opmaak:** Dienst Weg- en Waterbouwkunde

**Datum:** September 2002

---

# Inhoudsopgave

---

<b>Inhoudsopgave</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Aanleiding en probleemstelling	6
1.2 Doelstelling	6
<b>2 Aanpak en uitgangspunten</b>	<b>7</b>
2.1 Afbakening	7
2.2 Beschouwde waterkeringen	7
2.3 Beschouwde profielen	7
2.3.1 Harde zeeweringen	7
2.3.2 Duinen	7
2.4 Gebruikte randvoorwaarden en methodes	8
2.4.1 Voor de harde zeeweringen	8
2.4.2 Voor de duinen	8
<b>3 Berekening benodigde dimensies</b>	<b>9</b>
3.1 Benodigde kruinhoogtes	9
3.1.1 Toename van de golfrandvoorwaarden	9
3.1.2 Gebruikte periodemaat	9
3.1.3 Correctie SWAN-resultaten	9
3.1.4 Berekening kruinhoogtes en overslagdebieten	10
3.1.5 Resultaten	10
3.2 Berekening duinafslag	10
3.2.1 Toename van de golfrandvoorwaarden	10
3.2.2 Aanpak	11
3.2.3 Resultaten	11
<b>4 Evaluatie van de analyses</b>	<b>12</b>
4.1 Kruinhoogtes harde zeeweringen	12
4.1.1 Vertaling van diepwater naar ondiepwater	12
4.1.2 Vertaling naar de dijk, geldigheidsbereik golfoverslagformulering	12
4.1.3 Verschil tussen oude toetsing en nieuwe toetsing	13
4.1.4 Onzekerheid in de uitkomsten	13
4.2 De duinenkust	14
4.2.1 Algemene overwegingen	14
4.2.2 Geldigheidsbereik rekenregels duinafslag	14
<b>5 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>16</b>
5.1 Harde zeeweringen	16
5.1.1 Resultaten en conclusies	16
5.2 Duinen	16
5.2.1 Resultaten en conclusies	16
5.3 Aanbevelingen: Plan van aanpak voor de toekomst	17
5.3.1 Algemeen	17
5.3.2 Goede golfrandvoorwaarden en een veilig Nederland in 3 stappen	17
<b>6 Literatuur</b>	<b>19</b>

---

Resultaten LIS .....	20
Activiteiten voor HR2006.....	22

---

# 1 Inleiding

---

## 1.1 Aanleiding en probleemstelling

Metingen van golven op relatief diep water (NAP-20m) lijken er op te wijzen dat de maatgevende condities langs de kust zwaarder zijn dan de golfrandvoorwaarden die voor de kust zijn opgenomen in de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 (HR2001). Ten tijde van het vaststellen van de HR2001 was de stand van de techniek nog niet ver genoeg gevorderd om de zwaardere golfrandvoorwaarden op te nemen. Wel waren de aanwijzingen dermate serieus dat het wenselijk was om op korte termijn inzicht te krijgen in het eventuele veiligheidsprobleem.

Deze problematiek is reeds gemeld aan de Tweede Kamer (TK) bij de aanbieding van de HR2001 waarbij tevens is toegezegd dat er bij de aanbieding van de Landelijke Rapportage Toetsing (LRT) in september op de consequenties van de zwaardere golfrandvoorwaarden zou worden teruggekomen.

Een volledige onderbouwing van nieuwe golfrandvoorwaarden voor de kust vergt tijd. Daarvoor is namelijk een uitgebreid meetprogramma nodig waarmee het golfmodel SWAN kan worden gevalideerd. Onderbouwde golfrandvoorwaarden op basis van metingen kunnen derhalve pas in 2016 verwacht worden. Maar ook voor een complete en consistente set golfrandvoorwaarden volgens de huidige state-of-the-art is tijd nodig. De ontwikkelingen benodigd voor deze complete en consistente set kunnen voor de Hydraulische Randvoorwaarden 2006 (HR2006) afgerond worden zodat in HR2006 nieuwe golfrandvoorwaarden kunnen worden opgenomen.

In de tussentijd diende voor de korte termijn inzicht gekregen te worden in de ernst van de situatie. Hiertoe diende door RWS een inventarisatie te worden gemaakt. In de TAW-vergadering van 20 maart j.l. is aan de heren Stive en Vrijling gevraagd een groep van deskundigen te formeren om als klankbordgroep voor deze actie te fungeren. Op basis van de bevindingen van deze klankbordgroep zal de TAW adviseren aan de staatssecretaris van V&W waarna zij dit advies kan meenemen bij de aanbieding van de LRT aan de Tweede Kamer.

## 1.2 Doelstelling

De doelstelling van deze studie luidt:

*Het in beeld brengen van de verwachte verzwaring van de golfcondities langs de Nederlandse kust en in de estuaria en op basis hiervan het uitvoeren van een indicatieve inventarisatie van de consequenties voor de waterkeringen.*

---

## 2 Aanpak en uitgangspunten

---

### 2.1 Afbakening

Zoals gezegd kan een complete en consistente set golfrandvoorwaarden volgens de huidige state-of-the-art pas voor HR2006 geleverd worden. Dit 'project' beoogt dan ook niets meer en niets minder dan het geven van een indicatie van enerzijds de orde grootte van de nieuwe golfrandvoorwaarden en anderzijds de effecten op de veiligheid daarvan. Deze indicatie wordt verkregen door het uitvoeren van een aantal casestudies. Voor deze casestudies zijn de golfrandvoorwaarden berekend en de effecten op de betreffende locaties.

### 2.2 Beschouwde waterkeringen

De inventarisatie van de effecten betreft twee categorieën waterkeringen:

- Duinen: door zwaardere golfrandvoorwaarden op diep water zullen de afslaglijnen meer landwaarts liggen dan bij toepassing van HR1996/HR2001. Om de afslaglijnen op de positie te houden zoals berekend bij de huidige toetsing op basis van HR1996, zijn maatregelen nodig.
- Dijken: Door zowel zwaardere golfcondities op diep water, als nieuwe inzichten over de golfvoortplanting naar ondiep water zal een toetsing van kruinhoogte en bekleding tot andere resultaten kunnen leiden. De verwachting is dat er dan een groter deel van de dijken zal worden afgekeurd. Maatregelen zijn dan nodig om het vereiste veiligheidsniveau te realiseren. In deze studie wordt alleen gekeken naar de hoogte, voor de bekledingen wordt verwezen naar het onderzoek Landelijke Inventarisatie Steenzettingen (LIS). In deze studie wordt namelijk ook al uitgegaan van recentere inzichten voor wat betreft de golfrandvoorwaarden. In de bijlage is een samenvatting van de resultaten van LIS opgenomen.

### 2.3 Beschouwde profielen

#### 2.3.1 Harde zeeweringen

Voor de harde zeeweringen is uitgegaan van de volgende negen locaties:

- Spaanse Paal (Waddenzee): dijkprofiel w2-45.600 en dijkprofiel w2-45.800
- Roptazijl (Waddenzee): dijkprofiel w2-1.800 en dijkprofiel w2-2.000
- Lauwersmeerdijk (Waddenzee)
- Hondsbossche zeewering (Hollandse kust)
- Pettemer zeewering (Hollandse kust)
- Zeedijk Westkappele (Zeeuwse kust)
- Eilanddijk Vlissingen (Westerschelde)

In [17] zijn een overzichtskaart en detailkaarten opgenomen waarop de ligging van de gebruikte profielen is weergegeven.

#### 2.3.2 Duinen

Binnen het kader van het RWS-project Kustbewust is voor de Nederlandse duinenkust bepaald welke gebieden als zwakke schakel zijn aan te merken vanuit het oogpunt van de lange termijn veiligheidshorizon (orde 200 jaar).

---

Combinatie met de belangen vanuit ruimtelijke kwaliteit heeft geresulteerd in drie geprioriteerde zwakke schakels, zoals gerapporteerd in de beleidsagenda voor de kust (lit. [15]):

- (1) Den Helder – Callantsoog
- (2) Kijkduin-Hoek van Holland
- (3) West-Zeeuwsch-Vlaanderen

Van elk van deze geprioriteerde zwakke schakels zijn voor (tenminste) drie verschillende duindoorsneden berekeningen uitgevoerd:

- (a) de zwakste duindoorsnede (kleinste duinreserves)
- (b) een duindoorsnede waarvoor de verwachte verschuiving van het afslagpunt relatief klein is ('hoog duin')
- (c) een duindoorsnede waarvoor de verwachte verschuiving van het afslagpunt relatief groot is ('laag duin')

Daarnaast zijn twee duindoorsneden (type b en c) bij de kustplaats Scheveningen doorgerekend.

Opmerkingen:

- In de verkennende berekeningen zijn alleen duindoorsneden van de JARKUS-meetraaien beschouwd. Tussenliggende duindoorsneden zijn niet bekeken. Bij een formele veiligheidstoets gebeurt dit wel.
- Naast de drie geprioriteerde zwakke schakels zijn er andere zwakke schakels langs de Nederlandse kust (zie lit. [15]). Die kunnen duindoorsneden bevatten die gevoelig zijn voor de verzwaarde golfrandvoorwaarden. Deze verkenning doet daarover geen uitspraken.

## **2.4 Gebruikte randvoorwaarden en methodes**

### **2.4.1 Voor de harde zeekeringen**

Gebruik is gemaakt van de bestaande probabilistische methode Hydra-K, gebaseerd op de bestaande SWAN-database. Voor deze database zijn een groot aantal SWAN-berekeningen gemaakt. Ten tijde van het maken van deze berekeningen werd de piekperiode ( $T_p$ ) als gangbare maat voor de golfperiode gebruikt. De gebruikte randvoorwaarden voor het SWAN-model zijn hier dan ook op gebaseerd. Momenteel wordt volgens de nieuwe TR-golfoploop [1] een spectrale periodemaat, te weten de  $T_{m-1,0}$ , gebruikt. Bekend is dat de voor SWAN gebruikte randvoorwaarden niet geschikt zijn voor de berekening van de nieuwe periodemaat  $T_{m-1,0}$ . Nieuwe SWAN-berekeningen vergen echter dermate veel tijd dat deze voor deze actie niet uitgevoerd konden worden. De methodiek die geïmplementeerd is in Hydra-K wordt nader omschreven in [7].

### **2.4.2 Voor de duinen**

Uitgangspunt voor de berekeningen zijn de naar extreme omstandigheden geëxtrapoleerde waarden van golfhoogte en golfperiode, zoals afgeleid uit recente metingen. Een meerdimensionale statistiek van golfhoogte, golfperiode en waterstand ontbreekt vooralsnog.



## 3 Berekening benodigde dimensies

### 3.1 Benodigde kruinhoogtes

#### 3.1.1 Toename van de golf randvoorwaarden

In onderstaande tabel zijn de thans vigerende hydraulische randvoorwaarden volgens HR 2001 en de hydraulische randvoorwaarden/toetswaarden volgens de laatste inzichten verkregen met HYDRA-K gepresenteerd.

De randvoorwaarden uit HR 2001 zijn grotendeels verzameld uit ontwerpnota's. Deze ontwerpnota's zijn opgesteld door verschillende rijkswaterstaatsdiensten of ingenieursbureaus en uit verschillende tijdsperiodes. Aangezien iedere dienst zijn eigen inzichten in de wijze van ontwerpen had is er weinig consistentie in de randvoorwaarden uit HR 2001.

Vergelijken we de "oude" en de "nieuwe randvoorwaarden met elkaar dan blijkt dat de waterstanden nagenoeg hetzelfde zijn; over het algemeen bij de nieuwe iets lager hetgeen op basis van de probabilistische aanpak ook te verwachten valt. Ook de golfhoogten zijn nagenoeg hetzelfde met uitzondering van de Hondsbossche Zeewering en de Pettemer Zeewering. Bekend is echter dat golfhoogte bij de oude methode veiligheidshalve circa 300 m uit de dijk zijn bepaald in verband met voorleggende banken, bij de nieuwe methode echter nagenoeg op de teen van de dijk bepaald en dus niet vergelijkbaar. Het grote verschil zit in het ontbreken van de golfperiode bij de oude methode. Deze golfperiode zorgt nu juist voor de 'toename' in de golfbelasting.

	hydraulische randvoorwaarden volgens HR2001					toetswaarden volgens laatste inzichten					
	Toetspeil m tov NAP	Golfhoogte Hs in m	Golfperiode in s	Golfrichting in graden	Golfoploop in m	Waterstand m tov NAP	Golfhoogte Hs in m	Golfperiode Tm-10 in s	Golfrichting in graden	Dijknormaal in graden	Golfinval in graden
Westkapelse zeedijk	4,90	...	...	...	5,20 -6,20	4,88	4,39	9,36	308	304	4
Eilanddijk Vlissingen	5,25	2,10	T=9,0	0-50		5,10	2,02	7,38	235	173	62
Spaanse Paal	4,85	1,65	...	15		4,91	1,50	5,78	330	355	25
Lauwersmeerdijk	5,00	1,75	...	...		5,07	2,00	5,46	317	330	17
Roptazijl	485	2,1	...	5		4,76	2,27	5,07	291	293	2
Hondsbossche Zeewering	4,75	4,7	...	0		4,64	3,15	13,5	282	281	1
Pettemer Zeewering	4,80	5,0	...	10		4,61	3,63	13,5	296	296	0

#### 3.1.2 Gebruikte periodemaat

De waargenomen verhoging van de randvoorwaarden op diepwater is vooral terug te vinden in de golfperiode.

Tot op heden werd gebruik gemaakt van de piekperiode (Tp) als maat voor de golfperiode. Deze periodemaat beschrijft echter het laagfrequente gedeelte van het golfspectrum niet goed. Derhalve is voor deze studie gebruik gemaakt van een andere periodemaat, te weten de Tm-1,0 die sinds kort is opgenomen in het nieuwe Technische Rapport Golfoploop (lit. [1]).

#### 3.1.3 Correctie SWAN-resultaten

Van het golfmodel SWAN is bekend dat het de golfperiode onderschat. Dit verschijnsel is geconstateerd bij verschillende hindcasts voor Petten en de Westerschelde en bij golfgootmetingen. Daarom is overleg geweest met

verschillende deskundigen op dit vakgebied en is besloten de gebruikte golfperiodes uit de SWAN-database te corrigeren met een factor 1,1 à 1,2. Voor meer achtergrondinformatie zie [7].

### 3.1.4 Berekening kruinhoogtes en overslagdebieten

Het uitkomen van de nieuwe TR-golfoploop (lit. [1]) betekent ook dat deze in de toetsmethode kan worden opgenomen. Daar is voor deze studie dan ook vanuit gegaan.

Met Hydra-K zijn op basis van standaardprofielen de toetspunten (maatgevende combinaties van toetspeil en golfcondities) bepaald op ongeveer 50 m uit de teen van de dijk. Vervolgens wordt op het toetspeil de toeslag voor buistoten e.d. volgens [16] gezet. Voor de berekening van de golfoploop en de overslagdebieten is vervolgens gebruik gemaakt van de nieuwste versie van PC-overslag, behorend bij de nieuwe TR-golfoploop [1]. In dit model zijn actuele profielen (par. 2.3.1) ingevoerd. De nieuwe golfoploop – en overslag formules zijn ad-hoc ook speciaal voor deze actie in Hydra-K gebouwd. De benodigde kruinhoogte wordt berekend door de resulterende golfoploopwaarden (z2%) op te tellen bij het Toetspeil. Deze benodigde kruinhoogte wordt vervolgens vergeleken met de aanwezige kruinhoogte. Bij de formele toets wordt gekeken naar de overslagdebieten.

Voor de meeste locaties is naar meerdere doorsneden gekeken. Per doorsnede is eenzelfde set randvoorwaarden behorend bij de locatie doorgerekend. Uit de verschillende combinaties zijn minima en maxima gecombineerd.

### 3.1.5 Resultaten

In onderstaande tabel zijn de rekenresultaten voor de harde zeeweringen samengevat. In de eerste kolom is de locatie gegeven. In de 2<sup>e</sup> kolom de berekende (range van) benodigde kruinhoogte (toetspeil + Z2%) in m+NAP. Bij de bepaling van de golfoploop zijn toeslagen voor buioscillaties gehanteerd volgens tabel B2.2.1 lit [16]. In de 3<sup>e</sup> kolom is het overslagdebet in l/s/m gegeven. Bij de toetsing mag het overslagdebet niet meer dan 1 l/s/m bedragen. Overslagdebieten groter dan 1 l/s/m maar kleiner dan 10 l/s/m hoeven ook niet tot afkeuring te leiden indien aangetoond kan worden dat het binnentalud sterk genoeg is. Voor het gemak is hier uitgegaan van het criterium van maximaal 1 l/s/m. Grotere overslagdebieten zijn dan ook vet gedrukt in de tabel weergegeven. In de 4<sup>e</sup> kolom is de aanwezige kruinhoogte gegeven. Tenslotte is in de 5<sup>e</sup> kolom de overhoogte van de betreffende waterkering weergegeven. Negatieve overhoogtes geven het tekort aan kruinhoogte aan en zijn derhalve vetgedrukt weergegeven. De ranges zijn bepaald door per locatie meerdere doorsneden te combineren met verschillende randvoorwaardensets.

Locatie	Benodigde kruinhoogte (m+NAP)		Overslag debiet (l/s/m)		Aanwezige kruinhoogte (m+NAP)		Overhoogte waterkering (m)		
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Gemiddeld
Westkapelse zeedijk	11.42	12.70	0.25	1.00	12.90	13.17	0.20	1.75	0.98
Eilanddijk Vlissingen	10.58	11.76	<b>2.14</b>	<b>10.02</b>	9.27	9.27	<b>-2.49</b>	<b>-1.31</b>	<b>-1.90</b>
Spaanse Paal	7.24	8.06	0.00	0.05	9.64	8.74	1.58	1.50	1.54
Lauwersmeerdijk	7.63	8.86	0.02	0.43	8.75	8.91	<b>-0.11</b>	1.28	0.59
Roptazijl	7.66	8.25	0.00	0.02	9.64	9.66	1.39	2.00	1.69
Hondsbossche Zeewering	11.60	12.30	0.85	<b>2.02</b>	12.02	12.02	<b>-0.28</b>	0.42	0.07
Petteimer Zeewering	11.06	14.73	0.11	<b>9.11</b>	12.81	12.81	<b>-1.92</b>	1.75	<b>-0.08</b>

Tabel 1: Overhoogtes en tekorten n.a.v. nieuwe toetsing

## 3.2 Berekening duinafslag

### 3.2.1 Toename van de golftrandvoorwaarden

In onderstaande tabel worden de randvoorwaarden op diep water gegeven volgens HR2001 en volgens de nieuwe inzichten. Duidelijk is dat met name de golfperiode significant toeneemt.

Locatie	RVW 2001		Recent inzicht	
	Hs	Tp	Hs	Tp
Wadden (ELD)	9.25-9.65 m	12 s.	10.0 m	16 s.
Holland (YMW)	8.5-8.7 m	12 s.	9.1 m	14 s.
Zeeland (EUR)	Duinafslag 7.8	8 s.	8.4 m	12 s.

### 3.2.2 Aanpak

Met de hogere golfrandvoorwaarden (en gelijkblijvende waterstand) zijn voor een aantal duindoorsneden berekeningen uitgevoerd van de duinafslag volgens de vigerende toetsingsmethodiek (lit. [13]). In deze methodiek leidt een toename van de (significante) golfhoogte tot een toename in duinafslag. Een toename in de golfperiode (piekperiode) resulteert in een toename van de minimaal vereiste hoogte (en daarmee de minimale breedte) die een duindoorsnede na stormafslag moet bevatten (=grensprofiel) om de veiligheid van het achterland te waarborgen. Het effect van een toename in de golfperiode op de mate van duinafslag ontbreekt in de huidige toetsingsmethodiek.

Daarom is in aanvulling op de berekeningen met de huidige toetsingsmethodiek een inschatting gemaakt van het effect van een hogere golfperiode op duinafslag (lit. [14]).

Uit de berekeningen is afgeleid of de betreffende duindoorsneden nog aan de veiligheidseisen voldoen. Daarnaast is de mate van landwaartse verschuiving van het afslagpunt (of afslaglijn) bepaald.

### 3.2.3 Resultaten

#### Veiligheid

Bij vigerende randvoorwaarden voldoen de duinen aan de wettelijke veiligheidsnormen. Wanneer verzwaarde randvoorwaarden volgens de vigerende toetsingsmethodiek wordt toegepast op de gekozen zwakste duindoorsneden wordt de betrouwbaarheid van enkele duindoorsneden twijfelachtig. Het betreft Zwanenwater (zwakke schakel Den Helder-Callantsoog) en Terheijde (zwakke schakel Kijkduin-Hoek van Holland). De keuze van het maatgevende profiel (meetjaar) is daarbij doorslaggevend. Bij Den Haag (Ockenburg) is de 2<sup>e</sup> duinregel te laag om het grensprofiel te bevatten, waardoor deze duindoorsnede onveilig wordt.

Wanneer de (geschatte) invloed van de golfperiode op de mate van duinafslag wordt meegenomen, worden de duindoorsneden Callantsoog en Ter Heijde onveilig. De gekozen zwakste duindoorsnede bij Breskens (West-Zeeuws-Vlaanderen) blijft wel veilig.

#### Landwaartse verschuiving afslagpunt

Wanneer de verzwaarde randvoorwaarden volgens de vigerende toetsingsmethodiek worden toegepast op de gekozen duindoorsneden en is de berekende landwaartse verschuiving van het afslagpunt gering (enkele meters) of zelfs nihil (Delfland). Dit is niet vreemd, aangezien in de huidige toetsingsmethodiek de invloed van een grotere golfperiode niet resulteert in een toename van duinafslag. De berekende geringe landwaartse verschuiving komt geheel voor rekening van de geringe toename in de golfhoogte.

---

## 4 Evaluatie van de analyses

---

### 4.1 Kruinhoogtes harde zeeweringen

Bij de formele toetsing wordt gekeken naar de overslagdebieten. Uitgaande van de tabel in par. 3.1 worden alleen voor de locaties Vlissingen en Petten en bij de Hondsbossche Zeewering hogere overslagdebieten berekend dan 1 l/s/m. De debieten overschrijden echter niet de 10 l/s/m zodat ook op deze locaties er geen veiligheidsprobleem ontstaat zolang het binnentalud maar sterk genoeg is. Algemeen kan gesteld worden dat wanneer gekeken wordt naar de resulterende overslagdebieten de situatie niet ernstig te noemen valt wat overigens enigszins contrasteert met de resulterende tekorten in kruinhoogte. De vraag is of dit strookt met de verwachting, bedenkend dat de condities op diep water drastisch lijken te zijn toegenomen. Hieronder volgen enkele overwegingen alvorens conclusies te trekken uit de gepresenteerde resultaten.

#### 4.1.1 Vertaling van diepwater naar ondiepwater

Zoals gezegd lijken de diepwater condities zwaarder te zijn geworden. De vraag is of deze verzwarende ook op ondiep water is terug te vinden. De Toetspeilen van HR2001 zijn vergelijkbaar met de nieuw berekende waarden. In HR2001 zijn veelal alleen de golfhoogtes gegeven. De golfperiodes zijn voor bijna alle locaties niet gegeven zodat vergelijking niet mogelijk is. Gezien de resultaten kan gesteld worden dat de verwachte toename niet in de berekeningen tot uitdrukking zijn gekomen. Hiervoor zijn 3 redenen:

1. Er is uitgegaan van de bestaande SWAN-database. Hierin zitten SWAN-berekeningsresultaten die gebaseerd zijn op modelrandvoorwaarden die wel geschikt waren voor de berekening van piekperiodes maar niet voor de berekening van de spectrale periodemaat  $T_m-1,0$ .
2. Uit hindcasts en golfgootmetingen is gebleken dat in SWAN-berekeningen de golfperiode stelselmatig wordt onderschat. In overleg met deskundigen is een correctiefactor toegepast. Mogelijk is de onderschatting ernstiger dan verondersteld.
3. De golfdoordringing in estuaria wordt door SWAN niet goed berekend. Dit is gebleken uit metingen in de Westerschelde. Hierdoor zijn de resultaten van profielen in de estuaria (profielen bij Vlissingen en in de Waddenzee) mogelijk niet betrouwbaar.

Naar alle waarschijnlijkheid zijn met name de punten 1 en 3 belangrijk voor de uitkomsten van deze actie. Punt 1 kan voor HR2006 worden opgelost. Ook voor punt 2 kan waarschijnlijk een slag gemaakt worden. Hierop zijn de geplande werkzaamheden voor HR2006 dan ook toegesneden. In [8] worden de geplande werkzaamheden voor HR2006 beschreven. Om het derde punt op te lossen zijn uitgebreide veldmetingen nodig, met name in de Waddenzee.

#### 4.1.2 Vertaling naar de dijk, geldigheidsbereik golfoverslagformulering

##### *Verschillen in golfoploopformuleringen*

Het uitkomen van de nieuwe TR-golfoploop (lit. [1]) betekent ook dat deze in de toetsmethode kan worden opgenomen. Interessant is het nu het verschil

---

tussen de uitkomsten met de formules in de nieuwe TR en de uitkomsten bij het gebruik van andere, oudere formules, te bekijken.

Om het verschil te bekijken zijn met de nieuwe golfrandvoorwaarden berekeningen gemaakt met de Delftse formule en de nieuwe PC-overslag. Bij het aanschouwen (lit [17]) van de resultaten van deze berekeningen was opvallend dat de grootste verschillen in golfploop juist optreden bij die locaties waar de veiligheid in het geding lijkt te zijn, nl. Vlissingen en Petten maar ook bij de Hondsbossche Zeewering. Het vreemde is echter dat de golfploop bij Vlissingen fors afneemt (situatie wordt veiliger en was dus nog onveiliger) en bij de Pettemer en de Hondsbossche Zeewering juist fors toeneemt. Dit variërende beeld valt waarschijnlijk met name te wijten aan het feit dat de oude golfploopformulering is toegesneden op de piekperiode terwijl hier een andere periodemaat gebruikt wordt, de  $T_m-1,0$ .

#### *Geldigheidsbereik en uitkomsten golfploopformuleringen*

De achtergronden en de geldigheid van de nieuwe formulering zijn gegeven in [1] en [2]. De berekeningen hebben geen aanleiding gegeven vraagtekens te zetten bij het geldigheidsbereik.

Uit de resultaten blijkt dat de berekende tekorten in kruinhoogte in sommige gevallen fors zijn terwijl het overslagdebiet redelijk beperkt blijft. Om vertrouwen te krijgen in de nieuwe PC-overslag en de relatie tussen kruinhoogte en overslagdebiet inzichtelijk te maken zijn aanvullende berekeningen gemaakt die hebben geleid tot de grafieken zoals gepresenteerd in [17]. De berekende relaties geven een logisch beeld en geven vertrouwen in de golfploopberekeningen. In de meeste gevallen zijn de berekende resultaten uit par. 3.1 ook terug te vinden in de grafieken. Slechts op plaatsen waar de kruinhoogte in de initiële berekeningen lager is dan de som van berekende golfploop (inclusief toeslag) en de waterstand tonen de grafieken andere resultaten. Op deze locaties zijn de profielen namelijk geëxtrapoleerd om de relaties te bepalen.

#### **4.1.3 Verschil tussen oude toetsing en nieuwe toetsing**

Doordat in de HR2001 geen golfperiodes zijn gegeven voor de gekozen locaties konden deze golfcondities niet met de nieuwe TR-golfploop berekend worden. Daarom is gekeken naar de verschillen in uitkomsten tussen de oude toetsmethodiek en de nieuwe toetsmethodiek. Voor de oude toetsmethodiek voor de toetsing van de kruinhoogte wordt hier uitgegaan van de randvoorwaarden volgens HR2001, de golfploopberekeningen en een afzonderlijke toeslag voor buistoten volgens [16]. Voor de nieuwe toetsmethodiek voor de kruinhoogte wordt uitgegaan van de toetspunten zoals berekend met Hydra-K op ongeveer 50 m uit de teen van de dijk. Vervolgens wordt op het toetspeil de toeslag voor buistoten e.d. volgens [16] gezet waarna tenslotte de golfploop berekend wordt. Uit de resultaten (lit. [17]) kunnen nauwelijks conclusies getrokken worden. De twee methodes blijken door hun verschillende afhankelijkheden van golfhoogte en golfperiode niet met elkaar te vergelijken te zijn. Een vergelijking tussen een oude toets met HR2001 en een nieuwe toetsing met de nieuwe golfrandvoorwaarden is dus niet mogelijk. Derhalve kunnen alleen conclusies worden verbonden aan de absolute resultaten zoals gegeven in par. 3.2. Het enige wat valt te concluderen is wederom dat het belangrijk is een consistente eenduidige set randvoorwaarden voor de kust te hebben waarmee overal op dezelfde wijze getoetst kan worden.

#### **4.1.4 Onzekerheid in de uitkomsten**

Opvallend aan de berekende resultaten is de grootte van de range die rond het gemiddelde wordt berekend. Dit komt deels door de gevolgde aanpak waarbij

---

verschillende randvoorwaarden met verschillende doorsnede gecombineerd zijn. Aan de andere kant geeft de grootte van de range aan dat er een grote onzekerheid heerst rondom de randvoorwaarden. Door de grote onzekerheid is het niet mogelijk harde conclusies te trekken op basis van de resultaten. Duidelijk is dat er iets aan de hand is maar onderzoek is nodig om de onzekerheid aan te pakken.

## **4.2 De duinenkust**

### **4.2.1 Algemene overwegingen**

De beperkte selectie van duindoorsneden is niet representatief voor de duinenkust als geheel. Daarvoor zijn de verschillen per duindoorsnede langs de Nederlandse kust te groot (wel of geen 2<sup>e</sup> duinregel, wel of geen duinvoetverdediging, aanwezigheid van kleilagen e.a.). De berekeningen voor een beperkte selectie van duindoorsneden geeft wel een indicatie van de mogelijke impact van het toepassen van zwaardere golfcondities op de duinafslag en de veiligheid van de duinenkust.

Een (geringe) toename van de golfhoogte alleen heeft een gering effect op de duinafslag. Wanneer ook de golfperiode (significant) toeneemt is - bij toepassing van de vigerende toetsingsmethodiek - de veiligheid van enkele (geselecteerde) zwakke duindoorsneden (van de drie geprioriteerde zwakke schakels) tenminste twijfelachtig en mogelijk onvoldoende. Dit omdat het grensprofiel net wel of net niet meer in de duindoorsnede past. Hierbij dient bedacht te worden dat de modelproeven waarop de huidige toetsmethodiek gebaseerd is niet gevalideerd is voor de golfperiodes die voor deze studie gebruikt zijn.

Op basis van de huidige kennis en de vigerende toetsmethodiek valt echter niet te concluderen dat er op korte termijn maatregelen nodig zijn. Hiervoor zijn de uitkomsten van de huidige toetsmodellen bij toepassing van de hoge golfperiodes te onzeker. Daarnaast geldt dat voor de beschouwde zwakke schakels reeds in een ander kader maatregelen worden voorbereid.

Wanneer ook de invloed van de golfperiode op duinafslag wordt meegenomen, neemt naar verwachting de duinafslag aanzienlijk toe (orde 10-50 %). Dit leidt ertoe dat een aantal van de beschouwde zwakke duindoorsneden niet langer veilig is. Waar het de minder zwakke duindoorsneden betreft, leidt de toegenomen duinafslag tot een landwaartse verschuiving van het afslagpunt van 5 – 25 m. Hoewel in deze duindoorsneden de veiligheid niet in het geding is, zal de veiligheidshorizon behoorlijk afnemen. Dit alles zal gaan spelen wanneer de nieuwe toetsmodellen beschikbaar komen, naar verwachting in 2011.

### **4.2.2 Geldigheidsbereik rekenregels duinafslag**

De resultaten, zoals gepresenteerd in par. 3.6, geven aan dat er sprake is van een situatie die serieuze aandacht vraagt. Daarbij is het gewenst om de resultaten en conclusies in de juiste context te plaatsen:

- (1) De verkennende berekeningen zijn gebaseerd op eendimensionaal geëxtrapoleerde waarden. Een meerdimensionale (gecombineerde) statistiek van golfhoogte, golfperiode en waterstand is gewenst.
- (2) In de huidige toetsingsmethodiek ontbreekt recente kennis over duinafslagprocessen, waaronder de invloed van de golfperiode op duinafslag.

- 
- (3) Bij het modelonderzoek waarop de huidige toetsmethodiek gebaseerd is, is geen rekening gehouden met de hoogte van de golfperiodes zoals deze in deze studie zijn meegenomen.
  - (4) De huidige toetsingsmethodiek houdt onvoldoende rekening met de invloed van harde elementen op duinafslag

Derhalve is het raadzaam om lopende studies naar de meerdimensionale randvoorwaardenstatistiek en naar de vernieuwing van de toetsingsmethodiek voor duinen met vaart ter hand te nemen. Aan de vernieuwing van de toetsmethodiek wordt gewerkt. Implementatie van deze methodiek, waarbij de afhankelijkheid van de golfperiode wordt meegenomen, wordt echter niet voorzien voor 2011. Derhalve is het zaak op korte termijn zicht te krijgen op de performance van de huidige toetsmodellen bij toepassing van de hogere golfperiodes. Hiervoor is modelonderzoek nodig.

---

## 5 Conclusies en aanbevelingen

---

### 5.1 Harde zeeweringen

#### 5.1.1 Resultaten en conclusies

Gezien de analyses uit het vorige hoofdstuk kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Over de gehele linie gaan de waarden van de golfrandvoorwaarden omhoog;
- Op een aantal locaties, te weten Vlissingen, Petten en de Hondsbossche zeewering, kunnen de nieuwe randvoorwaarden leiden tot afkeuring
- Ook op deze locaties blijven de overslagdebieten echter beperkt tot een niveau waarbij, wanneer de binnentaluds sterk genoeg zijn, de veiligheid niet in het geding is
- Een vergelijking tussen de oude (huidige) toetsmethode en de nieuwe kan niet gemaakt worden door gebrek aan consistente gegevens in HR2001
- Voor Petten en de Hondsbossche Zeewering kan verondersteld worden dat de golfperiode door het golfmodel SWAN redelijk wordt voorspeld (inclusief correctie) terwijl voor de andere gebieden waar sprake is van golfdoordringing (estuaria) bekend is dat de periode onderschat wordt.
- Ondanks de correcties die zijn toegepast op de golfperiodes zou ook voor Petten en de Hondsbossche zeewering deze periode nog wel eens onderschat kunnen worden. Hierdoor zou de situatie op deze locaties dus ernstiger kunnen zijn dan nu wordt berekend.
- Wat wel duidelijk naar voren is gekomen is dat er op het gebied van de golfmodellering de nodige kennis ontbreekt en de onzekerheid dermate groot is dat geen eenduidige conclusies m.b.t. de consequenties van de nieuwe golfrandvoorwaarden getrokken kunnen worden.
- Daarbij ontbreekt ook de benodigde kennis aan de sterktekant om de effecten van de hogere golfperiodes op de golfoverslag en op bekledingen met redelijke zekerheid te kunnen berekenen

### 5.2 Duinen

#### 5.2.1 Resultaten en conclusies

Voor de duinen kunnen de volgende conclusies getrokken worden

- De randvoorwaarden op diep water worden significant hoger
- Bij het toepassen van de nieuwe golfrandvoorwaarden op de vigerende toetsmethodiek wordt de veiligheid van enkele (3 van de 5) zwakke duindoorsneden op zijn minst twijfelachtig
- Hierbij dient wel bedacht te worden dat de huidige toetsmethodiek niet is gevalideerd voor de bij deze studie gebruikte golfperiodes
- waardoor onderzoek nodig is om zekerheid te krijgen over de mate van veiligheid van de zwakke duindoorsneden
- De beperkte selectie van duindoorsneden is niet representatief voor de duinenkust als geheel. Met de toetsingsronde na 2006 kan het totale beeld voor de duinenkust verkregen worden.
- In de huidige toetsmethodiek komt de invloed van de golfperiode slechts tot uitdrukking bij de bepaling van het grensprofiel. Deze studie geeft echter een indicatie dat de golfperiode een significante invloed heeft op de



---

duinafslag waardoor het hierboven geschetst beeld nog ernstiger zou kunnen uitpakken

- Derhalve is onderzoek nodig om recente kennis, zoals de invloed van de golfperiode op duinafslag te vertalen naar nieuwe toetsmethodes.

### **5.3 Aanbevelingen: Plan van aanpak voor de toekomst**

#### **5.3.1 Algemeen**

Uit de conclusies en aanbevelingen in de vorige paragrafen blijkt dat er sterke behoefte is aan een beter onderbouwde, consistente en robuuste set van Hydraulische Randvoorwaarden. Deze behoefte was reeds eerder onderkend. In het projectplan voor HR2006 (lit. 8) is dan ook een aantal activiteiten in de planning opgenomen om reeds in 2006 een eerste stap naar consistentie te kunnen maken. Naar aanleiding van deze actie zullen een aantal van deze activiteiten met prioriteit behandeld worden. Een samenvatting van deze activiteiten is te vinden in de bijlage.

Voor een complete onderbouwing van de Hydraulische Randvoorwaarden (i.c. de verbetering van het golfmodel SWAN) zijn echter metingen nodig, met name in de estuaria. Daarnaast is ook onderzoek nodig aan de sterktekant, enerzijds omdat er kennis ontbreekt en anderzijds omdat bestaande kennis vaak niet gevalideerd is voor de hoge golfperiodes waar nu rekening mee gehouden wordt.

#### **5.3.2 Goede golfrandvoorwaarden en een veilig Nederland in 3 stappen**

Uitgaande van het voorafgaande kunnen pas op de lange termijn nieuwe, goed onderbouwde golfrandvoorwaarden gegeven worden. Ondertussen moet op verantwoorde wijze met de huidige kennis getoetst worden met opeenvolgende sets van randvoorwaarden. Derhalve wordt een drietrapsgewijze aanpak voorgesteld voor de komende decennia:

1. Korte termijn: gezien de onzekerheid in de uitkomsten en de gebruikte toetsmodellen en het feit dat de veiligheid niet in het geding blijkt zijn er geen reden om direct maatregelen te nemen. Er is geen sprake van aantoonbare 'aperte onveiligheid';
2. Middellange termijn: aangezien de nood bij de duinen het hoogst lijkt maar de toetsmethodiek niet gevalideerd is voor de te gebruiken golfparameters is het noodzakelijk op korte termijn modelonderzoek te doen om de toetsmethodiek af te regelen op de hogere golfperiodes. Voor de duinen kunnen dan nieuwe golfrandvoorwaarden worden opgenomen in HR2006 waarna de duinen exact en degelijk getoetst kunnen worden. Ook voor de harde zeeweringen valt te overwegen de nieuwe randvoorwaarden op basis van de huidige state-of-the-art op te nemen zodat er in ieder geval sprake is van een consistente set van randvoorwaarden waarmee eenduidig getoetst kan worden. Mocht de toetsing dan tot afkeuringen leiden dan is zeker dat de betreffende locatie ook echt onveilig is; de randvoorwaarden blijven voorlopig een onderschatting. Bij verbeteringswerken dient dan wel robuust ontworpen te worden. In het project HR2006 zijn de werkzaamheden om te komen tot deze nieuwe randvoorwaarden reeds in gang gezet. Hierbij zijn reeds enkele verbeteringen voorzien zodat in ieder geval ook een stap in de goede richting gezet kan worden. Deze verbeterpunten worden beschreven in de volgende paragraaf. Daarbij is het jaar 2004 ingeruimd om op basis van de resultaten definitief te beslissen de nieuwe randvoorwaarden op te nemen.
3. Lange termijn: om de onzekerheden in de rekenmodellen in de vingers te krijgen is een uitgebreid en structureel meetprogramma nodig, met name in de estuaria. Dit programma dient wel op korte termijn in uitvoering te komen zodat zo snel mogelijk de resultaten kunnen worden afgetapt. Naar

---

verwachting zal dit in 2016 kunnen leiden tot een volledig onderbouwde set van golfrandvoorwaarden. Daarnaast dient onderzoek naar de sterkte van steenbekledingen onder zwaardere golfbelastingen en bijvoorbeeld de reststerkte van binnentaluds doorgang te vinden om het evenwicht tussen sterkte en belastingen te waarborgen. Daarbij dienen ook bestaande toetsmethodieken mee te groeien met het onderzoek. Zo dient de toetsmethodiek voor de duinen op termijn aangepast te worden om de invloed van de golfperiode en de aanwezigheid van harde elementen in een duin mee te kunnen nemen.

---

## 6 Literatuur

---

- [1] Technisch rapport golfoploop en golfoverslag bij dijken, TAW, concept oktober 2001.
- [2] Veranderingen in golfoploop en golfoverslag formuleringen, Werkdocument DWW-2002-041, mei 2002.
- [3] Voorstudie lange T, Infram, november 2001.
- [4] Landelijke Inventarisatie Steenzettingen, Westerschelde en IJsselmeer, januari 2002.
- [5] Achtergrond rapport Landelijke Rapportage Toetsing op Veiligheid, DWW, januari 2002.
- [6] Plan van aanpak, crash actie TAW, den Heijer, maart 2002.
- [7] Tot stand koming toetswaarden voor crashactie 2002, RIKZ, augustus 2002
- [8] Hydraulische Randvoorwaarden voor het toetsen van primaire waterkeringen, projectplan HR2006, DWW/RIZA/RIKZ, september 2002
- [9] Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkering. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1984.
- [10] Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2001.
- [11] Golf Randvoorwaarden langs de Nederlandse kust op relatief diep water, rapport RIKZ-95.024 (incl. bijlagen), De Ronde et al., 1995.
- [12] Randvoorwaarden voor golfperioden langs de Nederlandse kust, rapport RIKZ-96.019 (incl. bijlagen), Roskam en Hoekema, 1996.
- [13] Effecten zwaardere hydraulische randvoorwaarden op duinafslag. RIKZ-werkdocument (in concept), Walhout, T. en P. Roelse, mei 2002.
- [14] Effecten van zwaardere golfcondities op duinenkust. Verkenning effect grotere golfhoogte en langere golfperiode op mate duinafslag en veiligheid van duinenkust. Verslag bureaustudie Alkyon, A963, mei 2002.
- [15] Naar integraal kustzonebeleid. Beleidsagenda voor de kust. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2001
- [16] Leidraad zee- en meerdijken, TAW, 1999
- [17] Achtergronden golfoploopberekeningen, TAW-crashactie, J.E. Venema *et al*, september 2002

---

# Resultaten LIS

---

## Relatie tussen LIS en deze studie

In het kader van deze studie diende te worden uitgezocht wat de mogelijke consequenties zijn van zwaardere belastingen zowel voor de kruinhoogte als voor steenbekledingen. Voor de kruinhoogte zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd, voor de consequenties voor de blokbekledingen was al een studie uitgevoerd, namelijk de Landelijke Inventarisatie Steenzettingen (LIS). Daarbij zijn de volgende twee zaken van belang:

- De door RIKZ afgeven belastingen voor LIS zijn vergelijkbaar met de nu af afgegeven laatste inzichten (lit [4], Bijlage 1, 4 A en 4B).
- LIS is alleen uitgevoerd voor de Westerschelde en het IJsselmeer, de consequenties voor de overige watersystemen is nog niet verder uitgezocht.

## Achtergronden LIS

In september 1996 informeerde de toenmalige Minister van Verkeer en Waterstaat, de Tweede Kamer over de problematiek van de steenzettingen in Nederland. Daarbij gaf zij aan dat op grond van toegenomen inzicht moest worden geconcludeerd dat blokbekledingen op zee- en meerdijken onder extreme omstandigheden minder sterk zijn dan voorheen aangenomen. Reden voor de Minister om door middel van een snelle globale inventarisatie vooruitlopend op de reguliere veiligheidstoetsing de landelijke omvang van deze problematiek in kaart te brengen. Maart 1997 presenteerde de Minister aan de Tweede Kamer de resultaten van deze inventarisatie. Naar aanleiding van genoemde globale inventarisatie besloot de minister om:

- 1) Zo snel mogelijk te starten met de aanpassing van de meest onveilige dijken.
- 2) Door een nadere inventarisatie te komen tot een betere inschatting van de omvang van de steenzettingenproblematiek, en daarmee een betere kostenraming voor benodigde aanpassingen.

Deze nadere inventarisatie moest, vanwege de ernst en omvang van de problematiek, plaatsvinden vooruitlopend op de eerste ronde van de wettelijke veiligheidstoetsing

Actie 1 heeft geleid tot de oprichting van het projectbureau Zeeweringen, dat sinds 1997 werkt aan verbetering van de meest onveilige vakken in Zeeland. Reden voor de start van verbeteringswerken in Zeeland, is dat zich hier het grootste deel van het probleem manifesteerde. Actie 2 is vertaald in het project Landelijke Inventarisatie Steenzettingen. Het doel van het project Landelijke Inventarisatie is het door middel van een gedetailleerde toetsing de omvang van de problematiek beter in kaart te brengen en eveneens om een verbeterde kostenraming af te geven voor eventuele benodigde verbeteringen aan steenbekledingen op alle zee- en meerdijken van Nederland. Het project moet tevens technische criteria aanreiken op basis waarvan de verbeteringswerken kunnen worden geprioriteerd.

---

Actie 2 heeft inmiddels voor de Westerschelde en het IJsselmeer een bijgesteld resultaat opgeleverd. Voor de overige watersystemen is nog geen bijgestelde inventarisatie beschikbaar door het ontbreken van de specifiek voor de toetsing van steenzettingen benodigde hydraulische randvoorwaarden.

#### **Uitkomsten LIS**

In het project Landelijke Inventarisatie Steenzettingen is een tweede gedetailleerde inventarisatie uitgevoerd voor het verbeteren van de steenzettingen langs de Westerschelde en het IJsselmeer. De kosten voor deze verbetering zijn geraamd op Euro 352 miljoen (f 775 miljoen) op basis van prijspeil 1997 met een onzekerheidsmarge van 35%.

De tweede gedetailleerde inventarisatie van de steenzettingen langs de Westerschelde en het IJsselmeer heeft het onderstaande beeld opgeleverd.

- Van de steenzettingen langs de Westerschelde krijgt 72% de score "onveilig". Slechts 3% krijgt de score "goed". De urgente steenzettingenproblematiek van de Westerschelde, en de noodzaak om hier met verbeteringswerken te starten, wordt hiermee bevestigd.
- Langs het IJsselmeer krijgt 24% van het areaal aan steenzettingen de score "onveilig" en 48% de score "veilig".

Van 25% van de steenzettingen langs de Westerschelde en 28% van de steenzettingen langs het IJsselmeer kan nog geen definitieve score worden toegekend, het resultaat is "geen oordeel". Met een geavanceerde toetsing zal de definitieve score voor deze steenzettingen moeten worden vastgesteld.

#### **Geldigheidsbereik formulering steenstabiliteit**

De huidige formuleringen voor de blokstabiliteit hebben in vergelijking met de nieuwe formulering voor oploop en overslag een veel beperktere geldigheid. Dit is mede vastgelegd in [3], daar wordt naast de beperkingen van de huidige rekenregels voor steenzettingen ook ingegaan op de ander typen bekledingen.

Samenvattend kan voor steenzettingen worden gesteld dat:

- De huidige dimensioneringsmodellen zijn gebaseerd op gootonderzoek voor regelmatige golfvelden.
- De rekenregels geen rekening houden met het laagfrequente aandeel in het golfspectrum
- Algemeen de huidige geldigheid van de rekenregels wordt aangenomen tot een brekerparameter van 3-5.

---

# Activiteiten voor HR2006

---

In het projectplan voor HR2006 [8] wordt een pad uitgestippeld om in 2006 een consistente set randvoorwaarden op te leveren gebaseerd op de huidige state-of-the-art. Van deze randvoorwaarden kan op voorhand gesteld worden dat ze de situatie in de estuaria onderschatten. Wel wordt reeds een stap gezet richting de nieuwe randvoorwaarden die op basis van de uit te voeren metingen naar verwachting pas in 2016 definitief onderbouwd kunnen worden. Wel kan met de nieuwe set een eenduidige landelijke toetsing worden uitgevoerd.

De voorgenomen verbeteringen voor HR2006 zijn in drie hoofdpunten te verdelen:

1. Diepwater randvoorwaarden: als input voor nieuwe SWAN-berekeningen en als randvoorwaarden voor de duinen

Inmiddels is ingebouwd in database Rand2001 en in HYDRA-K dat gerekend kan worden met de parameter voor de golfperiode  $T_m - 1,0$ , in plaats van de  $T_p$ . Daarnaast wordt de golfperiode op diep water (op de Noordzee) behandeld als afzonderlijke stochast. Tot nu toe waren de golfperiode en de golfhoogte op diep water deterministisch gekoppeld aan de windsnelheid. Voor de golf hoogte wordt dat gehandhaafd, omdat deze toch in sterke mate wordt bepaald door de diepte voor de kust. Dit geldt echter niet voor de golfperiode. Gezien de mogelijkheden met de snellere en grotere computers is het nu echter ook praktisch haalbaar een extra stochast in de berekeningen mee te nemen.

2. Het meer consequent herhalen van de golfberekeningen met SWAN, waarvan de resultaten als tussenproduct worden opgeslagen in de database Rand2001, die als invoer voor HYDRA-K wordt gebruikt.
  - a. Voor alle watersystemen wordt de methode gevolgd zoals die laatstelijk voor de Waddenzee is gevolgd, wat het slot was in een ontwikkeling in de berekeningsmethode, die in de opvolgende watersystemen nog successievelijk werd verfijnd.
  - b. Voor een aantal keuzes bij het invoeren van de parameters op diep water zal, op grond van aanwezige, maar tot nu toe nog niet gehonoreerde correlaties, een iets realistischer en veelal minder conservatieve aanname worden gedaan. Dit geldt o.a. voor de vorm van het golfspectrum op diep water.
  - c. Er zal rekening worden gehouden met de op een aantal plaatsen te verwachten (diepere) bodemligging tijdens storm. (Dit zal i.h.a. tot iets hogere belastingen leiden).
3. Verfijning van de berekeningen met HYDRA-K over het ruimtelijke gebied van de estuaria.
  - a. Er zal een correctie worden uitgevoerd voor het effect van getijstroming op de golfopwekking in de estuaria.
  - b. Er zal een ruimtelijke variabiliteit worden meegenomen in de modellering van de windvelden over de estuaria. Dit is voor de Waddenzee al (gedeeltelijk) gebeurd, maar tot nu toe niet boven de Ooster- en Westerschelde.

---

De uitvoering van deze activiteiten zal eind dit jaar beginnen en in 2004 worden afgerond.