

# Memo

## Werkgroep

# Kennis



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
Projectbureau Zeeweringen

Betreft (actie en nr.)  
Hydraulische condities Sloehaven  
Vlissingen t.p.v. Total

Afschrift aan  
Elzinga, Martijn  
Provoost, Yvo  
Gils, Harrie van

Vraagsteller  
Martijn Elzinga  
Beantwoord door  
Sjaak Jacobse  
Doorkiesnummer  
070 311 4213  
Status  
Definitief

Datum  
December 2004  
Datum  
17 januari 2005  
Bijlage(n)  
Kenmerk  
K-05-01-03

### 1. Inleiding en vraagstelling

Momenteel is het ontwerp van een dijktraject aan de binnenkant van de Sloehaven in voorbereiding. Het gaat hierbij om de dijken rondom het Total-terrein aan de Van Cittershaven (zie bijlage 1). Aan het RIKZ is gevraagd om voor deze dijktrajecten op korte termijn een globaal advies te leveren over de golfhoogte, golfperiode en waterstand die bij een 1/4000<sup>ste</sup> situatie voor kunnen komen. Daarnaast is om advies gevraagd hoe de ontwerpcondities voor deze haven op een betrouwbare wijze bepaald kunnen worden. In deze memo wordt op beide zaken ingegaan.

### 2. Bepaling ontwerpwaarden t.o.v. ontwerp 1992

Voor de betreffende dijkvakken zijn de ontwerpwaarden goed gedocumenteerd. In 1992 zijn deze in een advies van DWW aan de Waterschappen vastgelegd [Lit 1]. Na 1992 zijn de betreffende dijken op basis van dit advies op Deltahoogte gebracht.

Om op korte termijn een advies te leveren over de ontwerpwaarden voor de geplande dijkverzwaring zal daarom nagegaan worden in hoeverre de condities uit 1992 nog steeds actueel zijn, of eventueel aanpassing behoeven.

#### 2.1. Waterstand en zeespiegelstijging

Voor de aanpassing in 1992 is gebruik gemaakt van een rapport van de Deltacommissie waarin de 1/4000<sup>ste</sup> waterstanden voor Vlissingen en Borselle weergegeven zijn. Bij de monding van de Sloehaven wordt dan gerekend met een waterstand van NAP +5,50. Als correctie voor het effect van de zeespiegelstijging op

Directie Zeeland  
Projectbureau Zeeweringen  
P/a Postbus 1000, 4330 ZW Middelburg  
P/a Waterschap Zeeuwse Eilanden, Kanaalweg 1, Middelburg

Telefoon (0118) 62 13 70  
Fax 0118 - 62 19 93

de hoogwaterstijging wordt gerekend met een toeslag van 20 centimeter per eeuw. Omdat de planperiode 50 jaar is en het uitgangspunt 1950 is, wordt gerekend met een toeslag van 20 centimeter voor de Sloehaven. Als ontwerpwaterstand is NAP +5,70 gebruikt.

In 1995 is het Basispeilenrapport verschenen [Lit 2]. In dit rapport worden eveneens voor Vlissingen en Borselle 1/4000<sup>ste</sup> waterstanden gegeven. Voor de monding van de Sloehaven komt dit uit op een waterstand van NAP +5,35. Nieuwe inzichten na 1990 hebben er toe geleid om in de 3<sup>e</sup> kustnota [Lit 3] de correctie voor zeespiegelstijging voor harde waterkeringen bij te stellen naar 60 cm/eeuw. De toeslag van 60 centimeter per eeuw geldt voor de Noordzeekust. In de Westerschelde neemt deze toe van ca. 70 cm/eeuw bij Vlissingen tot bijna 90 cm/eeuw bij Bath. Voor een ontwerp wat een planperiode heeft tot 2060 leidt dit voor de Sloehaven tot een ontwerppeil van NAP +5,90.

## 2.2. Toeslagen in het havenbekken

In een haven komen een aantal fysische processen voor die een verhogende invloed kunnen hebben op de Waterstand. Het gaat hierbij om lokale opwaaiing van het water als gevolg van de wind en seiches (of havengolven). De waterstand neemt hierdoor nog toe t.o.v. de monding van de Sloehaven. Het effect van de opwaaiing is afhankelijk van de havengeometrie. In 1991 is dit effect voor de Sloehaven onderzocht [Lit 4]. Voor de betreffende dijkvakken is met Duflow berekend dat de lokale opwaaiing ca. 10 centimeter is. Seiches zijn zeer lange golven met een golfperiode van vaak meerdere minuten. Deze lange golven hebben vaak een amplitude van 1 tot 2 decimeter. Seiches kunnen ontstaan door circulaire depressiepatronen boven de Noordzee waardoor lokaal luchtdrukverschillen ontstaan [Lit 5]. Als deze lange golven in havenbekkens komen zorgen reflecteren deze tegen de vaak steile oevers. Deze havenoscillaties zorgen voor een lokale waterstandverhoging. Voor de Sloehaven is deze eveneens bepaald in 1989 [Lit 6]. De toen bepaalde waarde van 30 centimeter voor dijken zonder voorland volstaat voor de betreffende dijkvakken.

## 2.3. Ontwerppeil dijk bij Total-terrein

In de onderstaande tabel is de totale ontwerpwaterstand weergegeven voor de dijkvakken 9 en 10 van de Van Cittershaven die opgebouwd is uit diverse componenten. Hierbij is ook de vergelijking gemaakt met de ontwerpwaarden uit 1992. De 'maatgevende' waterstand treedt op bij noordwesten wind. Als rekenpeil bij dijkvak 9 en 10 dient NAP +6,30 gebruikt te worden.

	1992	2005
Basispeil	NAP +5,50 m.	NAP +5,35 m.
Effect ZSS op HW-stijging	+0,20 m.	+0,55 m.
Locale opwaaiing	+0,10 m.	+0,10 m.
Toeslag voor seiches	+0,30 m.	+m.0,30 m.
Totaal	NAP +6,10 m.	NAP +6,30 m.

### 3. Bepaling golfcondities van Cittershaven

Bij het bepalen van golfcondities in een havenbekken is het belangrijk om alle invloeden op de golven mee te nemen. Het golfklimaat in de haven wordt gedomineerd door de volgende processen:

- diffractie van golven rondom de havendammen
- transmissie van golven over de havendammen
- opwekking van nieuwe golven in het havenbekken
- breking van golven t.g.v. diepte beperkingen op kades en haventerreinen
- reflectie van golven tegen steile taluds.

In 1992 is aangenomen dat golven vanaf de Westerschelde de van Cittershaven niet zullen bereiken vanwege de diffractie om de havendammen. Ook al zouden golven de monding van de van Cittershaven kunnen bereiken, dan bereiken deze nooit dijkvak 9 en 10. In onderstaande alinea's wordt getoetst of dit op basis van huidige kennis gerechtvaardigd is, en worden golfhoogte en golfperiode opnieuw bepaald. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de rekenmethode voor golfcondities in havens en afgeschermd gebied uit het VTV [Lit 7].

#### 3.1. Bepaling golfcondities in de monding van de van Cittershaven.

De golven in de monding van de Sloehaven bereiken een bij noordwestenwind een hoogte van 1,4 meter bij een piekperiode van 9,0 seconden (zie bijlage 2.1). Door bijdraaiing hebben de golven bij deze windrichting een west tot zuidwestelijke richting (240°, zie bijlage 2.2). Omdat er in het gebied tussen de monding van de Sloehaven en de betreffende dijkvakken sprake is van meervoudige diffractie is de VTV-methode niet regulier toegepast, maar in een aantal afzonderlijke stappen. Eerst wordt de golfhoogte in de monding van de Van Cittershaven bepaald, daarna worden iteratief de golfhoogte en golfperiode bij dijkvak 9 en 10 bepaald.

- A. Bepaal de golfhoogte en golfperiode in de monding van de Sloehaven voor windrichting 315°. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Resultaat stap A	
Hs	1,4 m.
Tp	9,0 s.
Dir	240°

- B. Bereken de golfhoogte die bij de monding van de van Cittershaven die kan ontstaan onder invloed van transmissie en diffractie. De lokale windgroei wordt in deze stap nog niet meegenomen. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in de onderstaande tabel. Voor de golfrichting is een schatting gemaakt. Het is aannemelijk dat de golfrichting als gevolg van lokale opwekking van golven en de havengeometrie meer de windrichting zal gaan volgen en westelijk zal worden. Als gevolg van diffractie en transmissie bereiken de golven vanaf de Westerschelde de monding van de van Cittershaven wel, maar zijn sterk afgenomen.

Resultaat stap B	
Hs	0.9 m.
Tp	9,0 s.

Golf- richting	270°
-------------------	------

### 3.2 Bepaling golfcondities bij dijkvak 9 en 10

Het golfklimaat in de Van Cittershaven wordt grotendeels bepaald door lokaal opgewekte golven. Bij noordwesten wind kunnen de golven over een grote lengte opgewekt worden. Daarnaast zullen de golven die aanwezig zijn in de monding van de Van Cittershaven via diffractie bijdraaien in het havenbekken. De van Cittershaven is een haven zonder echte havendammen. Toch zullen de golven hinder ondervinden van de bochten bij de havenmonding. Voor de golven functioneren deze dus wel als havendammen, en bijdraaien. In de onderstaande stappen worden de golfcondities bepaald in de stappen A en B vertaald naar de dijken van dijkvak 9 en 10 met de VTV-methode..

C. Bepaal met de VTC methode de golfhoogte bij een uitvoerpunt bij dijkvak 9 en 10.

Bereken de golfhoogte voor de volgende processen:

- Diffractie
- Windgroei
  1. Windsnelheid 32 m/s
  2. Strijklengte dijkvak 9 = 3500 meter, dijkvak 10, 3900 meter.
- Beperking door een ondiep voorland.

Kies als invoer voor Hs en Tp de resultaten van stap B. Voor de golfrichting is het aannemelijk dat in het diepe havenbekken deze meer beïnvloedt wordt door de windrichting. Als invoer voor stap C (diffractie) is aangenomen dat de golven inmiddels bijgedraaid zijn tot een golfrichting van 270°.

Resultaat stap C		
	Dv9	Dv10
Hs <sub>diffractie</sub> (Hs * Kd)	0,23 m.	0,17 m.
Hs <sub>lokale windgroei</sub>	1,40 m.	1,48 m.
L <sub>voorland</sub> / L <sub>golflengte</sub>	0,24	0,24
Hs <sub>uitvoerpunt</sub>	<b>0,90 m.<sup>*1</sup></b>	<b>0,90 m.<sup>*1</sup></b>

\*1) Golfhoogte op basis van maximale waterdiepte op het voorland. Omdat hier gerekend is met de golfperiode vanuit de monding van de van Cittershaven (golflengte = 126,5 meter) voldoet het voorland niet aan het criterium Lengte voorland / Lengte golf > 1.

D. Schat de werkelijke golflengte op basis van de golfsteilheid. De golven die door diffractie dijkvak 9 en 10 bereiken, zijn sterk gereduceerd in hoogte. Het golfklimaat bij dijkvak 9 en 10 wordt gedomineerd door lokale golven. Deze lokaal opgewekte golven hebben een golfperiode van ca. 3,5 seconden. De combinatie van deze beide golfperiodes leidt tot een gemiddelde piekperiode van ca. 4 tot 5 seconden. Op basis van een golfsteilheid van 4,5% kan de golfperiode bepaald worden. Neem hierbij voor de golfhoogte de lokaal opgewekte golfhoogte van 1,48 m.

Resultaat stap D		
	Dv9	Dv10
Tp	4,6 s.	4,6 s.

- E. Bepaal de golfhoogte en golfperiode opnieuw met de VTV methode op basis van de in stap D afgeleide golfperiode. Hoewel de werkelijke lengte van de berm (het voorland) bij dijkvak 9, 30 meter is, is de effectieve lengte voor de scheef invallende golven groter. Bij dit dijkvak zullen bij noordwesten wind het merendeel van de golven scheef invallen, onder een hoek groter dan 45°. De effectieve lengte waarover de golven dus kunnen breken is dus  $\sqrt{2} * 30$  meter. De effectieve voorlandlengte van dijkvak 9 komt hiermee op 42 meter.

Resultaat stap E		
	<b>Dv9</b>	<b>Dv10</b>
Hs <sub>diffractie</sub> (Hs * Kd)	0,23 m.	0,17 m.
Hs <sub>lokale windgroei</sub>	1,40 m.	1,48 m.
L <sub>voorland</sub> / L <sub>golflengte</sub>	1,27	0,79
Hs <sub>uitvoerpunt</sub>	<b>0,90 m.</b>	<b>1,50 m.</b>
Tp <sub>uitvoerpunt</sub>	<b>4,6 s.</b>	<b>4,6 s.</b>

N.B. detailinformatie over de berekeningen is te vinden in bijlage 3

## 4. Aanbevelingen

### 4.1. Betrouwbaarheid afleiding golfcondities

In dit advies is op een globale wijze de golfbelasting bij de dijkvakken 9 en 10 bepaald. Hierbij is gebruik gemaakt van de methode voor golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied uit de VTV. In deze methode zijn golftransmissie, golfdiffractie en lokale opwekking opgenomen. Niet geïmplementeerd zijn refractie, reflectie en golfgroei beperking door ondieptes. Bij de betreffende dijkvakken kan reflectie (van langere golven) een rol spelen. Reflectie van langere golven kan de golfperiode beïnvloeden. Daarom wordt aanbevolen om voor de golfperiode een contraberekening te maken met een geavanceerd havenmodel als Pharos of Hares. Omdat de golfhoogte voor het merendeel bepaald wordt door de lokaal opgewekte golven en reflectie dus weinig invloed zal hebben, volstaat de berekende golfhoogte voor het ontwerp.

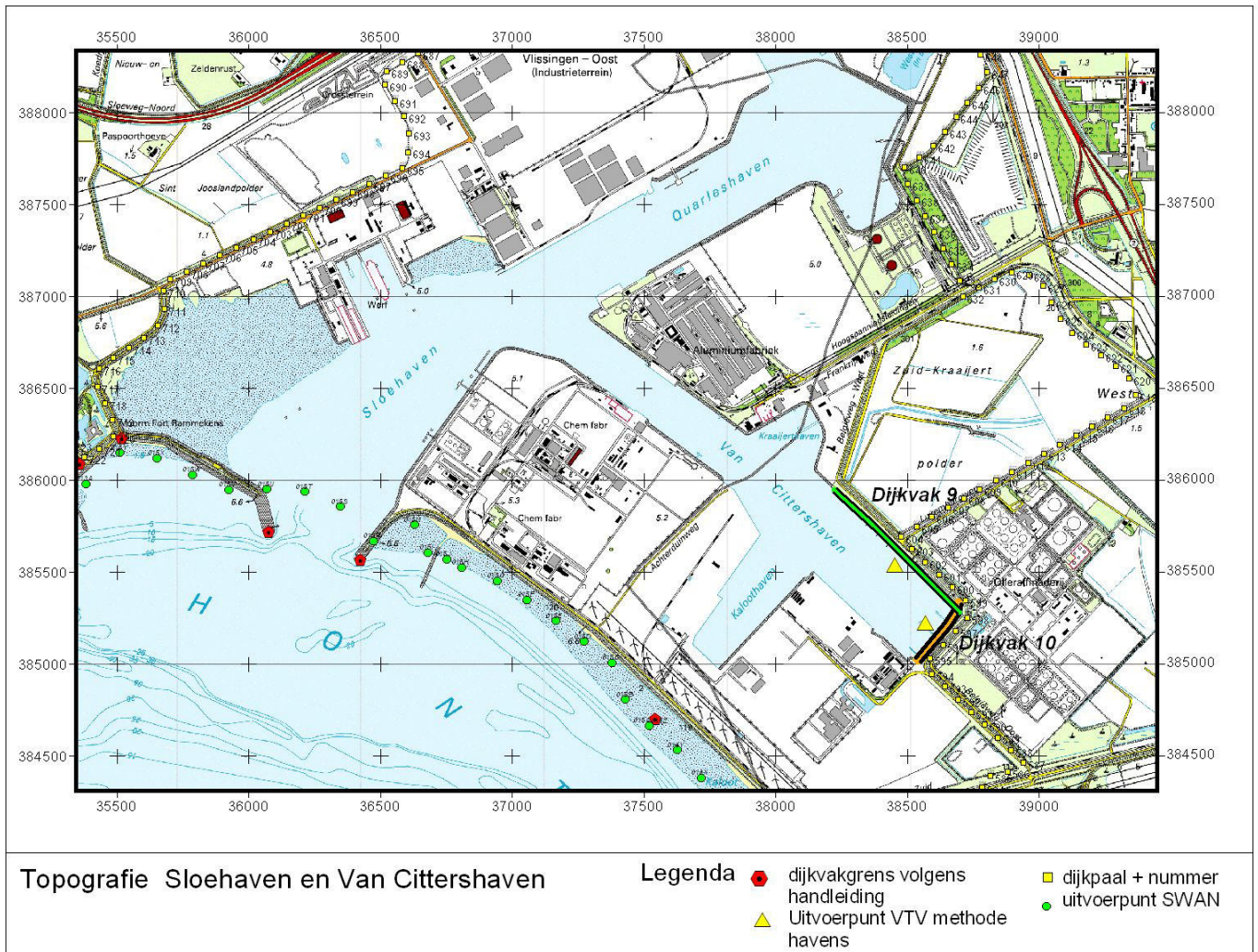
### 4.2. Reductie golfcondities op voorland/berm

In dit advies is alleen bij dijkvak 9 de invloed van het voorland in rekening gebracht op de golfhoogte. Op de berm staat bij ontwerpomstandigheden een waterlaag van 1,3 meter. De maximale golfhoogte op deze berm wordt dan 0,9 meter. Hoewel voor dijkvak 10 de bermbreedte onvoldoende is om een reducerend effect op de golfhoogte te hebben, kan deze reductie wel op een andere wijze bereikt worden. Zowel bij dijkvak 9 als 10 biedt de brede berm mogelijkheden om golfbrekende elementen zoals schanskorven toe te passen. Hierdoor kan de golfhoogte op de berm aanzienlijk gereduceerd worden, en is er weinig erosie op de berm te verwachten. Bij de berekende golfhoogte op de berm zal er erosie optreden van de (onbeschermd) berm. Aanbevolen wordt om indien er geen golfbrekende maatregelen genomen worden, deze erosiediepte door te laten rekenen.

### **Geraadpleegde literatuur**

1. Niemeijer, J., Kruinhoogten havengebied Vlissingen-Oost, DWW, WBA-N-91130, juni 1992
2. De basispeilen langs de Nederlandse kust, DGW-93.023
3. 3<sup>e</sup> Kkustnota Traditie, Trends en Toekomst, ministerie van Verkeer en Waterstaat, december 2000
4. Lokale opwaaiing in de havens van Vlissingen-Oost, Frederic R. Harris B.V., november 1991
5. Origin and prediction of seiches in Rotterdam harbour basins, M. de Jong, proefschrift TUD.
6. Seiches in de buitenhaven van Vlissingen en de havens in Vlissingen-Oost, Frederic R. Harris B.V., augustus 1989
7. Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebieden, RIKZ\2004.001

## Bijlage 1 Topografische ligging dijkvakken 9 en 10 Sloehaven Vlissingen

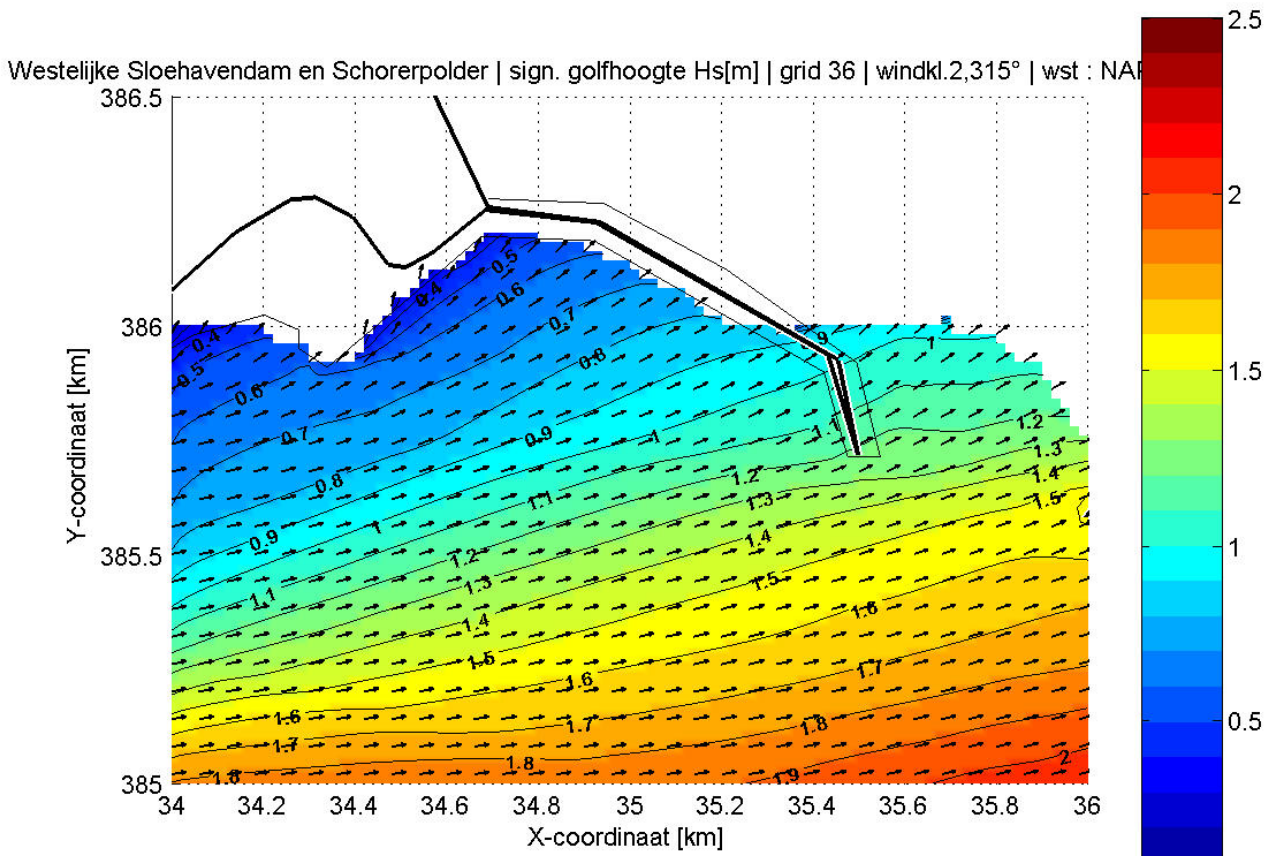


### Bijlage 2.1. Golfcondities Monding Sloehaven

Voor methodiek afleiden golfcondities monding Sloehaven, zie advies golfbelasting westelijke havendam Sloehaven, K-04-08-21

Monding Sloehaven + kop Westelijke havendam									
	NAP +2m			NAP +4m			NAP +6m		
	Hs[m]	Tp[s]	Golfrichting [°]	Hs[m]	Tp[s]	Golfrichting [°]	Hs[m]	Tp[s]	Golfrichting [°]
180	1.9	6.9	180	2	7	180	2	7.1	180
210	2.3	7.5	200	2.4	7.7	200	2.5	7.8	200
240	2.4	8.2	220	2.5	8.5	220	2.6	8.8	220
270	2.2	8.5	240	2.3	8.9	240	2.4	9.2	240
315							1.4	9	240

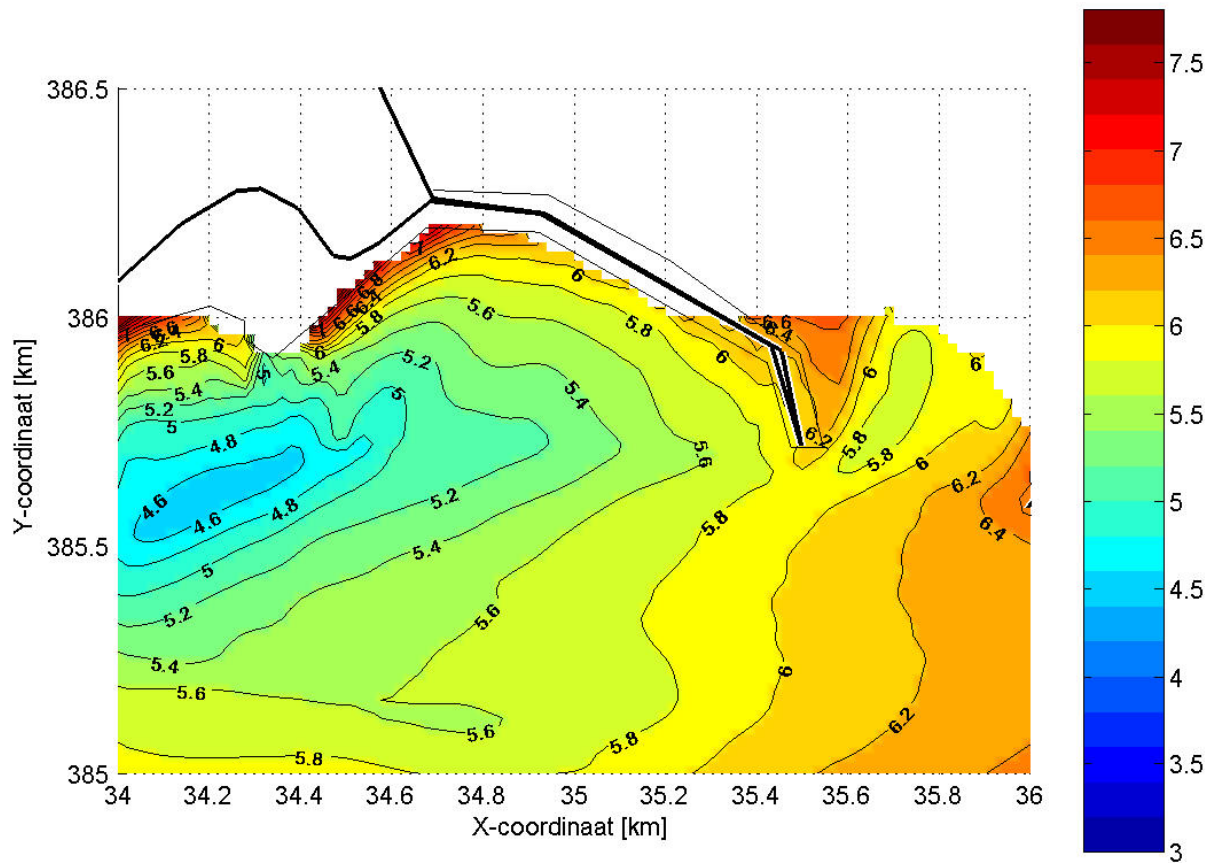
### Bijlage 2.2 Significante golfhoogte monding Sloehaven, NAP +6 meter, 315°





**Bijlage 2.3** Gemiddelde golfperiode Tm01, monding Sloehaven, NAP +6 meter, 315°

Let op: golfperiode zonder correcties!



**Bijlage 3** Invoer en resultaten spreadsheet golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied.

Case	Checkboxen					Algemeen				
Naam	DiffRACTIE	Transmissie	Interactie	Lokale Golfgroei	Hoog voorland	Hs	Tp	Dominante richting golfveld	Waterstand	L0
B_monding v cittershaven_315	WAAR	WAAR	WAAR	WAAR	ONWAAR	1.40	9.00	40	5.90	126.47
C_dv9_315(270)	WAAR	ONWAAR	ONWAAR	WAAR	WAAR	0.90	9.00	80	6.30	126.47
C_dv10_315(270)	WAAR	ONWAAR	ONWAAR	WAAR	WAAR	0.90	9.00	80	6.30	126.47
E_dv9_315(270)	WAAR	ONWAAR	ONWAAR	WAAR	WAAR	0.90	4.60	80	6.30	33.04
E_dv10_315(270)	WAAR	ONWAAR	ONWAAR	WAAR	ONWAAR	0.90	4.60	80	6.30	33.04

Case	DiffRACTIE										Transmissie				
Naam	Aantal dammen	Smax	B <sub>eq</sub>	X	Y	B/L	Diagram	X/L	Y/L	Kd	Kruinhoogte	Typedam	Alpa_reken	Beta_reken	Vrijboord
B_monding v cittershaven_315	2	10	420	320	1780	3.32	0.00	2.53	14.07	0.47	6.50	4:Gladde dichte dam met flauw ta	2.40	0.40	0.60
C_dv9_315(270)	2	10	220	1390	2160	1.74	0.00	10.99	17.08	0.26			0.00	0.00	0.00
C_dv10_315(270)	2	10	220	1700	2160	1.74	0.00	13.44	17.08	0.19			0.00	0.00	0.00
E_dv9_315(270)	2	10	220	1390	2160	6.66	0.00	42.07	65.38	0.25			0.00	0.00	0.00
E_dv10_315(270)	2	10	220	1700	2160	6.66	0.00	51.46	65.38	0.18			0.00	0.00	0.00

Case	Lokale golfgroei					Hoog voorland					Berekeningsresultaten			
Naam	F	U10	Fdimensieloos	Hs_lg	Elg	Hoogte voorland	Lengte voorland	Waterdiepte op voorland	Lv/L0	Hmax	Golfhoogte	Golfperiode	Golfhoek	
B_monding v cittershaven_315	500	32.00		4.79	0.54	0.02			0.00	0.00	0.91	0.90	9.00	0.00
C_dv9_315(270)	3500	32.00		33.53	1.40	0.12	5.00	30	1.30	0.24	0.91	0.90	9.00	0.00
C_dv10_315(270)	3900	32.00		37.36	1.48	0.14	5.00	30	1.30	0.24	0.91	0.90	9.00	0.00
E_dv9_315(270)	3500	32.00		33.53	1.40	0.12	5.00	42	1.30	1.27	0.91	0.90	4.60	0.00
E_dv10_315(270)	3900	32.00		37.36	1.48	0.14	5.00	30	1.30	0.79	0.91	1.50	4.60	0.00