

Opdrachtgever: DG Rijkswaterstaat –
Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)

**Plan van Aanpak SBW
Natuurrandvoorwaarden Waddenzee**

Rapport

maart 2006

Opdrachtgever: DG Rijkswaterstaat –
Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)

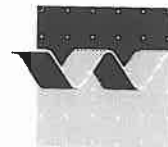
Plan van Aanpak SBW Natuurrandvoorwaarden Waddenzee

A.R. van Dongeren en J. Groeneweg

Rapport



wl | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER: DG Rijkswaterstaat - Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)

TITEL: Plan van Aanpak SBW Natuurrandvoorwaarden Waddenzee

SAMENVATTING:

In dit Plan van Aanpak is onderzocht welke activiteiten nodig zijn om in 2011 in het Waddengebied een beter golfmodel te verkrijgen teneinde betrouwbaardere golfrandvoorwaarden en Hydraulische Randvoorwaarden af te kunnen geven. Dit onderzoek is gedaan op basis van beschikbare literatuur en vooral interviews met meer dan twintig deskundigen (zie Tabel 1). Dit plan is opgesteld vanuit de HR-Keten (die de stappen weergeeft van diep water metingen naar toetsen van een kering) zoals beschreven in Hoofdstuk 3 en schematisch weergegeven in Figuur 1. Het golfmodel, dat gebruikt wordt om de transformatie van golfgegevens van diep water naar de keringen te berekenen, is daar een essentieel onderdeel van. Eventuele verbeteringen moeten gericht zijn op aspecten die de randvoorwaarden bij de waterkeringen verbeteren, en niet noodzakelijkerwijs een algehele verbetering van het golfmodel inhouden. Het traject om te komen tot een verbetering van dit golfmodel is schematisch weergegeven in het Stappenplan (Figuur 2). Deze cyclus heeft de volgende elementen:

- Hindcasts van stormen (uitgewerkt in Paragraaf 4.3.1)
- Acceptatiecriteria (4.3.2)
- Analyse (4.3.3)
- Meetdata (4.3.4)
- Correctiemethoden (4.3.5)
- Omgevingscondities (4.3.6)
- Golfmodel (4.3.7)
- Calibratie en validatie (4.3.8)

Per element is uitgewerkt welke activiteiten en in welke volgorde uitgevoerd moeten worden. Voor 2006 betekent dit dat concreet een aantal activiteiten geïnitieerd moet worden. Van deze activiteiten is aangegeven welke met prioriteit (m.a.w. in de komende maanden) uitgezet moeten worden, en welke met enige vertraging (maar wel dit jaar) opgepakt kunnen worden.

REFERENTIES: Opdracht RIKZ/2005/01651 dd. 5 januari 2006.

VER	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
1.1	ir. A.R. van Dongeren, Ph.D. en dr. J. Groeneweg	7-2-2006	na review MvG	dr. ir. M.R.A. van Gent	ir. W.M.K. Tilmans
1.2	ir. A.R. van Dongeren, Ph.D. en dr. J. Groeneweg	28-2-2006	na review RIKZ medewerkers & JD	ir. J. Dekker	ir W.M.K. Tilmans
1.3	ir. A.R. van Dongeren, Ph.D. en dr. J. Groeneweg	14-3-2006	na review G. Ruessink en MvG	dr. ir. M.R.A. van Gent	ir W.M.K. Tilmans

PROJECTNUMMER: H4750

TREFWOORDEN: SBW, Rijkswaterstaat, Waddenzee, Hydraulische Randvoorwaarden, SWAN

AANTAL BLADZIJDEN: 41

VERTROUWELIJK: JA, tot april 2006 NEE

STATUS: VOORLOPIG CONCEPT DEFINITIEF

Inhoud

1	Inleiding.....	1—1
1.1	Probleemomschrijving.....	1—1
1.2	Doel van de opdracht.....	1—2
1.3	Afbakening	1—2
1.4	Opzet van het rapport	1—3
2	Werkwijze.....	2—1
2.1	Opzet	2—1
2.2	Fasering	2—1
3	Beschouwing van de “HR-keten”	3—1
4	Plan van aanpak strategie onderbouwing golfrandvoorwaarden Waddenzee.....	4—1
4.1	Inleiding.....	4—1
4.2	Stappenplan	4—1
4.3	Uitwerking per element	4—3
4.3.1	Hindcast.....	4—4
4.3.2	Acceptatiecriteria.....	4—6
4.3.3	Analyse.....	4—8
4.3.4	Nieuwe bestaande meetdata	4—12
4.3.5	Correctiemethoden	4—14
4.3.6	Omgevingscondities	4—14
4.3.7	Golfmodel.....	4—17
4.3.8	Calibratie / Validatie	4—19
4.4	Kwaliteitsborging	4—23
5	Samenvatting en activiteiten 2006.....	5—1

I Inleiding

I.1 Probleemomschrijving

Volgens de Wet op de Waterkering (1996) moeten de Nederlandse primaire waterkeringen iedere vijf jaar (2001, 2006, 2011, enz.) getoetst worden op het vereiste beschermingsniveau aan de hand van de Hydraulische Randvoorwaarden (HR) en het Voorschrift op Toetsen op Veiligheid (VTV). Deze HR dienen elke vijf jaar opnieuw te worden afgeleid en vastgesteld door de Minister van Verkeer en Waterstaat.

Vooraf voor de Waddenzee is er onzekerheid over de kwaliteit van de huidige Randvoorwaarden. Dit komt omdat deze verkregen zijn uit een inconsistente set van metingen en ontwerpwaarden (WL, 2002a), terwijl voor de rest van de Nederlandse Kust (de Hollandse Kust en de Zeeuwse/Zuid-Hollandse Delta) gebruik wordt gemaakt van het golftransformatiemodel SWAN.

Er is op dit moment echter nog onvoldoende vertrouwen in het golfmodel, zodat het verkrijgen van betrouwbare randvoorwaarden met dit model in een gebied als de Waddenzee nog niet mogelijk is. Eén van de redenen voor dit onvoldoende vertrouwen is dat een eerdere versie van het golfmodel het doordringen van deining onvoldoende simuleert in een gebied dat sterkt lijkt op de Waddenzee (Nordermeyer Seegat, zie Kaiser en Niemeyer, 2001). Het vermoeden dat deze constatering ook geldt voor de Nederlandse Waddenzee en voor de huidige versie van het model (versie nummer 40.41ABa) moet door een modelverificatie (van hindcasts op basis van beschikbare data) onderbouwd worden. Metingen bij de Emmapolder in Groningen hebben namelijk uitgewezen dat deining een substantiële bijdrage aan de golfhoogte (orde 30%) heeft (pers. comm. F. den Heijer, RIKZ).

Dit probleem is de directe aanleiding voor de vraag van het deelproject "Sterkte en Belasting Waterkeringen (SBW) – Natuurrandvoorwaarden" aan WL|Delft Hydraulics om een Plan van Aanpak op te stellen waarin de strategie wordt bepaald voor het beantwoorden van de primaire vraagstelling: "Hoe te komen tot betrouwbare Hydraulische Randvoorwaarden voor het jaar 2011 voor het Waddengebied?" Naast het doordringingsaspect moet ook de algehele geschiktheid van het golfmodel SWAN in de Waddenzee bepaald worden en aangegeven worden welke verbeteringen noodzakelijk zijn om betrouwbare HR in de Waddenzee te kunnen afgeven.

Wij refereren hierbij aan de offerteaanvraag RIKZ/2005/06311 van 18 november 2005 en de opdrachtverlening RIKZ/2005/01651 van 5 januari 2006.

Dit Plan van Aanpak valt onder het project Sterkte en Belastingen Waterkeren omdat dit de taak heeft de kwaliteit van de modellen en methoden waarmee de HR worden afgeleid te verbeteren zodanig dat beheerders en deskundigen voldoende vertrouwen hebben om deze gereedschappen te gebruiken voor de vijfjaarlijkse toetsing (SBW, 2005). Dit gebeurt o.a. door metingen uit te voeren, en door methoden en modellen te ontwikkelen om de vertaalslag van de zogenaamde diep-water statistiek naar statistiek bij de waterkeringen te

kunnen maken en door de (zwaardere) belasting op en faalmechanismen van keringen te beschouwen.

Het voorliggende rapport bevat dit Plan van Aanpak. Het Plan beschouwt daarbij kort de gehele keten die gebruikt wordt om de Hydraulische Randvoorwaarden af te leiden en focust op de verbetering van de voorspelling van de golfrandvoorwaarden door het golfmodel dat nodig is om de vertaling van diep water naar waterkering te kunnen maken.

1.2 Doel van de opdracht

Het doel van de opdracht is om de vraag te beantwoorden welke strategie nodig is om de kwaliteit van de modellen en methoden te verbeteren zodat in 2011 betere Hydraulische Randvoorwaarden voor het Waddengebied afgegeven kunnen worden. Deze strategie is vorm gegeven in een Plan van Aanpak dat zowel de algemene strategie aangeeft als ook detailinformatie over de realisatie met een planning voor het eerste jaar (2006).

1.3 Afbakening

Zoals hierboven gesteld betreft dit Plan van Aanpak de strategie om de HR in de Waddenzee te verbeteren en richt zich vooral op een verbetering van het golfmodel. Met dit Plan van Aanpak kan de Projectleider SBW-Natuurrandvoorwaarden concrete acties in gang zetten om tot een daadwerkelijke verbetering van het golfmodel (in brede zin, dus inclusief omgevingscondities) ten behoeve van betrouwbaarder HR in de Waddenzee te komen.

Het Plan van Aanpak beslaat een deel van de taak van het deelproject "SBW-Natuurrandvoorwaarden" die zich uitstrekt over alle Nederlandse watersystemen, dus ook de andere delen van de kust, de estuaria, boven- en benedenrivieren en meren. Van al deze watersystemen is de Waddenzee het meest complexe gebied waar veel verschillende fysische fenomenen optreden terwijl in andere watersystemen vaak slechts enkele fenomenen dominant zijn. Dit betekent dat metingen en modelresultaten uit andere watersystemen toegepast kunnen worden om deelaspecten van de Waddenzee fysica geïsoleerd te bekijken. Aan de andere kant bevat het Plan van Aanpak een aantal generieke methoden die ook op andere watersystemen (vereenvoudigd) kan worden toegepast. Er moet daarbij voor gewaakt worden dat de keuzes die gemaakt worden om tot verbeteringen te komen niet strijdig zijn met keuzes die voor andere watersystemen (met name de Hollandse Kust en de Zeeuwse Delta) zijn.

Conform de opdracht focust het Plan van Aanpak op de verbetering van het golfmodel. Tijdens de uitvoering van deze opdracht bleek echter dat deze verbetering niet los gezien kan worden van de gehele keten waarmee HR worden bepaald. Deze keten zal dus als eerste worden geschetst en een aantal problemen dat door deskundigen meerdere malen is genoemd zal aangegeven worden.

Het Plan van Aanpak is ook relevant voor de Projectleiders SBW-Veldmetingen en SBW-Faalmechanismen omdat zij hun deelprojectplannen op elkaar moeten afstemmen en aan elkaar hun informatiebehoefte moeten toeleveren (Faalmechanismen aan Natuurrandvoorwaarden en Natuurrandvoorwaarden aan Veldmetingen). Er is dus een duidelijke onderlinge afhankelijkheid.

De doelstelling van SBW-Natuurrandvoorwaarden is om de methoden en modellen die nodig zijn voor de vertaalslag van diep-water statistiek naar de statistiek bij de waterkering zodanig te verbeteren qua nauwkeurigheid en betrouwbaarheid dat het mogelijk is om in 2011 betrouwbare HR af te kunnen geven. Het SBW project moet daarom al uiterlijk 2009 een state-of-the-art product (in de zin van het beste model/methode dat met vertrouwen gebruikt kan worden) opleveren zodat de sommen om deze HR te bepalen in het HR2011 project uitgevoerd kunnen worden. Dit product zou in een worst-case scenario één van de terugvalopties kunnen zijn, die in dit stuk beschreven zijn. Communicatie over en weer en afstemming met het Projectteam HR2011 (en zolang dat nog niet formeel bestaat het Projectteam HR2006) is dus noodzakelijk. Het is zeer wel mogelijk dat er in 2009 nog activiteiten lopen die niet op tijd afgerond kunnen worden voor gebruik voor de HR2011. Deze activiteiten zullen in de jaren na 2009 doorlopen en toeleveren aan het product dat voor de HR2016 gebruikt kan worden. Opeenvolgende HR-projecten zullen dus met steeds verbeterde modellen werken.

1.4 Opzet van het rapport

Het rapport is als volgt ingedeeld. In Hoofdstuk 2 wordt de werkwijze besproken. Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van de hele keten van metingen naar HR waarin het golfmodel past. Hoofdstuk 4 omvat het eigenlijke Plan van Aanpak voor verbetering van het golfmodel ter onderbouwing van de golf randvoorwaarden. In Hoofdstuk 5 wordt een samenvatting gegeven.

2 Werkwijze

2.1 Opzet

Het Plan van Aanpak is opgezet aan de hand van een ketenbenadering van metingen naar HR, zoals beschreven in Hoofdstuk 3. Een onderdeel hiervan betreft het golfmodel dat gebruikt wordt om de diep-water statistiek te vertalen naar de teen van de waterkering. De verbetering van dit golfmodel is onderwerp van het Stappenplan modelvoorspellingen, metingen en validatie, zoals beschreven in Hoofdstuk 4.

Per element van het Stappenplan is op basis van beschikbare literatuur en expertkennis een inventarisatie gemaakt van ontbrekende aspecten. Deze aspecten zijn voorgelegd aan een aantal deskundigen. De uitwerking van deze informatie leidt tot een analyse van de belangrijkste elementen met betrekking tot de Hydraulische Randvoorwaarden en tot een prioritering in de aanpak. Deze prioritering zal worden weergegeven in een tijdschema van uit te voeren werkzaamheden tot 2011 met een detaillering voor het jaar 2006.

2.2 Fasering

De werkzaamheden van deze studie vallen uiteen in drie deelfases:

1. inventarisatie en schrijven startnotitie
2. interviews
3. rapportage in de vorm van Plan van Aanpak

Fase 1: Inventarisatie en schrijven startnotitie

In deze fase is de beschikbare literatuur (deels in bezit van WL en deels bij RIKZ) geraadpleegd en een startnotitie geschreven. Deze startnotitie bevatte een eerste aanzet tot een Plan van Aanpak. In samenspraak met de Opdrachtgever is een lijst van te interviewen inhoudelijk deskundigen en belanghebbenden opgesteld, zie Tabel 1. De lijst van te interviewen personen omvat deskundigen van RIKZ, DWW, RIZA, Bouwdienst, deelprojectleiders SBW, de TU Delft, Alkyon en WL|Delft Hydraulics. De startnotitie is rondgestuurd aan de te interviewen personen.

Fase 2: Interviews

In deze fase zijn de deskundigen/belanghebbenden geïnterviewd. De interviews zijn gehouden in zeven sessies. Deskundigen die de sessies niet konden bijwonen hebben hun inbreng telefonisch en/of per email geleverd. De volgende personen zijn geïnterviewd in Fase 2 van het project:

Voornaam	Naam	Organisatie	Interviewdatum
Herbert	Berger	RWS, RIZA	19 jan
Marien	Boers	RWS, RIKZ	16 jan
Marcel	Bottema	RWS, RIZA	email 18 jan
Houcine	Chbab	RWS, RIZA	16 jan
Johan	Dekker	WL Delft Hydraulics	20 jan
Ferdinand	Diermanse	WL Delft Hydraulics	19 jan
Ulrich	Förster	RWS, DWW	23 jan
Frank	Heijer, den	RWS, RIKZ	17 jan
Gijs	Hoffmans	RWS, DWW	16 jan
Cornelis	Israël	RWS, RIKZ	telefoon 31 jan
Hans	Janssen	RWS, Bouwdienst	24 jan
Annette	Kieftenburg	RWS, RIKZ	17 jan
Mark	Klein Breteler	WL Delft Hydraulics	20 jan
Mark	Koningsveld, van	WL Delft Hydraulics	24 jan
Ad	Reniers	TU Delft	24 jan
Robert	Slomp	RWS, RIZA	19 jan
Henk	Verheij	WL Delft Hydraulics	26 jan
Gerbrant	Vledder, van	Alkyon	24 jan
Hans	Waal, de	RWS, RIZA	19 jan
Ard	Wolters	RWS, DWW	23 jan
Annette	Zijderveld	RWS, RIKZ	16 jan
Marcel	Zijlema	RWS, RIKZ en TU Delft	17 jan

Tabel 1: Lijst van geïnterviewde personen.

Deze personen hebben voorafgaand aan de interviews de startnotitie ontvangen. In de startnotitie is een concept van het Plan van Aanpak opgenomen, waaronder (eerdere versies van) de Figuren 1 en 2 uit het voorliggende document. Deze figuren vormen de basis van het Plan van Aanpak. In de startnotitie werden per element onderzoeksvragen gesteld en mogelijke activiteiten beschreven, om richting te geven aan de interviews. De te interviewen personen zijn de volgende vragen worden gesteld:

- Zijn er elementen in de cyclus die missen?
- Zijn er verbindingen (pijlen) die missen?
- Missen er onderzoeksvragen per element?
- Missen er activiteiten per element?
- Kunt u een prioriteit aangeven aan de activiteiten?

Fase 3: Rapportage

De startnotitie is op basis van deze gesprekken en op basis van aanvullende literatuur uitgewerkt tot het daadwerkelijke Plan van Aanpak dat beschreven wordt in Hoofdstuk 3 en 4. De Nederlandstalige verslagen van de interviews worden apart opgeleverd. In dit rapport is zoveel mogelijk de consensus uit de interviews opgenomen, samen met de unieke inzichten die sommige geïnterviewden hadden.

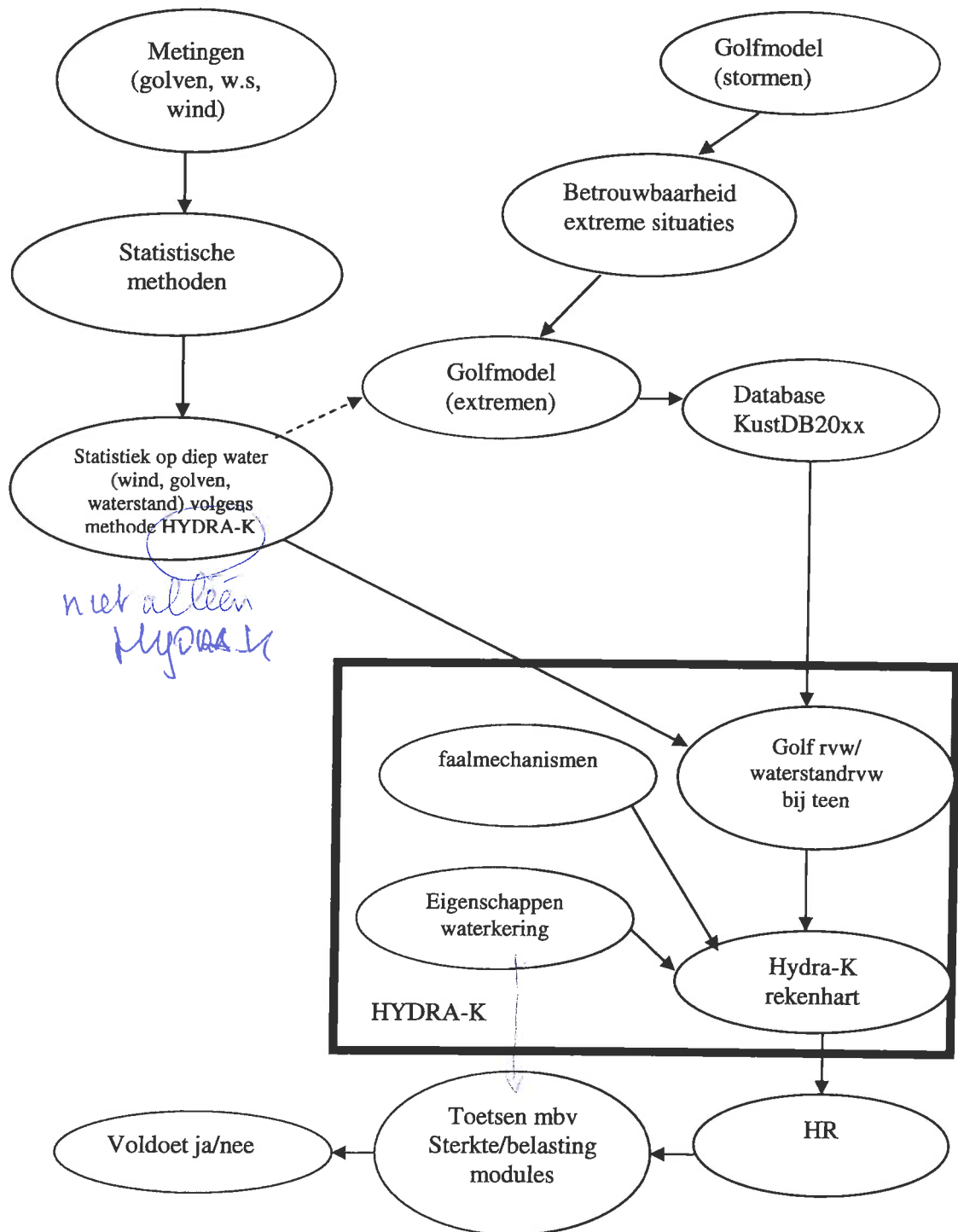
3 Beschouwing van de “HR-keten”

In dit Plan van Aanpak wordt in Hoofdstuk 4 een Stappenplan gepresenteerd waarmee het golfmodel verbeterd kan worden. De verbetering van dit golfmodel kan niet los worden gezien van andere onderdelen in de totale keten van golfmetingen naar Hydraulische Randvoorwaarden, zoals ook onderschreven werd door het merendeel van de geïnterviewde personen. Deze keten kan als volgt (enigszins vereenvoudigd) worden geschematiseerd zie Figuur 1. Deze keten is op dit moment van toepassing op de Hollandse Kust en de Zeeuwse Delta.

De keten begint linksboven met metingen van golven op relatief diep water, van waterstand in kuststations en van wind op landpunten. Deze metingen worden vertaald (geëxtrapoliseerd) naar extreme waarden van dezelfde grootheden. De diep-water statistiek van golven moet vertaald worden naar golfbrandvoorwaarden bij de teen van de kering door de toepassing van een transformatiematrix voor verschillende combinaties van wind, waterstand, golfhoogten per windrichting. Deze transformatiematrix, de database KustDB20XX (waarbij 20XX op dit moment 2006 is, maar in de toekomst bijvoorbeeld 2011) is gevuld met berekeningen uitgevoerd met het golftransformatiemodel SWAN (Booij et al., 1999; Zijlema en Van der Westhuijsen, 2005). De extreme waarden zijn dus niet direct invoer voor SWAN maar de extreme waarden worden wel gebruikt om het bereik van de door te rekenen combinaties te bepalen (vandaar de gestreepte pijl). Het schema geeft ook aan dat de transformatie wordt uitgevoerd met een golfmodel voor extreme condities, terwijl het gevalideerd en geaccepteerd is voor stormsituaties. Deze laatste stap vereist een acceptatieslag, die hieronder wordt uitgewerkt. Het golfmodel dat geaccepteerd is voor stormcondities (rechtsboven in Figuur 1) is het product van de cyclus die beschreven wordt in Hoofdstuk 4.

De golfbrandvoorwaarden bij de teen van de constructie, samen met de waterstandsrandvoorwaarden, de faalmechanismen en de eigenschappen van de constructie zijn opgenomen in de rekenmodule HYDRA-K (in het dikomrande kader). De statistiek en de transformatiematrix zijn invoer voor HYDRA-K. Deze module rekent op basis van al deze gegevens de maatgevende (meest kritische) combinatie uit: de Hydraulische Randvoorwaarde van golfhoogte, golfperiode, golfrichting en waterstand. Deze combinatie van waarden wordt in de huidige praktijk door de beheerders gebruikt om een deterministische toets van de kering uit te voeren door toepassing van de sterkte- en belastingmodules. De laatste twee stappen van toetsing en acceptatie zijn feitelijk geen onderdeel van de HR-keten maar worden voor de volledigheid wel genoemd in de Figuur.

Een analyse van deze keten (vooraf en tijdens de interviews in Fase 2) levert de volgende vragen en activiteiten op.



Figuur 1: Schematische weergave van de HR-keten

Onzekerheidsanalyse

Vrijwel alle geïnterviewden onderschreven de noodzaak van een integrale beschouwing van de hele keten door middel van een onzekerheidsanalyse. Deze keten moet eerst eenduidig worden vastgesteld omdat er op dit moment verschillende versies in omloop zijn (de

schematiseringen van RIKZ, RIZA en WL wijken in details van elkaar af). Daarna moeten de elementen geanalyseerd worden en de parameters bepaald. Van elk element moet de onzekerheidsmarge worden geschat waarbij moet worden aangegeven in welke mate deze gecorreleerd is met de onzekerheid in andere elementen¹.

Op deze manier wordt inzicht verkregen in de grootte van de onzekerheid in het uiteindelijke antwoord (de HR), welk element de grootste bijdrage heeft aan de totale onzekerheid en hoe een verbetering in één element doorwerkt in de uiteindelijke fout. Maar bovenal kan de uitkomst van deze analyse worden gebruikt om een kosten-baten analyse uit te voeren om te bepalen aan welk element met prioriteit moet worden gewerkt. Het kan namelijk voorkomen dat er een element is met een grote onzekerheid die echter niet tegen redelijke kosten gereduceerd kan worden. In dat geval is deze grootste onzekerheid maatgevend en bepaalt de noodzaak van de verbetering van de andere elementen.

Het prioriteringsinstrument dat ontwikkeld wordt onder het hoofdproject van SBW is het meest geschikte instrument waarmee deze analyse uitgevoerd kan worden. Dit komt omdat dit instrument beantwoordt aan de noodzaak van een ketenbenadering, waarbij de doorwerking van onzekerheden in een element bij andere elementen zichtbaar wordt gemaakt. Echter, dit instrument is nog niet voltooid en de oplevering is voorzien medio 2006. Het verdient de aanbeveling om al voor die tijd met behulp van een expertpanel de keten op te stellen en onzekerheidsmarges aan te geven.

Activiteit

0.1 Uitvoeren onzekerheidsanalyse.

De uitvoering dient zo spoedig mogelijk plaats te vinden. Het verdient de voorkeur om hiervoor het in juli 2006 op te leveren prioriteringsinstrument te gebruiken in combinatie met een expertpanel. De schattingen van de betrouwbaarheid per element gebeuren op basis van het inzicht van het panel (en is dus in zekere zin subjectief), het prioriteringsinstrument koppelt de elementen en maakt de doorwerking van onzekerheden inzichtelijk. Door toename van kennis en veranderende inzichten kunnen de schattingen veranderen. Het prioriteringsinstrument is derhalve een hulpmiddel, en geen doel op zich. Mocht oplevering van het prioriteringsinstrument voor medio 2006 niet kunnen plaatsvinden dan is het beste alternatief de studie met een expertpanel uit te voeren.

Aanvullend op de onzekerheidsanalyse moet een risicoanalyse worden uitgevoerd waarin de kritieke stappen worden geïnventariseerd en scenario's worden bepaald voor het geval bepaalde doelen niet haalbaar blijken te zijn. Zo'n risico-analyse dient uitgewerkt te worden in het Projectplan SBW(-Natuurrandvoorwaarden).

Statistische methoden (opschaling)

Diverse geïnterviewde deskundigen plaatsten vraagtekens bij de geldigheid van de methoden waarmee de opschaling van metingen naar extreme waarden uitgevoerd wordt. In deze methode is de fysica nog onvoldoende ingebouwd, bijvoorbeeld een beperking van de maximale golfhoogte bij gegeven diepte. Zulke fysische beperkingen beïnvloeden de

¹Een element van deze keten is het golfmodel dat ook een inherente onzekerheid heeft omdat de procesformuleringen een benadering zijn van de (extreme) werkelijkheid.

extreme waarden bij lage overschrijdingsfrequenties, zoals is aangetoond in WL (2005b). Daarnaast is onvoldoende inzicht in de onzekerheid van de statistische waarden.

Ook met betrekking tot de waterstand zijn er vragen naar aanleiding van numerieke simulaties van Van den Brink van het KNMI, die bij het berekenen van extreme meteorologische scenario's veel hogere waterstanden (enkele meters meer, pers. comm. C. Israel, RIKZ) vindt dan uit de extreme waarden analyse komt, zie ook Hoofdstuk 4.3.6.

Activiteit

0.2 Onderzoeken fysische grenzen extreme waarden

Teneinde na te gaan of de statistische opschaling naar extremen ook werkelijk tot realistische waarden (bijvoorbeeld voor golven juist lagere waarden vanwege de dieptebeperking en voor waterstanden juist hogere waarden) leidt, dient dit onderzoek, voortbouwend op WL(2005b) in 2006 of 2007 te worden uitgevoerd en afgerond voordat productiesommen in het kader van HR2011 worden gemaakt.

0.3 Bepaling betrouwbaarheid fysische opschaling

Teneinde de onzekerheid van de statistiek in kaart te brengen, dienen betrouwbaarheidsbanden om de afgeleide verdelingsfuncties te worden bepaald.

Probabilistisch model (Hydra modules)

Hydraulische Randvoorwaarden worden voor de verschillende watersystemen met verschillende HYDRA modules berekend. Zo bestaan nu Hydra-K(ust), -B(enedenrivieren), -VIJ (Vecht-IJsseldelta), -M(eren) naast elkaar. Uniformiteit op dit gebied is gewenst, zeker omdat bepaalde dijkringen aan verschillende watersystemen grenzen. Het grootste probleem bij de uniformering van modellen is de "methode de Haan" die in Hydra-K zit en slecht numeriek te integreren is (pers. comm. R. Slomp, RIZA).

Activiteit

0.4 Opstellen Programma van Eisen "Uniformering Hydra-modules"

Het uniformeren van de Hydra-modules dient te beginnen met het opstellen van een Programma van Eisen waarbij ook de huidige modules en de theorie die daaraan ten grondslag ligt (bijvoorbeeld de "Methode de Haan") geëvalueerd moeten worden. Deze activiteit heeft geen grote prioriteit. Voor 2011 kan nog volstaan worden met verschillende modules. Deze activiteit zou in HR-kader opgepakt kunnen worden.

Betrouwbaarheid in extreme situaties

In Hoofdstuk 4 wordt een cyclus beschreven waarmee het golfmodel, inclusief invoer en aansturing, zodanig verbeterd wordt dat het geaccepteerd kan worden voor stormcondities. Deze stormcondities zijn echter niet gelijk aan de extreme condities waarvoor het golfmodel in de HR-keten gebruikt wordt. De acceptatie van het golfmodel voor extreme situaties kan op een aantal mogelijke manieren geschieden:

- Laboratoriummetingen

Ten behoeve van de HR voor de Hollandse Kust is het golfmodel SWAN gecalibreerd (Alkyon, 2003) aan de hand van condities, die gemeten zijn bij de Pettemer Zeewering (Wolf, 1998) en geschaald in de Scheldegoot zijn uitgevoerd (WL, 1999 en Van Gent en

Doorn, 2001). Daarna is SWAN gevalideerd aan de hand van (geschaalde) extreme condities in de Scheldegoet. Dit gaf vertrouwen dat het model ook voor extreme omstandigheden toegepast kan worden in 1-D situaties. Voor 2-DH situaties is het nagenoeg onmogelijk om laboratoriummetingen uit te voeren die een geheel getij-inlaatsysteem beslaan. Een model van een getij-inlaatsysteem vergt een zeer groot bassin of een zeer kleine schaal, zodanig dat schaaleffecten en laboratoriumeffecten de resultaten zullen overschaduwen. Echter, voor deelaspecten op een ruimtelijke kleinere schaal (o.a. diffractie, diepte-beperkt breken, surfbeat) zijn laboratoriumproeven wel mogelijk.

- Veldmetingen

Het golfmodel kan daarnaast gevalideerd worden voor gemeten stormen die het meest lijken op extreme situaties (bijvoorbeeld een geval van springvloed en Noordwester storm met windkracht 9 of hoger). De vergelijking tussen gemeten stormen en verwachte extreme situaties kan gemaakt worden op basis van dimensieloze parameters. Hiervoor moet langdurig worden gemeten of moet gebruikt worden gemaakt van bestaande buitenlandse data, bijvoorbeeld van orkanen, zie ook Hoofdstuk 4.3.4

- Proceskennis

Als uit hindcasts blijkt dat fysische processen voldoende nauwkeurig gemodelleerd zijn, draagt dat ook bij tot acceptatie van het golfmodel onder extreme omstandigheden. Hiertoe is het voldoende om normale (storm) omstandigheden te beschouwen. Als de trend in het verloop van de golfparameters als de stormcondities intensiveren "logisch" is (m.a.w. volgens het fysische inzicht van deskundigen) dan kan het golfmodel geaccepteerd worden voor extreme condities. Dit aspect van acceptatie wordt verder beschreven in Hoofdstuk 4.3.2.

Net als de opschaling van de toepassing van het golfmodel is er ook sprake van een opschaling van de aannames van de extreme omgevingscondities. Hierbij moet gedacht worden aan de aannames omtrent de ruimtelijke en tijdsafhankelijke variatie van wind-, waterstands- en stromingsvelden. De gevoeligheid van de uitkomsten voor variaties in deze omgevingscondities is uitgewerkt in het volgende hoofdstuk.

Faalmechanismen

In het deelproject SBW-Faalmechanismen worden de faalmechanismen onderzocht. Voor SBW-Natuurrandvoorwaarden is het van belang te weten welke golfparameters (bijvoorbeeld welke periodemaat) gebruikt worden in deze mechanismen zodat de verbetering van het golfmodel zich mede hierop kan richten.

Activiteit

0.5 Afstemming golfparameters SBW-Faalmechanismen en SBW-Natuurrandvoorwaarden

De Projectleiders SBW-Faalmechanismen en SBW-Natuurrandvoorwaarden dienen deze afstemming op zeer korte termijn in 2006 te maken zodat de acceptatie van het golfmodel zich onder meer kan richten op de parameters (bijvoorbeeld de periodemaat) die van belang zijn. Dit zou opgezet kunnen worden in de vorm van een workshop met deskundigen op het gebied van golfmodellering en faalmechanismen onder leiding van de Projectleiders SBW-Faalmechanismen en SBW-Natuurrandvoorwaarden. Het produkt van deze workshop is een overzicht van gekoppelde golfparameters en

belastingparameters, hun afhankelijkheid en hun onzekerheidsmarge. Dit stuk vormt de basis voor de acceptatiecriteria, die uitgewerkt worden in Hoofdstuk 4.3.2. Tijdens de uitvoering van activiteiten binnen deze deelprojecten moeten resultaten over en weer gecommuniceerd worden.

Eigenschappen waterkering

Een grote onbekende voor het al dan niet falen van een kering is de sterkte. Dit aspect en dan vooral de reststerkte en de sterkte van het binnen(gras)talud werd door meerdere deskundigen genoemd. Dit onderwerp wordt in het deelproject SBW-Faalmechanismen opgepakt en daarom worden hier verder geen activiteiten ten behoeve van de analyse van de sterkte van de waterkeringen gedefinieerd.

4 Plan van aanpak strategie onderbouwing golfrandvoorwaarden Waddenzee

4.1 Inleiding

In de HR-keten (Hoofdstuk 3) zorgt het golfmodel voor de vertaling van offshore golfcondities naar golfrandvoorwaarden bij de teen van de kering. Het golfmodel is één grootste bronnen van onzekerheid in deze keten zoals uit de offerte aanvraag en de mening van de geïnterviewden blijkt. Zoals reeds gesteld in de afbakening van deze opdracht (Paragraaf 1.3) focust de onderbouwing van golfrandvoorwaarden in de Waddenzee op de verbetering van de kwaliteit van het golfmodel.

In dit hoofdstuk beschrijven we een Plan van Aanpak om te komen tot een golfmodel dat voldoende nauwkeurige golfcondities voor stormcondities en betrouwbare golfcondities voor extreme condities in de Waddenzee kan bepalen. Daarbij ligt de nadruk op de golfcondities nabij de harde keringen voor de dijken van Friesland, Groningen, Noord-Holland, de Afsluitdijk en aan de Waddenzee kant van de eilanden². Het Plan van Aanpak is opgebouwd rond een Stappenplan, dat bestaat uit een aantal elementen. Binnen deze elementen is geïnventariseerd wat onbekendheden (vragen) zijn, hoe die uitgewerkt moeten of kunnen worden en met welke prioriteit om te komen tot een golfmodel dat betrouwbare golfcondities voor de Waddenzee af kan leiden. Tevens wordt het bijbehorende tijdschema daarbij beschouwd.

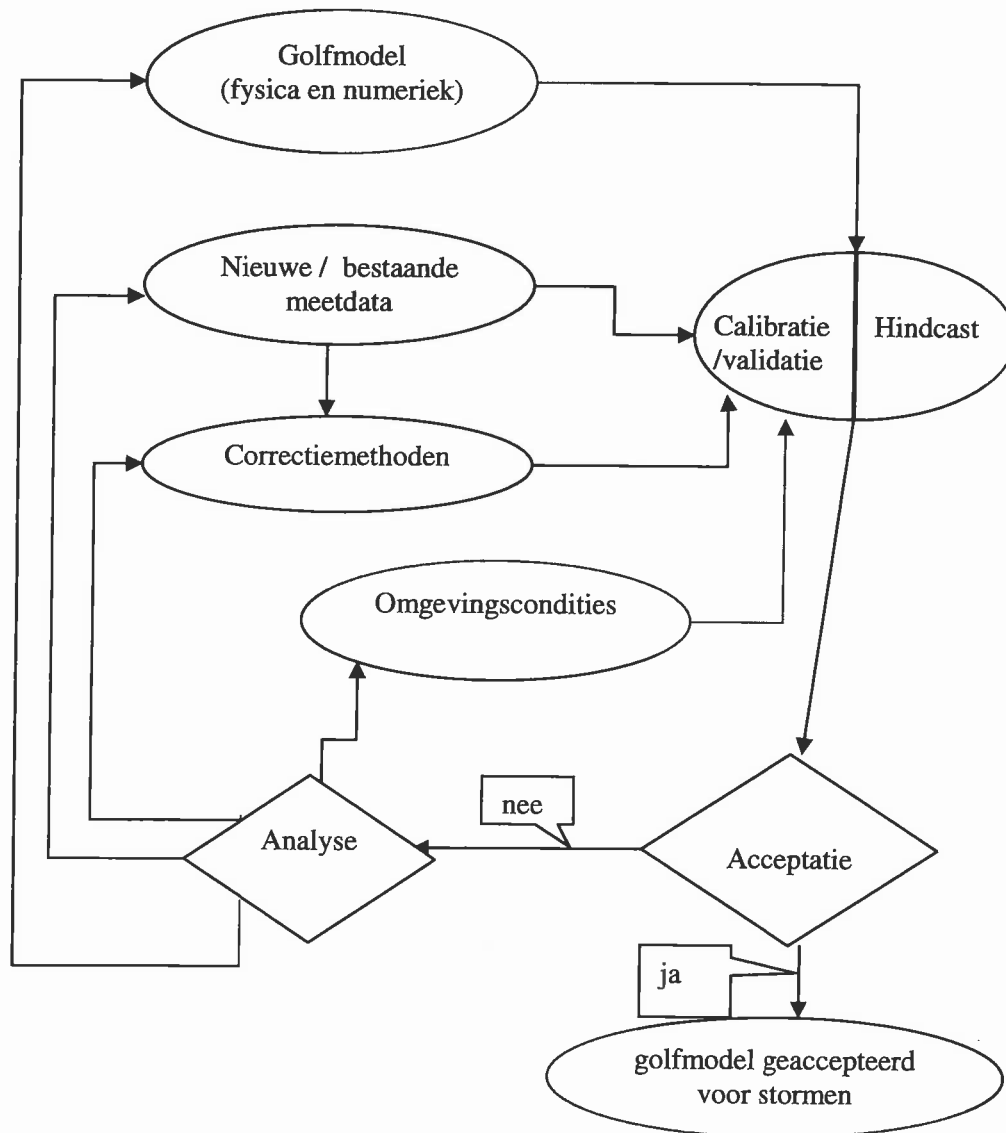
4.2 Stappenplan

De te bepalen strategie focust op een Stappenplan van modelvoorspellingen, meetdata, calibratie/validatie en modelverbeteringen met als uiteindelijk doel een betrouwbaar golfmodel te bepalen. In Figuur 2 is het Stappenplan schematisch weergegeven.

In de volgende sectie wordt in detail ingegaan op de elementen van het Stappenplan. Hieronder zullen we een korte beschrijving geven hoe het toegepast zou moeten worden. Het Stappenplan begint met het golfmodel. Aan de hand van bestaande meetdata zal in eerste instantie een hindcast worden uitgevoerd met de meest recente modelversie, op het moment van schrijven SWAN 40.41AB (zie <http://fluidmechanics.tudelft.nl/swan>). In deze versie is de nieuwe white-cappingformulering nog niet opgenomen. Indien uit de acceptatie volgt dat de golfrandvoorwaarden voldoende nauwkeurig zijn voor stormen, kan het model voor deze condities geaccepteerd worden. Het model is dan invoer in de HR-keten (Figuur 1; rechtsboven). De acceptatieslag van een golfmodel dat voldoet voor stormen naar een golfmodel dat voldoet voor extremere condities dient dan nog wel gemaakt te worden, zie het vorige hoofdstuk en Hoofdstuk 4.3.2.

² Zoals in Hoofdstuk 1.3 opgemerkt dient er hierbij voor gewaakt te worden dat keuzes die voor de Waddenzee worden gemaakt niet strijdig zijn met die voor andere watersystemen

Indien het model niet geaccepteerd kan worden voor stormcondities, dan zal aan de hand van een analyse moeten worden bepaald waardoor de grootste onzekerheden in de bepaling van de golfbrandvoorwaarden zitten. Er van uitgaande dat de metingen voldoende nauwkeurig zijn uitgevoerd, moet de oorzaak worden gezocht in het model zelf (fysica, numerieke aspecten) of in de invoer van het model (de omgevingscondities). Daarnaast kan uit de analyse volgen dat met slechts beperkte correcties op de bepaalde golfparameters voldoende nauwkeurige golfbrandvoorwaarden kunnen worden verkregen. Eén van de uitkomsten van de analyse kunnen zijn dat geschikte meetdata ontbreken en dat het noodzakelijk is nieuwe veldmetingen uit te voeren. De nieuwe meetdata worden samen met bestaande meetdata (al dan niet Waddenzee data) gebruikt in een calibratie en nieuwe validatie van het bestaande model. Uit deze studie volgen de modelresultaten met een optimale set calibratie coëfficiënten, waarbij ook de parameteronzekerheid in beschouwing wordt genomen.



Figuur 2: Schematische weergave van Stappenplan

In de Figuur worden de hindcasts en de calibratie/validatie in hetzelfde element genoemd omdat ze op dezelfde plaats in de cyclus voorkomen. Echter, ze hebben wel een verschillende functie en worden uitgevoerd op een verschillend moment: de hindcasts worden als eerste uitgevoerd en zijn bedoeld om de betrouwbaarheid te bepalen op basis van een beperkte, specifieke dataset van stormen. De calibratie/validatie vindt voor het eerst plaats nadat de cyclus een keer is doorlopen en is bedoeld voor het afregelen van de vrije parameters op basis van een veel bredere dataset.

Als de modelresultaten aan de acceptatie-eisen voldoen, kunnen golfrandvoorwaarden worden afgegeven. Als dat niet het geval is moet een analyse worden uitgevoerd welke volgende iteratiestap uitgevoerd moet worden om te komen tot nauwkeurige golfrandvoorwaarden.

Het doel van deze stappen is om zo efficiënt mogelijk te komen tot een golfmodel dat geschikt is om onbetrouwbare golfrandvoorwaarden langs de keringen in de Waddenzee af te leiden. Daarbij is het niet essentieel om alle elementen te vervolmaken, zolang het doel maar bereikt wordt, namelijk betrouwbare HR bij de waterkeringen.

4.3 Uitwerking per element

Het voordeel van dit schema is dat het de elementen laat zien die elk in de middellange termijn strategie (in eerste instantie tot 2011 en daarna tot 2016) beschouwd moeten worden. Bij elke activiteit per element moet dus worden bedacht wat de mate van belangrijkheid is voor het uiteindelijke doel. Het perfectioneren van elk van de elementen of onderdelen daarvan (dus bijvoorbeeld het perfecte golfmodel, de perfecte set metingen etc.) is niet het doel van de strategie. Met de uiteindelijke doelstelling in het vizier, volgt uit de analyse per element een prioritering en tijdsplanning voor de noodzakelijke activiteiten, die voor het eerste jaar gedetailleerd is uitgewerkt.

Het golftransformatiemodel SWAN (Booij et al., 1999; Van der Westhuijsen et al., 2004) is momenteel het beste operationele model om in gebieden ter grootte van de Waddenzee golfcondities onder extreme omstandigheden te bepalen. Het is onwaarschijnlijk dat dat voor 2011 zal veranderen. Andere spectrale modellen (ST-WAVE, Ref-Dif-S) zijn hoogstens gelijkwaardig aan SWAN en tijdsdomeinmodellen op basis van de Boussinesq-vergelijkingen of de niet-lineaire ondiepwatervergelijkingen zijn te rekenintensief voor een gebied met de afmeting van de Waddenzee. In het geval van de modellen op basis van ondiepwatervergelijkingen ontberen ze essentiële fysica. Bovendien wordt SWAN ook langs de rest van de Nederlandse kust gebruikt. In het Plan van Aanpak wordt daarom uitgegaan van SWAN als het toe te passen golfmodel. Dit laat onverlet dat bovengenoemde tijdsdomeinmodellen wel op deelgebieden en voor deelprocessen gebruikt kunnen worden.

Per element wordt beschreven wat uitgevoerd moet worden. Dit is informatie die in een offerteaanvraag kan worden opgenomen. In dit Plan wordt niet vastgelegd hoe dat moet worden uitgevoerd; dat is aan de opdrachtnemer.

4.3.1 Hindcast

Het golfmodel SWAN moet uiteindelijk in staat zijn om voldoende betrouwbare golfcondities nabij de keringen te bepalen. Daartoe moet het vertrouwen in de fysica voldoende groot zijn. Dit wordt bereikt door hindcast studies uit te voeren onder normale omstandigheden en onder stormcondities.

De nauwkeurigheid van de modelresultaten kunnen niet alleen worden vertaald in termen van bias. Systematische fouten kunnen nog zo klein zijn, echter als de onzekerheid (spreiding) groot is, zijn de modelresultaten niet betrouwbaar. Dit betekent dat de mate van betrouwbaarheid / nauwkeurigheid van de resultaten een schatting van de modelonzekerheid in zich moet hebben.

Doel

Het doel van dit onderdeel is het vergroten van het vertrouwen in de fysische formuleringen in SWAN aan de hand van hindcast studies.

Beschrijving

De performance van de meest recente SWAN versie in de Waddenzee onder normale omstandigheden en onder stormcondities moet worden bepaald aan de hand van een aantal hindcast studies. Omdat à priori niet duidelijk is hoeveel hindcasts uitgevoerd moeten worden, is het verstandig dit gestructureerd op te zetten. Door Alkyon/WL (2002) is een generieke methode ontwikkeld voor het hindcasten van gemeten stormen met SWAN. Deze methode geeft aan welke modelinvoer en modelaansturing gebruikt moet worden, wat de mogelijke modelonzekerheden zijn en hoe de modelresultaten gekwantificeerd moeten worden. Deze methode is al toegepast in hindcast studies door Haskoning (2003) en WL/Alkyon (2003a).

Omdat er vele processen zijn die de golfcondities in de Waddenzee beïnvloeden, kunnen we niet volstaan met het beschouwen van slechts één dataset. De beschikbare meetdata zijn echter schaars en daarom beschouwen we voorsnood onderstaande datasets. In het traject tot 2011 kan het model veranderen. Om het vertrouwen in het model te vergroten moeten aanvullende hindcasts worden uitgevoerd. Welke hindcasts dit moeten zijn, hangt af van het soort modelaanpassingen.

Om te voorkomen dat verschillen tussen de meetdata en de modelvoorspellingen worden veroorzaakt door een gebrekkige calibratie van het golfmodel, dienen de hindcasts goed gecalibreerde runs te zijn.

Norderney data

De eerste stap om te bepalen wat precies de redenen zijn voor de matige modelprestaties in de Waddenzee is het uitvoeren van een hindcast op de Norderney data (zie Kaiser en Niemeyer, 2001), voorafgegaan door een modelcalibratie (met een deel van de data). Indien beschikbaar kan gebruik gemaakt worden van het calibratie instrument beschreven in paragraaf 4.3.8. Naar verwachting is de oude formulering van white-capping één van de belangrijkste bronnen van de door SWAN onderschatte mate van doordringing van deining.

Dit kan worden onderzocht door de hindcast te herhalen met een versie van het SWAN model met verbeterde golfbrekkingsformulering (Van der Westhuysen et al., 2005).

Amelander Zeegat data

In aanvulling op de hindcast met Norderney data moet met SWAN een hindcast worden uitgevoerd op de stormen die recentelijk zijn gemeten in het Amelander Zeegat (RIKZ, 2004; Svasek, 2005). De meest landwaarts gelegen boei ligt overigens in een geul en niet bij de zeewering of op het wad. Aan de hand van een aantal validatieruns dient nagegaan te worden of de calibratie parameters, die zijn afgeleid voor de Norderney case, geschikt zijn voor de berekeningen in het Amelander Zeegat.

Bestaande data van golfdoordringing (over platen) tot bij de zeewering

De Amelander Zeegat data bevat geen en de Norderneyer Zeegat data bevat een beperkt aantal meetgegevens (SBW-Veldmetingen Internationaal, 2006, pers. comm. J. Dekker) dicht bij de zeewering waar echter wel golfrandvoorwaarden moeten worden afgegeven. Het lijkt dus van belang om meer meetdata nabij de zeeweringen te verzamelen. Dat is echter niet zinvol omdat zelfs in stormsituaties deze locaties wel eens droog kunnen blijven. Het is wellicht beter om een plek op het lagere wad te kiezen en te doen alsof de kering daar ligt. Om de performance van SWAN met betrekking tot de doordringing van deining over ondiepe voorlanden als platen te bepalen moet een aanvullende hindcast worden uitgevoerd. De eerste stap is om te inventariseren welke meetdata (bijv. Westerschelde, Afsluitdijk of een buitenlandse getijkom) in aanmerking komt (activiteit 4.2). Vervolgens moet deze hindcast daadwerkelijk worden uitgevoerd.

Activiteiten

1.1 Opzetten van een generiek instrument om hindcast studies uit te voeren.

Hierbij kan de initiële studie door Alkyon/WL (2002) en de toepassingen daarvan door Haskoning (2003) en WL/Alkyon (2003a) worden gebruikt. Dit moet verder worden uitwerkt teneinde voor alle uit te voeren hindcasts toepasbaar te maken.

1.2 Opzetten en calibreren van model voor uitvoeren van hindcasts voor Norderney en Amelander Zeegat.

Indien in stationaire mode gerekend wordt, moeten tijdstippen in de storm worden gekozen. Omdat niet ieder fysisch proces een even groot effect heeft op ieder tijdstip in de storm, moet niet alleen de piek van de storm worden beschouwd, maar meerdere tijdstippen in de storm. Op deze manier kunnen binnen een stormduur verschillende fysische processen gevalideerd worden (zie ook aanbeveling International Review Team, 2005). Voor de Norderney data moet een representatieve set tijdstippen worden gekozen, op basis waarvan het model voor Norderney wordt gecalibreerd. Voorafgaande aan de hindcast van de stormen in het Amelander Zeegat dient deze set calibratie parameters gevalideerd te worden.

1.3 Inventariseren van aanvullende meetdata voor golfvoortplanting over ondiepe platen.

Deze datainventarisatie moet betrekking hebben op relevante binnenlandse data (bijv. Westerschelde data van RWS en recent NIOO/WL) en buitenlandse data. Deze activiteit kan ondergebracht worden onder Activiteit 4.2.

1.4 Opzetten modellen voor aanvullende hindcasts.

Voor onder 1.3 geïnventariseerde data en voor tijdens het project ingewonnen meetdata moeten modellen worden opgezet om de (storm)data te kunnen hindcasten.

1.5 Uitvoeren hindcasts.

1.6 Analyseren van hindcasts.

Deze activiteit betreft het analyseren van de beperkte set, die hierboven beschreven is. (De hindcast op een grotere set is beschreven in Activiteit 3.3.) Naast het vergelijken van gemeten en berekende golfparameters, moet een grondige analyse naar mogelijke oorzaken van deze verschillen een eerste stap zijn voor modelverbetering.

Prioritering en tijdschema

De uitkomsten van de eerste hindcasts geven inzicht in de huidige stand van zaken en geven richting aan de verdere strategie. Daarom hebben deze activiteiten hoge prioriteit. Ter vergroting van het vertrouwen in het model dienen gedurende het gehele traject hindcast studies te worden uitgevoerd. In Tabel 2 is het tijdschema aangegeven, met daarbij per activiteit de afhankelijkheid binnen dit element is aangegeven. De activiteiten voor 2006 zijn gesplitst in “voor zomer” (dus hoge prioriteit) en “na zomer”.

	Activiteit	afh.	2006	2007	2008	2009
1.1	Opzetten generiek instrument hindcasts					
1.2	Modelopzet/calibratie/validatie Aml/Nrdney					
1.3	Inventarisatie meetdata ondiepe platen					
1.4	Modelopzet aanvullende hindcasts	1.3				
1.5	Uitvoeren hindcasts (incl. Aml/Nrdney)	1.2, 1.4				
1.6	Analyse hindcasts (incl. Aml/Nrdney)	1.5				

Tabel 2: Tijdschema hindcasts. NB: De afhankelijkheid van 1.5 van 1.4 geldt alleen voor de aanvullende hindcasts

4.3.2 Acceptatiecriteria

Uit de hindcasts of uit de calibratie/validatie fase volgt het modelresultaat, eventueel met een (nieuw bepaalde) optimale set calibratie coëfficiënten. Deze resultaten voldoen al dan niet aan de acceptatiecriteria. Deze acceptatiecriteria zijn tot op heden nog niet vastgesteld.

De op te stellen acceptatiecriteria hebben zowel een kwantitatief (objectief) als kwalitatief (subjectief) aspect. De kwantitatieve component is dat het golfmodel voldoende nauwkeurige golfparameters moet kunnen afgeven waarmee binnen nog te bepalen tolerantiegrenzen de belasting op de waterkeringen (bijvoorbeeld in termen van steenstabiliteit en golfoverslag) kan worden bepaald. Men rekent dus als het ware terug vanuit de belastingkant naar het golfmodel. Voor deze component is het voldoende om stormcondities te beschouwen.

De kwalitatieve component is dat er voldoende technisch vertrouwen is in de uitkomsten van SWAN: alle relevante fysica is goed (genoeg) gemodelleerd en de trends in de uitkomsten komen overeen met wat op basis van fysieke kennis verwacht kan worden. Naast technisch vertrouwen moet er ook politiek en operationeel vertrouwen zijn: de uitkomsten moeten uitgelegd kunnen worden en moeten voldoende onderbouwd zijn om mogelijk majeure infrastructurele ingrepen te rechtvaardigen. De kwalitatieve component is

vooral van belang voor de opschaling van de acceptatie van het golfmodel voor stormen naar de acceptatie onder extremen omstandigheden, zie ook het vorige hoofdstuk.

Doelstelling

Komen tot breed gedragen criteria op basis waarvan modeluitkomsten worden geaccepteerd om als golfrandvoorwaarden voor de waterkeringen te dienen.

Beschrijving

De uit te voeren activiteiten kunnen als volgt gedefinieerd worden:

2.1 Kwantitatieve acceptatiecriteria

Inventarisatie van het effect van onzekerheidsmarges in golfparameters op de belasting van de waterkering en de terugvertaling van de tolerantie marges in de belasting naar de eisen aan onzekerheidsmarges in de golfparameters. Dit onderdeel moet uitgevoerd worden in nauw overleg met het deelproject Faalmechanismen, waar de vertaalslag van golfparameters naar belasting wordt gemaakt.

2.2 Kwalitatieve acceptatiecriteria

Inventarisatie in samenwerking met beleidsbepalers, dijkbeheerders en ENW (voorheen TAW) om te bepalen waar de kwalitatieve acceptatiegrens van het golfmodel ligt.

2.3 Ontwikkelen van methode om de onzekerheid in de uitkomsten van SWAN te bepalen.

In deze activiteit is het doel om betrouwbaarheidsbanden rond de deterministische uitkomst van SWAN aan te geven. Deze banden moeten opgebouwd worden uit de cumulatieve onzekerheid van SWAN op basis van de afzonderlijke gevoeligheden voor invoergegevens en calibratieparameters. Een methode om dit te doen is via adjoint modellering, waarin niet de grootte (zoals golfhoogte) in het model wordt voortgeplant, maar de fout in de grootte. Voor SWAN is al een adjoint gemaakt door Walker (2001). Alternatieven zijn o.a. eerste orde benaderingen door modellinearisation en Markov Chain Monte Carlo. Afhankelijk van de precieze wensen en mogelijkheden dient een weloverwogen keuze gemaakt te worden.

Indien verbetering of correctie in het iteratieve stappenplan niet meer leidt tot verdere verbetering van de golfrandvoorwaarden bij de waterkeringen en er is nog niet voldaan aan de opgelegde acceptatiecriteria, dan moet er een terugvaloptie worden gedefinieerd.

2.4 Bepalen van terugvaloptie om randvoorwaarden te bepalen.

Bij het bepalen van een terugvaloptie kan gedacht worden aan een aantal mogelijkheden:

- De tot dan toe behaalde resultaten gebruiken en deze voorzien van onzekerheidsmarges.
- De bepaling van de golfhoogte bij de kering mede op basis van de lokale waterstand (vaste H/d verhouding)

- De golfparameters uitrekenen met simpeler 1-D modellen langs bepaalde trajecten
- Correctiemethoden toepassen (zie Sectie 4.3.6).
- Combinaties hiervan

Prioritering en tijdschema

Om te weten welke modeluitkomsten wel en niet acceptabel zijn, dient op korte termijn een inventarisatie en implementatie van de acceptatie criteria te hebben plaatsgevonden. De activiteiten voor het element “acceptatie” zijn daarom geconcentreerd in 2006 (zie Tabel 3) en hebben een hoge prioriteit.

	Activiteit	2006	2007	2008	2009
2.1	Kwantitatieve acceptatiecriteria				
2.2	Kwalitatieve acceptatiecriteria				
2.3	Ontwikkeling methode onzekerheidsbepaling				
2.4	Bepaling terugvaloptie				

Tabel 3: Tijdschema activiteiten acceptatie

4.3.3 Analyse

Indien de modelresultaten nog niet geaccepteerd kunnen worden zal moeten worden geanalyseerd wat de voornaamste oorzaak is van de onvoldoende nauwkeurigheid van de modelvoorspellingen. De modelresultaten kunnen op verschillende manieren verbeterd worden (zie Figuur 2):

- Verbetering van de fysica en de numerieke implementatie in het model;
- Vergroting nauwkeurigheid van de omgevingscondities (invoer en golftrandvoorwaarden);
- Toepassing van correctiemethoden, zie Hoofdstuk 4.3.5.

De stap van de analyse houdt dus een keuze in en daarom is het in Figuur 2 aangegeven als ruit.

Doelstelling

Op basis van al uitgevoerde studies naar de tekortkomingen in SWAN en aan de hand van analyses van hindcaststudies bepalen waar en hoe de modelvoorspellingen te verbeteren zijn.

Beschrijving

Het onderzoeken van mogelijke tekortkomingen van SWAN met betrekking tot de golftrandvoorwaarden in de Waddenzee vergt specialistische kennis. In eerdere onderzoeken (bijv. WL/Alkyon, 2002; WL/Alkyon, 2003b) zijn diverse tekortkomingen van SWAN aan het licht gebracht. Voor zover deze betrekking hebben op de Nederlandse binnenwateren

zijn deze samengevat in Alkyon (2005). Deze fysische en numerieke tekortkomingen (met name de windinput modellering) gelden echter ook voor de Waddenzee. In de Waddenzee spelen echter ook golfdoordringing, surfbeat (generatie lange golven), golf-stroom interactie (inclusief 3D effecten van stroming op golven) en golfgeïnduceerde set-up een rol. Daarnaast zijn de omgevingscondities (bodem, wind, waterstand, stroming, bodemruwheid en golfrandvoorwaarden) een bron van fouten. Van deze omgevingscondities heeft de bathymetrie een belangrijk effect op de golfcondities in de ondiepere delen van de Waddenzee, en met name voor de keringen. De vertaling van de windstatistiek die gemeten is op een aantal locaties op het land naar ruimtelijke en tijdsvariërende windvelden op open water is een bron van fouten in de lokale windgolfgroei. In mindere mate spelen de ruimtelijke en tijdsvariatie van stroming en waterstand een rol. Tijd- en ruimtevariaties in met name de wind zijn een reden om instationaire berekeningen uit te voeren.

Omdat de analyse zeer specifiek is, kan alleen op hoofdlijnen worden aangegeven welke activiteiten ondernomen moeten worden om na te gaan hoe nauwkeurigere modelvoorspellingen verkregen kunnen worden:

3.1 Gevoeligheidsanalyse numerieke aspecten.

Behalve een verbetering van de fysica zijn kwalitatief betere golfrandvoorwaarden te verkrijgen door een betere modelschematisatie, geënt op binnenzeeën zoals de Waddenzee. Te denken valt aan:

- Schematisatie van het rooster (leidend tot een voorschrift):
 - Kromlijinig versus rechthoekig, al dan niet genest: Een kritische beschouwing van de thans gebruikte kromlijnige roosters, die zijn ontworpen voor stromingsberekeningen, is noodzakelijk.
 - Geografische resolutie: Onderzoeken van noodzakelijke roosterafstand gegeven variaties in bodemprofielen, geometrie, waterstands-, stromings- en windvelden. Een uitgebreide analyse is gegeven door Witteveen en Bos (2004).
 - Spectrale resolutie: Onderzoeken van effect van keuze van resolutie in richtingsruimte en frequentieruimte, evenals cut-off frequenties en spectrale staart. Dit is nog niet uitgevoerd. Er zijn wel aanwijzingen voor een modelgevoeligheid voor deze instellingen (projecten in Hamma, Algerije en Dubai, VAE, pers. comm. J. Dekker)

Het afleiden van een voorschrift om te komen tot een rooster dat geschikt is voor het uitvoeren van nauwkeurige SWAN resultaten in het algemeen en in de Waddenzee in het bijzonder is noodzakelijk.

- Convergentie gedrag:

Beschouwing van de convergentiesnelheid en vooral het convergentie criterium (zie Van der Westhuijsen et al., 2004) dat mogelijk leidt tot een niet-geconvergeerde oplossing. Het convergentiegedrag is altijd al een heikel punt geweest en dient ook kritisch tegen het licht gehouden te worden.
- Discretisaties in geografische en spectrale ruimte:

Witteveen en Bos (2004) heeft een uitgebreide analyse naar discretisatiefouten op een regelmatig (genest) rooster uitgevoerd. Onderzocht moet worden of deze fouten vergelijkbaar zijn op een kromlijinig rooster. Een aanvullende analyse

naar de discretisatiefouten in spectrale ruimte is echter ook wenselijk maar dit is wellicht van minder groot belang.

3.2 Nauwkeurige analyse van hindcast resultaten

Hierbij moet men zich bewust zijn van het geheel of gedeeltelijk ontbreken van fysische processen in SWAN, zoals een mechanisme om lange golven te genereren,:

- Detailvergelijking tussen gemeten en berekende golfcondities in verschillende stadia van (niet noodzakelijk zware) stormen.
- Analyse van ruimtelijke verdelingen van berekende golfparameters, evenals berekende 1D en 2D spectra over een aantal verstandig gekozen raaien, zoals een raai door de keel van een zeegat rondom een eiland naar de achterkant van het eiland, een raai door de keel via de getijgeul naar het vasteland en een raai via de keel over een ondiepe plaat naar het vasteland, zoals voorgesteld door WL (2002b) en onderschreven door het International Review Team (2003). Dit houdt een soort trajectcontrole in. Om dit te kunnen uitvoeren moet er wel op punten langs de trajecten gemeten worden, zie Hoofdstuk 4.3.4.

Deze hindcast is aanvullend op de initiële hindcasts die in Activiteit 1.6 zijn besproken.

3.3 Gevoeligheidsanalyse van fysica en omgevingscondities op golfcondities nabij waterkeringen ter prioritering van de verschillende processen.

In eerdere studies zijn al gevoeligheidsstudies uitgevoerd. Zo is in WL/Alkyon (2003b) vastgesteld dat bodemwrijving over het hele domein, de bodem bij kleine waterdiepten en diepte-geïnduceerd breken nabij de waterkeringen het grootste effect op de golfcondities hebben. Echter, ten opzichte van bijvoorbeeld de wind-input zal diepte-geïnduceerd breken nauwelijks nauwkeuriger gemodelleerd kunnen worden. Daarom is in WL/Alkyon (2003b) een prioritering gemaakt van processen en omgevingscondities die niet alleen een grote invloed hebben op de golfcondities nabij de waterkeringen maar ook verbetering behoeven en mogelijk is. In Tabel 4 is deze prioritering aangegeven, aangevuld met de modellen waarmee de invloed van de processen is onderzocht, c.q. in deze activiteit onderzocht kan worden. Veelal is het model SWAN gebruikt. Resultaten uit deze gevoeligheidsstudies dienen te worden aangevuld met aanvullende gevoeligheidsstudies waarbij het effect van in SWAN ontbrekende fysica wordt beschouwd. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van andere numerieke modellen. Met het model Ref/Dif kunnen de effecten van refractie en diffractie rond eilandkoppen worden onderzocht. In SWAN ontbreekt een mechanisme voor de opwekking van lange golven als gevolg van niet-lineaire wisselwerkingen. Delft3D-Surfbeat kan worden toegepast voor de opwekking van lange golven door variaties in het golfveld op de golfgroepschaal. Tenslotte is Delft-FLS geschikt voor de bepaling van de doordringing van deining (ter vergelijking van resultaten met nieuwe whitecapping formulering in SWAN) en het breken van lange golven op de platen.

proces	onderzoeksmodel
bathymetrie	SWAN
bodemwrijving	SWAN
wind input	SWAN
generatie lange golven	Delft3D-Surfbeat / laboratorium
vier-golf wisselwerkingen	SWAN
breken op diepte	SWAN
whitecapping	SWAN (aanvulling Delft-FLS)
effect stroming op golven	WAQUA / Delft3D gekoppeld met SWAN
refractie	RefDif / Delft-FLS

Tabel 4: Prioritering van processen en omgevingscondities in de Waddenzee die voor verbetering vatbaar zijn m.b.t. golfcondities nabij waterkeringen (bron: WL/Alkyon, 2003b)

3.4 Scenario berekeningen instationair rekenen

De afmetingen en complexiteit van de Waddenzee hebben tot gevolg dat de omgevingscondities van golfrandvoorwaarden, waterstand en wind niet stationair in de tijd en ruimtelijk uniform zullen zijn. Daarom moet onderzocht worden of instationair rekenen een verbetering in de modelresultaten kan brengen. Inzicht hierin wordt verkregen door stationaire en instationaire SWAN modelresultaten voor een stormscenario te vergelijken, waarbij als benchmark de gemeten stormen kunnen dienen. Echter, voor het goed uitvoeren van instationaire berekeningen is meer informatie nodig dan nu voorhanden is, vooral op het gebied van de ruimtelijke en tijdsafhankelijke verdeling van windvelden. Dit dient binnen deze activiteit verder uitgezocht te worden, bijvoorbeeld in overleg met KNMI.

Prioritering en tijdschema

De gevoeligheidsanalyses moeten allereerst worden uitgevoerd om de juiste prioritering in de aanpak van de fysica en de numerieke aspecten in het model en de modelinvoer te bepalen. Daarbij dient te worden opgemerkt dat het model numeriek op orde moet zijn en dienen gecalibreerde hindcasts te zijn uitgevoerd, alvorens de fysica in het model wordt verbeterd. De analyse van de verschillende hindcasts vindt gedurende het gehele traject plaats (zie Tabel 5).

	Activiteit	2006	2007	2008	2009
3.1	Gevoeligheidsanalyse numerieke aspecten				
3.2	Analyse hindcasts				
3.3	Gevoeligheidsanalyse fysica/modelinvoer				
3.4	Scenario som instationair rekenen				

Tabel 5: Tijdschema activiteiten analyse

4.3.4 Nieuwe bestaande meetdata

Goede meetdata zijn essentieel voor de validatie, calibratie en verbeteringen aan het golfmodel. De data zijn deels faciliterend aan de verificatie van processen of het verkrijgen van (voldoende nauwkeurige) omgevingscondities, en deels aan de validatie van golftrandvoorwaarden. Het is van belang om zoveel mogelijk bestaande en voor de Waddenzee relevante data in het ontwikkeltraject te betrekken.

Doelstelling

Inventariseren van relevante beschikbare meetdata en bepalen van behoefte aan meetdata ten behoeve van de verificatie van processen in het golfmodel en validatie van resultaten verkregen met het golfmodel.

Beschrijving

Alvorens een inventarisatie naar de beschikbaarheid van metingen uit te voeren en/of nieuwe metingen te initiëren dient het doel van de metingen helder te zijn. De activiteiten kunnen als volgt gedefinieerd worden:

4.1 Bepalen van doel van de metingen

Een belangrijke activiteit die met prioriteit moet worden aangepakt is de meetbehoefte. Deze vraag moet gezamenlijk beantwoord worden door de deelprojecten SBW-Veldmetingen en SBW-Natuurrandvoorwaarden. Dit kan in de vorm van een workshop met deskundigen op het gebied van golfmodellering en veldmetingen (in eenzelfde vorm als Activiteit 0.5). Als het doel van de metingen is om de statistiek van de golfcondities op te bouwen dan moet met andere instrumenten, op andere locaties en met een langere meetduur worden gemeten dan als het gaat om verificatie van de processen ten behoeve van het verkrijgen van een beter fysisch model of het afleiden van correctiefactoren. Voor eerstgenoemde is de totaal beschikbare meetduur tot 2011 te kort om een betrouwbare extrapolatie uit te kunnen voeren naar extreme omstandigheden. Er moet dus zeker na 2011 doorgemeten worden. Het International Review Team (2003) heeft al aangegeven dat procesmetingen in het veld lastig zijn en dat beter gemeten kan worden in verschillende regimes. Dit stemt overeen met het voorstel van WL (2002b) om te meten langs drie trajecten: langs een raai door de keel van een zeegat rondom een eiland naar de achterkant van het eiland, langs een raai door de keel via de getijgeul naar het vasteland en langs een raai via de keel over een ondiepe plaat naar het vasteland. Door verschillende tijdsintervallen van een storm te bekijken is het mogelijk om verschillende fysica te isoleren, zie ook Activiteit 1.2.

4.2 Inventarisatie van (voor de Waddenzee relevante) bestaande meetdata of lopende meetcampagnes (laboratorium en veld).

Zodra in 4.1 bepaald is wat gemeten moet worden kunnen bestaande meetdata geïnventariseerd worden en op hun kwaliteit en beschikbaarheid beoordeeld worden. Uit een aantal meetcampagnes is golfdata beschikbaar, zowel verkregen in Nederland (Westerschelde, Petten, Amelander Zeegat, IJsselmeer, Sloterveer) als in het buitenland (o.a. Norderney, Sleeswijk-Holstein, Denemarken, Golf van

Tehuantepec in Mexico, Tai-Hu meer in China en diverse kustlocaties in VS en Australië). In het geval van de VS en Australië kan gedacht worden aan data in getij-inlaatsystemen of van boortorens op ondiep water, die ingewonnen is tijdens orkanen/typhonen. Met name de buitenlandse meetdata moet op hun merites worden beoordeeld voor de bepaling van de golftrandvoorwaarden in de Waddenzee. Uit een korte beschouwing blijkt dat vooral een meettraject over een plaat naar de kering ontbreekt. Dit signaleert een behoefte om deze data in de Waddenzee in te gaan winnen.

4.3 Initiëren van nieuwe meetprogramma's

De behoefte naar het uitvoeren van nieuwe metingen volgt uit het resultaat van de activiteiten 4.1 en 4.2. Aan de voorwaarden voor meetlocaties in de Waddenzee is al uitwerking gegeven in verschillende studies, met name drie rapporten over wat, waar en hoe te meten: WL (2002b), Hoekstra en Hoitink (2002) en Stelwagen (2002). Op basis van deze literatuur is al een eerste monitoringsnetwerk geplaatst in het Amelander Zeegat. De eerste meetresultaten zijn beschreven in RIKZ (2004) en Svasek (2005). Op basis van de meetbehoeften ter verbetering van het golfmodel zal gedurende het traject invulling gegeven moeten worden aan de inrichting van het meetprogramma. Ook op de voorwaarden voor deze metingen is in de 3 genoemde rapporten uitvoerig ingegaan.

Zoals al opgemerkt, ontbreekt het momenteel aan meetdata nabij de waterkeringen in de Nederlandse Waddenzee. Het lijkt echter niet zinvol om bij veldmetingen bij de teen van de waterkering te meten omdat zelfs in stormsituaties deze locaties (op +2.0m N.A.P.) wel eens droog kunnen blijven. Het is wellicht beter om een plek op het lagere wad (op bijv. +0.5 m N.A.P.) te kiezen en te doen alsof de kering daar ligt, of om laboratorium metingen uit te voeren.

De daadwerkelijke inrichting van meetcampagnes is onderdeel van het deelproject SBW-Veldmetingen. Toch moet in nauw overleg met SBW-Natuurrandvoorwaarden o.a. de volgende aspecten worden beschouwd:

- Welke grootheden moeten worden gemeten?
- Welke (voor de validatie van het golfmodel) benodigde randvoorwaarden moeten gelijktijdig op andere wijze worden ingewonnen?
- Welke meetinstrumenten moeten worden toegepast voor het te bemeten proces, wat is de benodigde meetduur en meetnauwkeurigheid?
- Wat is de benodigde doorlooptijd van de meetcampagne?
- Hoe moet de data bewerkt en opgeslagen worden?

4.4 Vergroting statistische betrouwbaarheid van Waddenzee data.

Om te voorkomen dat de korte meetduur leidt tot data die niet betrouwbaar genoeg zijn ter validatie van de golftrandvoorwaarden, moet wellicht gezocht worden naar methoden om betrouwbaardere schattingen te krijgen. Hierbij kan o.a. gedacht worden aan modelsimulaties, laboratoriumproeven voor extreme condities en meetdata uit andere gebieden.

Prioritering en tijdschema

Inventarisatie van het meetdoel enerzijds en bestaande meetdata anderzijds dient zo snel mogelijk plaats te vinden om de hindcasts en gevoeligheidsanalyses uit te kunnen voeren. De vergroting van de statistische betrouwbaarheid hoeft niet op korte termijn plaats te vinden. Het tijdschema is weergegeven in Tabel 6.

	Activiteit	afh.	2006	2007	2008	2009
4.1	Bepalen meetdoel					
4.2	Inventarisatie bestaande meetdata					
4.3	Initiëren nieuwe meetcampagnes	4.1				
4.4	Vergroting statistische betrouwbaarheid					

Tabel 6: Tijdschema activiteiten meetdata

4.3.5 Correctiemethoden

De lange lus naar betere golfrandvoorwaarden is via modelverbeteringen. Wellicht is dit niet altijd noodzakelijk en kan via het toepassen van correctiemethoden voldoende nauwkeurige waarden worden verkregen voor de golfrandvoorwaarden in de Waddenzee. Een nadeel is dat op voorhand echter niet duidelijk is of dit ook tot (kwalitatieve) acceptatie zal leiden voor extreme omstandigheden. Het is immers dan nog steeds de vraag of er wel voldoende vertrouwen is in het gebruikte golfmodel SWAN. Een ander nadeel is dat er – om correctiemethoden te kunnen bepalen – aanvullend gemeten moet worden. Om deze redenen ligt het voor de hand allereerst te proberen SWAN te verbeteren op essentiële aspecten, en pas in een later stadium – en alleen in uiterste noodzaak – correctiemethoden te bepalen (pers. comm. C. Israel, RIKZ).

In feite heeft de correctie dan betrekking op in SWAN ontbrekende processen. Met correctiemethoden kan alleen voor de systematische fout (“bias”) gecorrigeerd worden en niet voor de spreiding in de resultaten. Om die te verkleinen blijven modelverbeteringen of verbeteringen in de omgevingscondities nodig.

4.3.6 Omgevingscondities

Om de golftransformatie uit te rekenen heeft SWAN invoer, hier genoemd “omgevingscondities”, nodig. Dit betreft:

- Bathymetrie en topografie (onder en boven water);
- Windvelden;
- Waterstanden;
- Golf-/wind-/getij-gedreven stroming;
- Offshore golfrandvoorwaarden verkregen m.b.v. andere (grofmazigere) modellen of geëxtrapoleerde meetdata
- Bodemruwheid

Genoemde omgevingscondities hebben invloed op de nauwkeurigheid van de golfcondities nabij de waterkering. De grootte van deze invloed volgt ook uit de gevoeligheidsanalyse in

Sectie 4.3.3. De invoer is gebaseerd op gemeten waarden (al dan niet opgeschaald aan de hand van extreme waarden analyse) in een aantal meetlocaties. Om als invoer voor SWAN te dienen moet deze lokale informatie naar globale informatie worden vertaald. In deze sectie focussen we op genoemde vertaalslag en beschouwen we de metingen (verkregen via deelproject SBW-veldmetingen) als uitgangspunt.

Doelstelling

Het verkrijgen van voldoende nauwkeurige SWAN invoer uit lokale (meet)data, teneinde nauwkeurige golfvoorspellingen nabij de waterkeringen te verkrijgen.

Beschrijving

Bodem

De bathymetrie (onder water) en topografie (boven water) is via lodingen, laser altimetermetingen vanuit vliegtuigen en GPS metingen vanaf een voertuig bekend op een relatief fijn rooster. Wat dit betreft is de bodem ruimtelijk beter bekend dan de andere omgevingscondities die slechts op bepaalde locaties bekend zijn. Het is een beleidskeuze dat de huidige bodem wordt gebruikt en dat er voor het toetsen geen rekening hoeft te worden gehouden met lange-termijn morfologische veranderingen. Echter, de gemeten bodem heeft een inherente onnauwkeurigheid en is onderhevig aan veranderingen. Grofweg kunnen drie tijdschalen worden onderscheiden: bodemveranderingen in een aantal jaren, tussen meetmoment en storm, en tijdens een storm. Deze laatste twee veranderingen moet wel meegenomen moet worden.

6.1 Effect van bodemveranderingen tijdens stormen

Op basis van de gevoeligheidsanalyse m.b.t. de bodem in Sectie 4.3.3 kunnen conclusies getrokken over het effect van bodemveranderingen die tijdens stormen optreden. Om dit te doen moet wel de omvang van de bodemverandering bekend zijn. Deze kan bepaald worden door middel van metingen voor en na een storm of morfologische studies met een geavanceerd model als Delft3D, dat echter nog niet vaak voor morfodynamische studies in het binnengebied van de Waddenzee is toegepast (wel voor zeegaten en in de Westerschelde).

Wind

Gegevens van wind worden slechts op een aantal landlocaties ingewonnen. Voor gebruik in produktiesommen moeten deze puntmetingen eerst via extreme-waarden statistiek worden geëxtrapolleerd naar maatgevende windcondities. Deze extrapolatie geeft op dit moment voor een gegeven overschrijdingskans grotere windsnelheden op binnenlandse locaties dan voor kustlocaties. De reden hiervan is de “kromming” in de puntenwolk (RIZA, 2003). Deze puntstatistiek moet daarna vertaald worden naar ruimtelijke windvelden waarvan op dit moment nog weinig bekend is, vooral als het gaat over het ruimtelijk patroon van een depressie die bij een extreme waarde hoort. Naast de vertaling van punt naar veld zijn de overgang van land naar water (ruwheidsverschillen), en de winddragformulering (C_d waarde) niet goed bekend. Een eenduidig windmodel waarmee dit uitgevoerd worden ontbreekt op dit moment (pers. comm. De Waal, RIZA). De verbeterde winddrag-

modellering (de overgang van wind naar water) is een modelverbetering van SWAN (zie volgende paragraaf). Al deze elementen dragen bij aan onnauwkeurigheden in het windveld, dat onnauwkeurigheden in de lokale golfgroei veroorzaakt. Deze lokale golfgroei is met name van belang voor de westelijke Waddenzee.

6.2 Ontwikkelen van een windmodel

Met het te ontwikkelen model kunnen windgegevens in een beperkt aantal locaties vertaald worden naar een windveld, rekening houdend met bovengenoemde aspecten die in een complex gebied als de Waddenzee optreden. Een uitgebreide studie door RIZA (2003) kan hierbij als startpunt dienen. Deze methode is echter gebaseerd op interpolatie op meso niveau. Het KNMI adviseert een interpolatie op macro niveau.

Stroming

Met de huidige stromingsmodellen als WAQUA en Delft3D-Flow zijn we in staat de stroming en waterstand te bepalen op een ogenschijnlijk voldoende nauwkeurige wijze. Echter, er is een verschil tussen het gedrag van stromingen tijdens stormcondities en onder extreme condities. Daar waar tijdens stormcondities de stroming door de zeegaten via de geulen wordt geleid en min of meer een noord-zuid richting aanhoudt, lijkt de Waddenzee zich onder extreme omstandigheden bij vloed vanuit Marsdiep te vullen waardoor een west-oost stroming ontstaat (Alkyon, 2001). In het laatste geval staan de dominante windgolven haaks op de stromingsrichting en zal het effect van stroming op golven kleiner zijn. Echter, in dit rapport is maar één conditie bekeken en in de toekomst moeten dit soort scenario's nader onderzocht worden. Daarnaast moet het effect van 3D stroming (vooral diepte afhankelijkheid) op het golfveld onderzocht worden omdat op dit moment SWAN nog rekent met een diepte-gemiddelde stroming.

6.3 Via numeriek modelonderzoek bepalen in hoeverre de stroming in stormsituaties verschilt van die in extreme situaties

Deze studie op basis van extreme stormscenario's zou in samenwerking met het KNMI en op basis van Alkyon (2001) uitgevoerd kunnen worden.

6.4 Onderzoeken effect van verticale variatie van stroomprofielen op golfvoorzijdeling

Deze studie zou uitgevoerd kunnen worden door modelonderzoek met SWAN in combinatie met Delft3D voor het specifieke geval van de Waddenzee. Deze vraag speelt ook al in andere estuaria in het buitenland waarvoor Delft3D wordt ingezet.

Waterstand

De waterstand in extreme condities wordt op dit moment verkregen uit de extrapolatie van waterstandsmetingen in kuststations. In deze metingen zit het effect van zowel getij als windopzet, wat enige "datavervuiling" geeft. Recent onderzoek van Van Den Brink van het KNMI (pers. comm. C. Israel, RIKZ) heeft aangetoond dat scenario's met extreme windcondities en depressies veel hogere waterstanden veroorzaken dan vanuit de extrapolatie van metingen aangenomen wordt

In de SWAN berekeningen wordt de uit metingen bepaalde waterstand ruimtelijk uniform aangenomen. Omdat de metingen aan de kust zijn gedaan is de waterstand daar “goed” maar wordt de waterstand in de offshore locaties overschat omdat daar de windopzet kleiner is dan aan de kust. Voor de Hollandse kust zal dit effect klein zijn maar juist in de Waddenzee kan een iets lagere waterstand op de buitendelta en op de platen niet verwaarloosbare (en voor de HR gunstige) effecten hebben.

6.5 Onderzoeken effect van niet-uniforme waterstand

In plaats van het toepassen van uniforme waterstandsvelden op basis van metingen kan een waterstandsmodel zoals WAQUA of Delft3D worden gebruikt en kan de gevoeligheid van de HR voor variaties worden afgetast

Prioritering en tijdschema

Omdat naar alle waarschijnlijkheid zowel bodem als wind grote invloed heeft op de nauwkeurigheid van de golfcondities in de Waddenzee in het algemeen en nabij de waterkeringen in het bijzonder, is het belangrijk om de ontwikkeling van een nauwkeurige bepaling van windvelden vroegtijdig in gang te zetten en tijdig kennis te hebben van het effect van bodemveranderingen. Deze activiteiten stellen wij voor in 2006/2007 uit te voeren (zie Tabel 7). Het bepalen van het verschil onder stormcondities en onder extreme condities kan later worden onderzocht, omdat deze problemen van ondergeschikt belang zijn ten opzichte van de andere activiteiten en omdat het parallel uitvoeren van studies die op elkaar voortbouwen afstemmingsmoeilijkheden kan veroorzaken.

	Activiteit	2006	2007	2008	2009
6.1	Bepalen effect bodemveranderingen				
6.2	Ontwikkeling windmodel				
6.3	Verschil storm vs. extreem i.g.v. stroming				
6.4	Onderzoeken effect stroomprofielen				
6.5	Onderzoeken effect niet-uniforme waterstand				

Tabel 7: Tijdschema activiteiten omgevingscondities

4.3.7 Golfmodel

In een complex systeem als de Waddenzee spelen ingewikkelde processen als golf-stroom interactie, niet-lineaire golf-golf wisselwerkingen, diffractie en refractie een belangrijke rol. Daarnaast hebben Kaiser en Niemeyer (2001) aangetoond dat SWAN onbetrouwbare resultaten geeft in het gebied rond Norderney, een gebied dat vergelijkbaar is met de getjebekkens in de Nederlandse Waddenzee. De gebrekkige doordringing van deining is als belangrijke boosdoener aangemerkt. Zoals eerder in dit Plan beschreven moet deze validatie met de meest recente versie van het model opnieuw gedaan worden.

Doelstelling

Het aanpassen en toevoegen van essentiële fysische en numerieke aspecten in SWAN, teneinde met het aangepaste model nauwkeurige golfvoorspellingen nabij de waterkeringen te verkrijgen.

Beschrijving

Uit de analyses van hindcasts (Activiteit 1.6) en nadere analyses (Activiteit 3.3) zou kunnen blijken dat een verbetering van de modelfysica nodig is. Hierbij moet gedacht worden aan de volgende processen:

- Golfgeneratie door wind
- Golf-golf interactie
- Golf-stroom interactie
- Golfbreking en bodemwrijving
- Refractie en diffractie

Deze processen zijn al in SWAN gemodelleerd maar zijn voor verbetering vatbaar als blijkt dat de omgevingscondities van wind, waterstand, stroming en bodem een kleine of grote invloed hebben. Mocht de wind belangrijk zijn moet ook de winddragformulering in SWAN (vooral voor extreme omstandigheden) aangepast worden. Er zijn indicaties (Makin, KNMI) dat de winddragcoëfficiënt afneemt met toenemende windsnelheid: de golftoppen worden weggeblazen en de toenemende wind heeft minder “vat” op de golven. Mocht de bodem belangrijk zijn dan moeten die processen die afhankelijk zijn van de bodemligging (wrijving, breken) aangepakt worden. Mocht de stroming een groot effect hebben in extreme scenario's dan moet de golf-stroom interactie term in SWAN geherformuleerd worden (bijvoorbeeld op basis van Dingemans, 1997, p. 86/87).

De generatie van al dan niet gebonden laag-frequente energie wordt niet in SWAN gemodelleerd, maar kan in een gebied als de Waddenzee wel een rol spelen. Deze laag-frequente energie kan met een ander model (aanvullend op SWAN) worden berekend, of op basis van modelberekeningen parametrisch aan SWAN worden toegevoegd.

De tekortkomingen in SWAN, die zijn geconstateerd in eerdere studies en voorzover op de Nederlandse binnenwateren betrekking hebben, zijn samengevat in Alkyon (2005). Deze tekortkomingen gelden ook voor de Waddenzee. In de Waddenzee spelen daarnaast ook golfdoordringing, surfbeat (generatie lange golven), golf-stroom interactie, golfgeïnduceerde set-up een rol.

Daarnaast spelen ook numerieke aspecten, als discretisaties, convergentiegedrag en keuze van het rooster een rol. Een uitgebreide beschrijving van mogelijke fysische en numerieke modeltekortkomingen zijn gegeven in Alkyon (2005).

Op voorhand is niet aan te geven welke activiteiten ondernomen moeten worden om modelverbeteringen te realiseren. Daarvoor moet eerst uit hindcaststudies en nadere analyse bekend zijn wat de voornaamste zwakheden van het model zijn (zie Sectie 4.3.1). Wel kan de volgende activiteit worden uitgevoerd:

7.1 Inventarisatie lopende modelverbeteringen

Inventarisatie lopende modelverbeteringen en relevantie bepalen voor SBW-HR: In kaart brengen van de lopende modelverbeteringen die op dit moment uitgevoerd worden of waaraan in de toekomst wordt gewerkt (bijv. TU, NRL-Stennis, RIKZ).

Prioritering en tijdschema

Om te komen tot een prioritering van te verbeteren onderdelen, is het van belang eerst te inventariseren welke ontwikkelingen al gaande zijn. Activiteit 7.1 dient dus op korte termijn (najaar 2006) te worden uitgevoerd. Het verbeteren van het golfmodel zelf zal vermoedelijk nog niet in 2006 plaatsvinden, maar vanaf 2007 tot en met 2009 waarbij het niet ondenkbaar is dat de modelverbeteringen niet volledig doorgevoerd zullen zijn om de HR in 2011 te kunnen bepalen. Het SBW project moet daarom al uiterlijk 2009 een state-of-the-art product (in de zin van het beste model dat met vertrouwen gebruikt kan worden) opleveren zodat de sommen om deze HR te bepalen in het HR2011 project uitgevoerd kunnen worden. Dit product zou in een worst-case scenario een van de terugvalopties (Activiteit 2.4) kunnen zijn. Het is zeer wel mogelijk dat er in 2009 nog activiteiten lopen die niet op tijd afgerond kunnen worden voor gebruik voor de HR2011. Deze activiteiten zullen in de jaren na 2009 doorlopen en toeleveren aan het product dat voor de HR2016 gebruikt kan worden. Openvolgende HR-projecten zullen dus met steeds verbeterde modellen werken.

4.3.8 Calibratie / Validatie

Aanpassingen in het model kunnen ertoe leiden dat calibratie constanten opnieuw bepaald moeten worden. Aan de hand van een geschikte dataset moeten deze parameters opnieuw afgeregeld worden. Een aanvullend deel van de dataset wordt vervolgens gebruikt ter validatie van het aangepaste model.

Doel

Het doel van dit onderdeel is het calibreren en valideren van het SWAN model na aanpassingen in de formulerings van bestaande fysische processen of na toevoeging van nieuwe fysische processen (te denken valt aan o.a. betere golf-stroomformuleringen of betere windinput termen).

Beschrijving

Om aan bovenstaande doelstelling te voldoen worden de volgende activiteiten voorzien:

- Ontwikkelen calibratie instrument;
- Ontwikkelen validatie instrument (testbank);
- Uitvoeren calibratie en validatie.

De eerste twee activiteiten kunnen parallel worden uitgevoerd.

Ontwikkeling calibratie instrument

Bij een aanpassing in SWAN zal dikwijls een aantal calibratieparameters, voorkomend in fysische formuleringen voor o.a. windaandrijving, dissipatie en niet-lineaire wisselwerkingen, opnieuw afgeregeld moeten worden. Een gevoeligheidsstudie zoals uitgevoerd door Alkyon (2003) geeft aan hoe deze voor SWAN uitgevoerd zou kunnen worden. Daarbij is een set parameters bepaald door het iteratiegedrag, scatter plots van integrale golfparameters en 1D modelresultaten met metingen onder stormcondities te vergelijken op relevante locaties voor de Nederlandse kust en Nederlandse binnenwateren. Dit is ook uitgevoerd voor extreme condities aan de hand van laboratoriumproeven. Recentelijk heeft Ruessink (2005) een geautomatiseerd zoekalgoritme ontwikkeld om calibratie coëfficiënten te bepalen. Daarnaast bestaan vele calibratie methoden, maar slechts enkele hoofdgroepen. Elke methode heeft zijn sterke en zwakke punten. In een literatuurstudie, aangevuld met een haalbaarheidsstudie moet dit inzichtelijk worden gemaakt.

Voor de ontwikkeling van het calibratie instrument voorzien we de volgende activiteiten:

8.1 Definiëren van Programma van Eisen

De eisen en wensen moeten worden opgesteld waaraan het calibratie instrument moet voldoen. De gevoeligheidsstudie van Alkyon (2003) geeft hiervoor voldoende aanknopingspunten. Inzicht in het foutenoppervlak (brede plateaus of juist diepe dalen) van SWAN is van belang om vast te kunnen stellen in hoeverre bepaalde eisen realistisch zijn. Opgemerkt dient te worden dat een calibratie niet alleen gericht moet zijn op het minimaliseren van de bias in de modeluitkomsten. Een inschatting van de parameteronzekerheid en daarmee de modelonzekerheid is van minstens even groot belang. Zoals genoemd in paragraaf 4.3.2 zijn er allerlei methoden om de onzekerheid te schatten (adjoint modellering, eerste-orde benaderingen, Markov Chain Monte Carlo, etc.).

8.2 Literatuurstudie en haalbaarheidsstudie naar toepasbaarheid van verschillende calibratie methoden als calibratie instrument voor SWAN

Inzicht in de beschikbare calibratie methoden moet worden verkregen aan de hand van een literatuurstudie. Voor de ogenschijnlijk meest geschikte methoden dient de haalbaarheid als calibratie instrument voor SWAN te worden nagegaan. Hierbij is het in activiteit 8.1 opgestelde Programma van Eisen bepalend. Voorbeelden zijn methoden van Ruessink (2005) en Alkyon (2003) Wellicht is zelfs de door Nico Booij voor Hiswa ontwikkelde tool Arcadia geschikt. Deze is echter arbeidsintensiever.

8.3 Opzetten van het calibratie instrument

8.4 Operationaliseren van het calibratie instrument

Ontwikkelen validatie instrument (testbank)

Het validatie instrument is een stuk gereedschap waarmee nieuwe versies van het golfmodel gevalideerd kunnen worden. Het omvat een database van meetdata van veldmetingen, laboratoriummetingen en analytische oplossingen, een module om een nieuwe versie van het golfmodel te koppelen aan grids, randvoorwaarden, etc., het model te runnen, uitvoer te genereren op specifieke locaties en van specifieke golfparameters en (statistisch) te vergelijken met een selectie uit de datasets. De gegevens van de te hindcasten stormen maken onderdeel uit van de database, evenals gegevens die gebruikt kunnen worden door het calibratie instrument (zie hieronder). Het validatie instrument is een uitbreiding van de testbanken die tot nu toe zijn ontwikkeld.

In het verleden zijn testbanken ontwikkeld om validatie van modellen te vergemakkelijken. Het effect van een modelaanpassing kan met een testbank efficiënt worden onderzocht, mits de juiste testcases in de testbank zijn opgenomen. Met dit doel zijn de SWAN Testbank (2000) en het ONR Testbed (2002) opgesteld. Deze testbanken zijn echter enigszins gedateerd (Kieftenburg, 2004a, 2004b). In deze rapporten wordt flexibiliteit van een testbank als een belangrijke eis genoemd. Eenvoudig moeten testcases kunnen worden toegevoegd (koppeling met hindcast-instrument), de toegang tot data moet gemakkelijk zijn, doorsnedes van data moeten kunnen worden beschouwd (analyse tool), en de instellingen van modelinvoer evenals model executables moeten eenvoudig aan te passen zijn (koppeling met calibratie instrument). In dit onderdeel wordt voortgebouwd op de inzichten verkregen door Kieftenburg (2004a, 2004b).

Voor een goede uitvoering van het Stappenplan is een goed opgezet validatie-instrument zeer nuttig. Deze activiteit dient dus ook vanuit SBW geïnitieerd te worden, in samenwerking met HR. Uiteindelijk zal dit instrument overgedragen moeten worden aan HR en ondergebracht in HR-B&O (Beheer en onderhoud).

Om te komen tot een beheersbare en onderhoudbare testbank, moeten de volgende activiteiten worden uitgevoerd:

8.5 Opstellen Programma van Eisen en opzetten van structuur van dynamische testbank

Allereerst dienen de eisen en wensen gesteld aan de testbank te worden uitgewerkt in een Programma van Eisen met betrekking tot mogelijke en nodige informatie over de testcases, modelinvoer en –uitvoer, uitvoergrootheden en locaties, visualisatie van modeluitvoer, statistische bewerkingen, etc. De eisen moeten worden uitgewerkt tot een structuur van een dynamisch systeem waarin alle gewenste handelingen kunnen worden uitgevoerd. Daarbij dient te worden gekeken in hoeverre modules van de SWAN Testbank (2000) en het ONR Testbed (2002) gebruikt kunnen worden. Daarnaast kan de opzet van het door WL|Delft Hydraulics ontwikkelde pakket UCIT (softwarepakket voor het combineren van beheersparameters, data en morfologische modellen) en het door CHL (Coastal Hydraulic Laboratory, Vicksburg, MS, USA) opgezette hindcast tool WIS in beschouwing worden genomen.

8.6 Uitbreiden en aanpassen van testcases

De testbank moet zowel algemene als probleem-specifieke (voor de Waddenzee) testcases bevatten. De algemene testcases hebben betrekking op de processen die al in SWAN zitten voor algemene situaties (bijv. golfgroeikrommen). Deze testcases zitten ook al veelal in de huidige testbanken. De probleem-specifieke testcases hebben betrekking op de verschillende voor de Waddenzee representatieve fysische processen en omgevingscondities, zoals golf-stroom interactie, doordringing van lange golven in combinatie met lokale windgroei, voortplanting over ondiepe platen en opwekking van lange golven.

8.7 Opzetten van testbank

De in 8.5 uitgewerkte structuur van de testbank moet worden geïmplementeerd, de geselecteerde testcases moeten worden toegevoegd, de statistische verwerking moet worden ingebouwd en de visualisatie van golfdata en statistische data moet worden geïmplementeerd.

8.8 Operationaliseren van testbank

Testen en valideren van alle faciliteiten van de testbank.

8.9 Selectie testcases

Implementatie van een routine waarmee een deelverzameling van alle tests beschouwd kan worden ten behoeve van analyse doeleinden. Deze mogelijkheid bestaat al voor een deel in de RIKZ testbank en moet geactualiseerd worden.

8.10 Tweezijdige koppeling met calibratie instrument

Uit de database van het validatie instrument moeten gegevens kunnen worden gelezen die gebruikt worden voor de calibratie. De aldus met het calibratie instrument bepaalde set van nieuwe parameters moet weer terug ingelezen kunnen worden in het validatie instrument. Daarmee moet een validatie of analyse op deelaspecten op een door de gebruiker aangegeven set van testcases uitgevoerd kunnen worden.

Uitvoeren van calibratie en validatie

Nadat de calibratie- en validatie instrumenten zijn ontwikkeld en geoperationaliseerd, kan het ook werkelijk worden toegepast op aangepaste modelversies van SWAN. Daartoe worden de volgende activiteiten voorzien:

8.11 Selectie van testcases in de testbank voor calibratie

Op basis van deze selectie moeten bestaande of nieuwe (combinaties van) functionaliteiten worden gecalibreerd. Daarbij moet duidelijk het proces (wat), de locatie (waar) en de omstandigheid (wanneer) worden gekarakteriseerd.

8.12 Uitvoeren feitelijke calibratie m.b.v. calibratie instrument

8.13 Selectie van testcases in de testbank voor validatie

Op basis van deze selectie moet de validatie worden uitgevoerd. Hierin moeten zowel algemene testcases, voor de hele modelperformance, als probleem-specifieke testcases, voor performance van nieuwe of verbeterde functionaliteit, worden beschouwd.

8.14 Uitvoeren van validatie m.b.v. testbank.

Prioritering en tijdschema

Het calibratie instrument en de testbank maken een effectieve en efficiënte aanpak van het gehele project mogelijk. Het calibreren en valideren van SWAN vindt plaats gedurende het gehele traject, omdat deze activiteiten onderdeel uitmaken van de in het Stappenplan (Figuur 2) gedefinieerde cyclus. Ondanks dat het ontwikkelen van een calibratie instrument en een testbank parallel kunnen worden uitgevoerd, zijn de activiteiten dermate omvangrijk dat zij over twee jaar verspreid moeten worden. Daarnaast wordt begonnen met deze activiteiten als uit de hindcaststudies (Sectie 4.3.1), die worden voorafgegaan door calibratie en validatie van het golfmodel via een minder geavanceerde methode dan beschreven in deze paragraaf, blijkt dat modelverbeteringen ook daadwerkelijk noodzakelijk zijn. In Tabel 8 is het tijdschema aangegeven, met daarbij per activiteit de activiteit waarvan het afhankelijk is. Op zich is een validatie-instrument ook nuttig voor het uitvoeren van hindcasts in de tweede ronde.

	Activiteit	afh.	2006	2007	2008	2009
8.1	Definitie PvE calibratie instrument					
8.2	Literatuur-/Haalbaarheidsstudie	8.1				
8.3	Opzetten calibratie instrument	8.1-8.2				
8.4	Operationaliseren calibratie instrument	8.3				
8.5	Opstellen PvE en structuur testbank					
8.6	Uitbreiding en aanpassen testcases					
8.7	Opzetten testbank	8.5-8.6				
8.8	Operationaliseren testbank	8.7				
8.9	Selectie testcases	8.8				
8.10	Koppeling calibratie instrument	8.4				
8.11	Selectie testcases calibratie	8.3-8.4				
8.12	Uitvoeren calibratie	8.11				
8.13	Selectie testcases validatie	8.8-8.9				
8.14	Uitvoeren validatie	8.13				

Tabel 8: Tijdschema activiteiten calibratie/validatie

4.4 Kwaliteitsborging

Dit Plan van Aanpak behelst een groot aantal activiteiten die soms parallel en soms sequentieel uitgevoerd moeten worden met raakvlakken aan de andere SBW-deelprojecten en andere projecten binnen RWS (zoals HR). Het behoeft geen nader betoog dat dit proces en de produkten goed geborgd moeten worden. De interne borging moet gebeuren op het niveau van het SBW projectteam (hoofdprojectleiders en deelprojectleiders). Deze procedure dient uitgewerkt te worden in de respectievelijke Projectplannen en is geen onderdeel van dit Plan van Aanpak. De externe kwaliteitsborging van dit Plan van Aanpak, de Projectplannen en het resultaat van elke stap in de bovenbeschreven cyclus moet uitgevoerd worden door het al bestaande Hydraulic Review Team. Het verdient de aanbeveling om de kern van dit Team alle deelprojecten te laten beoordelen, waarbij wellicht voor elk deelproject deskundigen worden toegevoegd.

5 Samenvatting en activiteiten 2006

In dit Plan van Aanpak is onderzocht welke activiteiten nodig zijn om in 2011 in het Waddengebied een beter golfmodel te verkrijgen teneinde betrouwbaardere golftrandvoorwaarden en Hydraulische Randvoorwaarden af te kunnen geven. Dit onderzoek is gedaan op basis van beschikbare literatuur en vooral interviews met meer dan twintig deskundigen (zie Tabel 1).

Dit plan is opgesteld vanuit de HR-Keten (die de stappen weergeeft van diep water metingen naar toetsen van een kering) zoals beschreven in Hoofdstuk 3 en schematisch weergegeven in Figuur 1. Het golfmodel, dat gebruikt wordt om de transformatie van golfgegevens van diep water naar de keringen te berekenen, is daar een essentieel onderdeel van. Eventuele verbeteringen moeten gericht zijn op aspecten die de randvoorwaarden bij de waterkeringen verbeteren, en niet noodzakelijkerwijs een algehele verbetering van het golfmodel inhouden. Het traject om te komen tot een verbetering van dit golfmodel is schematisch weergegeven in het Stappenplan (Figuur 2). Deze cyclus heeft de volgende elementen:

- Hindcasts van stormen (uitgewerkt in Paragraaf 4.3.1)
- Acceptatiecriteria (4.3.2)
- Analyse (4.3.3)
- Meetdata (4.3.4)
- Correctiemethoden (4.3.5)
- Omgevingscondities (4.3.6)
- Golfmodel (4.3.7)
- Calibratie en validatie (4.3.8)

Per element is uitgewerkt welke activiteiten en in welke volgorde uitgevoerd moeten worden. Deze tabellen zijn voor het overzicht hieronder nog een keer gepresenteerd met daarbij de activiteiten die met prioriteit opgestart moeten worden.

	Activiteit	2006	2007	2008	2009
0.1	Uitvoeren onzekerheidsanalyse				
0.2	Onderzoeken fysische grenzen extr. waarden				
0.3	Bepaling betrouwbaarheidsbanden extr. wrdn				
0.4	Opstellen PvE "Uniformering Hydra-modules				
0.5	Afstemming golfparameters				

1.1	Opzetten generiek instrument hindcasts				
1.2	Modelopzet Ameland / Zeegat / Norderney				
1.3	Inventarisatie meetdata ondiepe platen				
1.4	Modelopzet aanvullende hindcasts				
1.5	Uitvoeren hindcasts (incl. Aml/Ndrney)				
1.6	Analyse hindcasts (incl. Aml/Ndrney)				

	Activiteit	2006	2007	2008	2009
2.1	Kwantitatieve acceptatiecriteria	■			
2.2	Kwalitatieve acceptatiecriteria	■			
2.3	Ontwikkeling methode onzekerheidsbepaling		■		
2.4	Bepaling terugvaloptie		■		

3.1	Gevoeligheidsanalyse numerieke aspecten		■	■	
3.2	Analyse hindcasts		■	■	■
3.3	Gevoeligheidsanalyse fysica/modelinvoer		■		
3.4	Scenario som instationair rekenen		■		

4.1	Bepalen meetdoel	■			
4.2	Inventarisatie bestaande meetdata	■			
4.3	Initiëren nieuwe meetcampagnes		■		
4.4	Vergroting statistische betrouwbaarheid			■	■

5.1	Correctiemethoden ontwikkelen				■
5.2	Bepaling correctiefactoren				■

6.1	Bepalen effect bodemveranderingen		■		
6.2	Ontwikkeling windmodel	■	■	■	■
6.3	Verskil storm vs. extreem i.g.v. stroming			■	
6.4	Onderzoeken effect stroomprofielen			■	
6.5	Onderzoeken effect niet-uniforme waterstand			■	

7.1	Inventarisatie lopend onderzoek		■		
-----	---------------------------------	--	---	--	--

8.1	Definitie PvE calibratie instrument		■		
8.2	Literatuur-/Haalbaarheidsstudie		■		
8.3	Opzetten calibratie instrument		■	■	
8.4	Operationaliseren calibratie instrument			■	
8.5	Opstellen PvE en structuur testbank		■		
8.6	Uitbreiding en aanpassen testcases		■		
8.7	Opzetten testbank		■		
8.8	Operationaliseren testbank		■		
8.9	Selectie testcases			■	
8.10	Koppeling calibratie instrument			■	
8.11	Selectie testcases calibratie			■	
8.12	Uitvoeren calibratie			■	■

8.13	Selectie testcases validatie						
8.14	Uitvoeren validatie						

Tabel 9: Overzicht Activiteiten.

De activiteiten die in het komende halfjaar moeten worden uitgevoerd zijn hieronder nog een keer beschreven:

0.1 Uitvoeren onzekerheidsanalyse

De uitvoering dient zo spoedig mogelijk plaats te vinden. Het verdient de voorkeur om hiervoor het in juli 2006 op te leveren prioriteringsinstrument te gebruiken in combinatie met een expertpanel. Mocht oplevering voor die termijn niet kunnen plaatsvinden dan is het beste alternatief de studie met een expertpanel uit te voeren. Aanvullend op de onzekerheidsanalyse moet een risicoanalyse worden uitgevoerd waarin de kritieke stappen worden geïnventariseerd en scenario's worden bepaald voor het geval bepaalde doelen niet haalbaar blijken te zijn. Zo'n risico-analyse dient uitgewerkt te worden in het Projectplan SBW(-Natuurrandvoorwaarden).

0.5 Afstemming golfparameters SBW-Faalmechanismen en SBW-Natuurrandvoorwaarden

De Projectleiders SBW-Faalmechanismen en SBW-Natuurrandvoorwaarden dienen deze afstemming op zeer korte termijn in 2006 te maken zodat de acceptatie van het golfmodel zich onder meer kan richten op de parameters (bijvoorbeeld de periodemaat) die van belang zijn. Dit zou opgezet kunnen worden in de vorm van een workshop met deskundigen op het gebied van golfmodellering en faalmechanismen onder leiding van de Projectleiders SBW-Faalmechanismen en SBW-Natuurrandvoorwaarden. Het produkt van deze workshop is een overzicht van gekoppelde golfparameters en belastingparameters, hun afhankelijkheid en hun onzekerheidsmarge. Dit stuk vormt de basis voor de acceptatiecriteria, die uitgewerkt worden in Hoofdstuk 4.3.2. Tijdens de uitvoering van activiteiten binnen deze deelprojecten moeten resultaten over en weer gecommuniceerd worden.

1.1 Opzetten van een generiek instrument om hindcast studies uit te voeren

Hierbij kan de initiële studie door Alkyon/WL (2002) en de toepassingen daarvan door Haskoning (2003) en WL/Alkyon (2003a) worden gebruikt. Dit moet verder worden uitgewerkt teneinde voor alle uit te voeren hindcasts toepasbaar te maken.

1.2 Opzetten van model voor uitvoeren van hindcasts voor Norderney en Amelander Zeegat

Indien in stationaire mode gerekend wordt, moeten tijdstippen in de storm worden gekozen. Omdat niet ieder fysisch proces een even groot effect heeft op ieder tijdstip in de storm, moet niet alleen de piek van de storm worden beschouwd, maar meerdere tijdstippen in de storm. Op deze manier kunnen binnen een stormduur verschillende fysische processen gevalideerd worden (zie ook aanbeveling International Review Team, 2005).

1.3 Inventariseren van aanvullende meetdata voor golfvoortplanting over ondiepe platen

Deze datainventarisatie moet betrekking hebben op relevante binnenlandse data (bijv. Westerschelde data van RWS en recent NIOO/WL) en buitenlandse data. Deze activiteit kan ondergebracht worden onder Activiteit 4.2.

1.5 Uitvoeren hindcasts.

2.1 Kwantitatieve acceptatiecriteria

Inventarisatie van het effect van onzekerheidsmarges in golfparameters op de belasting van de waterkering en de terugvertaling van de tolerantie marges in de belasting naar de eisen aan onzekerheidsmarges in de golfparameters. Dit onderdeel moet uitgevoerd worden in nauw overleg met het deelproject Faalmechanismen, waar de vertaalslag van golfparameters naar belasting wordt gemaakt.

2.2 Kwalitatieve acceptatiecriteria

Inventarisatie in samenwerking met beleidsbepalers, dijkbeheerders en ENW (voorheen TAW) om te bepalen waar de kwalitatieve acceptatiegrens van het golfmodel ligt.

4.1 Bepalen van doel van de metingen

Een belangrijke activiteit die met prioriteit moet worden aangepakt is de meetbehoefte. Deze vraag moet gezamenlijk beantwoord worden door de deelprojecten SBW-Veldmetingen en SBW-Natuurrandvoorwaarden. Dit kan in de vorm van een workshop met deskundigen op het gebied van golfmodellering en veldmetingen (in eenzelfde vorm als Activiteit 0.4). Als het doel van de metingen is om de statistiek van de golfcondities op te bouwen dan moet met andere instrumenten, op andere locaties en met een langere meetduur worden gemeten dan als het gaat om verificatie van de processen ten behoeve van het verkrijgen van een beter fysisch model of het afleiden van correctiefactoren. Voor eerstgenoemde is de totaal beschikbare meetduur tot 2011 te kort om een betrouwbare extrapolatie uit te kunnen voeren naar extreme omstandigheden. Er moet dus zeker na 2011 doorgemeten worden. Het International Review Team (2003) heeft al aangegeven dat procesmetingen in het veld lastig zijn en dat beter gemeten kan worden in verschillende regimes. Dit stemt overeen met het voorstel van WL (2002b) om te meten langs drie trajecten: langs een raai door de keel van een zeegat rondom een eiland naar de achterkant van het eiland, langs een raai door de keel via de getijgeul naar het vasteland en langs een raai via de keel over een ondiepe plaat naar het vasteland. Door verschillende tijdsintervallen van een storm te bekijken is het mogelijk om verschillende fysica te isoleren, zie ook Activiteit 1.2.

4.2 Inventarisatie van (voor de Waddenzee relevante) bestaande meetdata of lopende meetcampagnes (laboratorium en veld)

Zodra in 4.1 bepaald is wat gemeten moet worden kunnen bestaande meetdata geïnventariseerd worden en op hun kwaliteit en beschikbaarheid beoordeeld worden. Uit een aantal meetcampagnes is golfdata beschikbaar, zowel verkregen in Nederland (Westerschelde, Petten, Amelander Zeegat, IJsselmeer, Slotermeer) als in het buitenland (o.a. Norderney, Sleeswijk-Holstein, Denemarken, Golf van Tehuantepec in Mexico, Tai-Hu meer in China en diverse kustlocaties in VS en Australië). In het geval van de VS en Australië kan gedacht worden aan data in getij-inlaatsystemen of van boortorens op ondiep water, die ingewonnen is tijdens orkanen/typhonen. Met name de buiten-

landse meetdata moet op hun merites worden beoordeeld voor de bepaling van de golfrandvoorwaarden in de Waddenzee. Uit een korte beschouwing blijkt dat vooral een meettraject over een plaat naar de kering ontbreekt. Dit signaleert een behoefte om deze data in de Waddenzee in te gaan winnen.

6.2 Ontwikkelen van een windmodel

Met het te ontwikkelen model kunnen windgegevens in een beperkt aantal locaties vertaald worden naar een windveld, rekening houdend met bovengenoemde aspecten die in een complex gebied als de Waddenzee optreden. Een uitgebreide studie door RIZA (2003) kan hierbij als startpunt dienen. Deze methode is echter gebaseerd op interpolatie op meso niveau. Het KNMI adviseert een interpolatie op macro niveau.

Literatuur

- Alkyon/WL (2002). Generieke methode voor het hindcasten van gemeten stormen met het SWAN model. Rapport Alkyon / WL | Delft Hydraulics A1002/H4149, September 2002.
- Alkyon (2003). Calibration of SWAN 40.20 for field cases Petten, Slotermeer, and Westerschelde, Techn. Rapport A1168, December 2003.
- Alkyon (2005). SWAN acceptance tests for RWS RIZA in 2005. Activity report 1: Operational wave model in 2006 and beyond. Alkyon report A1477, November 2005.
- Booij, N., R.C. Ris and L.H. Holthuijsen (1999). A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. *J. Geophys. Res.* 104, C4, 7649-7666.
- Dingemans, M.W. (1997). Wave propagation over uneven bottoms. World Scientific, Singapore, 1016 p.
- Haskoning (2003). Betrouwbaarheid SWAN in de Westerschelde. Rapport Royal Haskoning 9M5697/1246, juni 2003.
- Hoekstra, P. en Hoitink (2002). Design Measuring Campaign Wave conditions Wadden Sea, towards design wave heights for extreme events for sea dikes along the Wadden Sea, Module: where to measure. IMAU report R 02-01, November 2002.
- Holthuijsen, L.H., A. Herman and N. Booij (2003). Phase-decoupled refraction-diffraction for spectral wave models. *Coastal Engineering*, 49, pp. 291-305.
- International Review Team (2003). Review of work done in Phase 1 and 2 of the HBC Study. December 2003.
- International Review Team (2005). Evaluation of Report "Plan of Action 2005 by D. Hordijk." Memo June/July 2005.
- Kaiser, R. en H.D. Niemeier (2001). Analysis of directional spectra in shallow environment. Proceedings of 4th international symposium WAVES 2001, 944-952.
- Kieftenburg, A.T.M.M. (2004a). Ontwikkelplan testbank SWAN. Memo. Januari 2004.
- Kieftenburg, A.T.M.M. (2004b). SWOT analyse voor de testbank voor SWAN. RIKZ/OS/2003.118x. Januari 2004.
- ONR Testbed (2002). The ONR Testbed for coastal and oceanic wave models, Version 2.0. WL | Delft Hydraulics, H3627, December 2002.
- RIKZ (2004.) Meetcampagne Amelander Zeegat stormseizoen 2003-2004. Rapport RIKZ/OS/2004.129.w
- RIZA (2003). Windmodellering voor bepaling waterstanden en golven. RIZA werkdocument 2003.118x, Juli 2003.
- Ruessink, B.G. (2005). Calibration of nearshore process models: application of a hybrid genetic algorithm. *J. of Hydroinformatics*, vol.7, 135-149.
- SBW (2005). Projectplan Sterkte en Belasting Waterkeringen. SBW-2005-003-P concept. December 2005 (G.A. de Raat)
- Stelwagen, U. (2002). Measurement campaign Wadden Sea, Module: How to Measure?, TNO report I&I RPT-02.
- Svasek (2005). Meetverslag Amelander Zeegat stormseizoen 2004-2005. Rapport Svasek Cg/05549/1356.
- SWAN Testbank (2000). Suite of benchmark tests for the shallow water wave model, SWAN Cycle 2, Version 40.01 and updates, WL | Delft Hydraulics, H3528, April 2000.
- Van der Westhuijsen, A.J., M. Zijlema and J.A. Battjes (2005). Saturation-based whitecapping dissipation in SWAN for deep and shallow water. Submitted to *Coastal Engineering*.
- Van Gent, M.R.A. en N. Doorn (2001). Numerical model simulations of wave propagation and wave run-up on dikes with shallow foreshores. *Proc. Coastal Dynamics 2001*, Lund, Sweden, pp. 769-778.
- Walker, D.T. 2001 Variational assimilation for near-shore waves using the SWAN model. In revision for *J. Geophys. Res.*
- Witteveen en Bos (2004). Functionality, computational grids and resolution of the wave model SWAN. Sub-project B: resolution.
- WL (1999). Physical model investigations on coastal structures with shallow foreshores. WL|Delft Hydraulics Report H3129, July 1999.

- WL (2002a). Kwaliteit randvoorwaardenboek en kwaliteit SWAN. WL|Delft Hydraulics Rapport H4061, Januari 2002.
- WL (2002b). Measurement Campagin Wadden Sea, Module: What to measure?, WL|Delft Hydraulics Report H4174, October 2002.
- WL/Alkyon (2002). SWAN fysica plus. Report WL | Delft Hydraulics / Alkyon H43937/A832, September 2002.
- WL/Alkyon (2003a). Reliability of SWAN at the Petten Sea Defence. Report WL | Delft Hydraulics / Alkyon H4197/A1044. June 2003.
- WL/Alkyon (2003b). Requirements for field measurements for improved wave modelling : Task 1. Report WL | Delft Hydraulics / Alkyon H4301/A1183. November 2003.
- WL (2005a). Correctiewaarden Zeeland. Rapport WL | Delft Hydraulics H4576, Augustus 2005.
- WL (2005b). Analyse golfstatistiek op relatief diep water. Rapport WL | Delft Hydraulics Q3966.10, September 2005.
- Wolf, F.C.J. (1998). Description of field sites for the measurement of wave run-up. RIKZ Report 98.138x, November 1998.
- Zijlema, M. and A.J. van der Westhuijsen (2005). On convergence behaviour and numerical accuracy in stationary SWAN simulations of nearshore wind wave spectra. Coastal Engng 52, 237-256.



WL | Delft Hydraulics

**Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon 015 285 85 85
telefax 015 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl**

**Rotterdamseweg 185
p.o. box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
telephone +31 15 285 85 85
telefax +31 15 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl**

