

Update detailadvies Roggenplaat (Binnen)

Aan : Yvo Provoost (projectbureau Zeeweringen)
 Van : Pol van de Rest (Svašek)
 Tweede lezer : Erik Arnold (Royal Haskoning)
 Datum : 1 november 2010
 Betreft : 2010.23D Update detailadvies Roggenplaat (Binnen)
 Status : Definitief
 Ref. Svasek : 1605/U10233/D/PvdR
 Ref. Royal Haskoning : 9V9006.A0/N0023/EARN/ILAN/Rott1

Let op: Dit detailadvies is een herziening van detailadvies Roggenplaat Binnen [ref 10]. In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen zijn recentelijk nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen [ref 11]. Deze nieuwe ontwerpformules worden reeds gebruikt bij projectbureau Zeeweringen bij het ontwerp van dijkbekledingen. Met deze nieuwe ontwerpformules zijn nieuwe belastingfuncties bepaald [ref 12], 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 vorige advies [ref 10].

In dit detailadvies zijn de golfcondities beschreven voor de bekledingen op de kering langs de Roggenplaat (Binnenzijde). 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].

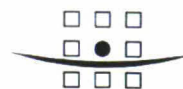
Let op: Normaliter worden de steenbekledingen alleen getoetst op golven en niet getoetst op stromingen, omdat de stroomsnelheden vrijwel nooit hoger zijn dan 2 m/s en daardoor niet maatgevend zijn. Vanwege de hoge stroomsnelheden in de omgeving van de Roggenplaat dient naast de gebruikelijke golfcondities (H_s en T_{pm}) echter ook rekening te worden gehouden met een scenario met belasting door stroming.

Beschouwde dijkvakken

In dit advies wordt de Oosterschelde zijde van de Roggenplaat beschouwd. Het dijktraject is daarbij opgedeeld in een drietal dijkvakken, namelijk Rp D, Rp E en Rp F, welke zijn weergegeven in Figuur 1. In Tabel 1 worden de coördinaten van de dijkvakgrenzen vertoond (zie ook [ref. 13]).

Tabel 1: Beschouwde dijkvakken

dijkvak	Dijkvakscheidings – coördinaten t.o.v. Parijs			
	x	y	x	y
Rp D	39858	408772	40276	408630
Rp E	40276	408630	40084	408146
Rp F	40084	408146	39620	408031



Tabel 2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijkvak	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
Rp D	1,60	1,91	2,07	1,69	5,30	5,80	6,05	5,17	10,5	12,5	13,5	16,4	285	270	270	90
Rp E	1,20	1,70	1,83	1,90	5,18	5,78	5,78	5,66	4,7	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	1,67	2,05	2,25	1,63	5,25	5,78	6,04	5,66	10,9	12,9	13,9	8,0	270	270	270	120

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 12]. 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 1:3,0 of flauwer dan 1:4,0 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 6.1
 - Betonzuilen: Tabel 2 of 6.2
 - Afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen: Tabel 6.3
 - Losse breuksteen van de kreukelberm: Tabel 6.4.
- Indien bij de maatgevende golfcondities voor betonzuilen $\xi_{op} > 2$ en er is een ondiep voorland voor de dijk aanwezig, zijn de op basis van de belastingfuncties bepaalde golfcondities mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 12]. De stabiliteit van de steenbekleding is namelijk het kleinst bij $\xi_{op} = 2$. Uitgaande van een taludhelling van 1:3,5 wordt in geen enkel geval de waarde $\xi_{op} = 2$ overschreden en derhalve behoeven de maatgevende golfcondities hiervoor niet bijgesteld te worden.
- Bij alle dijkvakken is in enkele gevallen de golfhoogte en/of golfperiode bij NAP +3m hoger dan bij NAP +4m (zie oranje arcering).
- Voor het bepalen van de golfcondities tussen NAP+3 meter en het ontwerppeil wordt geadviseerd om voor de vakken Rp D en Rp F te extrapoleren over NAP+2 meter en NAP+ 3 meter. Zie voor verdere toelichting paragraaf 3.6.
- Dit advies is een update van het detailadvies Roggenplaat Binnen [ref 10]. De randvoorwaarden die in dat advies zijn afgegeven zijn niet gelijk aan de randvoorwaarden in dit advies, doordat deze met andere belastingfuncties zijn bepaald [ref 12]. De randvoorwaarden van dit advies vervangen de eerder afgegeven waarden.
- Bij het bepalen van de golfcondities is **geen** gebruik gemaakt van de reguliere ontwerptabellen voor de Oosterschelde (RIKZ\2001.006) [ref 1 en 2], omdat in deze tabellen geen golfcondities zijn opgenomen voor de Roggenplaat. Voor het bepalen van de golfcondities is deels de brondata van de berekeningen van de Oosterschelde (RIKZ\2001.006) [ref 1 en 2] gebruikt en deels brondata van de verkennende SWAN berekeningen voor de gesloten Hollandse kust (**dijkvak Rp D en Rp F voor de waterstanden tot NAP+3m**) [ref 3], welke ter beschikking zijn gesteld door het RIKZ. Deze data heeft uitdrukkelijk **niet** de status van de data voor de Oosterschelde en Westerschelde. Wel zijn de berekeningen uitgevoerd volgens een vergelijkbare systematiek en met dezelfde versie van SWAN. De beslissing om op basis van deze verkennende SWAN berekeningen afgeleide golfcondities te gebruiken voor het ontwerp ligt dan ook bij het projectbureau Zeeweringen.
- Op het traject is een haven aanwezig, welke wordt afgeschermd door een havendam. Deze dam maakt geen onderdeel uit van de primaire waterkering, omdat deze niet is ontworpen op de 1/4000^{ste} stormcondities en wordt daarom bij een maatgevende storm als 'verloren' beschouwd. Er wordt dan ook geen reductie op de ontwerpwaarden voor de achterliggende primaire waterkering toegepast.

Stroomsnelheden

Bij de aanzet van de dammen (met oranje weergegeven in Figuur 1) wordt aangeraden bij de toetsing en het ontwerp van de steenbekledingen rekening te houden met twee belastingscenario's. In het ontwerpproces zal bepaald moeten worden welk van beide scenario's maatgevend is voor de stabiliteit van de bekleding:

1. Maatgevende golfcondities in combinatie met normale stroomsnelheden (zie paragraaf 3.3);
2. Hoge stroomsnelheden zonder golven (zie paragraaf 4).

Er moet rekening worden gehouden met maximale stroomsnelheden van 5.0 m/s. Op het overige gedeelte van de Roggenplaat wordt aangeraden rekening te houden met maximale stroomsnelheden van 2.0 m/s.

Tabel 3: Waterstanden en ontwerppeilen¹

Dijkvak	Ontwerppeil [m] tov NAP	GHW [m] tov NAP	GLW [m] tov NAP	Springtij		Doodtij	
				HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP	HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP
Rp D	3.5	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10
Rp E	3.5	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10
Rp F	3.5	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10

Figuur 1: Overzicht dijkvakken en uitvoerpunten



¹ Het in de HR2006 aangegeven Toetspeil 2006 (=Ontwerppeil 2060) is gelijk aan NAP+3,5 m. Uit berekeningen die zijn beschreven in het document 'Veilig getij' [ref 14] komt naar voren dat de maximale waterstand die tijdens stormcondities kan voorkomen ca. NAP+3.2m is. Mogelijk kan er in het ontwerp daarom rekening worden gehouden met een lagere ontwerpwaterstand. Daarnaast moet worden opgemerkt dat de combinatie van een 1/4000ste oostelijke wind (golven uit oostelijke richtingen) samen met waterstanden hoger dan NAP+3m niet waarschijnlijk is.

Bijlagen: Aanpak en resultaten detailadvies

1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies heeft betrekking op de Oosterscheldezijde van de Roggenplaat (zie Figuur 1). In het voorgaande advies [ref 10] is in samenspraak met het Projectbureau Zeeweringen en het voormalige RIKZ het dijktraject opgedeeld in drie dijkvakken, namelijk Rp D, Rp E en Rp F. Het ontwerp zal gemaakt worden voor hetzelfde traject. De dijkvakken liggen direct aan de binnenzijde van de Oosterscheldekering, tussen het voormalige werkeiland Neeltje Jans en de kust van Schouwen-Duiveland.

Dit advies is een update van het detailadvies Roggenplaat Buiten [ref 10]. De randvoorwaarden die in dat advies zijn afgegeven zijn niet gelijk aan de randvoorwaarden in dit advies, doordat deze met andere belastingfuncties zijn bepaald [ref 12]. De randvoorwaarden van dit advies vervangen de eerder afgegeven waarden.

De vakgrenzen zijn bepaald op basis van het verloop van de oriëntatie van de dijk. De ligging en begrenzing van de dijkvakken zijn gepresenteerd in Figuur 1, (zie ook [ref. 13]).

In Tabel 4 is per dijkvak aangegeven welke uitvoerpunten zijn gebruikt bij het vaststellen van de golfcondities per dijkvak en zijn de coördinaten van de dijkvakgrenzen weergegeven. De coördinaten van de uitvoerpunten die gehanteerd zijn staan in Tabel 5.1. De uitvoerpunten 1 en 2 liggen aan de Noordzee zijde van de Oosterscheldekering, maar zijn wel gebruikt voor de bepaling van de golfcondities aan de Oosterscheldezijde van de kering (zie paragraaf 3). Hierdoor worden de golfcondities van de dijkvakken Rp D en Rp F bij de waterstanden NAP+0m/+2m en +3m mogelijk overschat. Er bleek geen uitvoer beschikbaar te zijn ter plaatse van de uitvoerpunten 3, 4 en 17, waardoor deze uitvoerpunten niet zijn meegenomen in dit advies.

Tabel 4: Overzicht dijkvakken en bijbehorende coördinaten

dijkvak	uitvoerpunten	Dijkvakscheidings – coördinaten t.o.v. Parijs			
		x	y	x	y
Rp D	1 / 16,15,14,13	39858	408772	40276	408630
Rp E	12,11,10,9,8,7	40276	408630	40084	408146
Rp F	2 / 6,5	40084	408146	39620	408031

2 Situatiebeschrijving

Het dijktraject ligt direct aan de Oosterscheldezijde van Oosterscheldekering, tussen het voormalige werkeiland Neeltje Jans en de kust van Schouwen-Duiveland (zie Figuur 1). De Roggenplaat is een kunstmatig ontwikkeld eiland, welke is gebruikt als werkeiland voor de aanleg van de Oosterscheldekering. De Roggenplaat grenst aan de noordzijde aan de geul de 'Hammen' en de zuidzijde aan de 'Schaar van de Roggenplaat'.

Op het traject is een haven aanwezig, welke wordt afgeschermd door een havendam. Deze dam maakt geen onderdeel uit van de primaire waterkering, omdat deze niet is ontworpen op de 1/4000^{ste} stormcondities en wordt daarom bij een maatgevende storm als 'verloren' beschouwd. Er wordt dan ook geen reductie op de ontwerpwaarden voor de achterliggende primaire waterkering toegepast.

3 Golfcondities

3.1 Algemeen

Het dijktraject bevindt zich direct binnen de Oosterscheldekering en is niet opgenomen in de reguliere tabel met ontwerpwaarden voor de Oosterschelde (RIKZ\2001.006) [ref 1 en 2]. Om toch ontwerpwaarden te kunnen bepalen zijn de golfcondities bepaald op basis van een tweetal datasets, namelijk:

- brondata van de verkennende SWAN berekeningen voor de Hollandse kust [ref 3];
- brondata van berekening golfcondities Oosterschelde (RIKZ\2001.006) [ref 1 en 2]

Het RIKZ heeft de data van verkennende SWAN berekeningen voor de Hollandse kust ter beschikking gesteld [ref 3]. Deze SWAN data heeft uitdrukkelijk niet de status van de data voor de Oosterschelde en Westerschelde. Wél zijn de berekeningen uitgevoerd met dezelfde SWAN-versie die ook gebruikt is voor het binnengebied van de Oosterschelde met identieke instellingen [ref 1 en 2]. De beslissing om de op basis van deze verkennende SWAN berekeningen voor bepaalde ontwerpwaarden te gebruiken, ligt dan ook bij het projectbureau Zeeweringen. Deze SWAN berekeningen zijn in dit advies gebruikt bij het bepalen van de golfcondities voor de dijkvakken Rp D en Rp F voor waterstanden t/m NAP+3 m. Omdat de golfcondities van de verkennende SWAN berekeningen voor de Hollandse kust [ref 3] alleen beschikbaar zijn voor de waterstanden NAP +2m/+4m/+6m zijn de golfcondities van NAP+0m en NAP+3m afgeleid door lineaire inter –en extrapolatie uit deze dataset. Daarbij zijn de golfcondities voor de waterstand NAP+0m bepaald door extrapolatie over de waterstanden NAP+2m en NAP+4m en de golfcondities voor de waterstand NAP+3m door interpolatie over de waterstanden NAP+2m en NAP+4m.

Het dijktraject is opgedeeld in een drietal dijkvakken, zoals weergegeven in Figuur 1. Hierbij is een aantal uitvoerpunten gekozen waarvoor de golfcondities uit de brondata zijn afgelezen. De beschikbaar gestelde brondata (block-files) waren nog niet gecorrigeerd voor stroming en de bekende onderschatting van golfparameters door SWAN. In dit detailadvies zijn daarom alsnog de benodigde correcties handmatig uitgevoerd.

3.2 Aanpak golfcondities westelijke delen van dijkvakken Rp D en Rp F (zie oranje arcering in Figuur 1)

Voor de steenbekledingen direct aan de binnenzijde van de kering worden twee belastingsscenario's onderscheiden. In het ontwerpproces zal bepaald moeten worden welk van beide scenario's maatgevend is voor de stabiliteit van de bekleding:

1. Maatgevende golfcondities in combinatie met normale stroomsnelheden (zie 3.3);
2. Hoge stroomsnelheden zonder golven (zie paragraaf 4).

De combinatie van zware golfcondities met hoge stroomsnelheden wordt fysisch niet mogelijk geacht. Bij gelijke richting van golven en stroming en de stroomsnelheden relatief groot zijn ten opzichte van de voortplantingsnelheid van de golven, zullen de golven als het ware vlak worden getrokken. Indien de golven ten opzichte van de stroming zich in tegengestelde richting voorplanten zal er vrijwel volledige wave-blocking plaatsvinden. Om deze reden worden de maatgevende golfcondities alleen gecorrigeerd voor de omstandigheden met normale stroomsnelheden (zoals dat ook voor alle vakken langs de Oosterschelde wordt gedaan).

3.3 Aanpak dijkvakken Rp D en Rp F

Voor de dijkvakken Rp D en Rp F voor de waterstanden NAP+0m, NAP+2m en NAP+3m is niet op voorhand te zeggen of golven vanuit zuidwestelijke tot noordwestelijke windrichtingen (Noordzee) of vanuit oostelijke windrichtingen (Oosterschelde) maatgevend zijn. Daarom worden voor de betreffende dijkvakken beide scenario's beschouwd. Hieronder zal beschreven worden

hoe de golfcondities voor de afzonderlijke scenario's zijn bepaald.

Scenario 1:

Dit scenario heeft betrekking op golven die **vanuit de Noordzee** door de kering de Roggenplaat bereiken (voornamelijk de windrichtingen 210 t/m 330°). Omdat de kering bij waterstanden hoger dan NAP+3m sluit heeft dit scenario alleen betrekking op de waterstanden **NAP+0m, NAP+2m en NAP+3m**. Het betreffende golfklimaat vanuit de Noordzee kenmerkt zich vooral door de relatief lange golfperiodes. Door de Oosterscheldekering worden vooral de korte golven gereduceerd, maar de lange golven reduceren aanzienlijk minder. De precieze invloed van de kering op de golven is echter niet bekend in het gebied direct achter de kering (dus ook bij Roggenplaat). Daarom is besloten om voor de dijkvakken Rp D en Rp F (als bovengrensbenadering voor de golfcondities) uit te gaan van de golfcondities aan de buitenzijde van de kering (zie uitvoerpunten 1 en 2 in Figuur 1). De data in deze twee uitvoerpunten is afkomstig van de verkennende berekeningen voor de Hollandse kust. Door uit te gaan van golfcondities in deze punten aan de buitenzijde van de kering wordt geen rekening gehouden met de reducerende werking van de kering. Hierdoor vormen de golfcondities voor de dijkvakken Rp D en Rp F (t/m NAP+3m) een absolute bovengrens voor de maatgevende golfbelastingen voor de vakken Rp D en Rp F. Op de golfcondities ter plaatse van uitvoerpunten 1 en 2 zijn de volgende correcties toegepast:

- Correctie voor de bekende onderschatting van golfparameters door SWAN: T_{pm} is met 15% verhoogd (met een ondergrens van 1 seconde), [ref 8]. Er is geen diepwater correctie op H_s uitgevoerd, omdat de Roggenplaat in de monding aan relatief diep water ligt, waar de golfhoogte vrijwel correct door SWAN wordt berekend volgens [ref 8].
- Stromingcorrectie: H_s is verhoogd met 0,06m en T_{pm} is verhoogd met 0,12s voor de waterstanden NAP+0m, NAP+2m en NAP+3m. Aangezien de betreffende uitvoerpunten aan de buitenzijde van de kering liggen zijn er geen waarden voor de stromingscorrectie beschikbaar (stromingscorrecties zijn in het verleden alleen ten oosten van de kering berekend). De stromingscorrectie is daarom geschat op basis van de bekende gemiddelde stromingscorrectie voor de dijkvakken 171a, 171b en 171c aan de binnenzijde van de Oosterscheldekering. De dijkvakken 171a, 171b en 171c liggen dicht aan de geul (dieper water en hogere stroomsnelheden) en vertonen mede hierdoor 'fysisch' gezien veel gelijkenis met de dijkvakken langs de Roggenplaat.

Scenario 2:

Dit scenario heeft betrekking op golven die opgewekt worden in de **Oosterschelde** (voor dijkvak Rp D de windrichtingen 30 t/m 150° en voor dijkvak Rp F de windrichtingen 60 t/m 180°) en rechtstreeks de Roggenplaat bereiken, zonder belemmering van de kering. Deze golfcondities volgen uit de dataset die ook voor de berekening van de golfcondities voor de rest van de Oosterschelde zijn toegepast (RIKZ\2001.006) [ref 1 en 2]. Op deze golfcondities zijn in dit advies de volgende correcties toegepast:

- Correctie voor de bekende onderschatting van golfparameters door SWAN: T_{pm} is met 15% verhoogd (met een ondergrens van 1 seconde) en H_s is ook met 15% verhoogd [ref 1 en 2].
- Stromingcorrectie overeenkomstig scenario 1: H_s wordt verhoogd met 0,06m en T_{pm} wordt verhoogd met 0,12s voor de waterstanden NAP+0m, NAP+2m en NAP+3m. Bij NAP+4m wordt geen stromingscorrectie toegepast, omdat de kering dan gesloten is.

3.4 Aanpak dijkvak E

Aanpak is conform scenario 2, zoals hierboven beschreven in 3.3, waarbij de windrichtingen 30 t/m 180° worden beschouwd.

3.5 Aanpak samengevat

De afzonderlijke aanpak voor het bepalen van maatgevende golfcondities voor de drie dijkvakken kan op volgende manier samengevat worden:

Dijkvak D (noordzijde Roggenplaat):

Waterstanden NAP+0m, NAP+2m en NAP+3m:

- Bepaal golfcondities ter plaatse van uitvoerpunt 1 voor de windrichtingen 270 t/m 330° volgens scenario 1.
- De golfcondities van uitvoerpunt 1 worden direct toegepast ter plaatse van dijkvak Rp D, waarbij nog wel wordt gecontroleerd of golven uit oostelijke windrichtingen (uitvoerpunten 13 t/m 16 volgens scenario 2 voor de windrichtingen 30 t/m 150°) geen hogere golfcondities veroorzaken.
- De bodemligging van dijkvak Rp D wordt bepaald op basis van de uitvoerpunten 13 t/m 16.

Waterstand NAP+4m:

- Bepaal golfcondities met behulp van de uitvoerpunten 13 t/m 16 voor de windrichtingen 30 t/m 150° volgens scenario 2.

Dijkvak E (oostzijde):

Alle waterstanden:

- De golfcondities worden bepaald volgens scenario 2 (zie 3.3) met behulp van de uitvoerpunten 7 t/m 12 voor de windrichtingen 30 t/m 180°. Er worden geen aflandige windrichtingen beschouwd.
- De bodemligging van dijkvak Rp E wordt bepaald op basis van de uitvoerpunten 7 t/m 12.

Dijkvak F (zuidzijde):

Waterstanden NAP+0m, NAP+2m en NAP+3m:

- Bepaal golfcondities ter plaatse van uitvoerpunt 2 voor de windrichtingen 210 t/m 270° volgens scenario 1.
- De golfcondities van uitvoerpunt 2 worden direct toegepast ter plaatse van dijkvak Rp F, waarbij nog wel wordt gecontroleerd of golven uit oostelijke windrichtingen (uitvoerpunten 5 en 6 volgens scenario 2 voor de windrichtingen 60 t/m 180°) geen hogere golfcondities veroorzaken.
- De bodemligging van dijkvak Rp F wordt bepaald op basis van de uitvoerpunten 5 en 6.

Waterstand NAP+4m:

- Bepaal golfcondities met behulp van de uitvoerpunten 5 en 6 voor de windrichtingen 60 t/m 180 graden volgens scenario 2.

3.6 Golfcondities

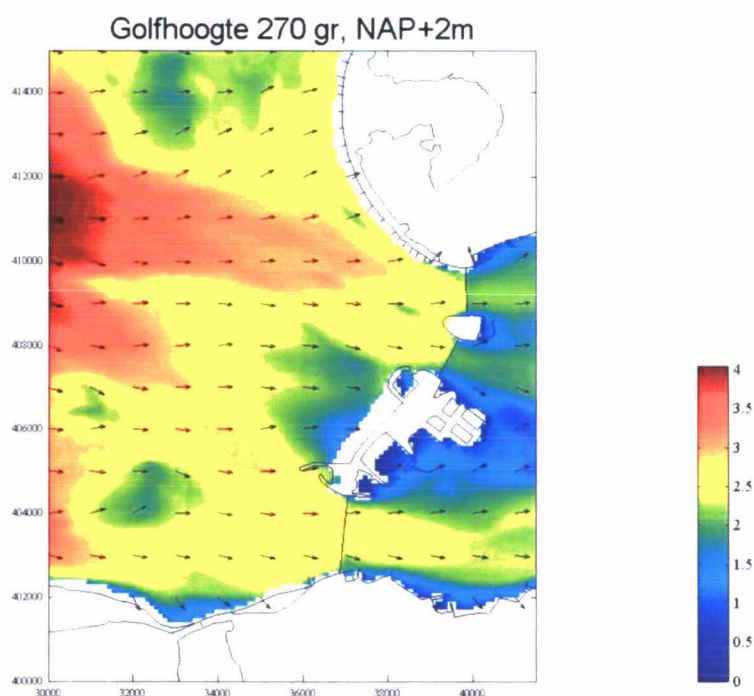
Figuur 2 toont het met SWAN berekende golfveld (zonder enige correcties) voor de windrichtingen 270° en 330° bij een waterstand van NAP+2m en voor de windrichting 90° bij een waterstand van NAP+4m.

De dijkvakken Rp D en Rp F worden bij de waterstanden NAP+0m, NAP+2m en NAP+3m het zwaarst belast door golven uit westelijke windrichting, namelijk 270° of 285° (zie Tabellen 6.1 t/m 6.4). Bij een waterstand van NAP+4m is oostelijke wind (90°) maatgevend, doordat de kering dan gesloten is. Dijkvak Rp E wordt voor alle waterstanden het zwaarste belast door golven uit oostelijke windrichtingen, namelijk 90°.

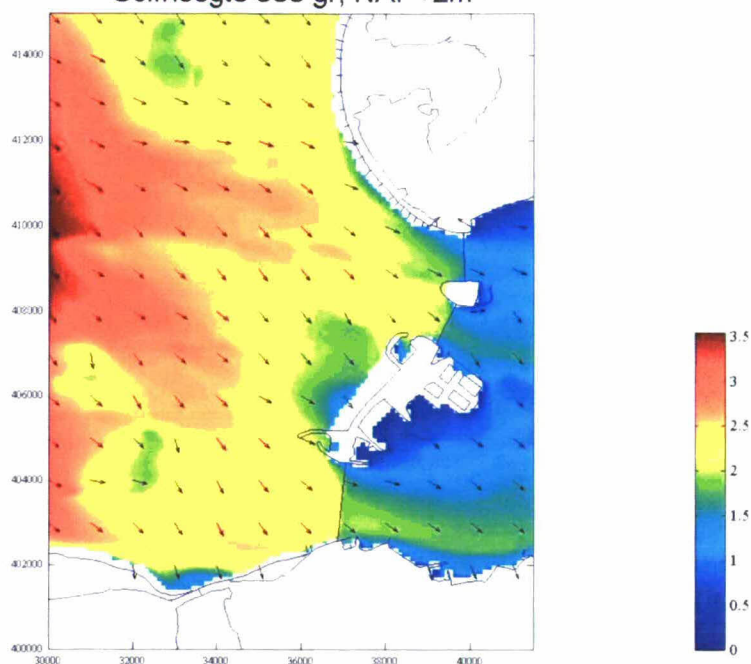
Opgemerkt moet worden dat een combinatie van maatgevende oostelijke wind (golven uit

oostelijke richtingen) en waterstanden hoger dan ca. NAP+1,5 m niet realistisch worden geacht. De golfcondities van dijkvak Rp E bij de waterstanden NAP+2m, NAP+3m en NAP+4m en de golfcondities van de dijkvakken Rp D en RpF bij een waterstand van NAP+4m worden daardoor overschat. Indien nodig kunnen in de loop van het ontwerp de 1/4000^{ste} randvoorwaarden met behulp van een probabilistische benadering bepaald worden in plaats van de deterministische benadering die normaliter bij advisering aan projectbureau Zeeweringen wordt toegepast.

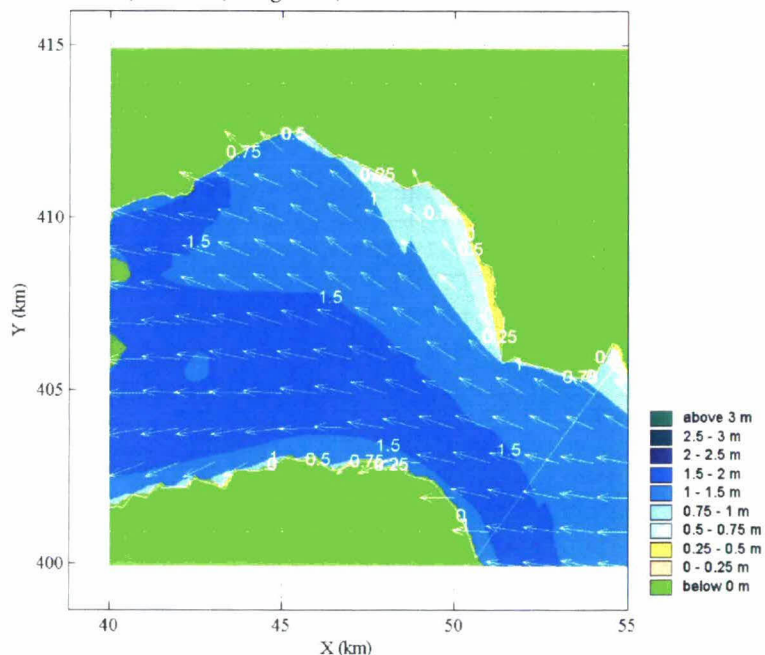
Figuur 2: SWAN resultaten



Golfhoogte 330 gr, NAP+2m



Grid: S1, Wind 90°, Hoog water, 4 m +NAP windsnelheidsklasse 2



De maatgevende golfcondities bij de waterstanden NAP+3m en NAP+4m hebben een verschillende achtergrond voor de dijkvakken Rp D en Rp F. Doordat de kering bij waterstanden vanaf NAP+3m sluit worden bij hogere waterstanden golven vanuit oostelijke windrichtingen maatgevend in plaats van golven uit westelijke windrichtingen. **Vanwege deze totaal verschillende achtergrond wordt geadviseerd om in dit specifieke geval voor de bepaling van golfcondities voor waterstanden tussen NAP+3m en het ontwerppeil te extrapoleren over NAP+2m en NAP+3 meter.**

De Tabellen 5.1 t/m 5.4 tonen de maatgevende golfcondities per uitvoerpunt en de Tabellen 6.1 t/m 6.4 de maatgevende golfcondities per dijkvak op basis van de bijbehorende uitvoerpunten (zie Tabel 1). De Tabellen 6.1 t/m 6.4 dienen gebruikt te worden voor het ontwerp.

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

Uitvoer- punt no.	Coördinaten tov Parijs (m) x y		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	
1	39805	408825	1,60	1,91	2,07	--	5,30	5,80	6,05	--	10,5	12,5	13,5	--	285	270	270	--
2	39488	408012	1,67	2,05	2,25	--	5,25	5,78	6,04	--	10,9	12,9	13,9	--	270	270	270	--
5	40029	407975	1,17	1,49	1,59	1,63	5,29	5,78	5,78	5,66	5,7	7,7	8,7	9,7	120	120	120	120
6	40211	408001	1,15	1,48	1,59	1,63	5,29	5,78	5,78	5,66	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
7	40384	408058	1,08	1,46	1,57	1,62	5,29	5,78	5,78	5,66	3,2	5,2	6,2	7,2	120	120	120	120
8	40518	408129	1,06	1,56	1,68	1,76	5,29	5,78	5,78	5,66	2,2	4,2	5,2	6,2	120	120	90	90
9	40605	408252	1,16	1,70	1,83	1,90	5,29	5,78	5,78	5,66	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
10	40614	408415	1,20	1,62	1,77	1,84	5,18	5,78	5,71	5,59	4,7	6,7	7,7	8,7	90	120	90	90
11	40596	408565	1,13	1,55	1,67	1,73	5,24	5,73	5,74	5,64	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
12	40557	408689	1,12	1,51	1,64	1,70	4,93	5,78	5,78	5,66	10,4	12,4	13,4	14,4	120	120	120	120
13	40449	408777	1,20	1,52	1,64	1,69	4,47	5,19	5,24	5,17	12,4	14,4	15,4	16,4	90	90	90	90
14	40293	408816	1,17	1,46	1,56	1,60	4,47	4,96	5,12	5,17	9,7	11,7	12,7	13,7	90	90	90	90
15	40137	408838	1,17	1,41	1,49	1,51	4,47	5,29	5,29	5,17	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90
16	40003	408843	1,16	1,39	1,46	1,47	4,47	5,29	5,29	5,17	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90

Tabel 5.2 Maatgevende golfcondities per uitvoerpunt voor betonzuilen

Uitvoer- punt no.	Coördinaten tov Parijs (m) x y		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	
1	39805	408825	1,60	1,91	2,07	--	5,30	5,80	6,05	--	10,5	12,5	13,5	--	285	270	270	--
2	39488	408012	1,67	2,05	2,25	--	5,25	5,78	6,04	--	10,9	12,9	13,9	--	270	270	270	--
5	40029	407975	1,17	1,49	1,59	1,63	5,29	5,78	5,78	5,66	5,7	7,7	8,7	9,7	120	120	120	120
6	40211	408001	1,15	1,48	1,59	1,63	5,29	5,78	5,78	5,66	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
7	40384	408058	1,08	1,46	1,57	1,62	5,29	5,78	5,78	5,66	3,2	5,2	6,2	7,2	120	120	120	120
8	40518	408129	1,06	1,56	1,68	1,76	5,29	5,78	5,78	5,66	2,2	4,2	5,2	6,2	120	120	90	90
9	40605	408252	1,16	1,70	1,83	1,90	5,29	5,78	5,78	5,66	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
10	40614	408415	1,20	1,64	1,77	1,84	5,18	5,71	5,71	5,59	4,7	6,7	7,7	8,7	90	90	90	90
11	40596	408565	1,19	1,55	1,71	1,78	4,72	5,73	5,43	5,32	4,0	6,0	7,0	8,0	90	120	90	90
12	40557	408689	1,22	1,59	1,71	1,78	4,47	5,24	5,27	5,17	10,4	12,4	13,4	14,4	90	90	90	90
13	40449	408777	1,20	1,52	1,64	1,69	4,47	5,19	5,24	5,17	12,4	14,4	15,4	16,4	90	90	90	90
14	40293	408816	1,17	1,46	1,56	1,60	4,47	4,96	5,12	5,17	9,7	11,7	12,7	13,7	90	90	90	90
15	40137	408838	1,17	1,41	1,49	1,51	4,47	5,29	5,29	5,17	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90
16	40003	408843	1,16	1,39	1,46	1,47	4,47	5,29	5,29	5,17	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90

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

Uitvoer- punt no.	Coördinaten tov Parijs (m) x y		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	
1	39805	408825	1,60	1,91	2,07	--	5,30	5,80	6,05	--	10,5	12,5	13,5	--	285	270	270	--
2	39488	408012	1,67	2,05	2,25	--	5,25	5,78	6,04	--	10,9	12,9	13,9	--	270	270	270	--
5	40029	407975	1,17	1,49	1,59	1,63	5,29	5,78	5,78	5,66	5,7	7,7	8,7	9,7	120	120	120	120
6	40211	408001	1,15	1,48	1,59	1,63	5,29	5,78	5,78	5,66	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
7	40384	408058	1,08	1,46	1,57	1,62	4,47	5,78	5,78	5,66	3,2	5,2	6,2	7,2	150	120	120	120
8	40518	408129	1,06	1,56	1,68	1,76	5,29	5,78	5,78	5,66	2,2	4,2	5,2	6,2	120	120	90	90
9	40605	408252	1,16	1,70	1,83	1,90	5,29	5,78	5,78	5,66	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
10	40614	408415	1,20	1,64	1,77	1,84	5,18	5,71	5,71	5,59	4,7	6,7	7,7	8,7	90	90	90	90
11	40596	408565	1,19	1,58	1,71	1,78	4,72	5,43	5,43	5,32	4,0	6,0	7,0	8,0	90	90	90	90
12	40557	408689	1,22	1,59	1,71	1,78	4,47	5,24	5,27	5,17	10,4	12,4	13,4	14,4	90	90	90	90
13	40449	408777	1,20	1,52	1,64	1,69	4,47	5,19	5,24	5,17	12,4	14,4	15,4	16,4	90	90	90	90
14	40293	408816	1,17	1,46	1,56	1,60	4,47	4,96	5,12	5,17	9,7	11,7	12,7	13,7	90	90	90	90
15	40137	408838	1,17	1,41	1,49	1,51	4,47	5,29	5,29	5,17	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90
16	40003	408843	1,16	1,39	1,46	1,47	4,47	5,29	5,29	5,17	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90

Tabel 5.4 Maatgevende golfcondities per uitvoerpunt voor losse breuksteen kreukelberm

Uitvoer- punt no.	Coördinaten tov Parijs (m) x y		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	
1	39805	408825	1,60	1,91	2,07	--	5,30	5,80	6,05	--	10,5	12,5	13,5	--	285	270	270	--
2	39488	408012	1,67	2,05	2,25	--	5,25	5,78	6,04	--	10,9	12,9	13,9	--	270	270	270	--
5	40029	407975	1,17	1,49	1,59	1,63	5,29	5,78	5,78	5,66	5,7	7,7	8,7	9,7	120	120	120	120
6	40211	408001	1,15	1,48	1,59	1,63	5,29	5,78	5,78	5,66	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
7	40384	408058	1,08	1,46	1,57	1,62	5,29	5,78	5,78	5,66	3,2	5,2	6,2	7,2	120	120	120	120
8	40518	408129	1,06	1,56	1,68	1,76	5,29	5,78	5,78	5,66	2,2	4,2	5,2	6,2	120	120	90	90
9	40605	408252	1,16	1,70	1,83	1,90	5,29	5,78	5,78	5,66	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
10	40614	408415	1,20	1,64	1,77	1,84	5,18	5,71	5,71	5,59	4,7	6,7	7,7	8,7	90	90	90	90
11	40596	408565	1,13	1,55	1,67	1,73	5,24	5,73	5,74	5,64	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
12	40557	408689	1,22	1,51	1,64	1,70	4,47	5,78	5,78	5,66	10,4	12,4	13,4	14,4	90	120	120	120
13	40449	408777	1,20	1,52	1,64	1,69	4,47	5,19	5,24	5,17	12,4	14,4	15,4	16,4	90	90	90	90
14	40293	408816	1,17	1,46	1,56	1,60	4,47	4,96	5,12	5,17	9,7	11,7	12,7	13,7	90	90	90	90
15	40137	408838	1,17	1,41	1,49	1,51	4,47	5,29	5,29	5,17	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90
16	40003	408843	1,16	1,39	1,46	1,47	4,47	5,29	5,29	5,17	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90

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 6.1 t/m 6.4 tonen de maatgevende golfcondities voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen. Deze golfcondities zijn bepaald op basis van de belastingfuncties uit [ref 12].

Tabel 6.1 is maatgevend voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen, Tabel 6.2 voor betonzuilen, Tabel 6.3 voor het mechanisme afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen en Tabel 6.4 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 6.2 is uitgegaan van een taludhelling van 1:3,5 en een F-waarde van 6. Indien de taludhelling in het ontwerp steiler is dan 1:3,0 of flauwer dan 1:4,0 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 is ondiep voorland voor de

dijk aanwezig is, zijn de maatgevende golfcondities voor betonzuilen mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 12]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt $\xi_{op} > 2$ (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 12], zodat geldt $\xi_{op} = 2$. Uitgaande van een taludhelling van 1:3,5 wordt in geen enkel geval de waarde $\xi_{op} = 2$ overschreden en derhalve behoeven de maatgevende golfcondities hiervoor niet bijgesteld te worden.

De tabellen vertonen logische waarden: zowel de significante golfhoogte (H_s) als de golfperiode (T_{pm}) nemen voor de meeste dijkvakken toe bij een toenemende waterdiepte. Voor alle dijkvakken geldt echter in enkele gevallen dat bij NAP +4m de golfhoogte en/of golfperiode lager is dan bij NAP +3m (oranje gearceerd). Dit komt omdat bij NAP +4m de Oosterschelde-kering gesloten is en het verhogende effect van stroming op de golfcondities niet wordt meegenomen. In enkele gevallen neemt de waterdiepte niet toe met toenemende waterstand, zoals in randvoorwaardenvak RpF bij een waterstand van NAP +3m naar NAP +4m. Dit komt doordat bij een waterstand van NAP +4m een andere uitvoerpunt maatgevend wordt dan bij een waterstand van NAP +3m.

Tabel 6.1 Maatgevende golfcondities voor (gekatelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen

Dijkvak	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
Rp D	1,60	1,91	2,07	1,69	5,30	5,80	6,05	5,17	10,5	12,5	13,5	16,4	285	270	270	90
Rp E	1,20	1,70	1,83	1,90	5,18	5,78	5,78	5,66	4,7	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	1,67	2,05	2,25	1,63	5,25	5,78	6,04	5,66	10,9	12,9	13,9	8,0	270	270	270	120

Tabel 6.2 Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijkvak	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
Rp D	1,60	1,91	2,07	1,69	5,30	5,80	6,05	5,17	10,5	12,5	13,5	16,4	285	270	270	90
Rp E	1,20	1,70	1,83	1,90	5,18	5,78	5,78	5,66	4,7	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	1,67	2,05	2,25	1,63	5,25	5,78	6,04	5,66	10,9	12,9	13,9	8,0	270	270	270	120

Tabel 6.3 Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen

Dijkvak	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
Rp D	1,60	1,91	2,07	1,69	5,30	5,80	6,05	5,17	10,5	12,5	13,5	16,4	285	270	270	90
Rp E	1,22	1,70	1,83	1,90	4,47	5,78	5,78	5,66	4,7	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	1,67	2,05	2,25	1,63	5,25	5,78	6,04	5,66	10,9	12,9	13,9	8,0	270	270	270	120

Tabel 6.4 Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm

Dijkvak	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
Rp D	1,60	1,91	2,07	1,69	5,30	5,80	6,05	5,17	10,5	12,5	13,5	16,4	285	270	270	90
Rp E	1,20	1,70	1,83	1,90	5,18	5,78	5,78	5,66	4,7	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	1,67	2,05	2,25	1,63	5,25	5,78	6,04	5,66	10,9	12,9	13,9	8,0	270	270	270	120

Let op:

- 1) Bij dijkvak Rp D en Rp F zijn in het voorgaande advies [ref 10] bij de waterstanden NAP +0, NAP +2m en NAP +3m de verkeerde waterstand aan de verkeerde golfcondities gelinkt:
 - de waarden van NAP+0m behoren eigenlijk bij NAP+2m
 - de waarden van NAP+2m behoren eigenlijk bij NAP+4m
 - de waarden van NAP+3m behoren eigenlijk bij NAP+6m

In dit advies zijn de golfcondities voor NAP+0m bepaald door extrapolatie over de waterstanden NAP+2m en NAP+4m en de golfcondities voor NAP+3m bepaald door interpolatie tussen NAP+2m en NAP+4m. De randvoorwaarden van dit advies vervangen de eerder afgegeven waarden.

- 2) In dit advies zijn de maatgevende golfcondities bepaald op basis van onafgeronde golfcondities; de maatgevende golfcondities zijn vervolgens afgerond. In het vorige advies zijn de maatgevende golfcondities bepaald op basis van afgeronde golfcondities, hierdoor is in dit advies in een enkel geval een ander uitvoerpunt maatgevend voor dijkvak Rp E. De verschillen in maatgevende golfcondities zijn echter klein. De randvoorwaarden van dit advies vervangen de eerder afgegeven waarden [ref 10].

4 Stroomsnelheden

Ter plaatse van de Oosterscheldekering kunnen hoge stroomsnelheden en veel turbulentie voorkomen. Normaliter worden de steenbekledingen niet getoetst op stromingen, omdat de stroomsnelheden vrijwel nooit de 2 m/s overschrijden en daardoor niet maatgevend zijn. Vanwege de hoge stroomsnelheden in de omgeving van de Roggenplaat dienen de steenbekledingen naast de gebruikelijke golfcondities (H_s en T_{pm}) ook op stroming te worden getoetst. Vooral bij lage waterstanden is stroming mogelijk maatgevend voor de stabiliteit van steenbekledingen, met name voor de kreukelberm.

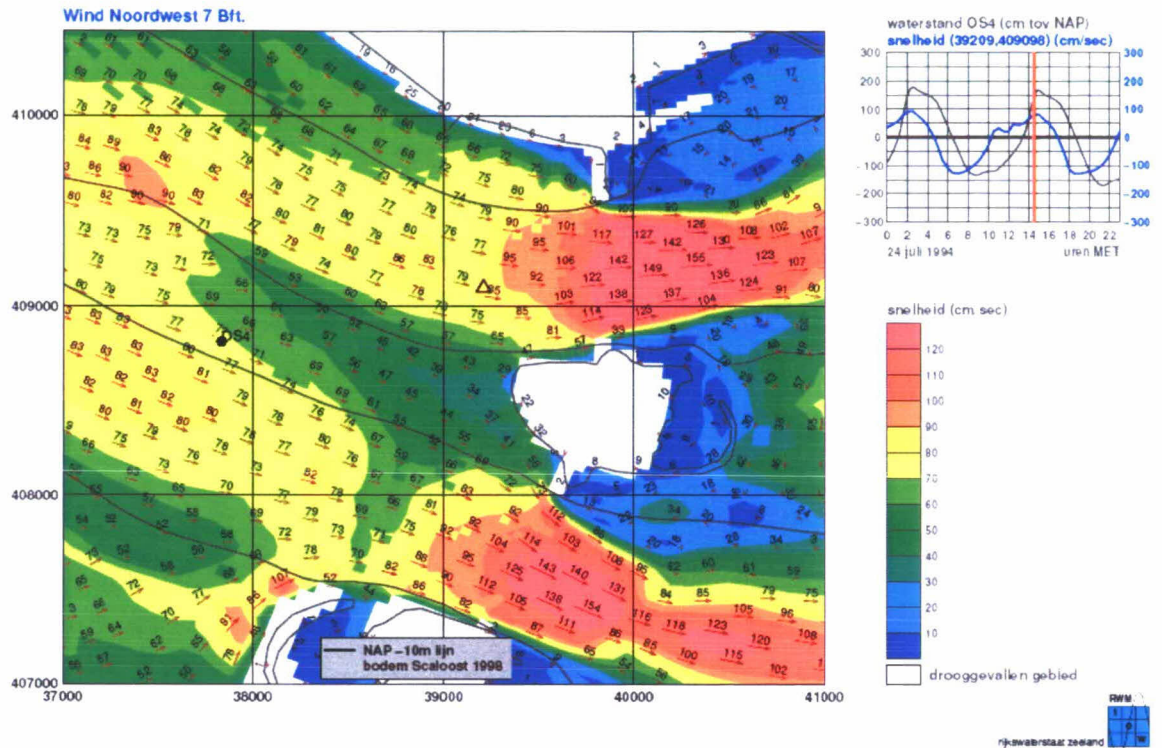
Let op: In het ontwerpproces zal bepaald moeten worden welk van beide scenario's maatgevend is voor de stabiliteit van de bekleding, dus ofwel de maatgevende golfcondities in combinatie met normale stroomsnelheden (zie paragraaf 3.3) of hoge stroomsnelheden zonder golven, zoals in deze paragraaf bepaald.

In Figuur 3 is een verkennende berekening van het HMCZ weergegeven van de stroomsnelheden in de omgeving van de Roggenplaat. De berekeningen hebben betrekking op een standaard getij met een constante wind van 7 Bft (16 m/s) uit het noordwesten (335 graden) en zijn gemaakt met het Scalooost-model.

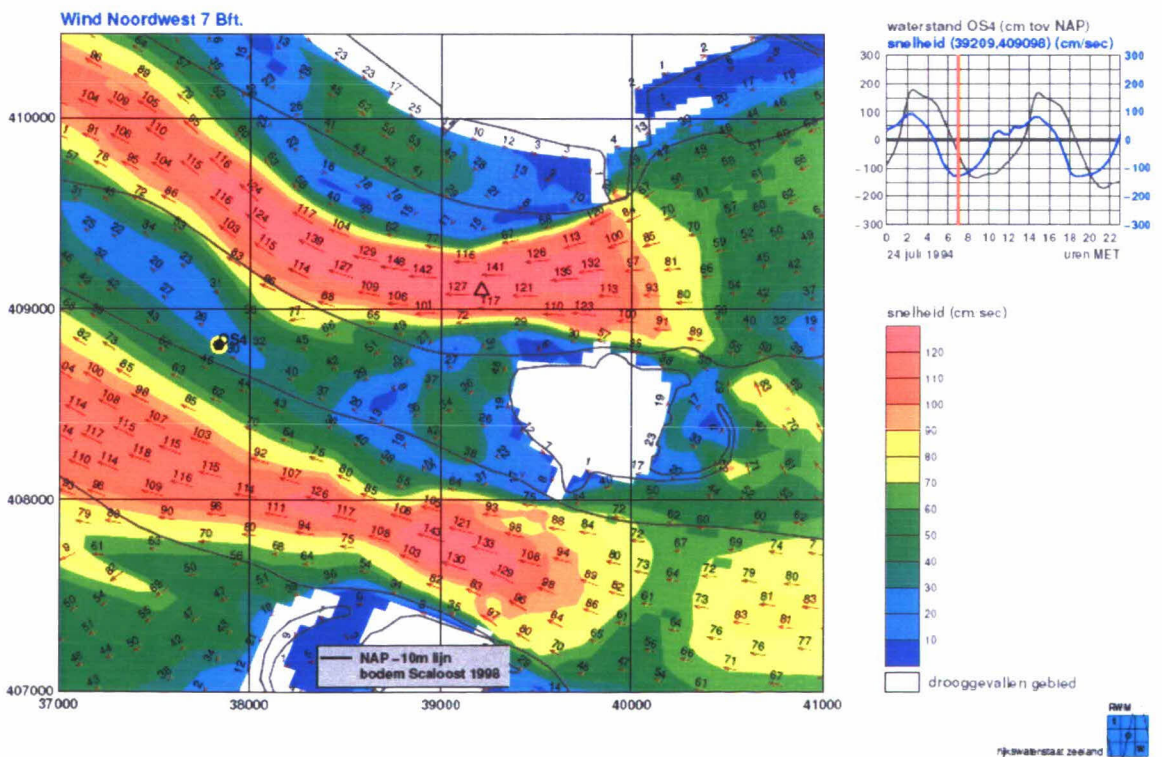
Uit de figuren is af te lezen dat de maximale stroomsnelheden in de geul aan de noordzijde van de Roggenplaat (de Hammen) en de zuidzijde (Schaar van de Roggenplaat) maximaal 1.5 m/s zijn. De berekeningen zijn gebaseerd op een standaard tij en niet op een springtij, waardoor de maximale stroomsnelheden ten opzichte van een springtij met ongeveer 30% worden onderschat. De gegeven stroomsnelheden zijn echter de gemiddelde stroomsnelheden over een grid-cel. De doorstroomopening door de kering heeft betrekking op 87% van de totale breedte, waardoor de stroomsnelheden met een factor (1/0,87) gecorrigeerd moeten worden. Daarnaast moeten de berekeningen gecorrigeerd worden voor windinvloeden, welk effect naar schatting 20% is. Naast eenparige stroomsnelheden zal er veel turbulentie optreden, wat een groot effect kan hebben op de stabiliteit van de steenbekledingen. In verband met turbulentie (en overige onzekerheden) worden de stroomsnelheden met een factor 1.5 gecorrigeerd. De maximaal optredende stroomsnelheden in het midden van de geulen bij de kering (zowel bij eb als bij vloed in beide geulen), worden daardoor geschat op 4 m/s. Het HMCZ verwacht ook dat stroomsnelheden van deze orde op kunnen treden.

Figuur 3: Resultaten voorbeeldberekening van WAQUA met behulp van het Scalooost model

Model Scalooost bodem 1998 snelheid 24 juli 1994 14h30



Model Scalooost bodem 1998 snelheid 24 juli 1994 07h00



Naast deze verkennende berekeningen is er ook gekeken naar het ontwerpverval, waarop bijvoorbeeld de bodembescherming bij de kering is ontworpen. Voor een geheel open kering (met functionerende schuiven) blijkt het ontwerpverval 2,8 m te zijn [ref 9]. Met behulp van het ontwerpverval kan de ontwerpstroomsnelheid berekend worden (deze berekening is weergegeven in Bijlage 1). De maximaal te verwachten stroomsnelheid die hieruit volgt blijkt 4,9 m/s te zijn, welke waarde qua orde grootte gelijk is aan de eerder bepaalde stroomsnelheid (op basis van de verkennende berekeningen en opschaling o.b.v. expert judgement).

Bij de aanzet van de dammen (met oranje weergegeven in Figuur 1) wordt aangeraden rekening te houden met maximale stroomsnelheden van 5.0 m/s. In Figuur 3 is te zien dat de stroomsnelheden in de directe omgeving van de Roggenplaat (verder van de damaanzetten) aanzienlijk afnemen, doordat de stroming zich vooral in het midden van de geulen concentreert. Gezien de verkennende berekeningen worden bij de dijk langs de Roggenplaat veel lagere stroomsnelheden verwacht dan in de geul en bij de aanzet van de dammen (maximaal 0,7 m/s in verkennende berekeningen). Indien op deze stroomsnelheden dezelfde correctiefactoren worden toegepast (behalve voor de doorstroomopening) zal de maximale stroomsnelheid ca. 1.7 m/s zijn. Op basis van gebiedskennis van onder andere het HMCZ en expert judgement lijkt 2.0 m/s de absolute bovengrens. Wij adviseren dan ook om uit te gaan van 2.0 m/s.

Deze stroomsnelheden worden verwacht op te kunnen treden bij maximale waterstandopzet (in combinatie met een 'maatgevende' storm) net voor het sluiten van de kering. De situatie direct na het openen van de kering wordt geacht niet maatgevend te zijn, omdat de kering wordt geopend bij een gelijke waterstand aan beide zijden van de kering.

5 Waterstanden

In Tabel 7 zijn de ontwerppeilen weergegeven die bij het ontwerp gebruikt dienen te worden. Vanwege het (nood)sluiten van de stormvloedkering bij een waterstand boven NAP+3 m neemt men in de Oosterschelde geen zeespiegelrijzing en geen buistoten of seiches in beschouwing. Het ontwerppeil is daardoor gelijk aan het toetspeil 2006¹ dat ook in de tabel is opgenomen. Tabel 7 bevat ook de gemiddeld hoog waterstand (GHW). Verder zijn de waterstanden opgenomen bij gemiddeld getij, springtij en doottij (uit [ref 4]).

Tabel 7: Waterstanden en ontwerppeilen

Dijk- vak	Ontwerppeil [m] tov NAP	GHW [m] tov NAP	GLW [m] tov NAP	Springtij		Doodtij	
				HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP	HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP
Rp D	3.5	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10
Rp E	3.5	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10
Rp F	3.5	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10

¹In de HR2006 zijn is geen toetspeil 2006 gegeven. Het toetspeil 2006 wordt gelijk verondersteld aan het toetspeil van de dijkvakken (dijkvak 1 en 171c) die even ver van de kering liggen [zie ook ref 4].

6 Bodemligging en golfcondities lagere waterstanden

De representatieve bodemligging [ref. 5 en 6] voor de dijkvakken is weergegeven in Tabel 8. De representatieve bodemligging van de dijkvakken varieert van NAP -13.51m (dijkvak Rp D) tot NAP -7.57m (dijkvak Rp E).

Tabel 8: Bodemligging

Dijk- vak	Representatieve bodemligging [m]	Gemiddelde bodemligging [m]	Stand.dev. bodemligging [m]
no.	tov NAP	tov NAP	tov. NAP
Rp D	-13,51	-11,98	1,53
Rp E	-7,57	-4,60	2,97
Rp F	-10,90	-9,70	1,20

Bij de extrapolatie naar lagere waterstanden mogen de waarden $H_s/D=0.7$ en $H_s/L_o=0.06$ (= golfsteilheid) niet overschreden worden. In Tabel 9 en 10 is voor de maatgevende golfcondities voor losse breuksteen (Tabel 6.4) gecontroleerd of de waarden $H_s/D=0.7$ en $H_s/L_o=0.06$ worden overschreden. In geen enkel geval blijken deze waarden overschreden te worden, waardoor de golfcondities hiervoor niet behoeven te worden bijgesteld.

Tabel 9: Controle criterium $H_s/D=0.7$

Dijk- vak	Hs [m]		D (m)		Hs/D		Hs en bijgestelde Hs	
	bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP	
no.	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
Rp D	1,29	1,45	11,51	12,51	0,11	0,12	1,29	1,45
Rp E	0,70	0,95	5,57	4,57	0,13	0,21	0,70	0,95
Rp F	1,29	1,48	8,90	7,90	0,14	0,19	1,29	1,48

Tabel 10: Controle criterium $H_s/L_o=0.06$

Dijk- vak	Hs [m]		Tpm [s]		L0 [m]		Hs/L0 [-]		Aan te houden Hs [m]	
	bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP	
no.	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
Rp D	1,29	1,45	4,80	5,55	35,94	48,05	0,036	0,030	1,29	1,45
Rp E	0,70	0,95	4,58	5,78	32,72	52,12	0,021	0,018	0,70	0,95
Rp F	1,29	1,48	4,72	5,52	34,75	47,53	0,037	0,031	1,29	1,48

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.] Alkyon: '*Wave computations for the coast of the Netherlands*', Alkyonrapport A480, 1999.
- [4.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: '*Gemiddelde Getijkrommen 1991.0*', Den Haag 1994
- [5.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 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 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 2 van 2: Achtergrond detailadviezen*', d.d. 23 november 2007
- [7.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*2010.23D Factsheet Roggenplaat Binnen.xls*', d.d. 1 november 2010
- [8.] Jacobse, J.J.: '*Evaluatie van de ontwerpwaarden voor golfcondities in de Westerschelde*', d.d. 15 december 2003, ref. RIKZ/2003.044.
- [9.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: '*Ontwerpnota stormvloedkering Oosterschelde, Boek 2: de waterbouwkundige werken*', d.d. 4 juli 1991
- [10.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Detailadvies Roggenplaat (Binnen)*', Opdracht 2007.05.58, d.d. 22 juni 2007, PvdR/1340/D0726/B
- [11.] Deltares, Klein Breteler, M.: '*Belastingfunctie voor keuze maatgevende golfcondities*', d.d. 21 oktober 2009
- [12.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: '*Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen*' d.d. 18 januari 2010, PvdR/09358/1573/D
- [13.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*Overzichtskaart Oosterschelde en Westerschelde (RKZ1906.25)*', mei 2010.
- [14.] Rijkswaterstaat directie Zeeland: '*Veilig getij: evaluatie van de Oosterschelde na 5 jaar stormvloedkering*'. Kenmerk: AX91.083-AX91.091, 1991

BIJLAGE

De stroomsnelheden in directe nabijheid van de Oosterscheldekering op basis van het ontwerpverval kan op de volgende wijze berekend worden. Vanwege de hoge stroomsnelheden ontstaat er superkritische stroming. Het stromende water raakt de schuif niet en de drempelhoogte is zo hoog dat de benedenstroomse waterstand geen invloed heeft op de stroomsnelheid. Daardoor kan deze situatie benaderd worden door de volgende formulering, uitgaande van een vrije oppervlakte superkritische stroming:

$$Q = \frac{2}{3} * \mu * B * E_1 * \sqrt{\frac{2}{3} * 9,81 * E_1}$$

waarin:

$$E_1 = H_1 + \frac{u^2}{2 * 9,81}$$

symbool	betekenis	dimensie
Q	debiet	m ³ /s
μ	Contractiecoëfficiënt	-
B	Breedte doorstroomopening	m
E ₁	Bovenstroomse energiehoogte	m
H ₁	Bovenstroomse waterstand t.o.v. drempelhoogte	m
u	Bovenstroomse stroomsnelheid	m/s

Met behulp van de benadering volgt dat de maximaal optredende stroomsnelheid gedurende ontwerpcondities 4,9 m/s is.

Daarbij is uitgegaan van:

- drempelhoogte van de kering op NAP-7,73m
- waterstand van NAP+3m
- bovenstroomse stroomsnelheid van 2 m/s
- ontwerpverval van 2.8m [ref 9]

Tabel 6.1a: Maatgevende golfcondities voor (gekatelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen

Dijkvak	Hs [m]				T _{pm} [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
Rp D	1,60	1,91	2,07	1,69	5,30	5,80	6,05	5,17	10,5	12,5	13,5	16,4	285	270	270	90
Rp E	1,20	1,70	1,83	1,90	5,18	5,78	5,78	5,66	4,7	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	1,67	2,05	2,25	1,63	5,25	5,78	6,04	5,66	10,9	12,9	13,9	8,0	270	270	270	120

Tabel 6.2a: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijkvak	Hs [m]				T _{pm} [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
Rp D	1,60	1,91	2,07	1,69	5,30	5,80	6,05	5,17	10,5	12,5	13,5	16,4	285	270	270	90
Rp E	1,20	1,70	1,83	1,90	5,18	5,78	5,78	5,66	4,7	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	1,67	2,05	2,25	1,63	5,25	5,78	6,04	5,66	10,9	12,9	13,9	8,0	270	270	270	120

Tabel 6.3a: Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen

Dijkvak	Hs [m]				T _{pm} [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
Rp D	1,60	1,91	2,07	1,69	5,30	5,80	6,05	5,17	10,5	12,5	13,5	16,4	285	270	270	90
Rp E	1,22	1,70	1,83	1,90	4,47	5,78	5,78	5,66	4,7	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	1,67	2,05	2,25	1,63	5,25	5,78	6,04	5,66	10,9	12,9	13,9	8,0	270	270	270	120

Tabel 6.4a: Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm

Dijkvak	Hs [m]				T _{pm} [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
Rp D	1,60	1,91	2,07	1,69	5,30	5,80	6,05	5,17	10,5	12,5	13,5	16,4	285	270	270	90
Rp E	1,20	1,70	1,83	1,90	5,18	5,78	5,78	5,66	4,7	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	1,67	2,05	2,25	1,63	5,25	5,78	6,04	5,66	10,9	12,9	13,9	8,0	270	270	270	120

Tabel 6.1b: Maatgevende golfcondities voor (gekatelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen formaat Steentoets

Dijkvak no.	Waterstand: NAP +0 m		Waterstand: NAP +2 m		Waterstand: NAP +3 m		Waterstand: NAP +4 m	
	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]
	Rp D	1,60	5,30	1,91	5,80	2,07	6,05	1,69
Rp E	1,20	5,18	1,70	5,78	1,83	5,78	1,90	5,66
Rp F	1,67	5,25	2,05	5,78	2,25	6,04	1,63	5,66

Tabel 6.2b: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen formaat Steentoets

Dijkvak no.	Waterstand: NAP +0 m		Waterstand: NAP +2 m		Waterstand: NAP +3 m		Waterstand: NAP +4 m	
	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]
	Rp D	1,60	5,30	1,91	5,80	2,07	6,05	1,69
Rp E	1,20	5,18	1,70	5,78	1,83	5,78	1,90	5,66
Rp F	1,67	5,25	2,05	5,78	2,25	6,04	1,63	5,66

Tabel 6.3b: Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen formaat Steentoets

Dijkvak no.	Waterstand: NAP +0 m		Waterstand: NAP +2 m		Waterstand: NAP +3 m		Waterstand: NAP +4 m	
	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]
	Rp D	1,60	5,30	1,91	5,80	2,07	6,05	1,69
Rp E	1,22	4,47	1,70	5,78	1,83	5,78	1,90	5,66
Rp F	1,67	5,25	2,05	5,78	2,25	6,04	1,63	5,66

Tabel 6.4b: Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm formaat Steentoets

Dijkvak no.	Waterstand: NAP +0 m		Waterstand: NAP +2 m		Waterstand: NAP +3 m		Waterstand: NAP +4 m	
	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]	H _s [m]	T _{pm} [s]
	Rp D	1,60	5,30	1,91	5,80	2,07	6,05	1,69
Rp E	1,20	5,18	1,70	5,78	1,83	5,78	1,90	5,66
Rp F	1,67	5,25	2,05	5,78	2,25	6,04	1,63	5,66