

Detailadvies Roggenplaat (Binnen)

P20T-M-07330 ken

vb



Aan : [redacted] k [redacted]
 Van : [redacted] t
 Tweede lezer : [redacted] n [redacted]
 Datum : 22 juni 2007
 Betreft : Opdracht 2007.05.58 van mantelovereenkomst RKZ-1563
 Status : Definitief
 Ref. Svasek : PvdR/1340/D07267/B

In dit detailadvies zijn de hydraulische randvoorwaarden 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 en de dijkvakscheidingscoördinaten in Tabel 1.

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



012080 2007 PZDT-M-07330 ken
schakDetailadvies Roggenplaat (Binnen) Opdracht 2007

Tabel 2: Maatgevende belastingcombinatie (Hs*Tpm) voor steenbekledingen

Dijkvak	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
Rp D	2,0	2,3	2,4	1,7	5,8	6,4	6,4	5,2	12,4	14,4	15,4	16,4	270	270	270	90
Rp E	1,2	1,7	1,9	1,9	5,3	5,8	5,8	5,7	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	2,1	2,5	2,7	1,7	5,8	6,4	6,9	5,7	12,4	14,4	15,4	16,4	270	270	270	120

Aandachtspunten:

- **Geldigheid Tabel 2:** De in Tabel 2 opgenomen golfcondities zijn gebaseerd op belastingfunctie $Z1=H_s \cdot T_{pm}$ en zijn alleen geldig voor het mechanisme stabiliteit van steenbekledingen (betonzuilen). De maatgevende belastingfunctie is afhankelijk van ξ en de lekhoogte en daardoor onafhankelijk van de dichtheid van de toplaag. Deze belastingfunctie is bij het ontwerp voor steenbekledingen (betonzuilen) in ieder geval maatgevend voor alle taludhellingen, indien:
 - dikte toplaag D tussen 0,30 m en 0,50 m
 - dikte filterlaag tussen 0,05 m en 0,15 m en D15 tussen 0,01 m en 0,02 m met een van porositeit 0,35
 Indien het ontwerp buiten dit bereik valt, dient het ontwerp voor alle 3 de tabellen (Tabel 6.1 t/m 6.3) door gerekend te worden. Mogelijk wordt dan namelijk een andere belastingfunctie maatgevend, waardoor de maatgevende golfcondities kunnen veranderen.
- Voor het mechanisme afschuiving is $Z2=H_s \cdot T_{pm} \cdot T_{pm}$ (zie Tabel 6.2) meestal maatgevend en voor (gekatelde) blokken, asfaltbekledingen en kleidijken is belastingfunctie $Z3=H_s \cdot H_s \cdot T_{pm}$ (zie Tabel 6.3) meestal maatgevend.
- 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.
- 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.

Stroomsnelheden

Bij de aanzet van de dammen (met oranje weergegeven in Figuur 2) 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 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 ontwerppeilen

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	3.45	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10
Rp E	3.45	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10
Rp F	3.45	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10

Figuur 1: Overzicht dijkvakken en uitvoerpunten



Bijlagen: Aanpak en resultaten detailadvies

1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies heeft betrekking op de Oosterscheldezijde van de Roggenplaat (zie Figuur 1). Ten behoeve van dit advies is in samenspraak met het Projectbureau Zeeweringen en 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.

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.

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). 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 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.

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 zullen de stroomsnelheden namelijk groter zijn dan de voortplantingssnelheid van de golven, waardoor de golven als het ware vlak worden getrokken. Indien de golven zich tegengesteld gericht voorplanten ten opzichte van de stroming 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 worden 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: $T_{pm} + 15\%$ (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. 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:

- 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.
- Daarnaast zijn de volgende correcties op de golfparameters toegepast: $T_{pm} + 15\%$ (met een ondergrens van 1 seconde) en $H_s + 15\%$ [ref 1 en 2].

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 afzonderlijk 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 afluiddige 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.

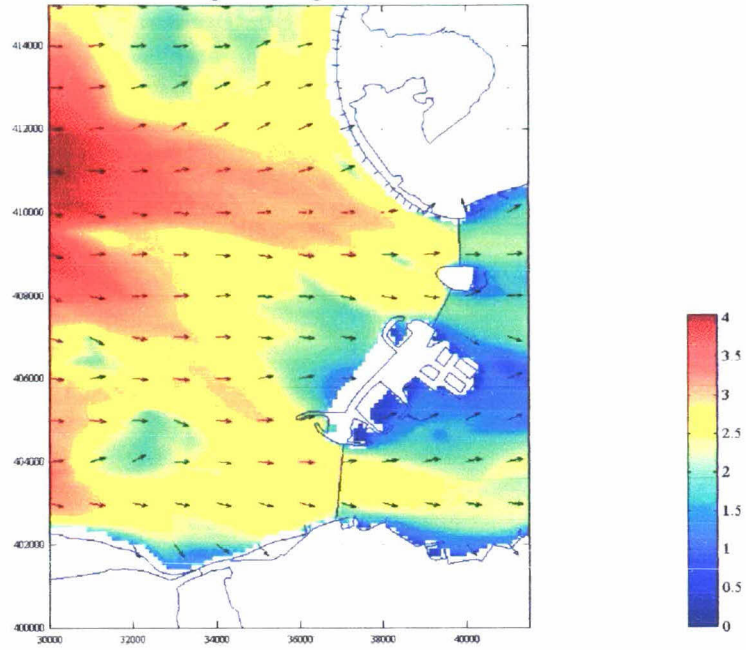
3.6 Golfcondities

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.

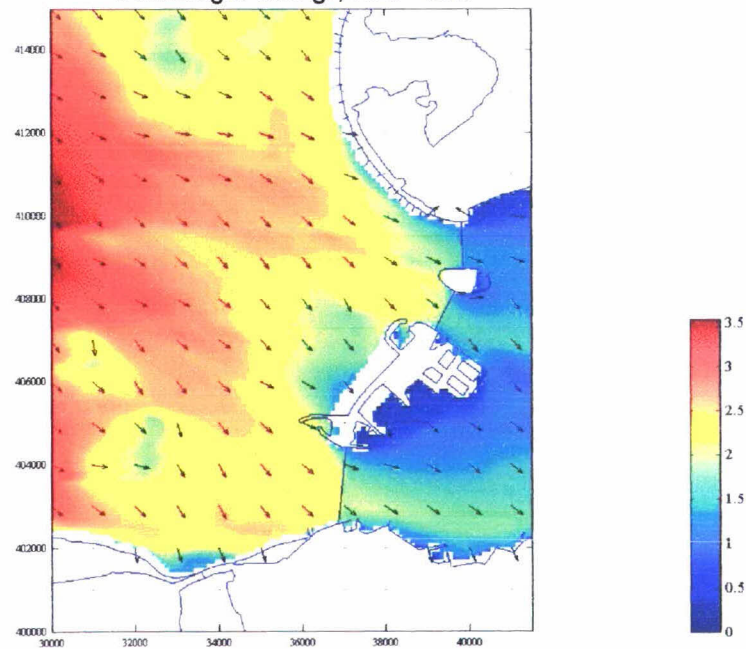
De dijkvakken Rp D en Rp F worden bij de waterstanden NAP+0m, NAP+2m en NAP+3m het zwaarst belast door golven uit westelijke windrichting, namelijk 270° (zie Tabellen 5.1 t/m 5.3 en 6.1 t/m 6.3). Bij een waterstand van NAP+4m zijn oostelijke windrichtingen (90 en 120°) maatgevend, doordat de kering dan gesloten is. Dijkvak Rp E wordt voor alle waterstanden het zwaarste belast door golven uit oostelijke windrichtingen, namelijk 90 en 120°.

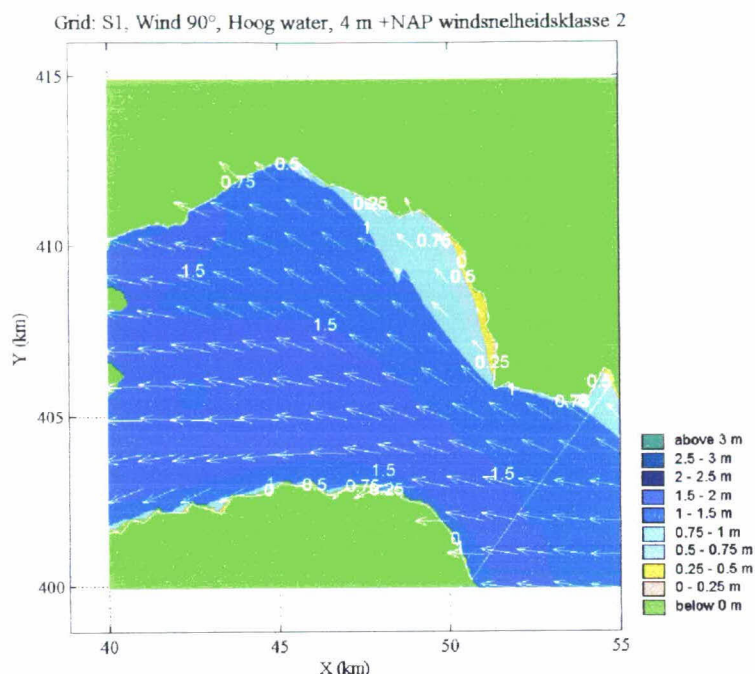
Figuur 2: SWAN resultaten

Golfhoogte 270 gr, NAP+2m



Golfhoogte 330 gr, NAP+2m





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 5.3 tonen de maatgevende golfcondities per uitvoerpunt, gebaseerd op $H_s \cdot T_{pm}$, $H_s \cdot T_{pm}^2$ en $H_s^2 \cdot T_{pm}$. Daarnaast geven de Tabellen 6.1 t/m 6.3 de maatgevende golfcondities per dijkvak op basis van de bijbehorende uitvoerpunten (zie Tabel 1). De Tabellen 6.1 t/m 6.3 dienen gebruikt te worden voor het ontwerp.

Tabel 5.1 Gecorrigeerde golfcondities per uitvoerpunt met gewicht H_s en T_{pm} volgens verhouding $H_s \cdot T_{pm}$

Uitvoer- punt no.	Coördinaten tov Parijs (m)		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			
	x	y	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
1	39805	408825	2,0	2,3	2,4	—	5,8	6,4	6,4	—	12,5	14,5	15,5	16,5	270	270	270	—
2	39488	408012	2,1	2,5	2,7	—	5,8	6,4	6,9	—	12,9	14,9	15,9	16,9	270	270	270	—
5	40029	407975	1,2	1,5	1,6	1,7	5,3	5,8	5,8	5,7	5,7	7,7	8,7	9,7	120	120	120	120
6	40211	408001	1,2	1,5	1,6	1,7	5,3	5,8	5,8	5,7	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
7	40384	408058	1,1	1,5	1,6	1,7	5,3	5,8	5,8	5,7	3,2	5,2	6,2	7,2	120	120	120	120
8	40518	408129	1,1	1,6	1,7	1,8	5,3	5,8	5,8	5,7	2,2	4,2	5,2	6,2	120	120	90	90
9	40605	408252	1,2	1,7	1,9	1,9	5,3	5,8	5,8	5,7	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
10	40614	408415	1,2	1,7	1,8	1,9	5,2	5,8	5,8	5,6	4,7	6,7	7,7	8,7	90	120	90	90
11	40596	408565	1,2	1,6	1,7	1,8	5,3	5,8	5,8	5,7	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
12	40557	408689	1,2	1,6	1,7	1,7	5,0	5,8	5,8	5,7	10,4	12,4	13,4	14,4	120	120	120	120
13	40449	408777	1,2	1,6	1,7	1,7	4,5	5,2	5,3	5,2	12,4	14,4	15,4	16,4	90	90	90	90
14	40293	408816	1,2	1,5	1,6	1,6	4,5	5,0	5,2	5,2	9,7	11,7	12,7	13,7	90	90	90	90
15	40137	408838	1,2	1,5	1,5	1,6	4,5	5,3	5,3	5,2	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90
16	40003	408843	1,2	1,4	1,5	1,5	4,5	5,3	5,3	5,2	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90

Tabel 5.2 Gecorrigeerde golfcondities per uitvoerpunt met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Tpm*Tpm

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	2,0	2,3	2,4	—	5,8	6,4	6,4	—	12,5	14,5	15,5	16,5	270	270	270	—
2	39488	408012	2,1	2,5	2,7	—	5,8	6,4	6,9	—	12,9	14,9	15,9	16,9	270	270	270	—
5	40029	407975	1,2	1,5	1,6	1,7	5,3	5,8	5,8	5,7	5,7	7,7	8,7	9,7	120	120	120	120
6	40211	408001	1,2	1,5	1,6	1,7	5,3	5,8	5,8	5,7	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
7	40384	408058	1,1	1,5	1,6	1,7	5,3	5,8	5,8	5,7	3,2	5,2	6,2	7,2	120	120	120	120
8	40518	408129	1,1	1,6	1,7	1,8	5,3	5,8	5,8	5,7	2,2	4,2	5,2	6,2	120	120	90	90
9	40605	408252	1,2	1,7	1,9	1,9	5,3	5,8	5,8	5,7	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
10	40614	408415	1,2	1,7	1,8	1,8	5,2	5,8	5,8	5,7	4,7	6,7	7,7	8,7	90	120	120	120
11	40596	408565	1,2	1,6	1,7	1,8	5,3	5,8	5,8	5,7	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
12	40557	408689	1,2	1,6	1,7	1,7	5,0	5,8	5,8	5,7	10,4	12,4	13,4	14,4	120	120	120	120
13	40449	408777	1,2	1,6	1,7	1,6	4,5	5,2	5,3	5,6	12,4	14,4	15,4	16,4	90	90	90	120
14	40293	408816	1,2	1,5	1,6	1,6	4,5	5,0	5,2	5,2	9,7	11,7	12,7	13,7	90	90	90	90
15	40137	408838	1,2	1,5	1,5	1,6	4,5	5,3	5,3	5,2	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90
16	40003	408843	1,2	1,4	1,5	1,5	4,5	5,3	5,3	5,2	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90

Tabel 5.3 Gecorrigeerde golfcondities per uitvoerpunt met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Hs*Tpm

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	2,0	2,3	2,4	—	5,8	6,4	6,4	—	12,5	14,5	15,5	16,5	270	270	270	—
2	39488	408012	2,1	2,5	2,7	—	5,8	6,4	6,9	—	12,9	14,9	15,9	16,9	270	270	270	—
5	40029	407975	1,2	1,5	1,6	1,7	5,3	5,8	5,8	5,7	5,7	7,7	8,7	9,7	120	120	120	120
6	40211	408001	1,2	1,5	1,6	1,7	5,3	5,8	5,8	5,7	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
7	40384	408058	1,1	1,5	1,6	1,7	5,3	5,8	5,8	5,7	3,2	5,2	6,2	7,2	120	120	120	120
8	40518	408129	1,1	1,6	1,7	1,8	5,3	5,8	5,8	5,7	2,2	4,2	5,2	6,2	120	120	90	90
9	40605	408252	1,2	1,7	1,9	1,9	5,3	5,8	5,8	5,7	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
10	40614	408415	1,2	1,7	1,8	1,9	5,2	5,8	5,8	5,6	4,7	6,7	7,7	8,7	90	90	90	90
11	40596	408565	1,2	1,6	1,7	1,8	5,3	5,8	5,8	5,7	4,0	6,0	7,0	8,0	120	120	120	120
12	40557	408689	1,3	1,6	1,7	1,7	4,5	5,3	5,8	5,7	10,4	12,4	13,4	14,4	90	90	120	120
13	40449	408777	1,2	1,6	1,7	1,7	4,5	5,2	5,3	5,2	12,4	14,4	15,4	16,4	90	90	90	90
14	40293	408816	1,2	1,5	1,6	1,6	4,5	5,0	5,2	5,2	9,7	11,7	12,7	13,7	90	90	90	90
15	40137	408838	1,2	1,5	1,5	1,6	4,5	5,3	5,3	5,2	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90
16	40003	408843	1,2	1,4	1,5	1,5	4,5	5,3	5,3	5,2	12,9	14,9	15,9	16,9	60	90	90	90

Tabel 6.1 is maatgevend voor het mechanisme stabiliteit steenbekledingen (betonzuilen) voor alle taludhellingen voor de onder Tabel 2 gegeven uitgangspunten. Indien het ontwerp buiten dit bereik valt, dient het ontwerp voor alle 3 de tabellen door gerekend te worden. Voor het mechanisme afschuiving is $Z2 = H_s * T_{pm} * T_{pm}$ (zie Tabel 5.2) maatgevend en voor (gekantelde) blokken, asfaltbekledingen en kleidijken is belastingfunctie $Z3 = H_s * H_s * T_{pm}$ (zie Tabel 6.3) maatgevend.

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.

Tabel 6.1 Gecorrigeerde golfcondities per dijkvak met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Tpm

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	2,0	2,3	2,4	1,7	5,8	6,4	6,4	5,2	12,4	14,4	15,4	16,4	270	270	270	90
Rp E	1,2	1,7	1,9	1,9	5,3	5,8	5,8	5,7	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	2,1	2,5	2,7	1,7	5,8	6,4	6,9	5,7	12,4	14,4	15,4	16,4	270	270	270	120

Tabel 6.2 Gecorrigeerde golfcondities per dijkvak met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Tpm*Tpm

Dijkvak	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
	Rp D	2,0	2,3	2,4	1,6	5,8	6,4	6,4	5,6	12,4	14,4	15,4	16,4	270	270	270
Rp E	1,2	1,7	1,9	1,9	5,3	5,8	5,8	5,7	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	2,1	2,5	2,7	1,7	5,8	6,4	6,9	5,7	12,4	14,4	15,4	16,4	270	270	270	120

Tabel 6.3 Gecorrigeerde golfcondities per dijkvak met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Hs*Tpm

Dijkvak	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
	Rp D	2,0	2,3	2,4	1,7	5,8	6,4	6,4	5,2	12,4	14,4	15,4	16,4	270	270	270
Rp E	1,2	1,7	1,9	1,9	5,3	5,8	5,8	5,7	3,1	5,1	6,1	7,1	90	90	90	90
Rp F	2,1	2,5	2,7	1,7	5,8	6,4	6,9	5,7	12,4	14,4	15,4	16,4	270	270	270	120

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 de deze paragraaf bepaald.

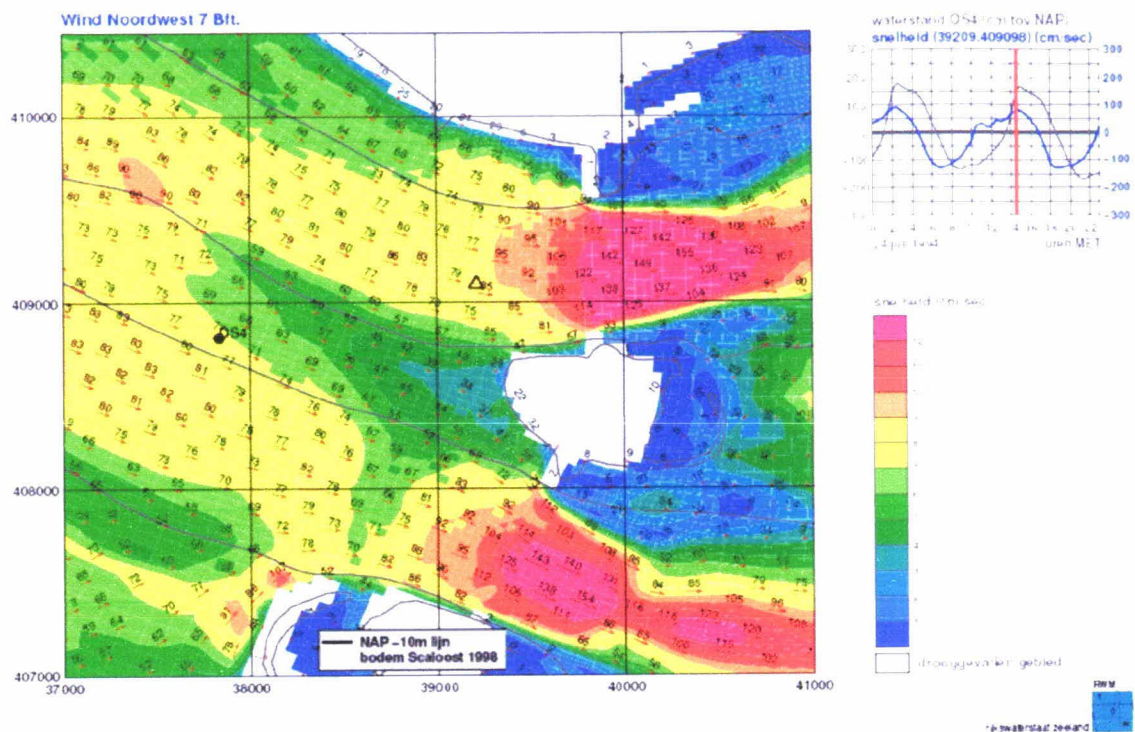
In Figuur 3 is een verkennende berekening van het HMCZ weergegeven van de stroomsnelheden in de omgeving van de Roggenplaat. De berekeningen hebben betrekking op een standaard getij met een constante wind van 7 Bft (16 m/s) uit het noordwesten (335 graden) en zijn gemaakt met het Scalooost-model.

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

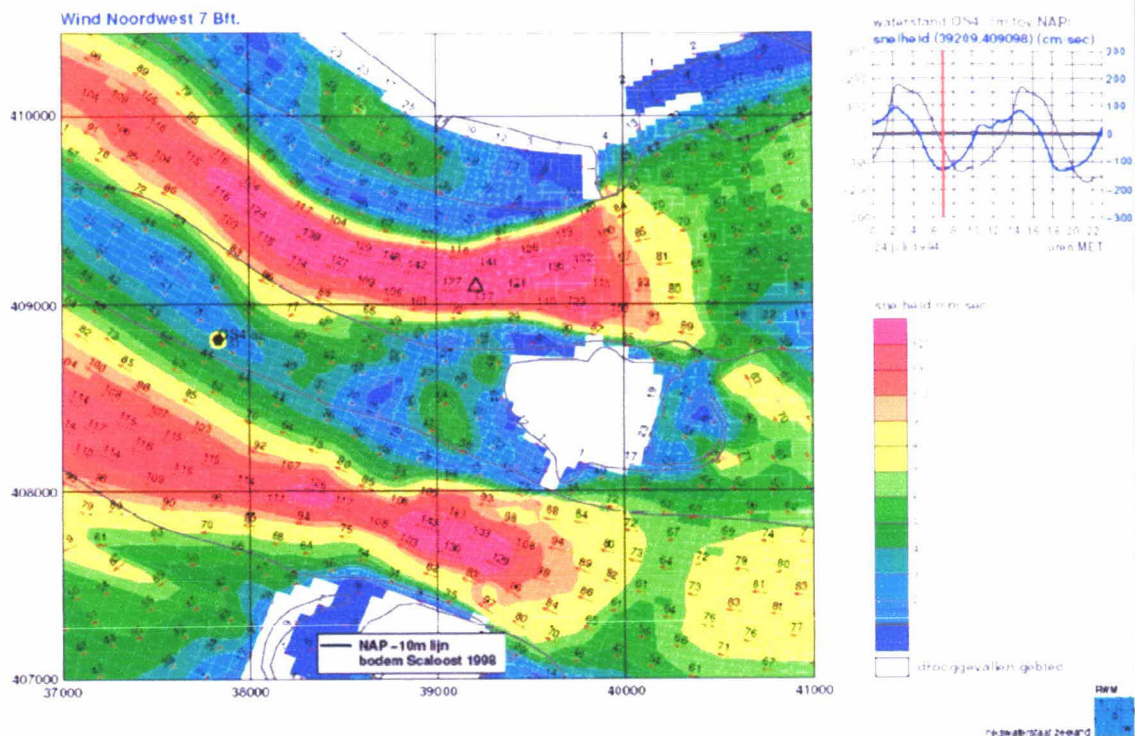
het midden van de geulen bij de kering (zowel bij eb als bij vloed in beide geulen), worden daardoor geschat op 4 m/s. Het HMCZ verwacht ook dat stroomsnelheden van deze orde op kunnen treden.

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 5 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 in beschouwing. Het ontwerppeil is daardoor gelijk aan het toetspeil 2006 dat ook in de tabel is opgenomen. Tabel 5 bevat ook de gemiddeld hoog waterstand (GHW). Verder zijn de waterstanden opgenomen bij gemiddeld getij, springtij en doortij (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	3.45	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10
Rp E	3.45	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10
Rp F	3.45	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10

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 no.	Representatieve bodemligging [m] tov NAP	Gemiddelde bodemligging [m] tov NAP	Stand.dev. bodemligging [m] 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 belastinggeval $H_s \cdot T_{pm}$ (Z1) 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 extrapolatie naar lagere waterstanden is toegestaan.

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

Dijk- vak	Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		D (m) bij waterstand t.o.v. NAP		Hs/D bij waterstand t.o.v. NAP	
	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
Rp D	1,70	1,85	11,51	12,51	0,15	0,15
Rp E	0,70	0,95	5,57	4,57	0,13	0,21
Rp F	1,70	1,90	8,90	7,90	0,19	0,24

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

Dijk- vak	Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP		Lo [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Hs/Lo [m] bij waterstand t.o.v. NAP	
	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
	Rp D	1,70	1,85	5,20	5,50	42,18	47,19	0,04
Rp E	0,70	0,95	4,80	5,05	35,94	39,78	0,02	0,02
Rp F	1,70	1,90	5,20	5,50	42,18	47,19	0,04	0,04

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. 8 augustus 2006.
- [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. 8 augustus 2006.
- [7.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: *'factsheet_20070558_Roggenplaat_Binnen_definitief.xls'*, d.d. 22 juni 2007.
- [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

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]