

Update detailadvies Wilhelminapolder Zandkreekdijk

Aan : Yvo Provoost (Projectbureau Zeeweringen)
 Van : Erik Arnold (Royal Haskoning)
 Tweede lezer : Pol van de Rest (Svašek Hydraulics)
 Datum : 1 november 2010
 Betreft : 2010.13C Update detailadvies Wilhelminapolder Zandkreekdijk
 Status : Definitief
 Ref. Royal Haskoning : 9V9006.A0/N0130/EARN/ILAN/Rott

Let op: Dit detailadvies is een herziening van het oorspronkelijke detailadvies Wilhelminapolder Zandkreekdijk [ref 8]. In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen zijn recentelijk nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen [ref 12]. Deze nieuwe ontwerpformules worden reeds gebruikt bij projectbureau Zeeweringen bij het ontwerp van dijkbekledingen. Met deze nieuwe ontwerpformules zijn nieuwe belastingfuncties bepaald [ref 15], 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 8]. Daarnaast zijn de maatgevende golfcondities in dit advies bepaald met aangescherpte correctiefactoren [ref 4].

In dit detailadvies zijn de golfcondities beschreven voor de Wilhelminapolder Zandkreekdijk, welke betrekking heeft op het traject van dijkkilometer 167.45 tot 173.40. Het ontwerptraacé loopt van dijkkilometer 167.65 tot 172.9.

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. 5 en 6]. Bij het detailadvies hoort ook een excel-spreadsheet met randvoorwaarden, waarin de randvoorwaarden overeenkomstig dit advies zijn opgenomen [ref.7]. Tabel 1 geeft de dijkvaknummering, coördinaten en dijkkilometring (zie ook [ref. 14]).

Tabel 1: Beschouwde dijkvakken

Dijk- vak	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs (m)				Dijk kilometring		Poldernaam
	van		tot		(km)		
no.	x	y	x	y	van	tot	
36	51990	395963	51913	395739	167.45	167.70	Oostbevelandpolder
35	51913	395739	51267	395739	167.70	168.35	(knik) Wilhelminapolder
34	51267	395739	50911	395916	168.35	168.75	Wilhelminapolder
33	50911	395916	49799	395663	168.75	169.90	Wilhelminapolder
32	49799	395663	49557	395609	169.90	170.15	(veerhuis) Wilhelminapolder
31	49557	395609	49374	396428	170.15	171.00	Zandkreekdijk
30c	49374	396428	49912	397342	171.00	172.10	Leendert Abrahamapolder - Zandkreekdijk
30b	49912	397342	51179	397621	172.10	173.40	Leendert Abrahamapolder - Zandkreekdijk

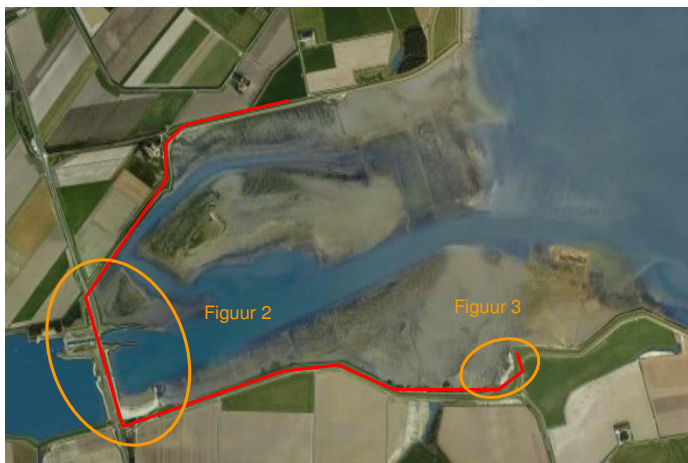
Tabel 2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

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
36	-	0.95	1.21	1.49	-	4.98	5.39	5.05	-	2.0	3.0	4.0	-	315	330	315
35	-	0.86	1.14	1.37	-	4.61	5.04	4.82	-	1.7	2.6	3.7	-	330	330	60
34	0.25	0.94	1.17	1.43	2.50	4.00	4.36	4.72	0.2	2.2	3.0	4.0	330	60	60	60
33	0.45	0.92	1.16	1.40	2.50	4.08	4.34	4.61	0.8	2.3	3.3	4.3	300	60	60	60
32	0.44	0.80	0.91	1.05	2.50	3.07	3.77	4.19	0.8	2.8	3.8	4.8	315	30	60	60
31	0.61	0.89	1.12	1.34	2.50	3.16	3.80	4.47	2.5	2.5	3.5	4.5	60	60	60	60
30c	0.51	0.78	1.03	1.30	2.50	2.94	3.65	4.48	2.0	3.9	4.1	5.1	210	90	60	60
30b	0.25	0.97	1.11	1.24	2.50	4.77	4.85	4.91	0.29	2.25	3.25	4.25	150	120	120	90

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 15]. 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 in het ontwerp steiler is dan 1:3,2 of flauwer dan 1:4,5 of de F-waarde is niet gelijk aan 6 kunnen de maatgevende golfcondities afwijken. In dat geval 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 15]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt $\xi_{op} > 2$ (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 15], zodat geldt $\xi_{op} = 2$. Bij het beschouwde dijktraject is $\xi_{op} < 2$ en hoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld.
- Er is een overlap met het detailadvies “Wilhelminapolder, Oostbevelandpolder”, opdracht 2007.09.62, augustus 2007 [ref 9], waarin de dijkvakken 36 t/m 45b zijn beschouwd. Er is ook een overlap met het detailadvies “Leendert Abrahamapolder”, opdracht 2005.10.11, oktober 2005 [ref 10], waarin de dijkvakken 27b t/m 30b zijn beschouwd. Daarnaast is dit detailadvies een herziening van het detailadvies Wilhelminapolder Zandkreekdijk [ref 8]. De randvoorwaarden van dit advies zijn niet gelijk aan de randvoorwaarden van de overlappende delen uit voorgaande adviezen, doordat deze met nieuwe belastingfuncties [ref 15] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald. De randvoorwaarden van dit advies vervangen de eerder afgegeven waarden.
- 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 Tabel 2 en de Tabellen 5.1 t/m 5.4), omdat de berekende golfcondities in die situaties mogelijk een onderschatting geven van de werkelijke optredende golfcondities [ref. 13].
- Bij dijkvak 35 en 36 is de golfperiode bij NAP +3m hoger dan bij NAP +4m (zie oranje arcering in Tabel 2).
- Voor dijkvak 31 liggen strekdammen (zie Figuur 2). De strekdammen zijn aangelegd om de aanvaarroute naar de sluis op diepte te houden. De strekdammen zijn niet gedimensioneerd op een maatgevende storm. Daarom is bij het bepalen van de golfcondities voor de dijk geen rekening gehouden met de golfreducerende werking van de strekdammen.
- Ter hoogte van dijkvak 31 ligt een uitwateringsluis (zie Figuur 2). De uitwateringsluis ligt in de dijk en heeft geen effect op de maatgevende golfbelastingen voor de dijk.

- Tussen de uitwateringsluis en de aanlegplaats (dijkvak 32) ligt een strandje. De bodemligging van het strandje varieert van NAP +0 tot NAP +2m. Onder normale omstandigheden wordt dit strandje afgeschermd van golfaanval uit het oosten door de aanlegplaats (zie Figuur 2). Dit is de voormalige aanlegsteiger van het Katse veer. De aanlegplaats is echter niet gedimensioneerd op een maatgevende storm en wordt daarom tijdens maatgevende condities als verloren beschouwd. Bij een maatgevende storm staat het strandje daarom net als dijkvak 33 bloot aan golfaanval uit het oosten. Omdat bij het bepalen van de maatgevende golfcondities van dijkvak 32 ook een uitvoerpunt is meegenomen ten oosten van de aanlegplaats met een lagere bodemligging zijn de uitvoerpunten wel representatief voor dijkvak 32. De maatgevende golfbelastingen voor de dijk hoeven daarom niet worden bijgesteld.
- Voor dijkvakken 35 en 36 ligt een schor (zie Figuur 3 en 4). Uit de schorprognose blijkt dat dit schor snel afkalft. In de ontwerpwaarden is rekening gehouden met het feit dat dit schor grotendeels verdwenen zal zijn voor 2060.



Figuur 1: Ontwerptraject met rood aangegeven (bron: Google Earth)



Figuur 2: Strekdammen voor de sluis, uitwateringsluis en aanlegplaats (bron: Google Earth)



Figuur 3: Schor (bron: Google Earth)

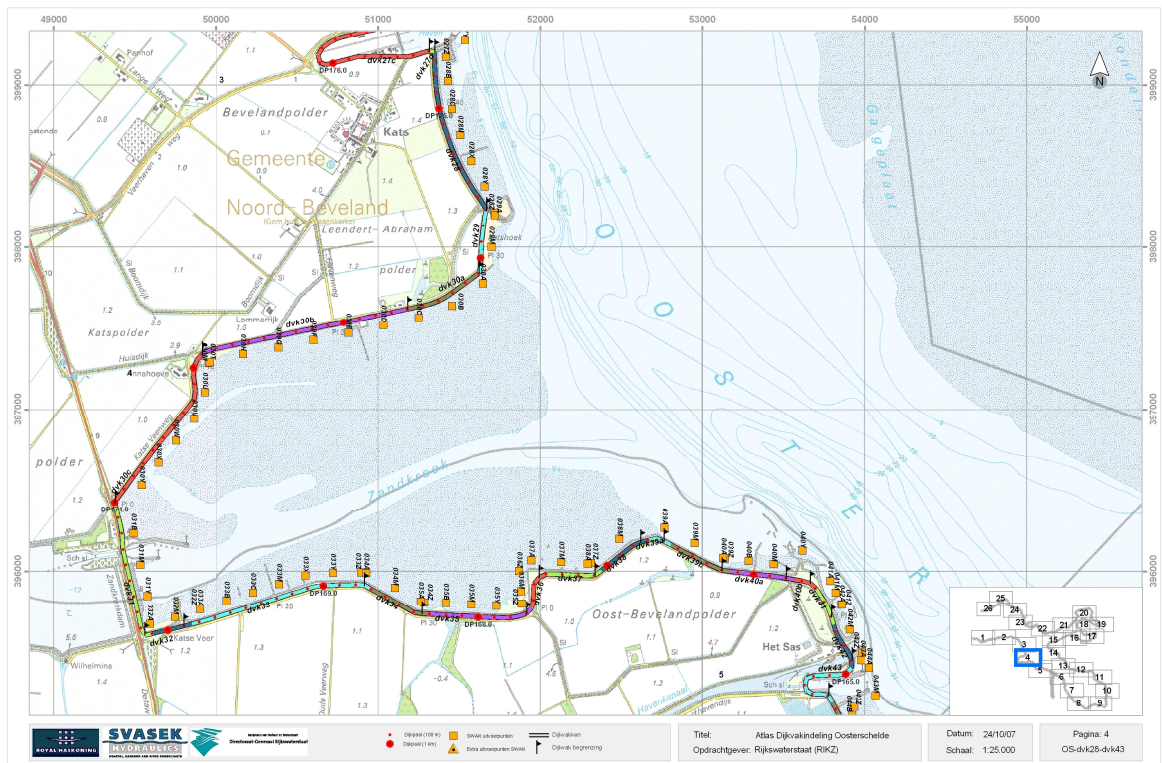
Tabel 3: Waterstanden en ontwerppeilen [ref 3]

Dijk- vak no.	Poldernaam	Ontwerppeil [m] tov NAP	GHW GLW		Springtij		Doodtij	
			[m]	[m]	HW	LW	HW	LW
			tov NAP	tov. NAP	tov NAP	tov. NAP	tov NAP	tov. NAP
36	Oostbevelandpolder	3.5	1.55	-1.35	1.80	-1.40	1.25	-1.20
35	(knik) Wilhelminapolder	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20
34	Wilhelminapolder	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20
33	Wilhelminapolder	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20
32	(veerhuis) Wilhelminapolder	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20
31	Zandkreekdam	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20
30c	Leendert Abrahampolder - Zandkreekdam	3.5	1.50	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20
30b	Leendert Abrahampolder - Zandkreekdam	3.5	1.50	-1.35	1.75	-1.35	1.25	-1.20

Tabel 4: Bodemligging

Dijk- vak no.	Poldernaam	Repr. bodemligging (m) t.o.v. NAP	Gemiddelde bodemligging (m) t.o.v. NAP	Bodemligging st. dev. (m) t.o.v. NAP
36	Oostbevelandpolder	0.27	0.99	0.72
35	(knik) Wilhelminapolder	0.37	0.55	0.19
34	Wilhelminapolder	-0.19	-0.02	0.17
33	Wilhelminapolder	-0.82	-0.64	0.18
32	(veerhuis) Wilhelminapolder	-0.73	0.45	1.18
31	Zandkreekdam	-2.09	-1.18	0.91
30c	Leendert Abrahampolder - Zandkreekdam	-2.25	-1.48	0.77
30b	Leendert Abrahampolder - Zandkreekdam	-0.28	0.09	0.37

Figuur 4: Dijkvakken 30b t/m 36



Bijlagen 1: Aanpak en resultaten detailadvies

1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies gaat over de dijkvakken 30b t/m 36 (zie Figuur 4). Het tracé ligt ten zuiden van Kats in het westelijk deel van de Oosterschelde. De Zandkreekdijk, die de scheiding vormt tussen het Veerse Meer en de Oosterschelde, maakt deel uit van het traject. Het ontwerptraacé loopt van dijkkilometer 167.65 tot 172.9. Dijkkilometer 167.65 ligt in dijkvak 36 en dijkkilometer 172.9 ligt in dijkvak 30b. De oriëntatie van de dijk varieert sterk langs het traject. Dijkvakken 30b, 32, 33, 34 en 35 zijn grofweg oost-west georiënteerd, dijkvak 30c is zuidwest-noordoost georiënteerd en dijkvakken 31 en 36 zijn zuid-noord georiënteerd.

Er is een overlap met het detailadvies “Wilhelminapolder, Oostbevelandpolder”, opdracht 2007.09.62, augustus 2007 [ref 9], waarin de dijkvakken 36 t/m 45b zijn beschouwd. Er is ook een overlap met het detailadvies “Leendert Abrahamspolder”, opdracht 2005.10.11, oktober 2005 [ref 10], waarin de dijkvakken 27b t/m 30b zijn beschouwd. De scheidingscoördinaten van dijkvak 30b zijn in ref 8 aangepast (t.o.v. ref 10) van 173.45 tot 172.15 naar 173.40 tot 172.10. Hiermee samenhangend kunnen de getallen in de tabel anders zijn. Dit detailadvies een herziening van het detailadvies Wilhelminapolder Zandkreekdijk [ref 8]. De randvoorwaarden van dit advies zijn niet gelijk aan de randvoorwaarden van de overlappende delen uit voorgaande adviezen, doordat deze met nieuwe belastingfuncties [ref 15] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald. De randvoorwaarden van dit advies vervangen de eerder afgegeven waarden.

2 Situatiebeschrijving

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

- Voor dijkvak 31 liggen strekdammen (zie Figuur 2). De strekdammen zijn aangelegd om de aanvaarroute naar de sluis op diepte te houden. De strekdammen zijn niet gedimensioneerd op een maatgevende storm. Daarom is bij het bepalen van de golfcondities voor de dijk geen rekening gehouden met de golfreducerende werking van de strekdammen.
- Ter hoogte van dijkvak 31 ligt een uitwateringsluis (zie Figuur 2). De uitwateringsluis ligt in de dijk en heeft geen effect op de berekende golfbelastingen voor de dijk.
- Tussen de uitwateringsluis en de aanlegplaats (dijkvak 32) ligt een strandje. De bodemligging van het strandje varieert van NAP +0 tot NAP +2m. Onder normale omstandigheden wordt dit strandje afgeschermd van golfaanval uit het noordoosten door de aanlegplaats (zie Figuur 2). De aanlegplaats is echter niet gedimensioneerd op een maatgevende storm en wordt daarom tijdens maatgevende condities als verloren beschouwd. Bij een maatgevende storm staat het strand daarom net als dijkvak 33 bloot aan golfaanval uit het noordoosten. De maatgevende golfbelastingen voor aan het strand gelegen dijkvak is bepaald op basis van drie uitvoerpunten: 32A, 32M en 32Z (zie figuur 4). De eerste twee uitvoerpunten liggen ten westen van de aanlegplaats en hebben een maximale bodemligging van NAP +2.1m. Het derde uitvoerpunt ligt ten oosten van de aanlegplaats met een maximale bodemligging van NAP -0.8m. Door de lagere bodemligging is het derde uitvoerpunt bij alle waterstanden maatgevend. Omdat bij het bepalen van de maatgevende golfcondities van dijkvak 32 ook een uitvoerpunt is meegenomen ten oosten van de aanlegplaats zijn de uitvoerpunten wel representatief voor dijkvak 32. De maatgevende golfbelastingen voor de dijk hoeven daarom niet worden bijgesteld.
- Voor dijkvakken 35 en 36 ligt een schor (buitendijks begroeid hoog voorland). Zie Figuur 3 en 4. Bij het bepalen van de golfcondities met het golfgroeiemodel SWAN is rekening gehouden met het verdwijnen van het schor. Uit de schorprognose [ref 11] blijkt dat dit schor snel zal verdwijnen. Dit heeft echter geen consequenties voor maatgevende golfbelastingen voor de achterliggende dijk, omdat de uitvoerpunten (36M en 36Z) voor het schor liggen.

3 Golfcondities

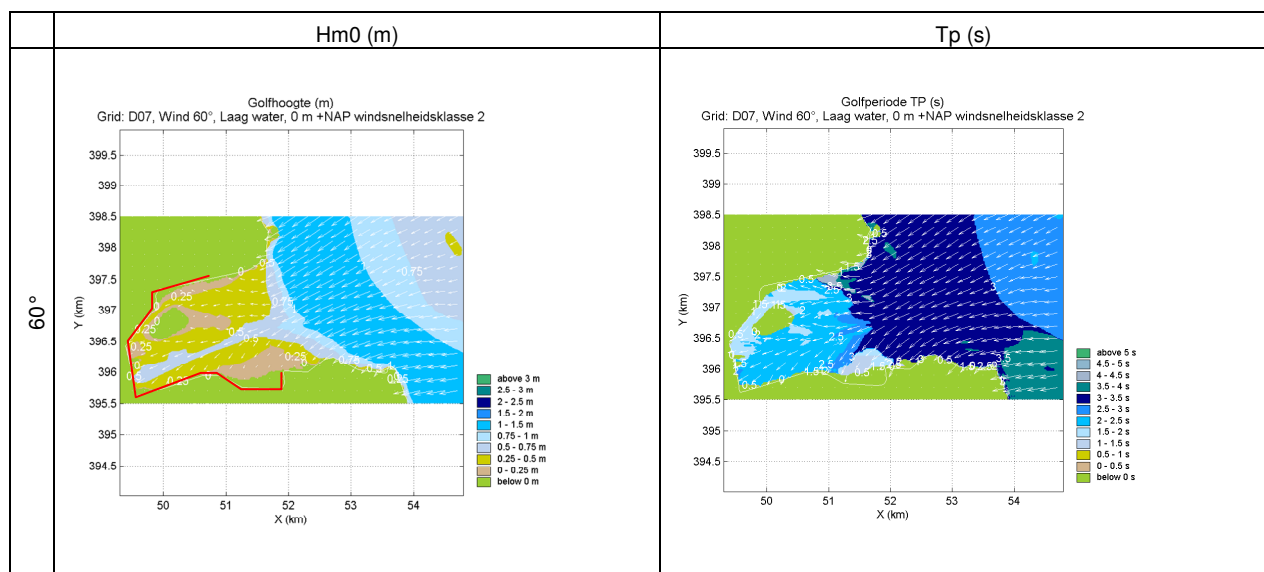
Het ontwerptraject ligt met uitzondering van de dijkvakken 30c en 31 aan ondiep water (NAP -1m t/m NAP +1m). Bij laagwater komen grote delen van het gebied droog te liggen (zie Figuur 1) en vindt bij lage waterstanden (NAP 0m) daarom golfgroei alleen plaats in de geulen. In Figuur 5 is te zien dat door de zuidwestelijke-noordoostelijke oriëntatie van de Zandkreek golfgroei kan plaatsvinden bij oostenwind (60°) en westenwind (285°). Bij hoge waterstanden (NAP +4m) is ook golfgroei mogelijk over de hoog gelegen delen (zie Figuur 6). Bij hoge waterstanden is wind uit het oosten maatgevend, omdat dan golfgroei plaats kan vinden over grote afstand op de Oosterschelde. Dijkvak 36 vormt hierop een uitzondering, omdat dit dijkvak door de ligging is afgeschermd van wind uit het oosten.

Bij dijkvak 31 bij een waterstand van NAP +2m (bij de belastingfunctie voor betonzuilen) geeft SWAN de maatgevende windcondities bij afluende wind (330°). Omdat deze situatie niet als realistisch voor de maatgevende omstandigheden van dit dijkvak wordt beschouwd is deze windrichting uitgesloten, waardoor de windrichting 60 graden maatgevend wordt.

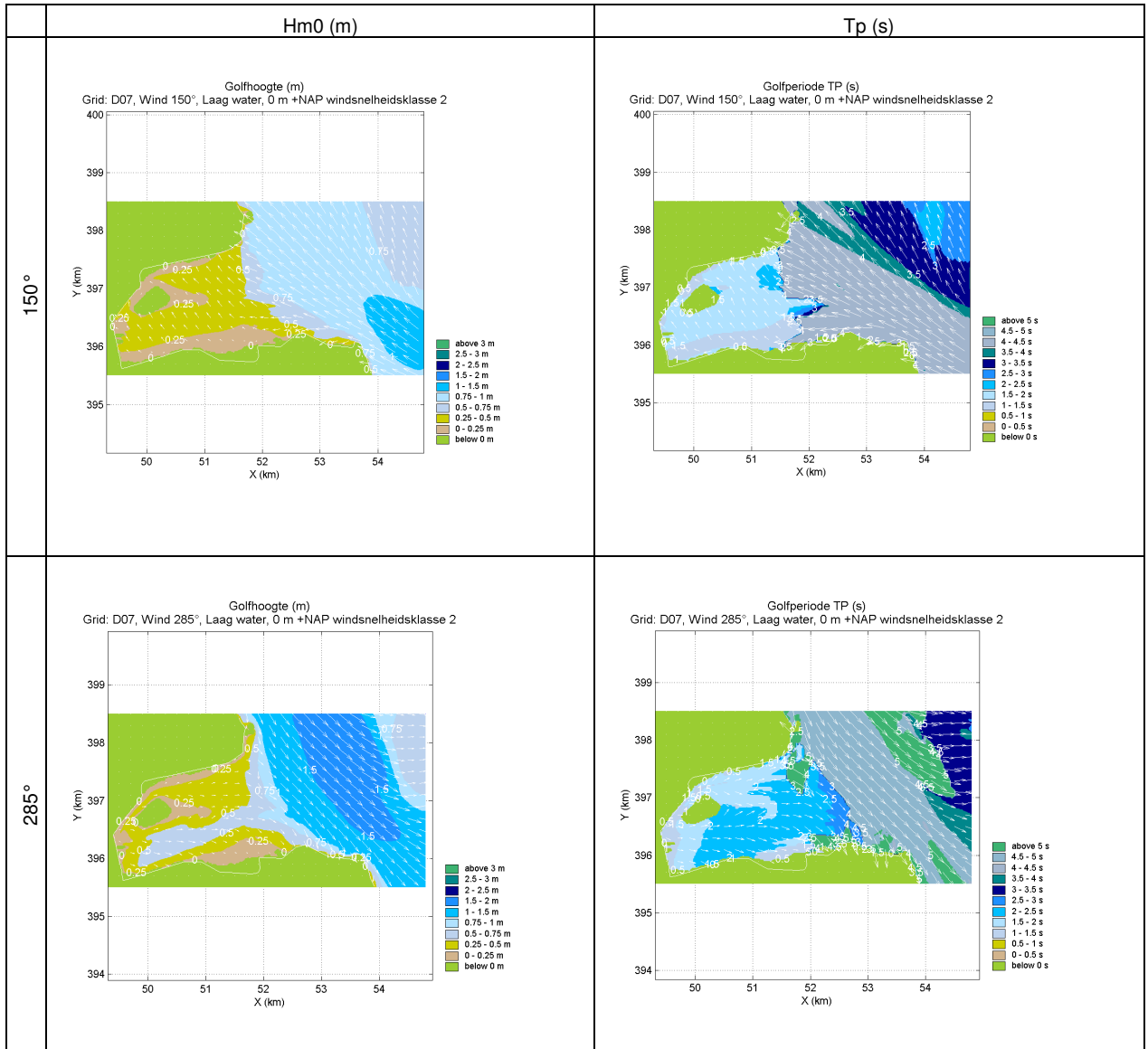
De resultaten van "Golfberekeningen Oosterschelde, Rapport RIKZ/2001.006" [ref 1], vormen de basis voor de golfbelastingen. Deze zijn naar aanleiding van nieuwe inzichten op het gebied van transmissie van golfenergie door de Oosterscheldekering, herzien in 2005 [ref 2]. De op basis van het rapport "Update correctiewaarden Zeeland" [ref 4] 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.

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 15].

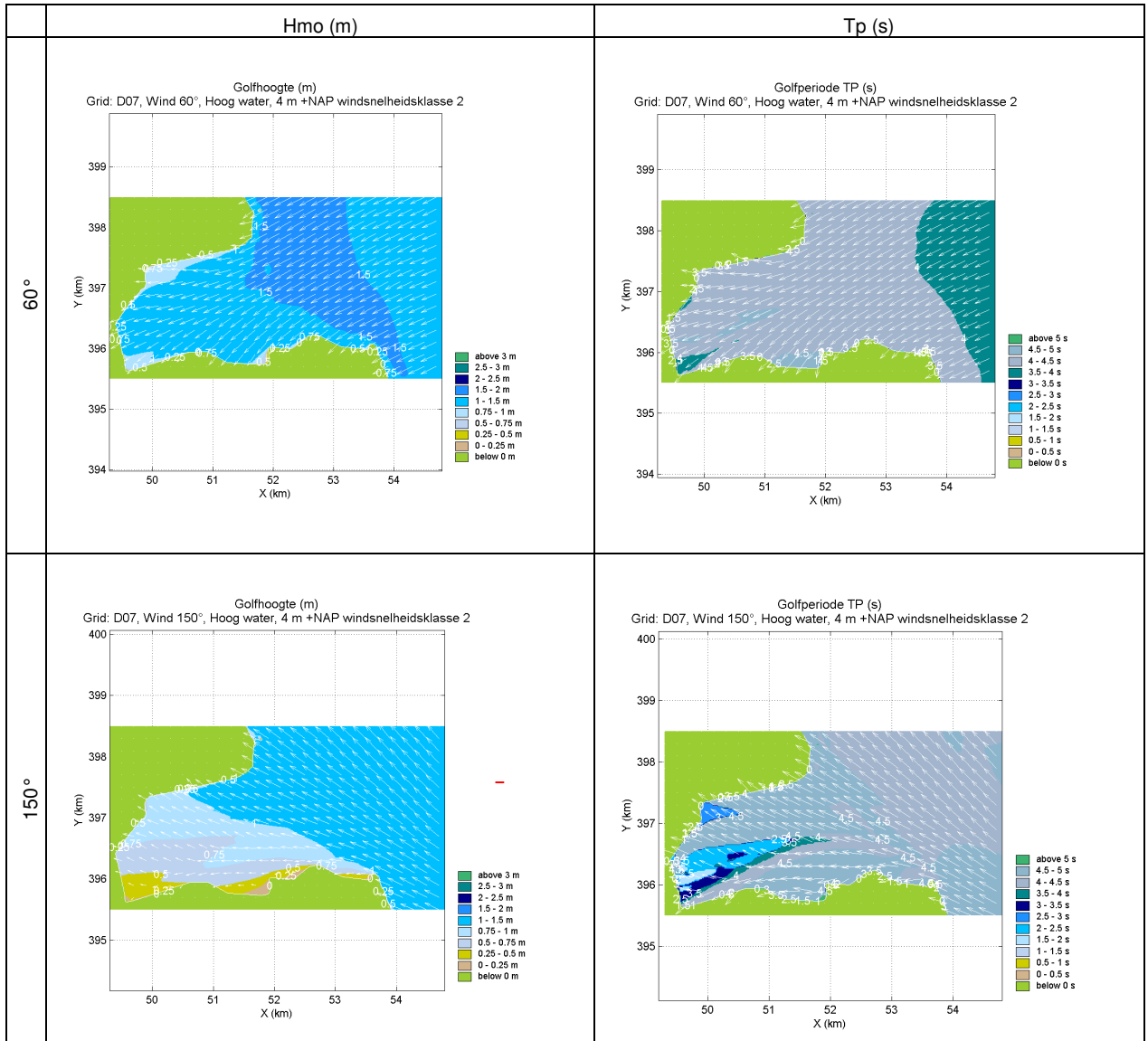
Tabel 5.1 is maatgevend voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen, Tabel 5.2 voor betonzuilen, Tabel 5.3 voor het mechanisme afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen en Tabel 5.4 voor losse breuksteen van de kreukelberm.



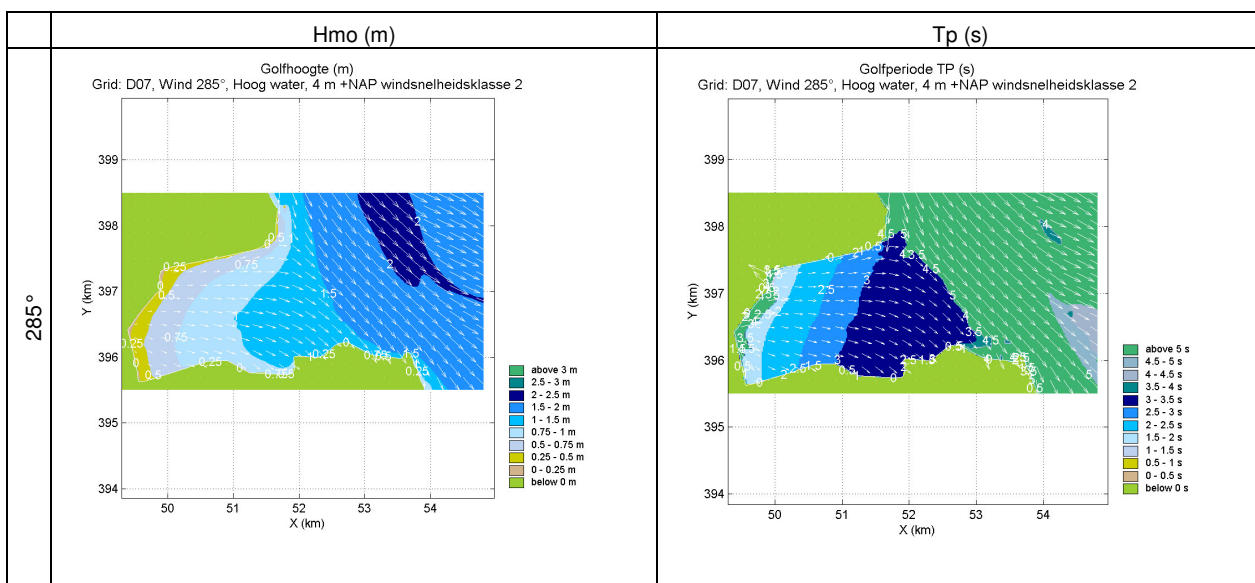
Figuur 5a: SWAN resultaten voor H_{m0} (m) en T_p (s) bij een ruimende wind (windrichting van 60°) en een waterstand van NAP +0m. NB. Piekperiode als T_p in plaats van T_{pm} .



Figuur 5b: SWAN resultaten voor H_{m0} (m) en T_p (s) bij een ruimende wind (windrichting van 150° en 285°) en een waterstand van NAP +0m. NB. In de figuren is de piekperiode T_p weergegeven in plaats van T_{pm}



Figuur 6a: SWAN resultaten voor H_{m0} (m) en T_p (s) bij een ruimende wind (windrichting van 60° en 150°) en een waterstand van NAP +4m. NB. In de figuren is de piekperiode T_p weergegeven in plaats van T_{pm}



Figuur 6b: SWAN resultaten voor H_{m0} (m) en T_p (s) bij een ruimende wind (windrichting van 285°) en een waterstand van NAP +4m. NB. In de figuren is de piekperiode T_p weergegeven in plaats van T_{pm}

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 in het ontwerp steiler is dan 1:3,2 of flauwer dan 1:4,5 of de F-waarde is niet gelijk aan 6 kunnen de maatgevende golfcondities afwijken. In dat geval 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 15]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt $\xi_{op} > 2$ (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 15], 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, zijn de betreffende golfcondities verhoogd 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 13]. De betreffende situatie zijn met de blauwe arcering aangegeven in de Tabellen 5.1 t/m 5.4 en Tabel 2.

Bij dijkvak 34 springt de windrichting voor verschillende waterdiepten van 60 graden naar 330 graden. Dit komt omdat de golfhoogte en golfperiode voor de noordelijke windrichtingen (i.e. 330 tot 60 graden) weinig varieert. Hierdoor is de ene keer 60 graden maatgevend en de andere keer 330 graden. Het uitvoerpunt blijft echter gelijk. Voor dijkvak 35 en 36 geldt dat noordelijke windrichtingen (i.e. 315 tot 60 graden) maatgevend zijn. Deze dijkvakken liggen aan de oostkant van de zuidoever van de Zandkreek waardoor golven die opgewekt zijn op de Oosterschelde het dijkvak nog kunnen bereiken. De golven moeten wel flink bijdraaien voordat ze de oever bereiken.

Bij dijkvakken 30b, 34, 35 en 36 is voor één of meerdere belastingfuncties de golfperiode bij NAP +4m lager dan bij NAP +3m (met de oranje arcering aangegeven in de Tabellen 5.1 t/m 5.4 en Tabel 2), terwijl je bij een grotere waterdiepte een grotere golfperiode zou verwachten. Bij de dijkvakken 30b,

34, 35 komt dit, doordat een ander uitvoerpunt maatgevend wordt en/of doordat bij de hoogste waterstand van NAP+4m de golfparameters niet voor stroming worden gecorrigeerd, vanwege sluiting van de Oosterscheldekering. Bij dijkvak 36 is geen sprake van een wisselend maatgevend uitvoerpunt en berekend SWAN een lagere golfperiode bij NAP +4m dan bij NAP +3m. De afname in de golfperiode is fysisch niet te verklaren en daarom is voor NAP +4m de golfperiode toegepast van NAP +3m zonder stromingscorrectie. Bij een waterstand van NAP +4m is namelijk de Oosterscheldekering gesloten. Deze aanpassing is in zowel Tabel 2 als de Tabellen 5.1 t/m 5.4 doorgevoerd.

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
	36	-	0.95	1.19	1.49	-	4.98	5.55	5.21	-	2.0	3.0	4.0	-	315	315
35	-	0.86	1.11	1.37	-	4.61	5.24	4.82	-	1.7	2.3	3.7	-	330	315	60
34	0.25	0.92	1.11	1.43	2.50	4.11	4.76	4.72	0.2	2.2	2.8	4.0	330	60	330	60
33	0.44	0.92	1.16	1.40	2.50	4.08	4.34	4.61	0.8	2.3	3.3	4.3	285	60	60	60
32	0.38	0.77	0.91	1.05	2.50	3.37	3.77	4.19	0.8	2.8	3.8	4.8	60	60	60	60
31	0.61	0.89	1.12	1.34	2.50	3.16	3.80	4.47	2.5	2.5	3.5	4.5	60	60	60	60
30c	0.51	0.75	1.03	1.30	2.50	3.06	3.65	4.48	2.0	2.2	4.1	5.1	210	90	60	60
30b	0.25	0.97	1.11	1.24	2.50	4.77	4.85	4.91	0.29	2.25	3.25	4.25	150	120	120	90

Tabel 5.2 Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

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
	36	-	0.95	1.21	1.49	-	4.98	5.39	5.05	-	2.0	3.0	4.0	-	315	330
35	-	0.86	1.14	1.37	-	4.61	5.04	4.82	-	1.7	2.6	3.7	-	330	330	60
34	0.25	0.94	1.17	1.43	2.50	4.00	4.36	4.72	0.2	2.2	3.0	4.0	330	60	60	60
33	0.45	0.92	1.16	1.40	2.50	4.08	4.34	4.61	0.8	2.3	3.3	4.3	300	60	60	60
32	0.44	0.80	0.91	1.05	2.50	3.07	3.77	4.19	0.8	2.8	3.8	4.8	315	30	60	60
31	0.61	0.89	1.12	1.34	2.50	3.16	3.80	4.47	2.5	2.5	3.5	4.5	60	60	60	60
30c	0.51	0.78	1.03	1.30	2.50	2.94	3.65	4.48	2.0	3.9	4.1	5.1	210	90	60	60
30b	0.25	0.97	1.11	1.24	2.50	4.77	4.85	4.91	0.29	2.25	3.25	4.25	150	120	120	90

Tabel 5.3 Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat 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
	36	-	0.96	1.22	1.51	-	4.64	5.05	5.05	-	2.0	3.0	4.0	-	315	330
35	-	0.87	1.14	1.38	-	4.12	5.04	4.64	-	1.7	2.6	3.3	-	360	330	360
34	0.25	0.95	1.17	1.43	2.50	2.69	4.25	4.72	0.2	2.2	3.2	4.0	330	330	60	60
33	0.45	1.03	1.16	1.40	2.50	2.62	4.34	4.61	0.8	2.8	3.3	4.3	315	300	60	60
32	0.44	0.80	0.91	1.05	2.50	3.07	3.77	4.19	0.8	2.8	3.8	4.8	315	30	60	60
31	0.61	0.89	1.12	1.34	2.50	3.11	3.75	4.47	2.5	2.5	3.5	4.5	60	60	60	60
30c	0.51	0.78	1.04	1.30	2.50	2.63	3.57	4.48	2.0	4.0	4.1	5.1	210	90	60	60
30b	0.25	0.97	1.11	1.24	2.50	4.77	4.85	4.81	0.29	2.25	3.25	4.25	150	120	120	120

Tabel 5.4 Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm

Dijk- vak no.	Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
	bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
36	-	0.95	1.21	1.49	-	4.98	5.39	5.05	-	2.0	3.0	4.0	-	315	330	315
35	-	0.86	1.14	1.37	-	4.61	5.04	4.82	-	1.7	2.6	3.7	-	330	330	60
34	0.25	0.92	1.15	1.43	2.50	4.11	4.47	4.72	0.2	2.2	3.0	4.0	330	60	60	60
33	0.45	0.92	1.16	1.40	2.50	4.08	4.34	4.61	0.8	2.3	3.3	4.3	300	60	60	60
32	0.44	0.77	0.91	1.05	2.50	3.37	3.77	4.19	0.8	2.8	3.8	4.8	315	60	60	60
31	0.61	0.89	1.12	1.34	2.50	3.16	3.80	4.47	2.5	2.5	3.5	4.5	60	60	60	60
30c	0.51	0.78	1.03	1.30	2.50	2.94	3.65	4.48	2.0	3.9	4.1	5.1	210	90	60	60
30b	0.25	0.97	1.11	1.24	2.50	4.77	4.85	4.91	0.29	2.25	3.25	4.25	150	120	120	90

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 en geen buistoten of seiches 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 3]).

Tabel 6: Waterstanden en ontwerppeilen

Dijk- vak no.	Poldernaam	Ontwerppeil [m] tov NAP	GHW		GLW		Springtij		Doottij	
			[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
			tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP
36	Oostbevelandpolder	3.5	1.55	-1.35	1.80	-1.40	1.25	-1.20		
35	(knik) Wilhelminapolder	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20		
34	Wilhelminapolder	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20		
33	Wilhelminapolder	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20		
32	(veerhuis) Wilhelminapolder	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20		
31	Zandkreekdijk	3.5	1.55	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20		
30c	Leendert Abrahamapolder - Zandkreekdijk	3.5	1.50	-1.35	1.75	-1.40	1.25	-1.20		
30b	Leendert Abrahamapolder - Zandkreekdijk	3.5	1.50	-1.35	1.75	-1.35	1.25	-1.20		

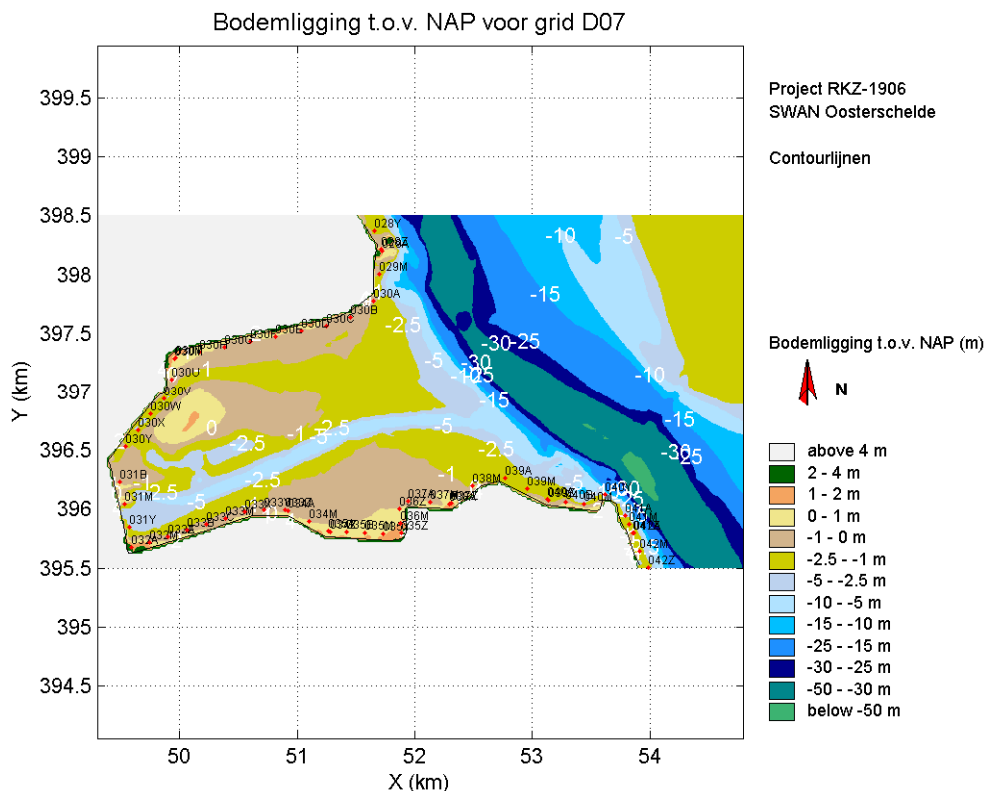
5 Bodemligging en golfcondities lagere waterstanden

De representatieve bodemligging [ref. 5 en 6] voor de dijkvakken is weergegeven in Tabel 7. Dijkvakken 30c en 31 (zie Figuur 7) liggen aan relatief diep water (NAP -1m tot NAP -2.5m). Dit komt omdat voor deze dijkvakken geultjes liggen. Voor de dijkvakken 35 en 36 ligt begroeid hoog voorland

(NAP +1m tot NAP +2m). De bodemligging van dijkvak 32 is relatief laag en heeft een hoge standaardafwijking, omdat de bodemligging is gebaseerd om drie uitvoerpunten (32A, 32M en 32Z) waarvan de bodem sterk varieert (NAP -0.8 t/m NAP +2.1m). De representatieve bodemligging is in lijn met Figuur 7 en hoeft daarom niet worden aangepast.

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
36	Oostbevelandpolder	0.27	0.99	0.72
35	(knik) Wilhelminapolder	0.37	0.55	0.19
34	Wilhelminapolder	-0.19	-0.02	0.17
33	Wilhelminapolder	-0.82	-0.64	0.18
32	(veerhuis) Wilhelminapolder	-0.73	0.45	1.18
31	Zandkreekdijk	-2.09	-1.18	0.91
30c	Leendert Abrahampolder - Zandkreekdijk	-2.25	-1.48	0.77
30b	Leendert Abrahampolder - Zandkreekdijk	-0.28	0.09	0.37



Figuur 7: Bodemligging rond dijktraject

Bij de extrapolatie naar lagere waterstanden mogen de waarden $H_s/D=0.7$ en $H_s/L_0=0.06$ (= 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 $H_s/L_0=0.06$ worden

overschreden. Voor de dijkvakken 30c en 31 wordt de waarde $H_s/D=0.7$ bij een waterstand van NAP -2m overschreden (zie grijze arcering Tabel 8). De H_s is voor beide dijkvakken op basis van $H_s/D=0.7$ naar beneden, echter deze is i.v.m. het toepassen van een minimale golfhoogte niet verder omlaag bijgesteld dan 0.25m [ref 13] (zie blauw gemarkeerde waarden in Tabel 8). De reden hiervan is dat de berekende golfcondities in die situatie mogelijk een onderschatting zouden geven van de werkelijke optredende golfcondities. In Tabel 9 is gecontroleerd of aan de voorwaarde $H_s/L_0 \leq 0.06$ wordt voldaan. In geen van de gevallen blijkt deze voorwaarde overschreden te worden en behoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld. Voor de T_{pm} is echter wel een minimale waarde van 2,5 s aangehouden [ref 13] (zie blauwe arcering in Tabel 9), omdat de berekende golfcondities in die situatie mogelijk een onderschatting zouden geven van de werkelijke optredende golfcondities.

Tabel 8: Controle criterium $H_s/D \leq 0.7$ bij extrapolatie van de waterstand

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
	36	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-
34	-	-	-	-	-	-	-	-
33	-	0.22	-	-	-	-	-	-
32	0.11	0.28	-	-	-	-	-	-
31	0.33	0.47	0.09	1.09	3.67	0.43	0.25	0.47
30c	0.24	0.38	0.25	1.25	0.96	0.30	0.25	0.38
30b	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 9: Controle criterium $H_s/L_0 \leq 0.06$

Dijk- vak no.	Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Aan te houden T_{pm} [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
	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	0.25	0.47	2.50	2.50	9.75	9.75	0.026	0.048	0.25	0.47
30c	0.25	0.38	2.50	2.50	9.75	9.75	0.026	0.038	0.25	0.38
30b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5 Bodemprognose

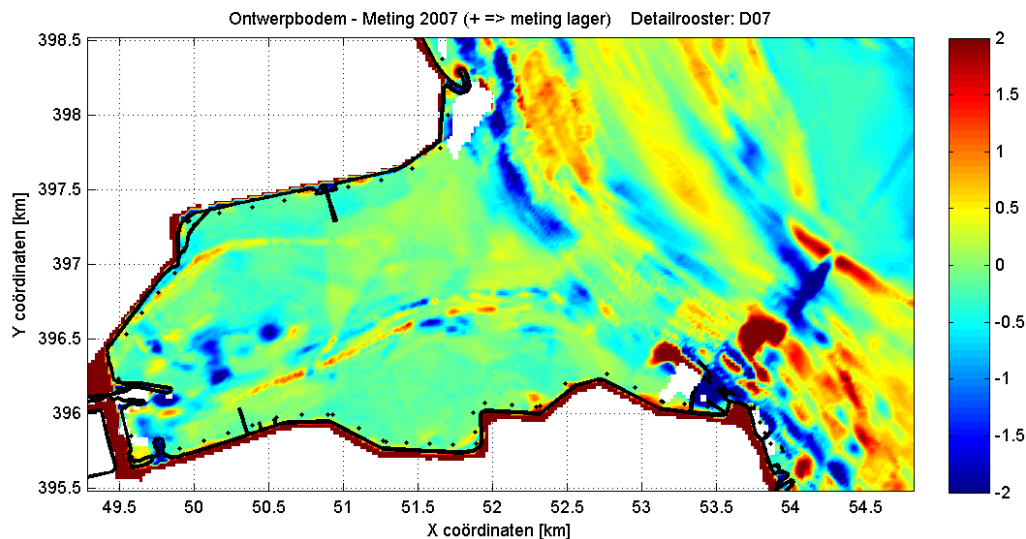
De golfrandvoorwaarden in dit advies zijn gebaseerd op SWAN-berekeningen uit 1998 [ref 1], aangevuld met berekeningen uit 2005 [ref 2]. Bij berekening van de golfcondities is gebruik gemaakt van een bodemschematisatie die destijds representatief werd geacht voor een planperiode van 50 jaar [ref 1]. De 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 16]. 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 16 en 17. 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 17]. 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 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. Uit berekeningen op basis van de prognosebodem in vergelijking met de ontwerpbodem blijkt dat de totale golfbelasting Z1 voor dijkvak 31 t/m 34 en 36 licht toeneemt en voor de dijkvakken 30b, 30c en 35 redelijk toeneemt [tabel 7.1 uit ref 17]. 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.] Jansen, M: '*Hoog- en laagwaterstand en ontwerppeil per dijkvak Oosterschelde*', d.d. januari 2010, RKZ-1906.016 van mantelovereenkomst RKZ-1906.
- [4.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: '*Update correctiewaarden Zeeland*', d.d november 2010, kenmerk: 1585/U10250/D/PvdR.
- [5.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 1 van 2: Checklist detailadviezen*', d.d. 23 november 2007.
- [6.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 2 van 2: Achtergrond detailadviezen*', d.d. 23 november 2007.
- [7.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*2010.13C Factsheet Update Wilhelminapolder Zandkreekdams.xls*', d.d. 1 november 2010.
- [8.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*Detailadvies Wilhelminapolder Zandkreekdams (RKZ-1906.012)*', 24 april 2009.
- [9.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*Detailadvies Wilhelminapolder Oostbevelandpolder (2007.09.62)*', augustus 2007.
- [10.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*Leendert Abrahamapolder (2005.10.11)*', oktober 2005.
- [11.] 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.
- [12.] Deltares, Klein Breteler, M.: '*Belastingfunctie voor keuze maatgevende golfcondities*', d.d. 21 oktober 2009.
- [13.] Groenendaal, E.: '*Toepassen minimale H_s en T_{pm} voor hydraulische advisering aan Projectbureau Zeeweringen*', Memo H5102/EG/01, 31 maart 2008.
- [14.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*Overzichtskartaal Oosterschelde en Westerschelde (RKZ1906.25)*', mei 2010.
- [15.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: '*Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen*' d.d. 18 januari 2010, PvdR/09358/1573/D.
- [16.] Royal Haskoning: '*Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde*', kenmerk 9T4814.A0/R0002/SJAC/SSOM/Rott, d.d. 12 december 2008.
- [17.] 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.