

Update detailadvies Nieuwe- Annex- Stavenissepolder

Aan : Yvo Provoost (Projectbureau Zeeweringen)
 Van : Erik Arnold (Royal Haskoning)
 Tweede lezer : Pol van de Rest (Svašek Hydraulics)
 Datum : 1 november 2010
 Betreft : 2010.21B Update detailadvies Nieuwe- Annex- Stavenissepolder
 Status : Definitief
 Ref. Royal Haskoning : 9V9006.A0/N0170/EARN/ILAN/Rott1

Let op: Dit detailadvies is een herziening van het oorspronkelijke detailadvies Krabbenkreekdam [ref 3]. In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen zijn recentelijk nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen [ref 15]. Deze nieuwe ontwerpformules worden reeds gebruikt bij projectbureau Zeeweringen bij het ontwerp van dijkbekledingen. Met deze nieuwe ontwerpformules zijn nieuwe belastingfuncties bepaald [ref 16], waarmee in dit detailadvies de maatgevende golfcondities zijn bepaald. Deze nieuwe belastingfuncties zijn een verbetering van de drie klassieke belastingfuncties (Z1, Z2, Z3), zoals gebruikt in het voorgaande advies [ref 3]. Daarnaast zijn de maatgevende golfcondities in dit advies bepaald met aangescherpte correctiefactoren [ref 6].

Dit detailadvies gaat over de dijkvakken 106a t/m 113 (zie Figuur 2 t/m 3), welke betrekking heeft op het traject vanaf dijkkilometer 86.95 t/m 93.10. Het tracé ligt ten westen van Stavenisse en grenst voor een groot deel aan de 'slikken van den Dortsman'. Op ongeveer 3 kilometer uit de kust ligt de 'Galgenplaat'. Tussen de 'Galgenplaat' en de 'slikken van de Dortsman' ligt een geul 'de Brabantsche vaarwater'.

Het detailadvies is opgebouwd uit twee delen: het samenvattende advies (ontwerpwaarden) en de bijlagen (aanpak en resultaten). Voor achtergrondinformatie bij het detailadvies wordt verwezen naar [ref. 8 en 9]. Bij het detailadvies hoort ook een excel-spreadsheet met randvoorwaarden, waarin de randvoorwaarden overeenkomstig dit advies zijn opgenomen [ref.10]. Tabel 1 geeft de dijkvaknummering, coördinaten en dijkkilometrerung (zie ook [ref. 14]).

Tabel 1: Beschouwde dijkvakken

Dijk- vak	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs (m)				Dijk kilometrerung (km)		Poldernaam
	van x	y	tot x	y	van	tot	
no.							
113	59277	401427	58432	401375	86.95	87.80	Stavenissepolder
112	58432	401375	58166	401264	87.80	88.10	Stavenissepolder
111	58166	401264	57832	400709	88.10	88.75	Stavenissepolder
110	57832	400709	57820	399978	88.75	89.50	Stavenissepolder
109	57820	399978	58121	399579	89.50	90.00	Stavenissepolder
108b	58121	399579	58416	399533	90.00	90.30	Stavenissepolder
108a	58416	399533	59209	399461	90.30	91.10	Stavenissepolder
107	59209	399461	59734	398866	91.10	91.90	nieuwe- Annex- Stavenissepolder
106b *	59734	398866	60683	398421	91.90	92.70	nieuwe- Annex- Stavenissepolder
106a *	60683	398421	60820	398365	92.70	93.10	nieuwe- Annex- Stavenissepolder

* zie vetgedrukte tekst bij aandachtspunten (pagina 2/14).

Tabel 2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

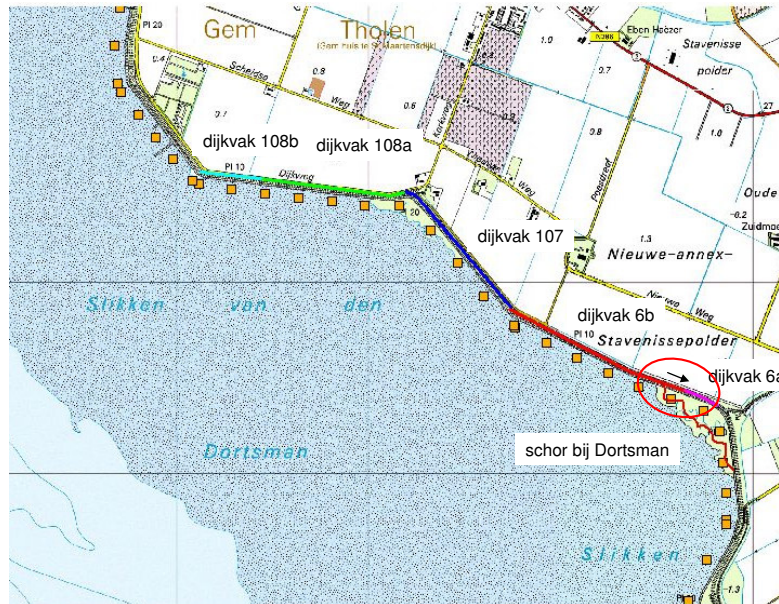
Dijk- vak no.	Hs [m]				T _{pm} [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				bij waterstand				nautisch bij			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				waterstand t.o.v. NAP			
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
113	1.00	1.62	1.88	2.13	5.38	5.41	5.15	5.17	1.8	3.9	4.9	5.9	300	285	300	300
112	0.68	1.54	1.84	2.13	4.62	5.50	5.52	5.56	1.1	3.1	4.1	5.1	315	300	300	300
111	0.70	1.42	1.82	2.21	2.50	3.74	4.31	5.22	1.8	3.8	4.8	5.8	270	270	270	285
110	0.82	1.58	1.98	2.35	2.50	4.01	4.42	4.93	2.1	4.1	5.6	6.6	270	270	270	270
109	0.76	1.58	1.96	2.33	2.50	3.74	4.30	4.88	2.3	4.3	5.3	6.3	270	270	270	270
108b	-	0.97	1.43	1.91	-	4.23	4.80	5.32	-	1.6	2.6	3.6	-	270	270	270
108a	-	0.69	1.14	1.59	-	3.52	4.11	4.75	-	1.3	2.3	3.3	-	240	240	240
107	-	0.56	1.01	1.35	-	3.39	3.78	5.35	-	1.3	2.3	3.3	-	210	240	270
106b	-	0.60	1.03	1.46	-	2.99	3.80	4.56	-	1.4	2.4	3.4	-	240	240	240
106a	-	0.26	0.73	1.13	-	2.59	3.40	5.38	-	0.5	1.5	2.5	-	210	240	270

Merk op: wanneer de T_{pm} naar boven wordt bijgesteld (zie blauwe arcering) wordt het golfsteilheidscriterium overschreden. Bij het ontwerp dient in samenspraak met ontwerper bekeken te worden of de golfcondities moeten worden bijgesteld.

Aandachtspunten:

- **Geldigheid Tabel 2:** De in Tabel 2 opgenomen golfcondities zijn alleen geldig voor het ontwerp van **betonzuilen**. Deze golfcondities zijn bepaald op basis van nieuwe belastingfuncties [ref 16]. De maatgevende golfcondities zijn afhankelijk van de taludhelling en de constructie afhankelijke constante (F). Bij bepaling van de maatgevende golfcondities is uitgegaan van een taludhelling van 1:3,5 en een F-waarde van 6. Indien de taludhelling voor de dijkvakken 106b t/m 111 in het ontwerp steiler is dan 1:3,0 of flauwer dan 1:4,5 of de F-waarde is niet gelijk aan 6 kunnen de maatgevende golfcondities afwijken. Het geldigheidsbereik voor de andere dijkvakken is een taludhelling van 1:3,4 tot 1:3,5 voor dijkvak 106a, 1:3,2 tot 1:3,6 voor dijkvak 112 en 1:3,4 tot 1:4,5 voor dijkvak 113. In die gevallen dient contact te worden opgenomen met de adviesschrijver.
- Voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen zijn vier verschillende belastingfuncties gebruikt om de maatgevende golfcondities te bepalen. Hierdoor dient voor het ontwerp per bekledingstypen en/of faalmechanisme een afzonderlijke tabel toegepast te worden.
 - (gekantelde) Betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen: Tabel 5.1
 - Betonzuilen: Tabel 2 of 5.2
 - Afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen: Tabel 5.3
 - Losse breuksteen van de kreukelberm: Tabel 5.4.
- De stabiliteit van betonzuilen is het kleinst bij $\xi_{op} = 2$. Indien $\xi_{op} > 2$ en er een ondiep voorland voor de dijk aanwezig is, zijn de maatgevende golfcondities voor betonzuilen mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 16]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt $\xi_{op} > 2$ (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 16], zodat geldt $\xi_{op} = 2$. Bij het beschouwde dijktraject is $\xi_{op} < 2$ en hoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld.
- Indien de berekende golfhoogte $H_s \leq 0.25$ m en/of golfperiode $T_{pm} \leq 2.5$ s zijn, zijn de betreffende golfcondities begrensd op $H_s = 0.25$ m en/of $T_{pm} = 2.5$ s (zie blauw gemarkeerde waarden in de Tabellen 5.1 t/m 5.4 en Tabel 2), omdat de berekende golfcondities in die situaties mogelijk een onderschatting geven van de werkelijke optredende golfcondities [ref. 7].
- Bij de dijkvakken 106a t/m 107 (Tabel 5.1) is de golfperiode bij NAP +3m hoger dan bij NAP +4m (zie oranje arcering in Tabel 5.1). Daarnaast is bij dijkvak 112 en 113 (Tabel 5.1 en 5.4) de golfperiode bij NAP +0m hoger dan bij NAP +2m, en bij de dijkvakken 113 (Tabel 5.1, 5.2 en 5.4) en bij de dijkvakken 106b en 107 (Tabel 5.4) de golfperiode bij NAP +2m hoger dan bij NAP +3m (oranje gearceerd). Dit wordt veroorzaakt doordat bij een andere waterstand in die gevallen een andere windrichting maatgevend wordt.
- Door het terugtrekken van de schorrand bij de Dorstman wordt voor het noordelijke gedeelte van dijkvak 106a een toename van de golfrandvoorwaarden verwacht. **In [ref. 11] wordt aan PBZ geadviseerd de grens tussen de**

dijkvakken 106a en 106b honderd meter in zuidoostelijke richting te schuiven. In dat geval kunnen voor dit deel de hogere (robuuste) golfbrandvoorwaarden van naastliggend dijkvak 106b aangehouden worden (zie Figuur 1).



Figuur 1: Verschoven grens tussen dijkvak 106a en 106b (zie pijltje)

Tabel 3: Waterstanden en ontwerppeilen

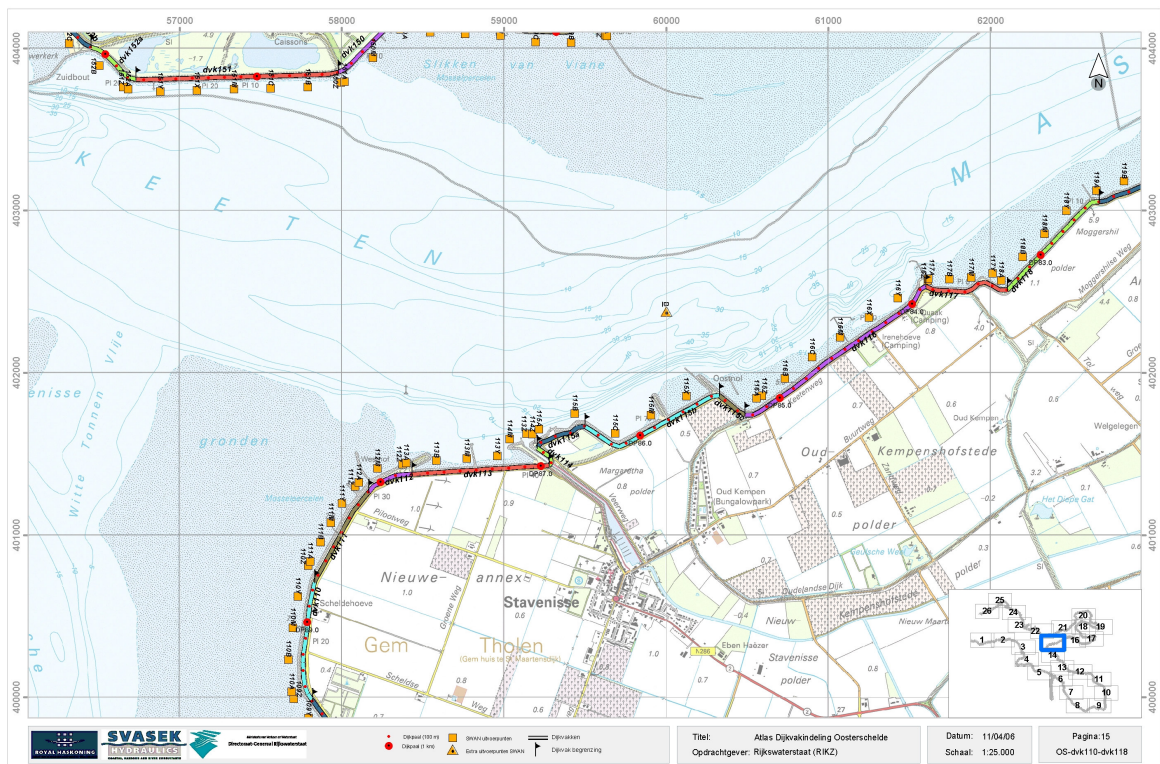
Dijk- vak no.	Poldernaam	Ontwerppeil [m] tov NAP	GHW GLW		Springtij		Doodtij	
			[m]	[m]	HW	LW	HW	LW
			[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
			tov NAP	tov. NAP	tov NAP	tov. NAP	tov NAP	tov. NAP
113	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.80	-1.45	1.30	-1.25
112	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.80	-1.45	1.30	-1.25
111	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.85	-1.45	1.30	-1.25
110	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.85	-1.45	1.30	-1.25
109	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.85	-1.45	1.35	-1.30
108b	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.85	-1.45	1.35	-1.30
108a	Stavenissepolder	3.5	1.65	-1.45	1.85	-1.45	1.35	-1.30
107	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	3.6	1.65	-1.45	1.90	-1.45	1.35	-1.30
106b	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	3.6	1.65	-1.45	1.90	-1.50	1.35	-1.30
106a	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	3.6	1.65	-1.45	1.90	-1.50	1.35	-1.30

Tabel 4: Bodemligging

Dijk- vak	Poldernaam	Repr. bodemligging (m)	Gemiddelde bodemligging (m)	Bodemligging st. dev. (m)
no.		t.o.v. NAP	t.o.v. NAP	t.o.v. NAP
113	Stavenissepolder	-1.93	-1.73	0.20
112	Stavenissepolder	-1.27	-1.14	0.12
111	Stavenissepolder	-1.00	-1.00	0.00
110	Stavenissepolder	-1.00	-1.00	0.00
109	Stavenissepolder	-1.00	-1.00	0.00
108b	Stavenissepolder	0.41	0.54	0.13
108a	Stavenissepolder	0.53	0.75	0.21
107	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	0.75	1.12	0.38
106b	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	0.62	0.81	0.19
106a	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	1.54	1.63	0.09



Figuur 2: Dijkvakken 106a t/m 109



Figuur 3: Dijkvakken 110 t/m 113

Bijlagen 1: Aanpak en resultaten detailadvies

1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies gaat over de dijkvakken 106a t/m 113 (zie Figuur 2 t/m 3). Het tracé ligt ten westen van Stavenisse en grenst voor een groot deel aan de 'slikken van den Dortsman'. Op ongeveer 3 kilometer uit de kust ligt de 'Galgenplaat'. Tussen de 'Galgenplaat' en de 'slikken van de Dortsman' ligt een geul 'de Brabantsche vaarwater'.

2 Situatiebeschrijving

Langs het traject zijn enkele bijzondere objecten te onderscheiden (van zuid naar noord):

- **Slikken van den Dortsman:** In [ref. 13] is op basis van 2 bodemlodingen de hoogteligging van de platen en slikken in de Oosterschelde voorspeld voor het jaar 2060. Als de lineaire achteruitgang doorzet verdiepen plaat en slikken ca. een meter. Hoewel bovenstaande studie gebaseerd is op een beperkte dataset adviseren wij bij het ontwerp van de dijkbekleding met deze afname rekening te houden. Hierbij kan gedacht worden aan het verdiept aanleggen van de teen.
- **Schorren:** Uit onderzoek naar de ontwikkeling van de in de Oosterschelde aanwezige schorren [ref. 12] blijkt dat de omvang van deze schorren lineair afneemt. Er vindt afkalving bij de schorranden plaats terwijl er geen nieuwe aanwas plaatsvindt. Het eroderen van een schorklif tot aan de dijk kan op termijn leiden tot directe instabiliteit van de dijk in de vorm van een (gedeeltelijke) dijkval. Daarnaast kan schorafname resulteren in een toename van de belasting op de waterkeringen. Om instabiliteit op termijn tegen te gaan, wordt voor locaties met potentiële erosie, de dijkteen verdiept aangelegd. Voor dijkvak 106a kan het verdwijnen van schorren consequenties hebben voor de golfbelastingen op de bekledingen. In Figuur 4 is de verwachte achteruitgang gedurende de periode tot 2060 weergegeven. Door het terugtrekken van de schorrand wordt voor het noordelijke gedeelte van dit dijkvak een toename van de golfrandvoorwaarden verwacht. In [ref. 11] is PBZ geadviseerd de grens tussen de dijkvakken 106a en 106b iets in zuidoostelijke richting te verschuiven (van dijkkilometer 92.8 naar 92.7). Hierdoor kunnen voor dit deel de hogere (robuuste) golfrandvoorwaarden van naastliggend dijkvak 106b aangehouden worden (zie Figuur 4a).



Figuur 4a: Voorspelde ligging van de schorrand in 2060

- Westnol: de nol schermt een deel van dijkvak 113 af van golven uit het noordwesten. Aangezien de nol slechts 100m van het dijkvak afschermt is het effect hiervan op de golfcondities klein en is het reducerende effect om deze reden niet meegenomen (zie figuur 4b).
- Havendam: de havendam biedt door zijn oriëntatie geen bescherming voor dijkvak 113 en heeft dus geen invloed op de ontwerpwaarden (zie figuur 4b).



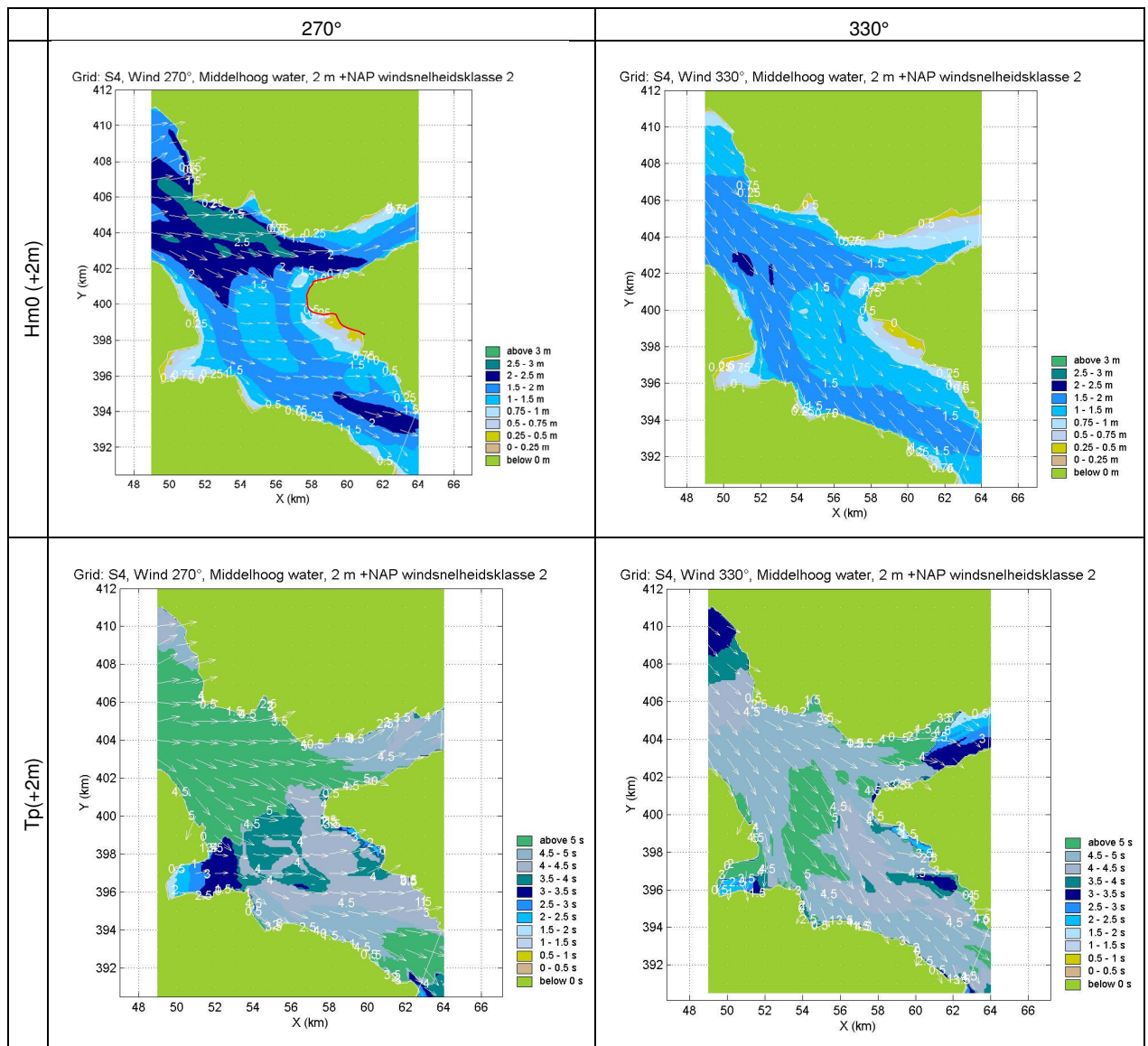
Figuur 4b: Westnol en havendam bij dijkvak 112 en 113

3 Golfcondities

Alle dijkvakken (106a t/m 113) in het beschouwde traject worden het zwaarst belast door golven bij windrichtingen tussen 210 en 330 graden. Bij deze windrichting kan op de Oosterschelde golfgroei plaats vinden over grote afstand. Het golfklimaat aan de zuidzijde van het traject (dijkvak 106a tot 108b) wordt gedomineerd door relatief lange golven en aan de noordzijde (dijkvak 109 t/m 113) door korte steile golven. In Figuur 5 is de golfhoogte en de golfperiode gegeven bij een waterpeil van NAP +2 meter voor twee verschillende windrichtingen: 270 en 330 graden.

In het eerste figuur is het dijktraject rood weergegeven. Voor de zuidelijk gelegen dijkvakken liggen de slikken van den Dortsman. Over het slik neemt de golfhoogte sterk af: bij een waterpeil van NAP +2m neemt de golfhoogte af van ca. 2 meter voor het slik tot 50 centimeter voor de dijk. De golfperiode neemt echter nauwelijks af. Hierdoor ontstaan op het slik golven met een kleine golfsteilheid ($H_s/L \approx 0.02-0.04$). De noordelijk gelegen dijkvakken (dijkvak 112 en 113) liggen in tegenstelling tot de zuidelijk gelegen dijkvakken aan relatief diepwater en hier zijn de golven steiler ($H_s/L \approx 0.05 - 0.06$).

De resultaten van "Golfberekeningen Oosterschelde, Rapport RIKZ/2001.006" [ref 1], vormen de basis voor de golfbelastingen. Deze zijn naar aanleiding van nieuwe inzichten op het gebied van transmissie van golfenergie door de Oosterscheldekering, herzien in 2005 [ref 2]. De op basis van het rapport "Update correctiewaarden Zeeland" [ref 6] aangescherpte correctiefactoren, welke dienen ter compensatie van de door SWAN gemaakte fout, zijn voor alle waterstanden (zowel bij open als gesloten kering) toegepast bij de bepaling van de golfcondities. De tabellen 5.1 t/m 5.4 bevatten de waarden van de golfcondities na al deze correcties.



Figuur 5: SWAN resultaten voor H_{m0} en T_p bij een waterstand van NAP +2m. Van links naar rechts met ruimende wind.

Voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen zijn vier verschillende belastingfuncties gebruikt om de maatgevende golfcondities te bepalen. Hierdoor dient voor het ontwerp per bekledingstypen en/of faalmechanisme een afzonderlijke tabel toegepast te worden. De tabellen 5.1 t/m 5.4 tonen de maatgevende golfcondities voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen. Deze golfcondities zijn bepaald op basis van de belastingfuncties uit [ref 16].

Tabel 5.1 is maatgevend voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen, Tabel 5.2 voor betonzuilen, Tabel 5.3 voor het mechanisme afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen en Tabel 5.4 voor losse breuksteen van de kreukelberm.

De maatgevende golfcondities voor betonzuilen zijn afhankelijk van de taludhelling en de constructie afhankelijke constante (F). Bij bepaling van de maatgevende golfcondities in Tabel 5.2 is uitgegaan van een taludhelling van 1:3,5 en een F-waarde van 6. Indien de taludhelling voor de dijkvakken 106b t/m 111 in het ontwerp steiler is dan 1:3,0 of flauwer dan 1:4,5 of de F-waarde is niet gelijk aan 6

kunnen de maatgevende golfcondities afwijken. Het geldigheidsbereik voor de andere dijkvakken is een taludhelling van 1:3,4 tot 1:3,5 voor dijkvak 106a, 1:3,2 tot 1:3,6 voor dijkvak 112 en 1:3,4 tot 1:4,5 voor dijkvak 113. In de taludhelling in het ontwerp buiten dit bereik valt dient contact te worden opgenomen met de adviesschrijver.

De stabiliteit van betonzuilen is het kleinst bij $\xi_{op} = 2$. Indien $\xi_{op} > 2$ en er een ondiep voorland voor de dijk aanwezig is, zijn de maatgevende golfcondities voor betonzuilen mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 16]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt $\xi_{op} > 2$ (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 16], zodat geldt $\xi_{op} = 2$. Voor het beschouwde dijktraject geldt in alle gevallen dat $\xi_{op} < 2$ en daarom hoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld.

Indien de berekende $H_s \leq 0.25$ m en/of $T_{pm} \leq 2.5$ s zijn, wordt geadviseerd de betreffende golfcondities te verhogen naar $H_s = 0.25$ m en/of $T_{pm} = 2.5$ s (zie de blauwe markering in Tabellen 5.1 t/m 5.4), omdat de berekende golfcondities in die situaties mogelijk een onderschatting geven van de werkelijke optredende golfcondities [ref 7].

De tabellen vertonen logische waarden voor de significante golfhoogte (H_s). De golfhoogte neemt toe bij een toenemende waterstand. Bij de dijkvakken 106a t/m 107 (Tabel 5.1) is de golfperiode bij NAP +3m echter hoger dan bij NAP +4m (zie oranje arcering in Tabel 5.1). Bij lage waterstanden (NAP +0m, +2m) komen er ook in enkele gevallen hoge golfperioden voor dan bij hogere waterstanden, namelijk bij de dijkvakken 106b, 107, 112 en 113 (zie oranje arcering in Tabellen 5.1 t/m 5.4). Dit wordt veroorzaakt doordat bij een andere waterstand in die gevallen een andere windrichting maatgevend wordt.

Voor dijkvakken 106a, 106b en 107 geldt dat de hoek van inval groot is en de golven flink bij moeten draaien voordat ze de teen van de dijk bereiken. SWAN overschat in dit geval de golfperiode. Golfgroei uit het noord-noordwesten (330 graden), via het Brabantsche vaarwater voor de zuidelijke dijkvakken en golfgroei uit het west-noordwesten (285 graden) voor de noordelijke dijkvakken is echter goed mogelijk en daarom adviseren wij geen windrichtingen uit te sluiten en de (conservatieve) ontwerpwaarden uit Tabellen 5.1 t/m 5.4 toe te passen.

Tabel 5.1 Maatgevende golfcondities voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen

Dijk- vak no.	Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP				Waterdiepte (m) bij waterstand t.o.v. NAP				Windrichting (°) nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
	113	0.98	1.62	1.84	2.01	5.70	5.41	5.40	5.67	1.8	3.9	4.9	5.4	285	285	285
112	0.62	1.47	1.75	2.03	6.58	5.82	5.82	5.84	1.1	3.1	4.1	5.1	270	285	285	285
111	0.70	1.20	1.67	2.21	2.50	4.66	4.95	5.22	1.8	2.0	3.0	5.8	270	285	285	285
110	0.82	1.58	1.96	2.29	2.50	4.01	4.50	5.20	2.1	4.1	5.1	6.1	270	270	270	285
109	0.76	1.58	1.96	2.33	2.50	3.74	4.30	4.88	2.3	4.3	5.3	6.3	270	270	270	270
108b	-	0.97	1.43	1.91	-	4.23	4.80	5.32	-	1.6	2.6	3.6	-	270	270	270
108a	-	0.66	1.07	1.50	-	3.85	4.52	5.15	-	1.3	2.3	3.3	-	270	270	270
107	-	0.45	0.76	1.35	-	5.53	5.88	5.35	-	1.3	2.3	3.3	-	330	330	270
106b	-	0.45	0.76	1.36	-	5.50	5.86	5.35	-	1.4	2.4	3.4	-	330	330	270
106a	-	0.25	0.52	1.01	-	6.31	6.53	6.18	-	0.5	1.3	2.3	-	330	330	315

Tabel 5.2 Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijk- vak no.	Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				bij waterstand				nautisch bij			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				waterstand t.o.v. NAP			
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
113	1.00	1.62	1.88	2.13	5.38	5.41	5.15	5.17	1.8	3.9	4.9	5.9	300	285	300	300
112	0.68	1.54	1.84	2.13	4.62	5.50	5.52	5.56	1.1	3.1	4.1	5.1	315	300	300	300
111	0.70	1.42	1.82	2.21	2.50	3.74	4.31	5.22	1.8	3.8	4.8	5.8	270	270	270	285
110	0.82	1.58	1.98	2.35	2.50	4.01	4.42	4.93	2.1	4.1	5.6	6.6	270	270	270	270
109	0.76	1.58	1.96	2.33	2.50	3.74	4.30	4.88	2.3	4.3	5.3	6.3	270	270	270	270
108b	-	0.97	1.43	1.91	-	4.23	4.80	5.32	-	1.6	2.6	3.6	-	270	270	270
108a	-	0.69	1.14	1.59	-	3.52	4.11	4.75	-	1.3	2.3	3.3	-	240	240	240
107	-	0.56	1.01	1.35	-	3.39	3.78	5.35	-	1.3	2.3	3.3	-	210	240	270
106b	-	0.60	1.03	1.46	-	2.99	3.80	4.56	-	1.4	2.4	3.4	-	240	240	240
106a	-	0.26	0.73	1.13	-	2.59	3.40	5.38	-	0.5	1.5	2.5	-	210	240	270

Tabel 5.3 Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen

Dijk- vak no.	Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				bij waterstand				nautisch bij			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				waterstand t.o.v. NAP			
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
113	1.01	1.64	1.88	2.13	4.94	5.13	5.15	5.17	1.8	3.9	4.9	5.9	300	300	300	300
112	0.70	1.55	1.85	2.13	3.86	5.31	5.33	5.56	1.1	3.1	4.1	5.1	330	300	300	300
111	0.72	1.42	1.82	2.21	2.50	3.74	4.31	4.91	1.8	3.8	4.8	5.8	300	270	270	270
110	0.82	1.59	1.98	2.35	2.50	3.89	4.42	4.93	2.1	4.6	5.6	6.6	270	270	270	270
109	0.76	1.58	1.96	2.33	2.50	3.73	4.29	4.88	2.3	4.3	5.3	6.3	270	270	270	270
108b	-	0.97	1.45	1.94	-	4.13	4.43	4.87	-	1.6	2.6	3.6	-	270	240	240
108a	-	0.71	1.14	1.59	-	3.22	4.11	4.75	-	1.5	2.3	3.3	-	210	240	240
107	-	0.57	1.01	1.44	-	2.72	3.59	4.55	-	1.3	2.3	3.3	-	240	240	240
106b	-	0.61	1.04	1.46	-	2.88	3.69	4.56	-	1.4	2.4	3.4	-	240	240	240
106a	-	0.26	0.73	1.19	-	2.50	3.40	4.26	-	0.5	1.5	2.3	-	240	240	210

Tabel 5.4 Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm

Dijk- vak no.	Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				bij waterstand				nautisch bij			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				waterstand t.o.v. NAP			
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
113	0.98	1.62	1.84	2.08	5.70	5.41	5.40	5.43	1.8	3.9	4.9	5.4	285	285	285	300
112	0.64	1.54	1.84	2.13	6.27	5.50	5.52	5.56	1.1	3.1	4.1	5.1	285	300	300	300
111	0.70	1.42	1.82	2.21	2.50	3.74	4.31	5.22	1.8	3.8	4.8	5.8	270	270	270	285
110	0.82	1.58	1.98	2.29	2.50	4.01	4.42	5.20	2.1	4.1	5.6	6.1	270	270	270	285
109	0.76	1.58	1.96	2.33	2.50	3.74	4.30	4.88	2.3	4.3	5.3	6.3	270	270	270	270
108b	-	0.97	1.43	1.91	-	4.23	4.80	5.32	-	1.6	2.6	3.6	-	270	270	270
108a	-	0.69	1.14	1.59	-	3.52	4.11	4.75	-	1.3	2.3	3.3	-	240	240	240
107	-	0.45	0.96	1.35	-	5.53	4.20	5.35	-	1.3	2.3	3.3	-	330	270	270
106b	-	0.46	1.03	1.36	-	5.44	3.80	5.35	-	1.4	2.4	3.4	-	330	240	270
106a	-	0.25	0.67	1.13	-	3.01	4.62	5.38	-	0.5	1.5	2.5	-	210	285	270

4 Waterstanden

In Tabel 6 zijn de ontwerppeilen weergegeven die bij het ontwerp gebruikt dienen te worden. Vanwege het (nood)sluiten van de stormvloedkering bij een verwachte waterstand boven NAP+3 meter neemt men in de Oosterschelde geen zeespiegelrijzing in beschouwing. Het ontwerppeil is daardoor gelijk aan het toetspeil 2006 dat ook in de tabel is opgenomen. Tabel 6 bevat ook de gemiddeld hoog waterstand en gemiddeld laag water (GHW en GLW). Verder zijn de waterstanden opgenomen bij gemiddeld getij, springtij en doottij (uit [ref 5]).

Tabel 6: Waterstanden en ontwerppeilen

Dijk- vak no.	Poldernaam	Ontwerppeil [m] tov NAP	GHW GLW		Springtij		Doottij	
			[m]	[m]	HW	LW	HW	LW
			tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP
113	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.80	-1.45	1.30	-1.25
112	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.80	-1.45	1.30	-1.25
111	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.85	-1.45	1.30	-1.25
110	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.85	-1.45	1.30	-1.25
109	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.85	-1.45	1.35	-1.30
108b	Stavenissepolder	3.5	1.60	-1.40	1.85	-1.45	1.35	-1.30
108a	Stavenissepolder	3.5	1.65	-1.45	1.85	-1.45	1.35	-1.30
107	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	3.6	1.65	-1.45	1.90	-1.45	1.35	-1.30
106b	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	3.6	1.65	-1.45	1.90	-1.50	1.35	-1.30
106a	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	3.6	1.65	-1.45	1.90	-1.50	1.35	-1.30

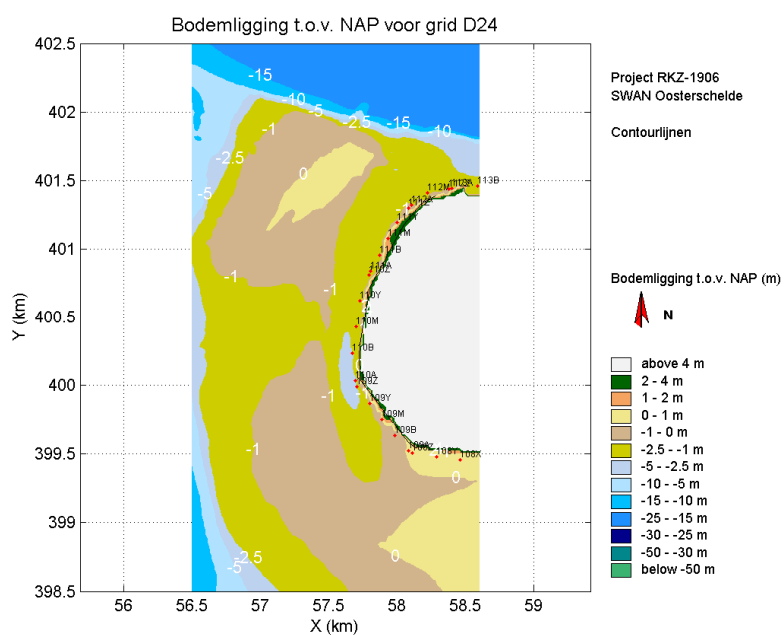
5 Bodemligging en golfcondities lagere waterstanden

De representatieve bodemligging [ref. 8 en 9] voor de dijkvakken is weergegeven in Tabel 7. Voor de dijkvakken die liggen aan de 'Slikken van den Dortsman' (dijkvak 106a t/m 108b) geldt dat de bodemligging boven NAP 0m ligt (zie Figuur 7a en 7b). Langs dijkvak 109, 110 en 111 liggen de uitvoerpunten in een geultje en ligt de bodem lager, namelijk op NAP -1.5m of dieper. Bij lage waterstanden wordt de golfhoogte bij dit dijkvak echter bepaald door de hoogteligging van voorliggend slik. Daarom wordt bij de extrapolatie naar lagere waterstanden aangeraden om uit te gaan van de hoogte van het slik i.p.v. van de geul en is de representatieve bodemligging naar boven bijgesteld tot NAP -1m (met inachtneming van de voorlopige slikprognose). De aangepaste waarden zijn vetgedrukt in Tabel 7.

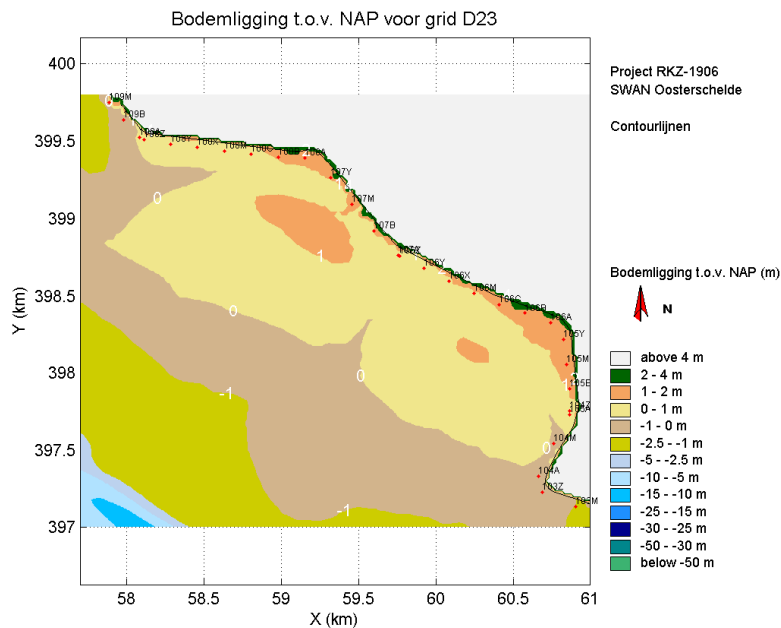
In Tabel 7 en Figuur 7a en 7b is nog niet voor alle dijkvakken rekening gehouden met de schorachteruitgang en de zandhonger. In [ref. 13] wordt geconstateerd dat de zandhonger voor de Galgenplaat en de slikken van den Dortsman sterk doorwerkt. In de studie is op basis van de geconstateerde ontwikkeling de hoogteligging van de platen en slikken in de Oosterschelde voorspeld voor 2060. Volgens de prognose moet rekening worden gehouden met een hoogteafname van de plaat en slik dat varieert van 25 centimeter tot ruim 1 meter. Hoewel het om een verkennende studie gaat wordt geadviseerd met deze plaat en schorachteruitgang rekening te houden. Hierbij kan gedacht worden aan het verdiept aanleggen van de teen of aanbrengen van schorrandverdedigingen.

Tabel 7: Bodemligging

Dijk- vak	Poldernaam	Repr. bodemligging (m)	Gemiddelde bodemligging (m)	Bodemligging st. dev. (m)
no.		t.o.v. NAP	t.o.v. NAP	t.o.v. NAP
113	Stavenissepolder	-1.93	-1.73	0.20
112	Stavenissepolder	-1.27	-1.14	0.12
111	Stavenissepolder	-1.00	-1.00	0.00
110	Stavenissepolder	-1.00	-1.00	0.00
109	Stavenissepolder	-1.00	-1.00	0.00
108b	Stavenissepolder	0.41	0.54	0.13
108a	Stavenissepolder	0.53	0.75	0.21
107	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	0.75	1.12	0.38
106b	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	0.62	0.81	0.19
106a	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	1.54	1.63	0.09



Figuur 7a: Bodemligging rond dijktraject voor detailrooster D24



Figuur 7b: Bodemligging rond dijktraject voor detailrooster D23

Bij de extrapolatie naar lagere waterstanden mogen de waarden $H_s/D=0.7$ en $H_s/L_o=0.06$ (= golfsteilheid) niet worden overschreden. In Tabel 8 en 9 is voor de maatgevende golfcondities voor losse breuksteen (Tabel 5.4) gecontroleerd of de waarden $H_s/D=0.7$ en $H_s/L_o=0.06$ worden overschreden. Voor dijkvak 112 en 113 geldt dat de voorwaarde $H_s/D=0.7$ bij waterstand van NAP - 1m wordt overschreden. De significante golfhoogte is daarom naar beneden bijgesteld (zie grijze arcering Tabel 8 en 9). De voorwaarde $H_s/L_o=0.06$ blijkt in geen enkel geval overschreden te worden (zie Tabel 9) en de golfcondities behoeven hiervoor niet te worden bijgesteld.

Er wordt geadviseerd indien de berekende $H_s \leq 0.25$ m en/of $T_{pm} \leq 2.5$ s zijn, de betreffende golfcondities te verhogen naar $H_s = 0.25$ m en/of $T_{pm} = 2.5$ s, omdat de berekende golfcondities in die situaties mogelijk een onderschatting geven van de werkelijke optredende golfcondities [ref. 7]. Ondanks de beperkte waterdiepte wordt geadviseerd deze ondergrenzen te hanteren indien het voorland niet droog valt. Daarom is de golfhoogte bij dijkvak 112 bij een waterstand van NAP -1m gecorrigeerd naar 0,25 m (aangegeven met de blauwe arcering in Tabel 9).

Tabel 8: Controle criterium $H_s/D=0.7$

Dijk- vak no.	Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		D [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Hs/D bij waterstand t.o.v. NAP		Hs en bijgestelde Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP	
	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
	113	0.34	0.66	-	0.93	-	0.71	-
112	-	0.19	-	0.27	-	0.72	-	0.19
111	-	-	-	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-
109	-	-	-	-	-	-	-	-
108b	-	-	-	-	-	-	-	-
108a	-	-	-	-	-	-	-	-
107	-	-	-	-	-	-	-	-
106b	-	-	-	-	-	-	-	-
106a	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 9 Controle criterium $H_s/Lo=0.06$

Dijk- vak no.	Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Aan te houden Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP		Lo [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Hs/Lo bij waterstand t.o.v. NAP		Aan te houden Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP	
	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
	113	-	0.65	-	5.85	-	53.30	-	0.012	-
112	-	0.19	-	6.66	-	69.09	-	0.003	-	0.25
111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5 Bodemprognose

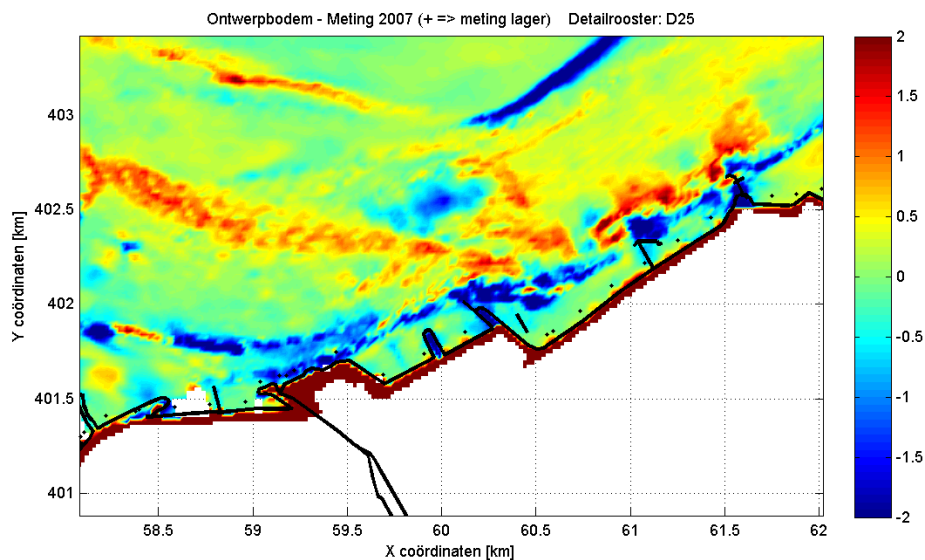
De golfrandvoorwaarden in dit advies zijn gebaseerd op SWAN-berekeningen uit 1998 [ref 1], aangevuld met berekeningen uit 2005 [ref 2]. Bij berekening van de golfcondities is gebruik gemaakt van een bodemschematisatie die destijds representatief werd geacht voor een planperiode van 50 jaar [ref 1]. De hieruit volgende bodemschematisatie wordt de "ontwerpbodem" genoemd.

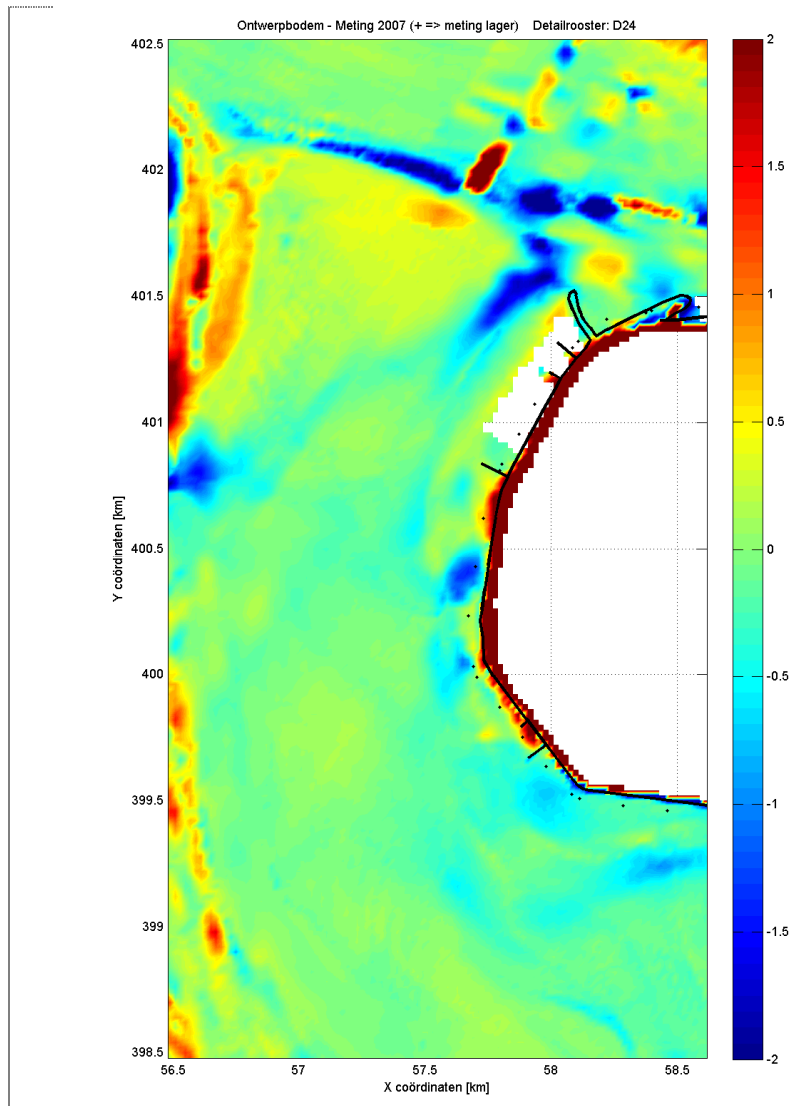
Recent is er op basis van de gemeten bodemligging van 1990, 2001 en 2007 een toekomstprognose gemaakt voor de ontwikkeling van de bodemligging van de Oosterschelde tot het jaar 2112 [ref 17]. De hieruit volgende bodemschematisatie voor het jaar 2062 wordt de "prognosebodem" genoemd. Uit deze toekomstprognose blijkt dat de ontwikkeling van de Oosterschelde op enkele locaties sneller gaat dan voorzien was in 1998.

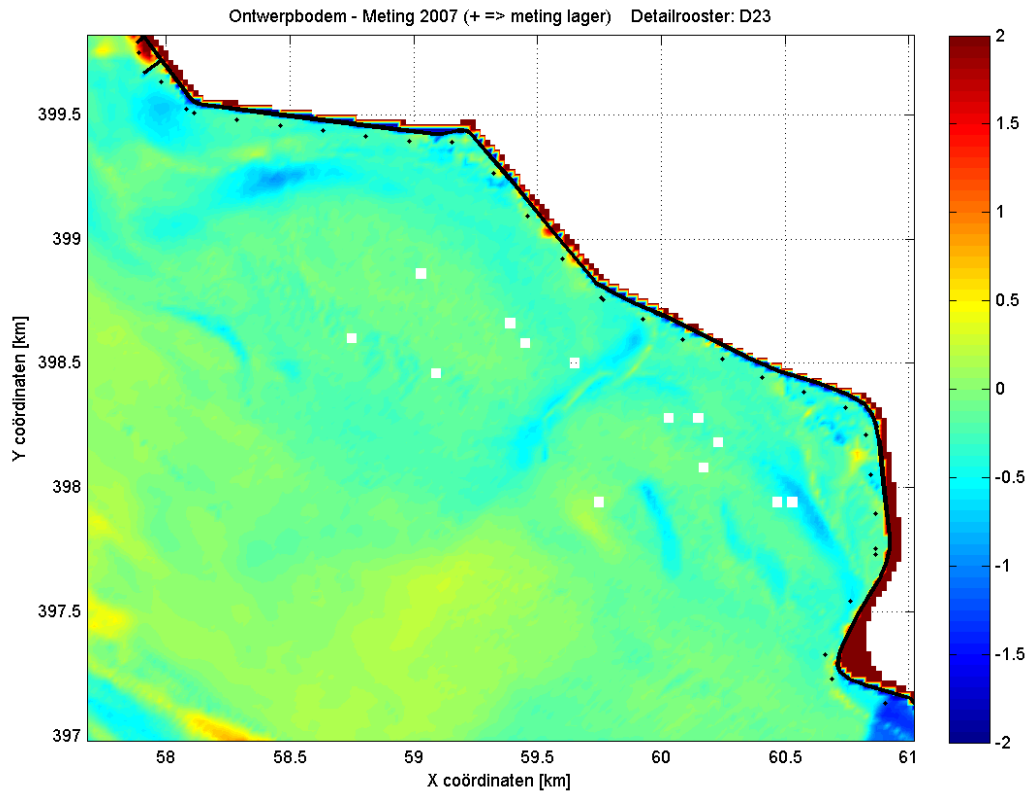
De impact op de golfrandvoorwaarden door de het gebruik van deze prognosebodem in plaats van de ontwerpbodem is bestudeerd in ref 17 en 18. Hieruit blijkt dat de golfrandvoorwaarden op basis van prognosebodem op een aantal locaties hoger zijn dan bij de ontwerpbodem. In deze paragraaf wordt geadviseerd hoe in het ontwerp moet worden omgegaan met de uitkomsten van deze laatste studie [ref 18]. Opgemerkt moet worden dat de betrouwbaarheid van de prognosebodem niet veel groter is dan de ontwerpbodem, waardoor er opgepast moet worden om harde conclusies te trekken. Daarom worden niet zonder meer de randvoorwaarden op basis van de prognosebodem geadviseerd.

In Figuur 8 is het verschil weergegeven tussen de bodemligging uit de ontwerpbodem, waarop de

randvoorwaarden in dit advies gebaseerd zijn, minus de bodemligging op basis van metingen uit 2007. Positieve waarden geven aan dat de huidige bodemligging (meting uit 2007) lager ligt dan de ontwerpbodem. Uit Figuur 8 blijkt dat op een aantal locaties en met name in de omgeving van de dijkvakken 109 en 110, de bodem die volgt uit metingen van 2007 lager ligt dan de ontwerpbodem. De bodemontwikkeling lijkt hier sneller te gaan dan in 1998 was voorzien en wij raden de ontwerper aan hier rekening mee te houden bij het ontwerp van de kreukelberm. Uit berekeningen op basis van de prognosebodem in vergelijking met de ontwerpbodem blijkt dat de totale golfbelasting Z1 voor de dijkvakken 106a t/m 107 en 108b niet toeneemt, voor de dijkvakken 108a, 110 en 113 licht toeneemt en voor de dijkvakken 109, 111 en 112 redelijk toeneemt [tabel 7.1 uit ref 18)]. Merk op dat bij dijkvak 113 een hogere toename wordt verwacht dan een lichte toename, omdat de dammen hier invloed lijken te hebben op de golfcondities bij de prognosebodem. De invloed van de dammen zijn niet meegenomen bij het berekeningen van de golfcondities met de ontwerpbodem. Aangeraden wordt om voor deze dijkvakken enige robuustheid in het ontwerp in te bouwen.







Figuur 8: Verschil in ligging ontwerpbodem minus bodem die volgt uit meting 2007

Referenties

- [1.] Kamsteeg, A.T. et al: '*Golfberekeningen Oosterschelde*', RIKZ/2001.006
- [2.] Alkyon: '*Update golfcondities RAND2001 beïnvloedingsgebied OS-kering, Herberekening westelijke winden*', d.d. augustus 2005, Alkyonrapport
- [3.] Svasek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Detailadvies Nieuwe- Annex- Stavenissepolder (2007.09.61)*', d.d. 12 september 2007.
- [4.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: '*Hydraulische Randvoorwaarden 2001*', december 2001.
- [5.] Jansen, M: '*Hoog- en laagwaterstand en ontwerppeil per dijkvak Oosterschelde*', d.d. januari 2010, RKZ-1906.016 van mantelovereenkomst RKZ-1906.
- [6.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: '*Update correctiewaarden Zeeland*', d.d november 2010, kenmerk: 1585/U10250/D/PvdR.
- [7.] Deltares, Groenendaal, E: '*Toepassen minimale Hs en Tpm voor hydraulische advisering aan Projectbureau Zeeweringen*', maart 2008, kenmerk H5102/EG/01.
- [8.] Royal Haskoning en Svasek Hydraulics: '*Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 1 van 2: Checklist detailadviezen*', d.d. 22 november 2007.
- [9.] Royal Haskoning en Svasek Hydraulics: '*Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 2 van 2: Achtergrond detailadviezen*', d.d. 22 november augustus 2007.
- [10.] Svasek Hydraulics en Royal Haskoning: '*2010.21C Factsheet Update Nieuwe- Annex- Stavenissepolder.xls*', d.d. 1 november 2010.
- [11.] D. Hordijk: '*Prognose schor en slikontwikkelingen Oosterschelde*', 21 maart 2007.
- [12.] Royal Haskoning, Jacobse, S.: '*Prognose van Schor- en slikontwikkelingen in de Oosterschelde; Een analyse naar de te verwachten ontwikkelingen tot 2060*', herziene uitgave 8 september 2008, kenmerk: 9T4814.B0/R0002/SJAC/SSOM/Rott.
- [13.] Jacobse, J.J. T van der Laan: '*Zandhonger Oosterschelde, een bedreiging voor de veiligheid? Schatting van de financiële consequenties van zandhonger op veiligheid*', 2006.
- [14.] Royal Haskoning en Svasek Hydraulics: '*Overzichtsk kaart Oosterschelde en Westerschelde (RKZ1906.25)*', mei 2010.
- [15.] Deltares, Klein Breteler, M.: '*Belastingfunctie voor keuze maatgevende golfcondities*', d.d. 21 oktober 2009
- [16.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: '*Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen*' d.d. 18 januari 2010, PvdR/09358/1573/D.
- [17.] Royal Haskoning: '*Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde*', kenmerk 9T4814.A0/R0002/SJAC/SSOM/Rott, d.d. 12 december 2008.
- [18.] Svašek Hydraulics, van den Boomgaard, M en van de Rest, P.: '*Impact bodemprognose op detailadviezen Oosterschelde*', MB/1565/09388/C, d.d 8 januari 2010.