



# **Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2011**

t.b.v. projectbureau Zeeweringen

**Deel 3 van 3: Verzameling toegepaste notities in detailadviezen**

Deltares en RWS-Waterdienst

23 februari 2011  
Definitief rapport

Schiehaven 13G  
3024 EC Rotterdam  
Postbus 91  
3000 AB Rotterdam  
Nederland  
T +31 - 10 - 467 13 61  
F +31 - 10 - 467 45 59  
E [info@svasek.com](mailto:info@svasek.com)  
I [www.svasek.com](http://www.svasek.com)

Documenttitel	Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2011 t.b.v. projectbureau Zeeweringen deel 3 van 3: Verzameling van toegepaste notities in detailadviezen
Verkorte documenttitel	Handleiding detailadviezen PBZ
Status	Definitief rapport
Datum	23 februari 2011
Projectnaam	Advieswerk Oosterschelde en Westerschelde
Projectnummer	1631
Auteur(s)	Pol van de Rest en Erik Arnold
Opdrachtgever	Deltares en RWS-Waterdienst
Referentie	1631/U11013/C/PvdR
Referentie Deltares	1202551-001-HYE-0007

## **VOORWOORD**

Deze handleiding is geschreven als basisboek voor de detailadviezen aan het Projectbureau Zeeweringen. Adviseren in een continue veranderende technische en maatschappelijke omgeving vraagt om actuele kennis. In een detailadvies voor het Projectbureau Zeeweringen worden alle randvoorwaarden voor het ontwerp vastgelegd. Deze randvoorwaarden bestaan uit golfcondities en waterstanden die geldig zijn voor een gedefinieerd dijktraject en andere voorwaarden waaronder het ontwerp geldig is. Om een hoogstaande kwaliteit van de detailadviezen te garanderen en de gevolgde aanpak voor de toekomst vast te leggen is een handleiding opgesteld waarin de achtergronden en ervaringen staan beschreven.

De handleiding bestaat uit 3 delen. In het voorliggende deel 3 zijn de notities verzameld die toegepast worden bij de detailadviezen. Deel 1 is onderverdeeld in een deel 1A en een deel 1B. Deze beschrijven de methodiek die respectievelijk voor en na april 2010 is toegepast: stapsgewijs wordt uitgelegd welke zaken in een detailadvies gecontroleerd en beschreven dienen te worden. Deel 2 beschrijft de achtergrondkennis en historie van de ontwikkelingen van de hydraulische belastingen.

## LIJST MET NOTITIES

Bijlage	Titel	Kenmerk	Datum
<i>Ontwerp golfcondities</i>			
1.1	Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen	PvdR/09358/1573/D	18 januari 2010
1.2	Opzet meenemen impact bodemprognose in 'Update detailadviezen'	1605/U10256/A/PvdR/9V9006.A0/N0005/EARN/ILAN/Rott	10 augustus 2010
1.3	Levering golfrandvoorwaarden voor adviesdiensten Oosterschelde en Westerschelde in meerdere decimalen	09093/1463	31 maart 2009
1.4	Toepassen minimale $H_s$ en $T_{pm}$ voor hydraulische advisering aan Projectbureau Zeeweringen	H5102/EG/01	31 maart 2008
1.5	Toepasbaarheid klassieke belastingfuncties voor ontwerp dijkbekleding Oosterschelde	Opdracht 2007.08.42 MJA/07087/1340	25 februari 2008
1.6	Ontgrondingdiepte vooroevers Oosterschelde	Memo Werkgroep Kennis K-07-05-17	22 juni 2007
1.7	Impact schorerosie op golfbelastingen	Memo Werkgroep Kennis K-07-05-16	23 mei 2007
1.8	Inventarisatie problemen spreadsheet havens	Opdracht 2007.06.59 PvdR/1340/D07333/B	13 augustus 2007
1.9	Maatgevende belastingsfunctie	Opdracht 2007.01.50 PvdR/1340/D07113/B	4 april 2007
<i>Ontwerppeil</i>			
2.1	Waterstanden Oosterschelde voor Adviesdiensten Oosterschelde en Westerschelde	Opdracht RKZ-1906.016 MJ/1463/U10040/A	16 juni 2010
2.2	Definities Basis-, Ontwerp-, Toets- en Rekenpeilen	--	30 juni 2009
2.3	Aanpassing basispeilen, conform het basispeilenrapport	Memo Werkgroep Kennis K-02-03-14	16 januari 2002
2.4	Ontwerppeilen Westerschelde. Uitleg over de totstandkoming van de ontwerppeilen-tabel	Memo Werkgroep Kennis K-01-09-53	september 2001

## **Bijlage 1.1** **Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen**

## Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen

---

Aan: Yvo Provoost, Simon Vereeke en Ruud Bosters (PBZ)  
Van: Pol van de Rest (Svašek Hydraulics)  
Tweede lezer: Maarten Jansen (Svašek Hydraulics)  
Datum: 18 januari 2010  
ref: PvdR/09358/1573/D  
status: Definitief

---

### 1 Inleiding

Door Svašek/Royal Haskoning worden voor Deltares detailadviezen geschreven die door het projectbureau Zeeweringen (PBZ) gebruikt worden bij het ontwerp van dijkbekledingen langs de Westerschelde en Oosterschelde. Hierbij worden tabellen gegenereerd waarin per dijkvak en per waterstand de maatgevende golfcondities voor 3 klassieke belastingfuncties zijn weergegeven [ref 1 en 2].

De ontwerpers gebruiken de resultaten van de drie klassieke belastingfuncties (de maatgevende  $H_s$  en  $T_{p(m)}$ ) als input voor de ontwerpprogramma's, om te bepalen wat voor het betreffende ontwerp de maatgevende combinatie van golfhoogte en golfperiode is. De maatgevende combinatie van golfcondities wordt vervolgens voor het ontwerp van de dijkbekleding gebruikt.

Voor de ontwerpberoeeningen hanteren de ontwerpers andere functies dan de drie klassieke belastingfuncties, namelijk de werkelijke ontwerpformules die volgen uit de Voorschrift Toetsen op Veiligheid [ref 3]. Daarom heeft Svašek in de studies uit 2006 en 2007 bepaald welke klassieke belastingfunctie (Z1, Z2 of Z3) het beste gebruikt kan worden voor de verschillende dijkbekledingen [ref 4 en 5]. Hierbij is gekeken naar de ontwerpformules voor: afschuiving toplaag, kruinhoogte (golfoploop en golfoverslag), asfaltbekledingen, gras/kleibekledingen, steenbekledingen (alleen zuilen). De klassieke belastingfuncties sluiten aan op de oude Steentoets 4.0. Voor nieuwere versies van Steentoets gelden ze echter niet meer. In een studie uit 2008 [ref 11] kwam naar voren dat de verschillen in steendiktes door het gebruik van de klassieke belastingfuncties in plaats van de ontwerpformules uit de oude Steentoets 4.0 minimaal zijn.

In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen zijn recentelijk vele nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen. Deze nieuwe formules worden nu reeds gebruikt bij projectbureau Zeeweringen bij de toetsing en ontwerp van dijkbekledingen. Daarom zijn de drie klassieke belastingfuncties niet meer toepasbaar. Het is belangrijk dat deze nieuwe kennis ook wordt gebruikt bij het afleiden van de maatgevende golfcondities. Deze nieuwe kennis zal in deze memo worden omgezet naar nieuwe belastingfuncties, gebruikmakende van [ref 8 en 9].

De belangrijkste vernieuwingen in de formules voor het ontwerpen van steenzettingen, die van invloed zijn op de keuze van de maatgevende golfcondities zijn:

1. invloed van lange golven op de stabiliteit van de toplaag
2. invloed van hoek van golfinval op de stabiliteit van de toplaag
3. afschuiving

In deze memo zullen alleen de belastingfuncties van de bovenstaande punten 1 en 3 bekeken worden, de hoek van golfinval wordt dus buiten beschouwing gelaten.

### Vraagstelling:

Bepaal nieuwe belastingfuncties, gebruikmakende van de nieuwe kennis uit [ref 8 en 9] voor de volgende bekledingstypes/faalmechanismes:

1. (Gekantelde) betonblokken
2. Betonzuilen
3. Afschuiving
4. Losse breuksteen kreukelberm
5. WAB, OSA, vol en zat geopenetreerde breuksteen
6. Patroon geopenetreerde breuksteen

## 2 Klassieke belastingfuncties

In 1998 heeft het RIKZ golfcondities bepaald voor de Westerschelde [ref 6] en in 2001 voor de Oosterschelde [ref 7]. Hierbij zijn voor alle dijkvakken voor verschillende waterstanden golfcondities geleverd t.b.v. het ontwerpen van de dijkbekledingen. Vanwege de complexiteit en diversiteit van de dijkbekledingformules is er tot nu toe voor gekozen om golfcondities af te leveren voor 3 klassieke (fictieve) belastingfuncties, waarbij het aandeel van golfhoogte en golfperiode varieert:, namelijk

Klassieke belastingfunctie 1:	$Z1 = H_s * T_{p(m)}$
Klassieke belastingfunctie 2:	$Z2 = H_s * T_{p(m)}^2$
Klassieke belastingfunctie 3:	$Z3 = H_s^2 * T_{p(m)}$
met:	
$H_s$	significante golfhoogte (m)
$T_{p(m)}$	piekperiode golven (s)

Deze klassieke belastingfuncties worden tot op heden gebruikt bij het ontwerp van dijkbekledingen bij projectbureau Zeeweringen (PBZ) voor alle bekledingstypes en faalmechanismes.

## 3 Nieuwe belastingfuncties

### 3.1 Betonblokken

Volgens [ref 8] heeft de Z-functie voor (gekantelde) betonblokken de volgende vorm:

$$\frac{H_s}{\Delta D} = F \xi_{op}^{-2/3} \Rightarrow \Delta D = \frac{1,16}{F} (H_s T_p \tan \alpha)^{2/3}$$

met:	$\xi_{op} = \text{brekerparameter} = \tan(\alpha) / \sqrt{H_s / (1,56 T_p^2)}$	(-)
	D = Dikte toplaag	(m)
	F = constructie afhankelijke constante	(-)
	$\alpha = \text{taludhelling}$	(°)

Omdat er slechts gezocht wordt naar de maximale waarde van  $\Delta D$  kan de Z-functie vereenvoudigd worden tot:

$$Z = H_s T_p \quad (1)$$

### 3.2 Betonzuilen

Volgens [ref 8] moet de Z-functie voor betonzuilen in twee verschillende takken worden opgedeeld, namelijk een tak waarbij  $\xi_{op} < 2$  en een tak waarbij  $\xi_{op} > 2$ . Uitgaande van een taludhelling  $\tan \alpha$  van 1/3.5, verandert dit criterium in  $s_{op} < 0,02$  en  $s_{op} > 0,02$ ,

waarbij:  $s_{op} = H_s / 1,56T_p^2 = \text{golfsteilheid } (-)$ .

Omdat bij een andere taludhelling de grens waar de twee takken elkaar kruisen niet meer bij  $s_{op} = 0,02$  ligt, is hier gekozen om als criterium de  $\xi_{op} > 2$  of  $\xi_{op} < 2$  aan te houden.

Criterium  $\xi_{op} \leq 2$ :

Voor het criterium  $\xi_{op} \leq 2$  heeft de Z-functie voor betonzuilen de volgende vorm [ref 8]:

$$\frac{H_s}{\Delta D} = F \xi_{op}^{-1/3} \Rightarrow \Delta D = \frac{H_s}{F} \left( \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_s / 1,56T_p^2}} \right)^{1/3} = \frac{1,07693}{F} H_s^{5/6} T_p^{1/3} \tan \alpha^{1/3} \quad (2.1)$$

Criterium  $\xi_{op} \geq 2$ :

Voor het criterium  $\xi_{op} > 2$  heeft de Z-functie voor betonzuilen de volgende vorm [ref 8]:

$$\frac{H_s}{\Delta D} = F 2^{-1/3} - 1 + \frac{\xi_{op}}{2} \quad (3.1)$$

Projectbureau Zeeweringen heeft Svašek gevraagd de maatgevende golfcondities te bepalen uitgaande van een taludhelling  $\tan \alpha$  van 1/3.5, en een F-waarde van 6. De Z-functies (2.1) en (3.1) kunnen in dat geval vereenvoudigd worden tot::

Voor het criterium  $\xi_{op} \leq 2$  (ofwel  $s_{op} \geq 0,02$ ):

$$Z = 0,1182 H_s^{5/6} T_p^{1/3} \quad (2.2)$$

En voor het criterium  $\xi_{op} > 2$  ofwel  $s_{op} < 0,02$ ):

$$Z = \frac{H_s}{3,7622 + 1 / (7 \sqrt{H_s / 1,56T_p^2})} \quad (3.2)$$

De functies (2.2) en (3.2) zullen worden toegepast om de maatgevende golfcondities te bepalen. Opgemerkt moet worden dat indien in het ontwerp een andere taludhelling dan 1/3.5 of een andere F-waarde dan 6 wordt aangehouden, de belastingfunctie ook zal wijzigen. Hierdoor is niet met zekerheid te zeggen of voor het ontwerp daadwerkelijk de maatgevende golfcondities worden gegenereerd. Daarnaast zijn niet alle faalmechanismen in deze Z-functie verwerkt. Het bepalen van de maatgevende golfcondities op basis van de formules uit Steentoets zou de betrouwbaarheid bij de bepaling van de maatgevende golfcondities vergroten.

#### **NB1:**

Opgemerkt moet worden dat het mogelijk is, dat als met de functies (2.2) en (3.2) de maatgevende golfcondities zijn bepaald, dat bij deze omstandigheden  $\xi_{op} > 2$ . Als in dat geval dezelfde golfhoogte kan optreden met een kleinere golfperiode, dan moeten toetsing en ontwerp met deze kleinere golfperiode uitgevoerd worden. De stabiliteit van de steenbekleding is namelijk het kleinst bij  $\xi_{op} = 2$ . Zoals in ref 8 wordt aangegeven kan deze lagere golfperiode bij gelijke golfhoogte in principe alleen optreden bij een ondiep



voorland (bij een lagere windsnelheid dan de 1/4000<sup>ste</sup> windsnelheid). Bij een lagere windsnelheid dan de 1/4000<sup>ste</sup> windsnelheid zal zowel de golfhoogte als de golfperiode op het diepe water kleiner zijn. Echter zal dichtbij de dijk de golfhoogte nagenoeg gelijk zijn, aangezien deze vooral wordt bepaald door de lokale waterdiepte. De golfperiode zal dichtbij de dijk lager zijn dan bij de 1/4000<sup>ste</sup> windsnelheid. Bij de dijk is daardoor bij een lagere windsnelheid de golfhoogte nagenoeg gelijk en de golfperiode neemt af, waardoor ook  $\xi_{op}$  afneemt en gelijk kan worden aan 2. Aanbevolen wordt daarom indien bij de maatgevende golfcondities  $\xi_{op} > 2$  en aanliggend aan de dijk een ondiep voorland aanwezig is, om de golfperiode bij deze windrichting te verlagen totdat  $\xi_{op} = 2$  (de golfhoogte blijft gelijk).

**NB2:**

Het bovenstaande wetende kan soms de verkeerde maatgevende windrichting volgen uit deze functies. Dit kan het geval zijn als bij een ondiep voorland de maatgevende golfcondities met de functies (2.2) en (3.2) zijn bepaald, en voor één van de beschouwde windrichtingen  $\xi_{op} > 2$ . Dit wordt geïllustreerd aan de hand van tabel 1.1. In tabel 1.1 is te zien dat volgens de functies (2.2) en (3.2) 330 graden de maatgevende windrichting is. Als de golfhoogte van 1,80 m behorende bij 300 graden kan optreden met een kleinere golfperiode, zal  $\xi_{op}$  afnemen en de Z-waarde toenemen. In dat geval zou 300 graden de maatgevende windrichting worden. De verwachting is dat de maatgevende golfhoogte hierdoor met maximaal 0,1 m wordt onderschat, aangezien het aandeel van de golfhoogte in de Z-functie veel groter is dan de golfperiode indien  $\xi_{op} > 2$ .

windrichting	Hs [m]	Tpm [s]	$\xi_{op}$ [-]	Z-waarde volgens functie (2.2) en (3.2)
300	1,80	9,00	2,394	0,363
330	1,75	7,40	1,996	0,367

**Tabel 1.1: Voorbeeld situatie, waarbij mogelijk de verkeerde maatgevende windrichting wordt bepaald met behulp van de functies (2.2) en (3.2)**

3.3 Afschuiving

Volgens [ref 8] kan de Z-functie voor het faalmechanisme afschuiving van dijken met een kleilaag vereenvoudigd worden tot:

$$Z = H_s \tag{4}$$

3.4 Losse breuksteen kreukelberm

Losse breuksteen kan zowel op het talud als de kreukelberm worden toegepast. Op het talud is de benodigde steendiameter bij gebruik van losse breuksteen over het algemeen zo groot, dat deze vanuit beheerdersoogpunt in Zeeland niet wordt toegepast. Daarom wordt in deze memo alleen losse breuksteen op de kreukelberm beschouwd. Bij projectbureau Zeeweringen worden de formules van Van der Meer toegepast bij het ontwerp van de kreukelberm, overeenkomende met formule 5.136 uit [ref 9]. In de situaties waarbij het talud flauwer is dan 1:4 moet deze formule in alle gevallen worden toegepast. Aangezien de kreukelberm in Zeeland met een talud van 1:5 of flauwer wordt aangebracht is deze formule te allen tijde toepasbaar.

De bij projectbureau Zeeweringen toegepaste formule van Van der Meer is:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_{pl} P^{0,18} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \xi_m^{-0,5}$$

met:	$c_{pl} = 6.2$	(-)
	$P = \text{doorlatendheid} = 0,1$	(-)
	$S_d = \text{schadegetal}$	(-)
	$N = \text{aantal golven} = \text{stormduur} / T_m$	(-)
	$\xi_m = \text{brekerparameter} = \tan(\alpha) / \sqrt{H_s / (1,56T_m^2)}$	(-)
	$T_m = \text{gemiddelde golfperiode}$	(s)

Omdat er slechts gezocht wordt naar de maximale Z-waarde kan bovenstaande formule worden vereenvoudigd tot:

$$Z = \Delta D_{n50} = H_s^{0,75} T_m^{0,4} \quad (5)$$

### 3.5 WAB, OSA, vol en zat gepenetreerde breuksteen

Voor waterbouwasfalt (WAB), opensteenafalt (OSA) en vol en zat gepenetreerde breuksteen is de vereenvoudigde Z-functie afgeleid met behulp van [ref 10]:

$$Z = H_s \quad (6)$$

### 3.6 Patroon gepenetreerde breuksteen

Bij projectbureau Zeeweringen worden bij het ontwerp van patroon gepenetreerde breuksteen de formules van Pilarczyk toegepast, overeenkomende met formule 5.183 uit [ref 9]. Deze formule is:

$$\frac{H_s}{\Delta D} = \Phi_u \Phi_{sw} \frac{\cos \alpha}{\xi_p^b}, \text{ waarbij de toegepaste waarde voor } b=0,6$$

Omdat er slechts gezocht wordt naar de maximale Z-waarde kan bovenstaande formule worden vereenvoudigd tot:

$$Z = \Delta D = H_s^{0,7} T_p^{0,6} \quad (7)$$

Opgemerkt moet worden dat bovenstaande vergelijking alleen geldig is als  $\xi_p < 3$  en  $\cot \alpha \geq 2$ . Omdat patroon gepenetreerde breuksteen bij projectbureau Zeeweringen alleen worden toegepast bij kreukelbermen, wordt in principe altijd aan beide voorwaarden voldaan.

### 3.7 Opmerkingen

De Z-functie voor waterbouwasfalt (WAB), opensteenafalt (OSA) en vol en zat gepenetreerde breuksteen is gelijkwaardig aan de Z-functie voor afschuiving. Daarnaast is de Z-functie voor (gekantelde) betonblokken vrijwel gelijkwaardig aan de Z-functie voor patroon gepenetreerde breuksteen. Daarom kunnen de 6 eerder genoemde Z-functies vereenvoudigd worden tot 4 functies, waarmee vervolgens 4 tabellen met maatgevende golfcondities kunnen worden afgeleid.

In bovenstaande vergelijkingen van de Z-functies zit in alle gevallen de periodemaat  $T_p$  verwerkt, behalve bij de Z-functie van losse breuksteen. Bij de hydraulische advisering aan projectbureau Zeeweringen wordt echter altijd de periodemaat  $T_{pm}$  gebruikt, omdat deze een betere maat voor de piekperiode is. Er wordt vanuit gegaan dat gebruik van de

periodemaat  $T_{pm}$  in plaats van  $T_p$  geen gevolgen heeft voor de Z-functies en dat deze periodemaat direct in deze functies kan worden toegepast.

Bij projectbureau Zeeweringen wordt bij het ontwerp van losse breuksteen normaliter de periodemaat  $T_{pm}$  gebruikt, terwijl in de Z-functie van losse breuksteen de periodemaat  $T_m$  wordt gebruikt. In de berekenings spreadsheet van projectbureau Zeeweringen wordt vervolgens de golfperiodemaat omgezet naar  $T_m$  via,  $T_{pm}/T_m=1,1$ . Omdat deze verwerking geen effect heeft op de vorm van de Z-functie wordt voorgesteld om de periodemaat  $T_{pm}$  aan projectbureau Zeeweringen af te blijven geven.

#### 4 Randvoorwaardentabellen

Op basis van de vier nieuwe belastingfuncties, zoals beschreven in paragraaf 3.7 is een tabel met maatgevende golfcondities afgeleid voor alle 245 dijkvakken (genaamd 1 t/m 171c) langs de Oosterschelde:

*Golfcondities\_OS\_verschillende\_bekledingstypen\_180110.xls*

Hierin zijn de maatgevende golfcondities weergegeven voor de volgende bekledingstypen/ faalmechanismen:

- (Gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen
- Betonzuilen
- Afschuiving, WAB, OSA, vol en zat gepenetreerde breuksteen
- Losse breuksteen kreukelberm

#### 5 Conclusies

Uit de voorgaande paragrafen kan geconcludeerd worden dat de volgende Z-functies gebruikt kunnen worden bij het bepalen van de maatgevende golfcondities voor het ontwerp van steenbekledingen:

1. (Gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen

$$Z = H_s T_{pm}$$

2. Betonzuilen

criterium  $\xi_{op} < 2$ : 
$$Z = \frac{1,07693}{F} H_s^{5/6} T_{pm}^{1/3} \tan \alpha^{1/3}$$

criterium  $\xi_{op} > 2$ : 
$$Z = \frac{H_s}{F 2^{-1/3} - 1 + \frac{\xi_{op}}{2}}$$

Uitgaande van een taludhelling  $\tan \alpha$  van 1/3.5, en een F-waarde van 6 kunnen de Z-functies herschreven worden tot:

Voor het criterium  $\xi_{op} \leq 2$  (ofwel  $s_{op} \geq 0,02$ ): 
$$Z = 0,1182 H_s^{5/6} T_{pm}^{1/3}$$

Voor het criterium  $\xi_{op} > 2$  (ofwel  $s_{op} < 0,02$ ): 
$$Z = \frac{H_s}{3,7622 + 1 / (7 \sqrt{H_s / 11,56 T_{pm}^2})}$$

Aanbevolen wordt indien bij maatgevende golfcondities  $\xi_{op} > 2$  en aanliggend aan de dijk een ondiep voorland aanwezig is, om de golfperiode bij deze windrichting te verlagen totdat  $\xi_{op} = 2$ .

3. Afschuiving, WAB, OSA, vol en zat gepenetreerde breuksteen

$$Z = H_s$$

4. Losse breuksteen kreukelberm

$$Z = H_s^{0,75} T_{pm}^{0,4}$$

## Literatuur

- [1.] 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
- [2.] 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
- [3.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: *'Voorschrift Toetsen op Veiligheid'*, Den Haag, 2004
- [4.] Svašek Hydraulics, Jansen, M: *'Toepasbaarheid klassieke belastingfuncties voor ontwerp dijkbekleding Oosterschelde'*, d.d. 3 oktober 2007, werkdocument 2007.08.42 van mantelovereenkomst RKZ-1563.
- [5.] Svašek Hydraulics /Royal Haskoning: *'Toepasbaarheid klassieke belastingfuncties Oosterschelde per dijkbekleding'*, concept rapport, MJ/06583/1340, december 2006
- [6.] RIKZ: *'Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid (deel II)'*, juli 1998, RIKZ\1998.018
- [7.] RIKZ: *'Golfberekeningen Oosterschelde. Golfbelasting voor het ontwerpen van dijkbekledingen'*, RIKZ/2001.006, januari 2001.
- [8.] Deltares, M. Klein Breteler: *'Belastingfunctie voor keuze maatgevende golfcondities'*, 21 oktober 2009.
- [9.] CIRIA, CUR, CETMEF: *'The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering'*, 2007.
- [10.] Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW): *'Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren'*, november 2002
- [11.] Svašek Hydraulics /Royal Haskoning: *'Evaluatie robuustheid hydraulische ontwerpwaarden projectbureau Zeeweringen, Vergelijking WindWater2004 en WindWater2006 voor de Oosterschelde'*, 9T6066.A0/R0003/DHOR/SSOM/Rott, 11 sept 2008

**Bijlage 1.2**  
**Opzet meenemen impact bodemprognose in**  
**'Update detailadviezen'**

## Opzet meenemen impact bodemprognose in 'Update detailadviezen'

---

Aan	:	Yvo Provoost en Simon Vereeke (projectbureau Zeeweringen)
Van	:	Pol van de Rest (Svašek Hydraulics) Erik Arnold (Royal Haskoning)
Datum	:	10 augustus 2010
Betreft	:	Opzet meenemen impact bodemprognose in 'Update detailadviezen'
Status	:	Definitief
Ref. Royal Haskoning	:	9V9006.A0/N0005/EARN/ILAN/Rott
Ref. Svašek	:	1605/U10256/A/PvdR

---

### 1

#### Inleiding

Zoals vastgelegd in de scope van het project baseert Projectbureau Zeeweringen het ontwerp van steenbekledingen langs de Oosterschelde op golfrandvoorwaarden die afkomstig zijn van SWAN-berekeningen uit 1998 [ref 1], aangevuld met berekeningen uit 2005 [ref 2]. In beide studies is gebruik gemaakt van een bodemschematisatie die destijds representatief werd geacht voor een planperiode van 50 jaar [ref 1]. Deze bodemschematisatie wordt de "ontwerpbodem" genoemd.

In de studie van Royal Haskoning [ref 3] is op basis van de gemeten bodemligging van 1990, 2001 en 2007 een toekomstprognose gemaakt voor de ontwikkeling van de bodemligging van de Oosterschelde tot het jaar 2112. Uit deze toekomstprognose bleek de ontwikkeling van de Oosterschelde sneller te gaan dan voorzien was in 1998. De hieruit volgende bodemschematisatie van 2062 wordt de "prognosebodem" genoemd.

In de studies van Royal Haskoning [ref 3] en Svašek [ref 4] is de impact van deze prognosebodem bekeken op de golfrandvoorwaarden, zoals deze momenteel worden toegepast ten behoeve van het ontwerp van steenbekledingen bij projectbureau Zeeweringen. Uit de studie van Svašek [ref. 4] blijkt dat voor ca. 40% van alle dijkvakken de golfbelasting  $Z1 (H_s * T_{pm})$  toeneemt met meer dan 0,2 ms bij gebruik van de prognosebodem in plaats van de ontwerpbodem. Op een aantal locaties is de toename aanzienlijk groter.

De vraag is of projectbureau Zeeweringen rekening moet houden met de versnelde bodemdaling, omdat:

- Omdat uit metingen van 2007 blijkt dat op enkele locaties de bodem al lager ligt dan de ontwerpbodem;
- Uit de studies Royal Haskoning [ref 3] en Svašek [ref 4] blijkt dat de golfrandvoorwaarden op basis van de prognosebodem in veel gevallen hoger zijn bij gebruik van de ontwerpbodem.

In deze notitie is een opzet gemaakt hoe de impact van de prognosebodem op de golfrandvoorwaarden kan worden meegenomen in de detailadviezen, welke adviezen worden gebruikt bij het ontwerp van steenbekledingen langs de Oosterschelde.



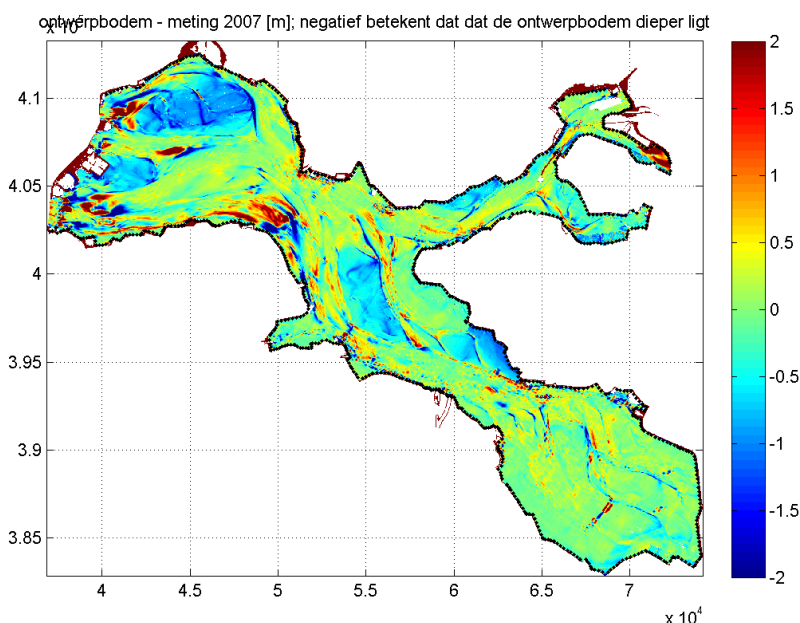
## Aanpak

Voorstel is om bij het maken van de detailadviezen de onderstaande stappen te doorlopen. Mocht bij het nalopen van de stappen blijken dat de gemeten bodem uit 2007 in de nabijheid van de dijk lager is dan waarmee rekening is gehouden en/of neemt de golfbelasting voor de dijk toe dan raden wij de ontwerper aan hierbij bij het ontwerp rekening mee te houden.

- Stap 1: Ligt in de directe omgeving van de beschouwde dijkvakken de gemeten bodem uit 2007 lager dan de ontwerpbodem?
- Stap 2: Neemt de golfbelasting voor de dijkvakken toe wanneer de golfcondities worden berekend op basis van prognosebodem in plaats van ontwerpbodem?
- Stap 3: Zijn in de prognosebodem obstakels aanwezig die een reducerende werking kunnen hebben op de golfcondities voor de dijk?

### Stap 1: Ligt in de directe omgeving van de beschouwde dijkvakken de gemeten bodem uit 2007 lager dan de ontwerpbodem?

Hierbij wordt gekeken of in de directe omgeving van de beschouwde dijkvakken de bodemligging die volgt uit de meting 2007 lager ligt dan de ontwerpbodem. Ligt de bodem lager dan raden wij de ontwerper aan hiermee rekening houden bij het ontwerp wat betreft de diepteligging van de teen van de dijk en bij het dimensioneren van de kreukelberm. Vervolgens nemen wij hierover een opmerking op in het detailadvies. Wij stellen voor de bodemligging in de nabijheid van de dijk te controleren op basis van Figuur 1 (welke figuur ook in Matlab-format beschikbaar is). Positieve waarden geven aan dat de bodem die volgt uit de meting uit 2007 lager ligt dan de ontwerpbodem.



**Figuur 1: Verschil in bodemligging langs de Oosterschelde, waarbij de ontwerpbodem minus de bodemligging die volgt uit de meting van 2007 is weergegeven**

**Stap 2: Neemt de golfbelasting voor de dijkvakken toe wanneer de golfcondities worden berekend op basis van prognosebodem in plaats van ontwerpbedem?**

Bekijk of de totale golfbelasting  $Z1 (H_s \cdot T_{pm})$ , zoals bepaald met de prognosebodem, hoger is dan bij de ontwerpbedem bij de beschouwde dijkvakken. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van tabel 7.1 uit [ref 4]. Indien de  $Z1$ -waarde omhoog gaat met meer dan 0,2 ms bij de prognosebodem i.t.t. de ontwerpbedem wordt hiervan een opmerking opgenomen in het detailadvies. Er zullen echter geen verschilwaarden worden genoemd, omdat de betrouwbaarheid van de prognosebodem niet veel groter is dan de ontwerpbedem. Voorstel is om de volgende richtlijnen aan te houden:

- Indien  $Z1_{\text{prognosebodem}} - Z1_{\text{ontwerpbodem}} \leq 0,2$   
→ opmerking in advies, golfcondities o.b.v prognosebodem nemen niet toe
- Indien  $0,3 \leq Z1_{\text{prognosebodem}} - Z1_{\text{ontwerpbodem}} \leq 0,9$  (gele waarden in tabel 7.1)  
→ opmerking in advies, lichte verhoging golfcondities o.b.v prognosebodem
- Indien  $1,0 \leq Z1_{\text{prognosebodem}} - Z1_{\text{ontwerpbodem}} \leq 1,9$  (oranje waarden in tabel 7.1)  
→ opmerking in advies, redelijke verhoging golfcondities o.b.v prognosebodem
- Indien  $Z1_{\text{prognosebodem}} - Z1_{\text{ontwerpbodem}} \geq 2,0$  (rood of paarse waarden in tabel 7.1)  
→ opmerking in advies, aanzienlijke verhoging golfcondities o.b.v prognosebodem

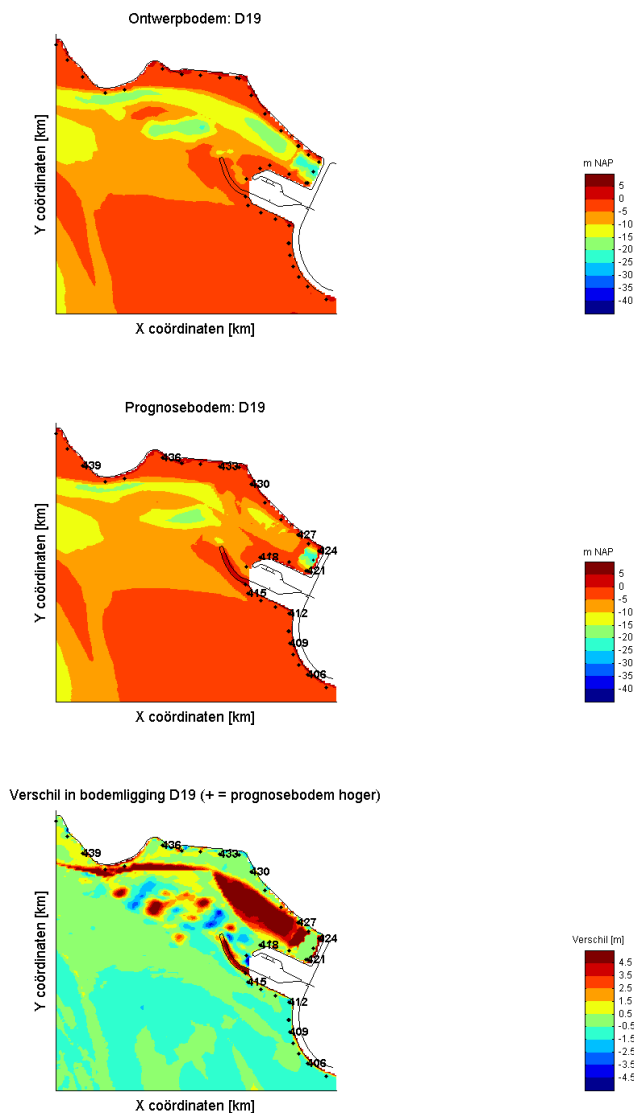
**Tabel 7.1 Verschil maatgevende golfcondities per dijkvak o.b.v. golfcondities bodemprognose – ontwerpbedem (voor verklaring kleurverschillen zie figuren 7.1 (Hs), 7.2 (Tpm) en 7.3 (Z1))**

Dijk- vak no.	Verschil Hs [m] bodemprognose - ontwerpbodem bij waterstand t.o.v. NAP				Verschil Tpm [s] bodemprognose - ontwerpbodem bij waterstand t.o.v. NAP				Verschil waterdiepte (m) bodemprognose - ontwerpbodem bij waterstand t.o.v. NAP				Verschil windrichting (°) bodemprognose - ontwerpbodem nautisch bij waterstand t.o.v. NAP				Verschil Z1 = Hs*Tpm [ms] bodemprognose - ontwerpbodem bij waterstand t.o.v. NAP			
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
1	-0,5	-0,6	-0,7	0,0	0,0	-0,5	-0,8	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	-3,1	-5,0	-6,7	-0,1
2a	-0,6	-0,4	-0,3	-0,1	-0,1	-0,3	-0,5	-0,1	-1,7	-3,1	-3,1	-1,7	0	0	0	0	-3,6	-3,2	-3,2	-0,7
2b	-	0,0	-0,1	0,0	-	-0,4	-0,5	0,0	-	0,0	0,0	0,0	-	0	0	0	-	-0,3	-1,5	0,0
3	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,4	-0,6	0,0	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-15	0	0	0	-1,7	-1,4	-1,9	0,0
4	-0,4	-0,3	-0,3	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-30	0	0	0	-2,0	-1,5	-1,9	0,0
5a	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,2	0,1	-1,2	-1,2	0,8	-1,2	0	0	0	0	-0,7	0,5	0,4	0,2
5b	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,1	0,4	-0,3	0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0	0	15	0	-0,1	0,5	1,1	0,0
6	-	0,1	0,1	0,0	-	-0,1	0,9	0,4	-	0,3	0,1	0,3	-	0	0	-300	-	0,6	1,7	0,5
7	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,2	0,6	0,3	-0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	15	0	0	0	-0,2	1,0	1,2	-0,6

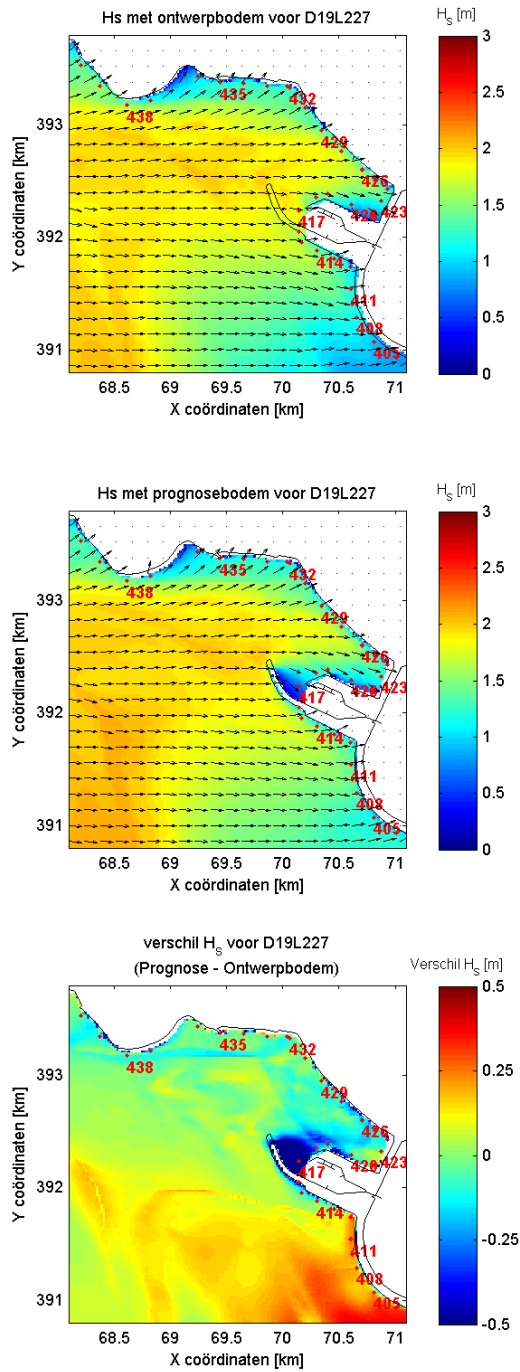


### Stap 3: Zijn in de prognosebodem obstakels aanwezig die een reducerende werking kunnen hebben op de golfcondities voor de dijk?

Controleer of er geen obstakels in de prognosebodem aanwezig zijn. In de bodem van de prognosebodem zijn namelijk obstakels zoals strekdammen onderdeel van de bodem, welke obstakels niet aanwezig zijn in de ontwerpbodem. Deze obstakels hebben in de golfberekeningen een golfreducerende werking, terwijl ze in werkelijkheid mogelijk niet bestand zijn tegen maatgevende stormcondities. Daardoor wordt het golfreducerende effect van deze obstakels soms onterecht meegenomen, waardoor de berekende Z1-waarde van de prognosebodem te laag uitkomt i.v.m. de ontwerpbodem. Mocht hiervan sprake zijn dan stellen wij voor dit in het advies te noemen en raden wij de ontwerper aan hiermee rekening te houden bij het ontwerp. Wij stellen voor aan de hand van figuren 2 en 3 te controleren of er obstakels aanwezig zijn in de prognosebodem. Indien blijkt dat er een obstakel onterecht wordt meegenomen in de prognosebodem kan met behulp van de verschilbodem uit figuur 2 en SWAN verschilplots uit figuur 3 een inschatting worden gemaakt of de golfcondities naar verwachting toe of afnemen. Van figuur 2 en 3 zijn ook een 40-tal plots voor elk detailrooster beschikbaar (nog in productie).



**Figuur 2: Verschil in bodemligging voor detailrooster D19, waarbij de prognosebodem minus de bodemligging ontwerpbodem is weergegeven**



**Figuur 3: Verschil in  $H_s$  voor detailrooster D19, voor de  $H_s$  o.b.v. de prognosebodem minus de  $H_s$  o.b.v. ontwerpbodem**

### 3 Voorbeeldtekst Maria-, Anna Friso en Jacobapolder inclusief Sophiahaven en Roompot (Update 2010.19 van advies 1906.019)

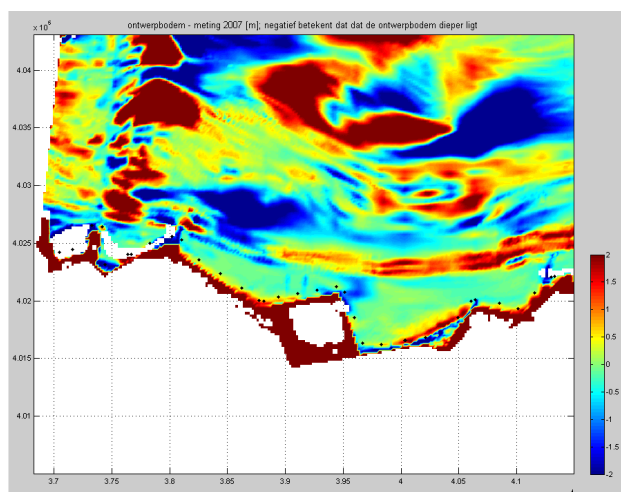
De golfrandvoorwaarden in dit advies zijn gebaseerd op SWAN-berekeningen uit 1998 [ref 1], aangevuld met berekeningen uit 2005 [ref 2]. Bij berekening van de golfcondities is gebruik gemaakt van een bodemschematisatie die destijds representatief werd geacht voor een planperiode van 50 jaar [ref 1]. De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

Recent is er op basis van de gemeten bodemligging van 1990, 2001 en 2007 een toekomstprognose gemaakt voor de ontwikkeling van de bodemligging van de Oosterschelde tot het jaar 2112 [ref 3]. De hieruit volgende bodemschematisatie voor het jaar 2062 wordt de “prognosebodem” genoemd. Uit deze toekomstprognose blijkt dat de ontwikkeling van de Oosterschelde op enkele locaties sneller gaat dan voorzien was in 1998.

De impact op de golfrandvoorwaarden door de het gebruik van deze prognosebodem in plaats van de ontwerpbodem is bestudeerd in ref 3 en 4. Hieruit blijkt dat de golfrandvoorwaarden op basis van prognosebodem op een aantal locaties hoger zijn dan bij de ontwerpbodem. In deze paragraaf wordt geadviseerd hoe in het ontwerp moet worden omgegaan met de uitkomsten van deze laatste studie [ref 4]. Opgemerkt moet worden dat de betrouwbaarheid van de prognosebodem niet veel groter is dan de ontwerpbodem, waardoor er opgepast moet worden om harde conclusies te trekken. Daarom worden niet zonder meer de randvoorwaarden op basis van de prognosebodem geadviseerd.

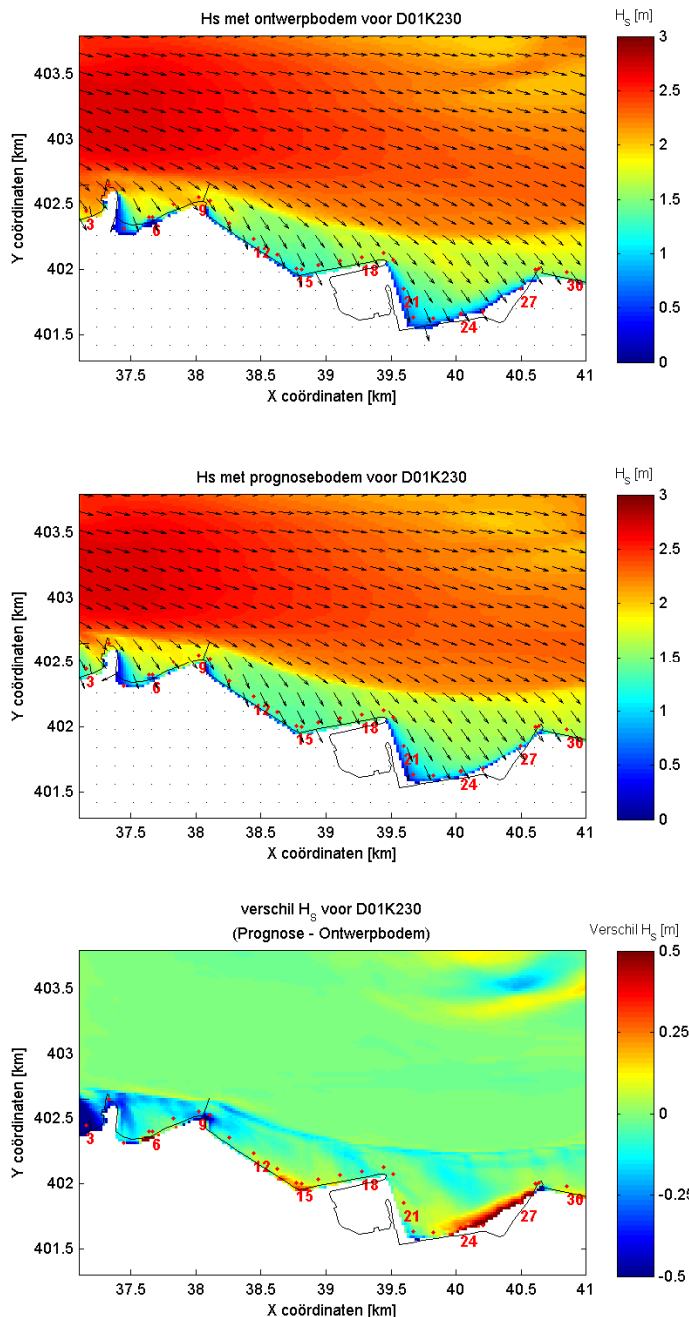
#### Advies voor beschouwde dijktraject:

In Figuur 4 is het verschil weergegeven tussen de bodemligging uit de ontwerpbodem, waarop de randvoorwaarden in dit advies gebaseerd zijn, minus de bodemligging op basis van metingen uit 2007. Positieve waarden geven aan dat de huidige bodemligging (meting uit 2007) lager ligt dan de ontwerpbodem. Uit Figuur 4 blijkt dat op een aantal locaties en met name in de omgeving van de dijkvakken 6 en 7, de bodem die volgt uit metingen van 2007 lager ligt dan de ontwerpbodem. De bodemontwikkeling lijkt hier sneller te gaan dan in 1998 was voorzien en wij raden de ontwerper aan hier rekening mee te houden bij het ontwerp van de kreukelberm. Uit berekeningen op basis van de prognosebodem in vergelijking met de ontwerpbodem blijkt dat de totale golfbelasting Z1 voor dijkvak 5a licht toeneemt en voor de dijkvakken 5b, 6 en 7 redelijk toeneemt [tabel 7.1 uit ref 4]. Aangeraden wordt om voor deze dijkvakken enige robuustheid in het ontwerp in te bouwen.



**Figuur 4: Verschil in ligging ontwerpbodem minus bodem die volgt uit meting 2007 (in detail voor Maria-, Anna Friso en Jacobapolder)**

Het onderstaande wordt niet opgenomen in het advies, maar is er bij gezet als achtergrond:  
 Onderstaand figuur is gebruikt voor controle of er obstakels aanwezig zijn in de prognosebodem. Ter plaatse van dijkvak 1 blijkt de strekdam onderdeel te zijn van de prognosebodem (zie verschil bovenste subplot en middelste plot) en wordt de reducerende werking onterecht meegenomen. Aangezien de verschilplot uit figuur 4 en de SWAN-plot uit onderstaand figuur niet wijzen op een toename van de golfcondities indien deze strekdam uit de prognosebodem wordt verwijderd, wordt dijkvak 1 niet verder genoemd als dijkvak waar extra robuust ontwerpen moet worden.



Onderstaande tabel geeft het verschil in Z1-waarde weer op basis van de prognosebodem minus de ontwerpbodem. Hieruit blijkt dat bij gebruik van de prognosebodem een relatief kleine toename kan worden verwacht voor dijkvak 5a en voor de dijkvakken 5b t/m 7 een redelijke toename.

Tabel 7.1 Verschil maatgevende golfcondities per dijkvak o.b.v. golfcondities bodemprognose – ontwerpbodem (voor verklaring kleurverschillen zie figuren 7.1 (Hs), 7.2 (Tpm) en 7.3 (Z1))

Dijk- vak no.	Verschil Hs [m] bodemprognose - ontwerpbodem bij waterstand t.o.v. NAP				Verschil Tpm [s] bodemprognose - ontwerpbodem bij waterstand t.o.v. NAP				Verschil waterdiepte (m) bodemprognose - ontwerpbodem bij waterstand t.o.v. NAP				Verschil windrichting (°) bodemprognose - ontwerpbodem nautisch bij waterstand t.o.v. NAP				Verschil Z1 = Hs°Tpm [ms] bodemprognose - ontwerpbodem bij waterstand t.o.v. NAP			
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
1	-0,5	-0,6	-0,7	0,0	0,0	-0,5	-0,8	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	-3,1	-5,0	-6,7	-0,1
2a	-0,6	-0,4	-0,3	-0,1	-0,1	-0,3	-0,5	-0,1	-1,7	-3,1	-3,1	-1,7	0	0	0	0	-3,6	-3,2	-3,2	-0,7
2b	-	0,0	-0,1	0,0	-	-0,4	-0,5	0,0	-	0,0	0,0	0,0	-	0	0	0	-	-0,3	-1,5	0,0
3	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,4	-0,6	0,0	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-15	0	0	0	-1,7	-1,4	-1,9	0,0
4	-0,4	-0,3	-0,3	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-30	0	0	0	-2,0	-1,5	-1,9	0,0
5a	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,2	0,1	-1,2	-1,2	0,8	-1,2	0	0	0	0	-0,7	0,5	0,4	0,2
5b	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,1	0,4	-0,3	0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0	0	15	0	-0,1	0,5	1,1	0,0
6	-	0,1	0,1	0,0	-	-0,1	0,9	0,4	-	0,3	0,1	0,3	-	0	0	-300	-	0,6	1,7	0,5
7	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,2	0,6	0,3	-0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	15	0	0	0	-0,2	1,0	1,2	-0,6

## Referenties

- [1.] RIKZ, 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.] Royal Haskoning: 'Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde', d.d. 12 december 2008 (9T4814.A0/R0002/SJAC/SSOM/Rott)
- [4.] Svašek Hydraulics, van den Boomgaard, M en van de Rest, P.: 'Impact bodemprognose op detailadviezen Oosterschelde', MB/1565/09388/C, d.d 8 januari 2010

**Bijlage 1.3**  
**Levering golfrandvoorwaarden voor adviesdiensten**  
**Oosterschelde en Westerschelde in meerdere decimalen**

## MEMO

---

Aan : PBZ (Yvo Provoost)  
CC : Annette Kieftenburg (Deltares)  
Van : Maarten Jansen (Svašek)  
Datum : 31 maart 2009  
Ref : 09093/1463  
Betreft : Levering golfrandvoorwaarden voor adviesdiensten OS/WS in meerdere decimalen

---

### **Levering golfrandvoorwaarden in meerdere decimalen**

#### **Aanleiding**

Het RWS-RIKZ/ leverde vanaf 1998 golfrandvoorwaarden voor het ontwerp van steenbekledingen aan het Projectbureau Zeeweringen. Vanaf 2008 is deze taak overgenomen door de Waterdienst en gedelegeerd aan Deltares. De golfrandvoorwaarden worden sinds 2004 door Svašek/Haskoning opgesteld.

In de detailadviezen die door RIKZ/Deltares zijn opgeleverd zijn golfhoogten en golfperioden op één decimaal naar boven toe afgerond. Dit vanwege de onzekerheid in modeluitkomsten en onzekerheid in verandering van condities (bv bodemligging).

In september 2008 is aan Deltares gevraagd om de deze golfrandvoorwaarden in meerdere decimalen op te leveren. Het PBZ wil graag alle onzekerheden in belasting en in sterkte achteraf meenemen. Bovendien worden op deze wijze de veiligheidsmarges voor elke conditie en elke constructie op één zelfde wijze meegenomen en is men in het ontwerp minder afhankelijk van toevallige afrondingen.

In het verleden zijn door Svašek/Haskoning vaker randvoorwaarden geleverd met een afronding op 2 decimalen. Hierbij is echter altijd vermeld dat dit enkel voor toetsing is en niet gebruikt mag worden voor het ontwerp.

#### **Procedure**

Om geen grote verandering met de oude wijze van oplevering van detailadviezen te krijgen, zullen in detailadviezen en in factsheets de randvoorwaarden op één decimaal naar boven toe worden afgerond. Dit blijft dus op de oude wijze gebeuren.

Deltares/Waterdienst blijft verantwoordelijk voor deze randvoorwaarden.

Indien het PBZ hierom vraagt, met goede redenen, zullen door Svašek/Haskoning randvoorwaarden geleverd worden waarbij de golfhoogten en golfperioden op 2 decimalen worden afgerond. Verantwoordelijkheid voor gebruik van deze randvoorwaarden ligt bij het PBZ.

**Bijlage 1.4**  
**Toepassen minimale Hs en Tpm voor hydraulische**  
**advisering aan Projectbureau Zeeweringen**



Aan : Projectgroep “Steenbekledingen: Hydraulische advisering Zeeland”  
 Van : Ester Groenendaal  
 Betreft : Toepassen minimale  $H_s$  en  $T_{pm}$  voor hydraulische advisering aan Projectbureau  
 Zeeweringen  
 Datum : 31 maart 2008  
 Gecontroleerd  
 door : Annette Kieftenburg (Deltares)

### Aanleiding

Eind jaren '90 zijn door Rijkswaterstaat RIKZ ontwerptabellen geleverd aan Projectbureau Zeeweringen (PBZ) voor het ontwerpen van dijkbekledingen langs de Wester- en Oosterschelde. De ontwerptabellen bevatten waarden voor de golfcondities (golfhoogte, golfperiode en golfrichting) voor ieder dijkvak, voor verschillende waterstanden en bij de 1/4000<sup>ste</sup> windsnelheid. Deze golfcondities zijn destijds berekend met behulp van het ‘state of the art’ golfmodel SWAN (RWS RIKZ (1997), RWS RIKZ (1998), RWS RIKZ (2001)). Ongeveer 1 à 2 jaar voordat een dijktraject wordt ontworpen wordt een *detailadvies* opgesteld, waarin alle ontwerpwaarden uit de tabellen voor het beschouwde dijktraject grondig worden gecontroleerd en worden indien nodig aangepast op basis van de huidige inzichten (Royal Haskoning & Svasek (2007)).

Voor de Oosterschelde worden in de ontwerptabellen de golfcondities gegeven bij de volgende waterstanden: NAP+0m, NAP+2m, NAP+3m en NAP+4m. Maar PBZ heeft soms ook golfcondities nodig bij nog lagere waterstanden (NAP-1m en NAP-2m) bijvoorbeeld voor het ontwerpen van kreukelbermen of teenconstructies. De golfhoogte en -periode worden bij deze lage waterstanden berekend met behulp van extrapolatie. De verhoudingen van golfhoogte-diepte en golfsteilheid worden na extrapolatie gecontroleerd en indien nodig wordt de golfhoogte daarop aangepast.

Het komt regelmatig voor dat bij de waterstand NAP+0m in de Oosterschelde en bij extrapolatie naar lagere waterstanden, golfcondities worden berekend, die dusdanig laag zijn dat deze waarden waarschijnlijk bij normale condities al worden bereikt. Het gaat hierbij om golfhoogtes van 10-30 cm en golfperiodes van 1-3 seconde. Indien deze golfcondities zijn berekend met het golfmodel SWAN (bij waterstand NAP+0m) is het tevens de vraag of SWAN bij zulke lage waterstanden wel betrouwbare golfcondities kan berekenen. Daarom wordt voorgesteld om een minimale waarde voor de golfhoogte en golfperiode aan te houden, omdat anders mogelijk een onderschatting wordt gegeven van de golfcondities.

### Keuze ondergrens golfcondities

Voorgesteld wordt om uit te gaan van de volgende ondergrens voor wat betreft de golfhoogte en golfperiode:

Golfhoogte  $H_s = 0,25$  meter, afgerond op 0,3 meter  
 Golfperiode  $T_{pm} = 2,5$  seconde

Met behulp van Bretschneider is bepaald dat bij strijklengtes van 500 meter tot 1 kilometer (minimale strijklengtes in de Oosterschelde) deze golven worden bereikt bij windsnelheden van 12 tot 15 m/s.

De ondergrens moet echter wel fysisch realistisch zijn. Bij een zeer geringe waterdiepte (in de orde van enkele dm's) kan nauwelijks een golf bestaan. Zeer geringe waterdieptes kunnen voorkomen. Daarom wordt geadviseerd om bovenstaande ondergrenzen aan te houden, tenzij uit de golfhoogte-diepteverhouding ( $H_s/D$ ) of uit de golfsteilheidverhouding ( $H_s/L_0$ ) lagere waarden volgen. De golfhoogte zal dan moeten worden aangepast. De waarden voor de  $H_s/D$  en  $H_s/L_0$  die worden gebruikt in de detailadviezen worden ook hier aangehouden (Royal Haskoning & Svasek (2007)). Dat wil zeggen dat de volgende verhoudingen geldig zijn:

- $H_s/D \leq 0,7$

- $H_s/L_0 \leq 0,06$

#### **Invloed op het ontwerp van steenbekledingen**

Het toepassen van de ondergrens bij de golfcondities heeft geen invloed op het ontwerp van steenbekledingen. De minimale steendikte van de bekleding en de minimale bestorting van de kreukelberm is bestand tegen hogere golfcondities dan de ondergrens. Het toepassen van een ondergrens in de eerder afgegeven detailadviezen heeft dus geen invloed op het ontwerp van de steenbekleding. De detailadviezen die eerder zijn afgegeven worden dan ook niet herzien.

#### **Toepassen minimale waarden in de detailadviezen**

Indien geldt dat de golven lager zijn dan 0.25m en/of 2.5s dan moeten de volgende waarden direct worden opgenomen in de randvoorwaardentabellen:

- Als  $H_s/D > 0,7$  en  $H_s/L_0 > 0,06 \Rightarrow H_s = 0,3 \text{ m}$  en  $T_{pm} = 2,5 \text{ s}$
- Als  $H_s/D \leq 0,7$  en  $H_s/L_0 \leq 0,06 \Rightarrow H_s = 0,7 * D$  of  $H_s = 0,06 * L_0$  en  $T_{pm} = 2,5 \text{ s}$

Bovenstaande geldt ook voor de tabellen waarbij de golfcondities naar lagere waterstanden (NAP-1m en NAP-2m) zijn geëxtrapoleerd.

Om de verandering traceerbaar te maken worden de bijgestelde golfcondities aangemerkt door het vetgedrukt weer te geven in de tabellen en een opmerking hierover in de tekst te plaatsen.

#### **Referenties**

*Rijkswaterstaat RIKZ (1997)*, Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde, gegeven een 1/4000 windsnelheid

J.H. Andorka Gál, J.C.M. de Jong, A.T. Kamsteeg, J.G. de Ronde, RIKZ/97.046

*Rijkswaterstaat RIKZ (1998)*, Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde, gegeven een 1/4000 windsnelheid (deel 2)

J.H. Andorka Gál, J.C.M. de Jong, A.T. Kamsteeg, J.G. de Ronde, RIKZ/98.018

*Rijkswaterstaat RIKZ (2001)*, Golfberekeningen Oosterschelde

A.T. Kamsteeg, J.H. Andorka Gál, J.G. de Ronde, J.J. Jacobse, RIKZ/2001.006

*Royal Haskoning & Svasek (2007)*, Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007 (deel 1 en deel 2)

Project 9R2599.X0

**Bijlage 1.5**  
**Toepasbaarheid klassieke belastingfuncties voor ontwerp**  
**dijkbekleding Oosterschelde**

## MEMO Toepasbaarheid klassieke belastingfuncties voor ontwerp dijkbekleding Oosterschelde

---

Aan : Dennis Hordijk, RIKZ  
Van : Maarten Jansen  
2e Lezer: Marloes van den Boomgaard  
Datum : 25 februari 2008  
Ref : MJA/07087/1340  
Betreft : Opdracht 2007.08.42 van mantelovereenkomst RKZ-1563  
Status : Definitief  
Aanvraag: Yvo Provoost

---

### 1 Inleiding

Door Svasek/Royal Haskoning worden voor het RIKZ detailadviezen geschreven die door het projectbureau Zeeweringen (PBZ) gebruikt worden bij het ontwerp van dijkbekledingen langs de Westerschelde en Oosterschelde. Hierbij worden tabellen gegenereerd waarin per dijkvak en per waterstand de maatgevende golfcondities voor 3 klassieke belastingfuncties zijn weergegeven [ref 1]. Ontwerpers gebruiken echter andere belastingfuncties dan de bovengenoemde drie klassieke belastingfuncties namelijk de werkelijke ontwerpformules die volgen uit de Voorschrift Toetsen op Veiligheid [ref 2]. Door Svasek is in 2004 bepaald onder welke condities welke klassieke belastingfunctie geldig is voor de belastingfuncties die ontwerpers gebruiken [ref 3]. Daarnaast heeft Svasek in 2006 onderzoek verricht naar de relatie tussen de verschillende dijkbekledingen, de klassieke belastingfuncties en de werkelijke ontwerpformules [ref 4]. Deze memo is een samenvatting van dit laatste onderzoek.

### 2 Klassieke belastingfuncties

In 1998 heeft het RIKZ golfcondities bepaald voor de Westerschelde [ref 5] en in 2001 voor de Oosterschelde [ref 6]. Hierbij zijn voor alle dijkvakken voor verschillende waterstanden golfcondities afgeleverd t.b.v. het ontwerpen van de dijkbekledingen. Vanwege de complexiteit en diversiteit van de dijkbekledingformules is er tot nu toe voor gekozen om golfcondities af te leveren voor 3 klassieke (fictieve) belastingfuncties, waarbij het aandeel van golfhoogte en golfperiode varieert:

Klassieke belastingfunctie 1:  $Z1 = H_s * T_{p(m)}$   
Klassieke belastingfunctie 2:  $Z2 = H_s * T_{p(m)}^2$   
Klassieke belastingfunctie 3:  $Z3 = H_s^2 * T_{p(m)}$

met:

$H_s$             significante golfhoogte            (m)  
 $T_{p(m)}$         piekperiode golven                        (s)

### 3 Overige belastingfuncties

De ontwerpers gebruiken de resultaten van de drie klassieke belastingfuncties (de maatgevende  $H_s$  en  $T_{p(m)}$ ) als input voor de ontwerpprogramma's, om te bepalen wat voor het betreffende ontwerp de maatgevende combinatie van golfhoogte en golfperiode is. De maatgevende combinatie van golfcondities wordt vervolgens voor het ontwerp van de dijkbekleding gebruikt.

Voor de ontwerpberoeeningen hanteren de ontwerpers andere belastingfuncties dan de drie klassieke belastingfuncties, namelijk de werkelijke ontwerpformules die volgen uit de Voorschrift Toetsen op Veiligheid [ref 2]. Het is gewenst om een relatie te vinden tussen het type dijkbekleding (en dijkprofiel) en de benodigde klassieke belastingfunctie(s), zodat direct de resultaten van de specifieke (maatgevende) klassieke belastingfunctie gebruikt kunnen worden, i.p.v. de resultaten van alle drie de klassieke belastingfuncties.

Daarom heeft Svasek in 2006 bepaald welke klassieke belastingfunctie (Z1, Z2 of Z3) het beste gebruikt kan worden voor de verschillende dijkbekledingen, m.a.w. welke klassieke belastingfunctie geldig is voor de belastingfuncties die ontwerpers gebruiken. Hierbij is gekeken naar de volgende belastingfuncties:

- Afschuiving toplaag
- Kruinhoogte (golfoploop en golfoverslag)
- Asfaltbekledingen
- Gras/kleibekledingen
- Steenbekledingen (in deze memo is alleen naar zuilen gekeken)

### 4 Resultaten

De resultaten van de studie naar toepasbaarheid klassieke belastingfuncties [ref. 4] zijn:

<p><b>Voor golfoploop geldt:</b>  <u>Als <math>\gamma_b \xi_0 \leq 1.8</math></u>          Hoofdzakelijk belastingfunctie Z2 (<math>=H_s * T_p^2</math>) maatgevend.</p> <p><u>Als <math>\gamma_b \xi_0 &gt; 1.8</math> &amp; <math>H_s \gg \frac{2.5 * H_s^{1.25}}{4.3 * \sqrt{T_p}}</math></u>          Hoofdzakelijk belastingfunctie Z3 (<math>=H_s^2 * T_p</math>) maatgevend.</p> <p><u>Anders</u>          Geen duidelijke uitspraak te doen over de maatgevende belastingfunctie Z1, Z2 of Z3.</p> <p><b>Voor golfoverslag geldt:</b>  <u>Als <math>\gamma_b \xi_0 &lt; 1.8</math> én <math>H_s &gt; 0,4m</math></u>          Hoofdzakelijk belastingfunctie Z1 (<math>=H_s * T_p</math>) maatgevend.</p> <p><u>Als <math>\gamma_b \xi_0 \geq 1.8</math></u>          Hoofdzakelijk belastingfunctie Z3 (<math>=H_s^2 * T_p</math>) maatgevend.</p> <p><b>Voor steenzetting geldt:</b>  <u>Als <math>H_s * \zeta^2 / \text{lekhoogte} \geq 28</math></u>          Hoofdzakelijk belastingfunctie Z1 (<math>=H_s * T_p</math>) maatgevend.</p> <p><u>Als <math>H_s * \zeta^2 / \text{lekhoogte} &lt; 28</math></u>          Hoofdzakelijk belastingfunctie Z3 (<math>=H_s^2 * T_p</math>) maatgevend.</p>
--

**Voor Afschuiving geldt:**

Hoofdzakelijk belastingfunctie Z2 ( $=H_s \cdot T_p^2$ ) maatgevend.

**Voor asfalt geldt:**

Altijd belastingfunctie Z3 ( $=H_s^2 \cdot T_p$ ) maatgevend.

**Voor klei geldt:**

Altijd belastingfunctie Z3 ( $=H_s^2 \cdot T_p$ ) maatgevend.

**Tabel 1: Conclusies m.b.t. de maatgevende klassieke belastingfunctie per dijkbekleding**

$\gamma_b$	reductiefactor berm	[-]
$\xi_0$	brekerparameter	[-]
lekhoogte	$= \sin(\alpha) * ((k_{uitv} * b_{uitv} + k_{mijn} * b_{mijn}) * D / \beta)^{0.5}$ (zie ook bijlage 1)	[m]
$k_{uitv}$	doorlatendheid bovenste filterlaag	[-]
$b_{uitv}$	dikte bovenste filterlaag	[m]
$k_{mijn}$	doorlatendheid basislaag	[-]
$b_{mijn}$	dikte basislaag	[m]
D	Dikte toplaag	[m]
$\beta$	constante	[-]

Tevens zijn de volgende algemene formules gebruikt:

$$T_p = 1.1 T_{m-1,0}$$

$$H_m = H_s$$

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_{m0}}{g T_{m-1,0}^2}}}$$

met:

$H_{m0}$	significante golfhoogte bij teen	[m]
$H_s$	significante golfhoogte	[m]
$T_p$	Piekperiode	[s]
$T_{m-1,0}$	Golfperiode	[s]
$\alpha$	taludhelling	[°]
g	gravitatie constante	[m/s <sup>2</sup> ]

## Literatuur

1. Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde t.b.v. projectbureau Zeeweringen, Svasek/Royal Haskoning, 9R2599.G0, J.J. Jacobse et al., augustus 2006
2. Voorschrift Toetsen op Veiligheid, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 2004
3. Geschematiseerde belastingfuncties Oosterschelde, t.b.v. het vaststellen van de richtingsafhankelijke golfbelasting, Svašek, MJA/03287/1284.1, januari 2004
4. Toepasbaarheid klassieke belastingfuncties Oosterschelde per dijkbekleding, CONCEPT rapport, Svasek/Royal Haskoning, MJ/06583/1340, december 2006
5. Golftrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid (deel II), RIKZ, juli 1998, RIKZ\1998.018
6. Golfberekeningen Oosterschelde. Golfbelasting voor het ontwerpen van dijkbekledingen, Rijkswaterstaat, RIKZ, RIKZ/2001.006, januari 2001.

## BIJLAGE 1

### Bepaling lekhoogte

Voor Steenzettingen geldt het volgend criterium:

$$\text{Als } H_s \cdot \zeta^2 / \text{lekhoogte} \geq 28$$

Hoofdzakelijk belastingfunctie Z1 (=H<sub>s</sub>\*T<sub>p</sub>) maatgevend.

$$\text{Als } H_s \cdot \zeta^2 / \text{lekhoogte} < 28$$

Hoofdzakelijk belastingfunctie Z3 (=H<sub>s</sub><sup>2</sup>\*T<sub>p</sub>) maatgevend.

Waarin:

$\zeta_0$	brekerparameter	[-]
lekhoogte	= $\sin(\alpha) * ((k_{uitv} * b_{uitv} + k_{mijn} * b_{mijn}) * D / \beta)^{0.5}$	[m]
$k_{uitv}$	doorlatendheid bovenste filterlaag	[-]
$b_{uitv}$	dikte bovenste filterlaag	[m]
$k_{mijn}$	doorlatendheid basislaag	[-]
$b_{mijn}$	dikte basislaag	[m]
D	Dikte toplaag	[m]
$\beta$	constante	[-]

De lekhoogte is vereenvoudigd met de volgende aannamen:

parameter		waarde	Uitleg
$b_{uitv}$	Dikte 1 <sup>e</sup> filterlaag	0,15 m	
$n_{uitv}$	Porositeit 1 <sup>e</sup> filter	0,35	
$b_{mijn}$	Dikte 2 <sup>e</sup> filterlaag	0 m	Geen 2 <sup>e</sup> filterlaag
$\nu$	viscositeit	1.20E-06 m <sup>2</sup> /s	
$D_{15 \text{ uitv zuilen}}$	D <sub>15</sub> 1 <sup>e</sup> filter bij zuilen	20 mm	
$D_{15 \text{ uitv blok}}$	D <sub>15</sub> 1 <sup>e</sup> filter bij blokken	5 mm	

$$\text{Lekhoogte} = \sin(\alpha) * (C6 * D / \beta)^{0.5}$$

$$\beta = (-C1 + \sqrt{C1^2 + 2 * C2}) / C2$$

$$C1 = C3 + C4 / D$$

$$C2 = C5 / D$$

Oftewel:

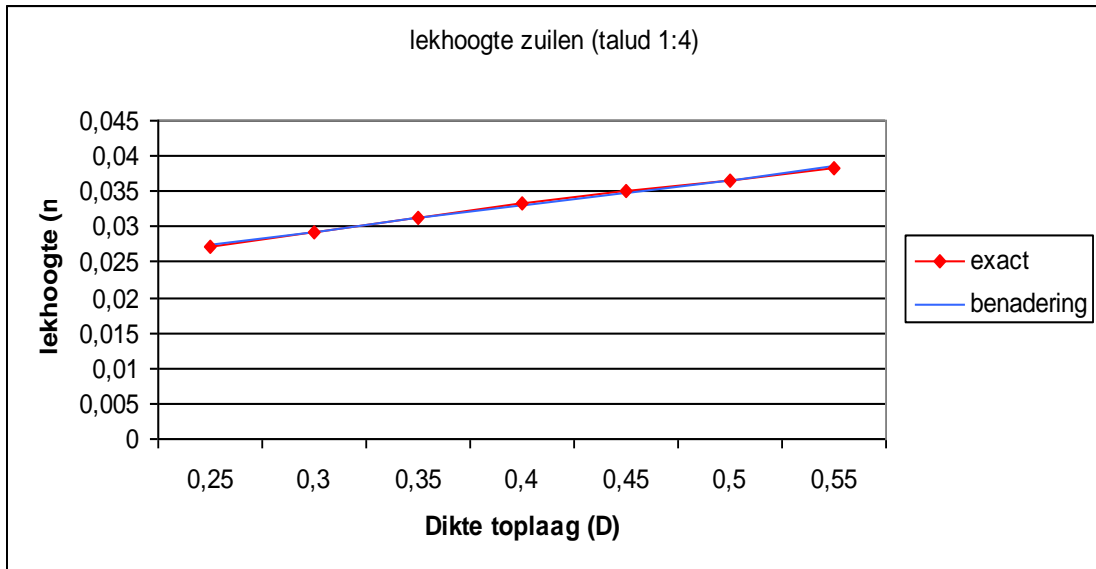
$$\text{lekhoogte} = \sin(\alpha) * \sqrt{\frac{C6 * C5}{-C3 - \frac{C4}{D} + \sqrt{\left(C3 + \frac{C4}{D}\right)^2 + 2 * \frac{C5}{D}}}}$$

	Zuilen	Blokken
C3	1,467891	1,467891
C4	-0,001134952	-0,007516768
C5	0,301417533	0,017008598
C6	0,027337822	0,009983251



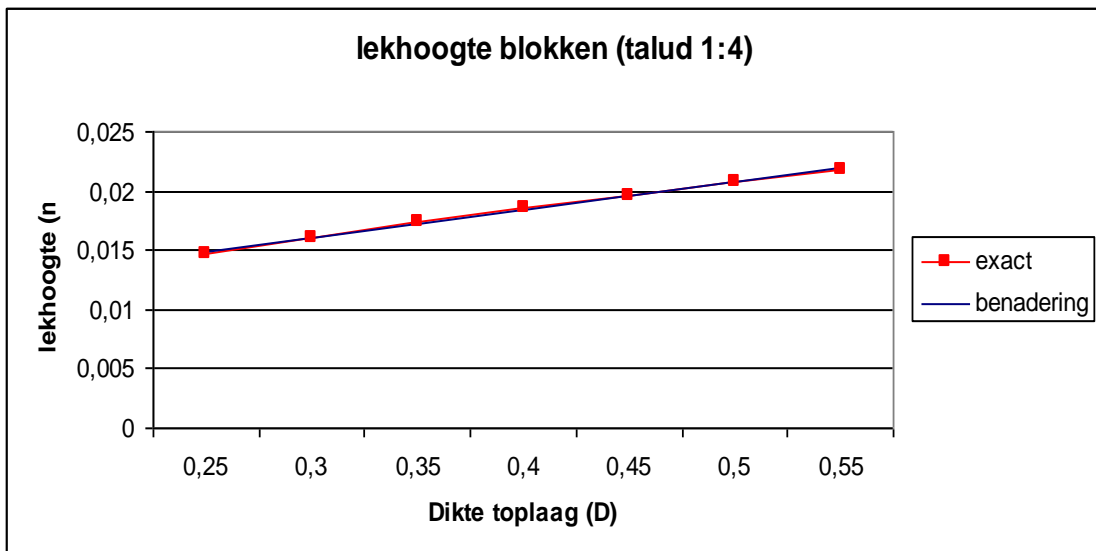
voor zuilen, bij standaard diktes van 0,35 t/m 0,50, geldt als benadering:

$$\text{lekhoogte} = \sin(a) * [ 0.151672423571429 * D + 0.075301295714286 ]$$

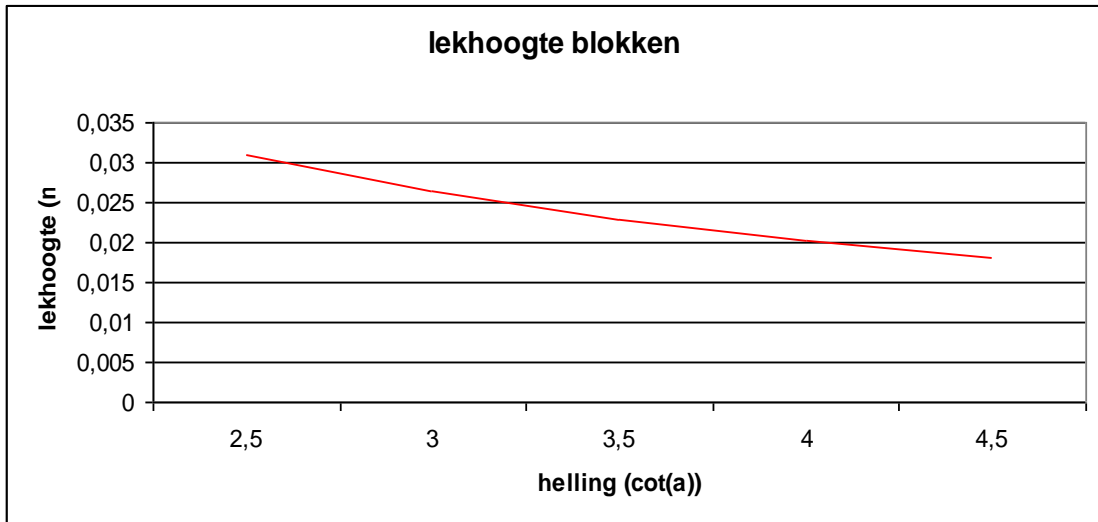


voor blokken geldt bij benadering:

$$\text{lekhoogte} = \sin(a) * (0.097236237142857 * D + 0.036933306857143)$$



Omdat voor blokken geldt  $D=0,48m$  (mededeling Y.Provoost) geldt de volgende relatie:



**Bijlage 1.6**  
**Ontgrondingdiepte vooroevers Oosterschelde**

# Memo

## Werkgroep

# Kennis



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
Projectbureau Zeeweringen

Betreft (actie en nr.)  
Ontgrondingsdiepte vooroevers  
Oosterschelde

Afschrift aan  
Yvo Provoost  
Simon Vereeke  
Roy v/d Voort

Datum

Opgesteld door  
Dennis Hordijk  
Doorkiesnummer  
070-3114 452  
Status  
Definitief

Datum  
22 juni 2007  
Bijlage(n)  
Kenmerk  
K-07-05-17

### Achtergrond

Recent is een onderzoek verricht naar de ontwikkeling van de in de Oosterschelde gelegen schorren en slikken. Hierbij is tevens een inschatting gemaakt voor de toekomstige ontwikkeling van de schorren tot 2060 [lit 1] Deze inschatting is voor het Projectbureau Zeeweringen van belang. Vanwege o.a. uitvoeringstechnische redenen is het namelijk belangrijk om te weten hoe de vooroever zich zal gedragen gedurende de levensduur van het ontwerp (van nieuwe dijkbekledingen)

Naast de ontwikkeling van de vooroever gedurende de levensduur van een ontwerp is het echter ook relevant om te weten hoeveel erosie er tijdens een storm **vlak vóór de dijkteen** kan plaatsvinden. Tijdens storm kan er door de combinatie van golfbreking op het (onbeschermd) voorland en neerloop van golven langs het benedentalud van de dijk ontgroning voor de teen van de dijk plaatsvinden. Ontgrondingskuilen bij harde zeeweringen kunnen een bedreiging vormen voor de stabiliteit van het buitenbeloop van de dijk.

Om de stabiliteit van het buitenbeloop van de dijken langs de Oosterschelde te kunnen garanderen is het van belang dat er in het ontwerp van nieuwe steenbekledingen in voldoende mate rekening wordt gehouden met mogelijke ontgroningen voor de constructie. Om adequate maatregelen te kunnen treffen is hiertoe voor alle dijkvakken langs de Oosterschelde een schatting gemaakt voor de maximale ontgrondingsdiepte op de aanwezige voorlanden. De aanpak, de resultaten en het uiteindelijke advies met betrekking tot de toepassing van de resultaten zijn beschreven in voorliggende notitie.

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

## Aanpak

Het proces van ontgroning voor de dijkteen is op hoofdlijnen bekend, echter exacte kennis over de interactie tussen golfbreking, stroming en sedimenttransporten in de turbulente zone voor de dijkteen is niet voorhanden. Vereenvoudigd kan wél gesteld worden dat het proces van ontgroning bij de dijkteen vergelijkbaar is met het proces van ontgroning bij een duinvoetverdediging, waarvoor in de jaren '90 het ééndimensionale duinafslagmodel DUROSTA is opgezet. Door de dijk(teen) in dit model als hard element te schematiseren kan de ontwikkeling van het voorland tijdens storm gesimuleerd worden.

Toepassing van DUROSTA voor elk dijkvak langs de Oosterschelde zou erg rekenintensief zijn. Daarom is ervoor gekozen om voor de Oosterschelde op basis van een beperkte hoeveelheid berekeningen een empirische formule voor de berekening van ontgrondingsdiepten af te leiden, zoals dat in het verleden ook voor de Westerschelde is gedaan [ref 2] Door variatie van de parameters golfhoogte, korreldiameter en voorlandbreedte in de empirische formule, kan met de afgeleide formule voor elk dijkvak de lokale ontgrondingsdiepte berekend worden. Deze studie is in opdracht van het RIKZ uitgevoerd door de combinatie Haskoning/Alkyon [ref 3]

Omdat van tevoren niet bekend was welk waterstandsverloop op de Oosterschelde maatgevend is voor de ontgrondingsdiepte zijn twee verschillende scenario's doorgerekend:

- Waterstandsverloop behorende bij een noodsluiting van de kering: verhoogde buitenwaterstand conform het VTV, waarbij de drie hoogwaters zijn afgetopt op NAP+3,45 meter<sup>1</sup>.
- Waterstandsverloop behorende bij een reguliere sluitstrategie zoals opgenomen in het VTV: waterstand 10 uur op NAP+1 meter en 25 uur op NAP+2 meter.

De in de DUROSTA-berekeningen gehanteerde (waterstandafhankelijke) golfcondities zijn bepaald op basis van de ontwerptabellen die het Projectbureau Zeeweringen hanteert voor het ontwerp van dijkbekledingen langs de Oosterschelde (*tabel 1B van OS-rvw-tabel 20060410\_beveiligd.xls*) Het belastingverloop is gegeven in bijlage 1.

---

<sup>1</sup> NB: in de praktijk zal het waterstandsverloop afwijken omdat de kering na opening na een eerste noodsluiting naar verwachting op een lagere waterstand gesloten zal worden. Voor dit onderzoek is echter uitgegaan van het theoretische scenario waarbij alle hoogwaters op het ontwerppeil zijn afgetopt en er dus in feite drie noodsluitingen achtereenvolgens worden uitgevoerd.

## Resultaten

Op basis van de DUROSTA-berekeningen voor de twee verschillende scenario's zijn de volgende twee formules afgeleid voor de berekening van de ontgrondingsdiepte:

*Formule voor belastingverloop bij afgetopt getij (noodsluiting kering)*

$$d = 0,52 * (H_s / 1,7)^{3,85} * (150 / D_{50})^{2,1} * (\log(1500 / B))^{3,46} / 1,55$$

Met:

d	ontgrondingsdiepte [m.]
$H_s$	significante golfhoogte [m.]
$D_{50}$	korrel diameter die door 50% van de zeeffkromme overschreden wordt [micrometer]
B	voorlandbreedte. Hierbij wordt altijd uitgegaan van een onbeschermd voorland van de dijkteen tot NAP -3 meter.

*Formule voor belastingverloop VTV (reguliere sluitstrategie kering)*

$$d = 0,58 * (H_s / 1,4)^{2,94} * (150 / D_{50})^{1,59} * (100 / B)^{0,92}$$

Met:

d	ontgrondingsdiepte [m.]
$H_s$	significante golfhoogte [m.]
$D_{50}$	korrel diameter die door 50% van de zeeffkromme overschreden wordt [micrometer]
B	voorlandbreedte. Hierbij wordt altijd uitgegaan van een onbeschermd voorland van de dijkteen tot NAP -3 meter.

Op basis van bovenstaande formules is voor alle dijkvakken langs de Oosterschelde een schatting gemaakt voor de diepte van de ontgrondingskuilen die tijdens maatgevende stormomstandigheden in het voorland kunnen ontstaan. Hierbij is gebleken dat het waterstandsverloop dat bij een reguliere sluiting optreedt voor alle dijkvakken maatgevend is voor de voorlanderosie. De berekende maatgevende ontgrondingsdiepten zijn opgenomen in bijlage 2. Deze bijlage geeft de kuil diepte voor de teen van de dijk, ervan uitgaande dat het voorland bij de dijkteen op NAP ligt.

Omdat de ontwikkelde benadering voor ontgrondingskuilen geen rekening houdt met de samenstelling van het voorland en de afname van de erosie als functie van de relatieve verdieping van het voorland zijn hier begrenzingen voor toegepast, welke reeds in bijlage 2 verwerkt zijn:

- De samenstelling van het voorland is in zoverre meegenomen dat de ontgrondingsdiepte begrensd is door de ligging van erosiebestendige lagen [lit 2].
- Naarmate een erosiekuil dieper wordt zal de golfwerking minder impact hebben. De erosie zal hierdoor bij het bereiken van een bepaalde diepte stoppen. Hiervoor zijn de volgende pragmatische begrenzingen op de berekende erosiekuilen toegepast:

- Smalle (sterk aangevallen) voorlanden (<50 meter): NAP-5 meter
- Brede voorlanden (>50 meter): NAP-3 meter

Deze laatste begrenzings voor de kuil diepte moeten als absolute bovengrenzen worden gezien. De verwachting is dat de erosie in de praktijk sneller stopt, waardoor de maximale kuil diepten kleiner zullen zijn dan genoemde bovengrenzen.

### **Advies m.b.t. de toepassing van de resultaten in het ontwerpproces**

De berekende ontgrondingsdiepten zijn gebaseerd op berekeningen met een morfologisch model (DUROSTA) Omdat er bij toepassing van morfologische modellen over het algemeen rekening moet worden gehouden met een zekere bandbreedte rondom de voorspellingen is het verstandig om bij toepassing van de berekende ontgrondingsdiepten een toeslag te hanteren. Normaalgesproken moet bij morfologische berekeningen al gauw gedacht worden aan een bandbreedte van +/- 50 procent, echter omdat in DUROSTA geen rekening wordt gehouden met de (gunstige) cohesieve eigenschappen van de voorlanden wordt geadviseerd om hier uit te gaan van een toeslag van 25 procent op de rekenresultaten. Bovendien wordt geadviseerd om voor alle dijkvakken uit te gaan van een minimale ontgroning van 50 centimeter, ook wanneer er volgens tabel 2 geen of nauwelijks ontgroning plaatsvindt. Uitzondering hierbij zijn uiteraard de vakken waar de bovenzijde van een eventueel aanwezige erosiebestendige laag hoger ligt dan het niveau dat bij een ontgrondingskuil diepte van 0,5 meter wordt bereikt. De uiteindelijk geadviseerde waarden zijn opgenomen in bijlage 3.

**NB: De empirische formules zijn niet bedoeld om de ontgrondingsdiepte zeer nauwkeurig en betrouwbaar te bepalen, maar om de mate van ontgroning en daarmee samenhangende stabiliteitsproblemen te verkennen.**

De resultaten in bijlage 3 zullen in het ontwerpproces dus vooral gebruikt kunnen worden om een goede afweging van maatregelen te maken:

- Bij beperkte ontgrondingsdiepten kan gedacht worden aan het verdiepen van de teenconstructie om de stabiliteit van het buitenbeloop te kunnen garanderen.
- Bij (berekende) grotere ontgrondingsdiepten is het verdiepen van de teenconstructie geen acceptabele maatregel meer en zullen naar verwachting andere maatregelen getroffen worden zoals het verdedigen van de vooroever. Het wordt sterk aanbevolen om in dergelijke gevallen ten behoeve van het ontwerp van de maatregel(en) eerst maatwerk te (laten) leveren door nauwkeurigere berekeningen met DUROSTA uit te (laten) voeren.

## **Literatuur**

Lit 1: Hordijk, D., Prognose schor en slikontwikkelingen Oosterschelde, Werkdocument RIKZ/2007.103w, maart 2007

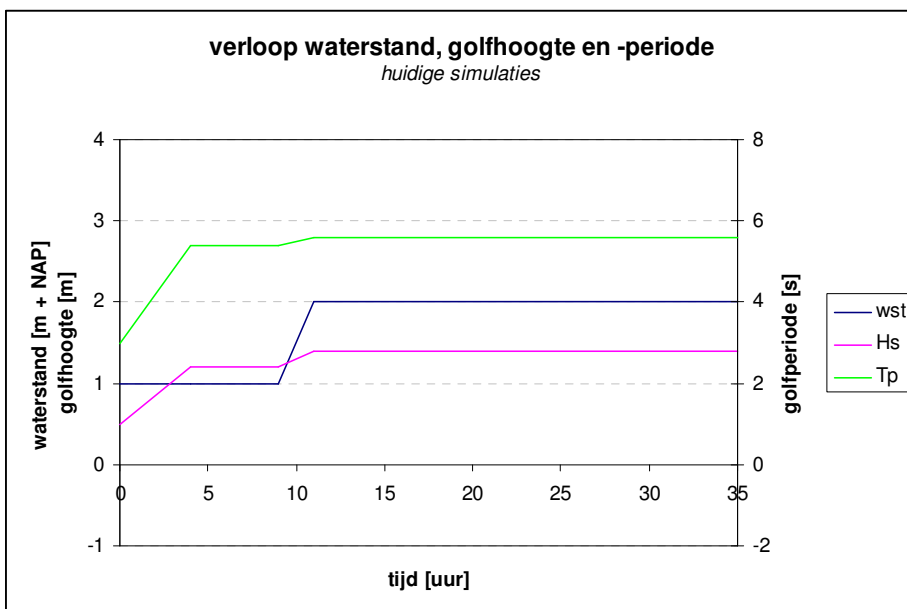
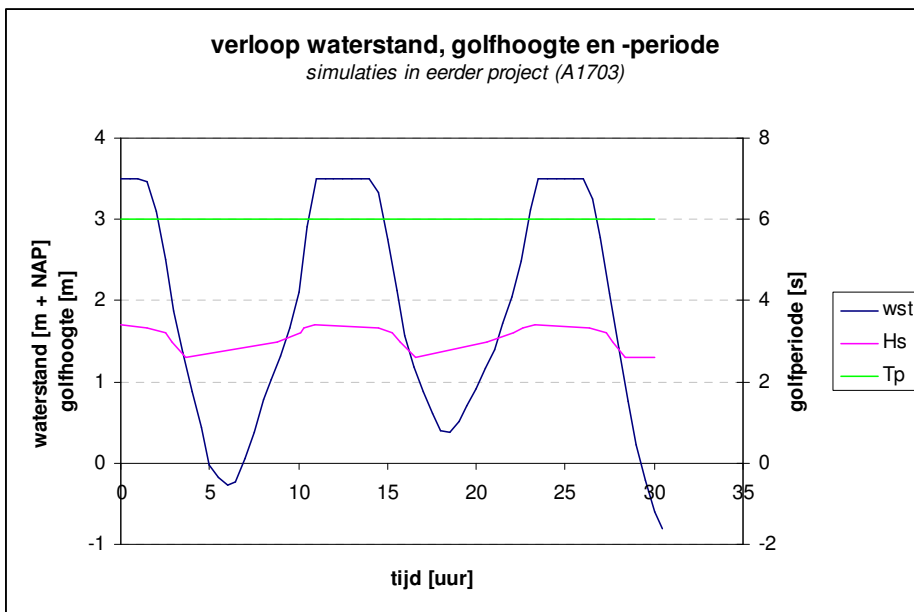
Lit 2: Roelse, P., Gevoeligheidsonderzoek ontgrondingskuilen Westerschelde, Werkdocument RIKZ/AB-98.821, 1998

Lit 3: Jacobse, J.J., Detailadvies erosiediepte vooroevers Oosterscheldedijken, opdracht 2007.04.55 van mantelovereenkomst RKZ-1563A, 11 mei 2007



## Bijlage 1: belastingverloop DUROSTA-berekeningen

(boven: belastingverloop behorende bij noodsluiting van de kering, onder: belastingverloop behorende bij reguliere sluiting van de kering)









## Berekende ontgrondingsdiepte aansluiting voorland op teenconstructie Oosterscheldedijken

Golfcondities gebaseerd op Tabel1B van OS-rww-tabel20060410\_beveiligd.xls

Empirische formule ontgrondingsdiepte Oosterschelde gebaseerd op notitie Alkyon A1890, april 2007

Dijk- ring no.	Dijk- vak no.	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs (m) van tot				Poldernaam	Ontwerppeil [m. + NAP]	Hs [m.] bij wst NAP+Zm [m]	Tpm [s.] bij wst NAP+Zm [s]	Diepte (m) bij watersland NAP+0m [m]	Diepte teen [m. t.o.v. NAP]	Voorland breedte [m]	Hoogte Cohesieve veen/kleilaag [m]	Ontgrondings diepte afgerond [m.]
		x	y	x	y									
	154a	55252.11	405055.4	54966.53	405748.7	Gouweveerpolder	3.45	1.30	6.80	1.5	0.00	550		-0.1
	154b	54966.53	405748.7	54815.04	406118.9	Gouweveerpolder	3.45	1.00	6.70	0.7	0.00	800		0.0
	154c	54815.04	406118.9	54735.38	406302.4	Gouweveerpolder	3.45	0.30	7.50	-	0.00	1000		0.0
	155a	54735.38	406302.4	54557.76	406386.1	Gouweveerpolder	3.45	0.30	7.80	-	0.00	1100		0.0
	155b	54557.76	406386.1	54220.86	405790.7	Gouweveerpolder	3.45	1.00	5.40	1.2	0.00	500		0.0
	155c	54220.86	405790.7	54149.18	405658.9	Zuider Nieuwlandpolder	3.45	1.40	5.40	1.5	0.00	300		-0.2
	155d	54149.18	405658.9	53892.04	405689.1	Zuider Nieuwlandpolder	3.45	1.80	5.90	3.3	0.00	250		-0.4
	155e	53892.04	405689.1	53362.49	405696.1	(haven de Val) Zuidhoek	3.45	2.20	6.10	9.6	0.00	0		
	155f	53362.49	405696.1	53247.72	405479.2	(haven de Val) Zuidhoek	3.45	2.10	6.00	10.7	0.00	25		-5.0
	156a	53247.72	405479.2	51957.42	405853.3	Zuidhoek	3.45	2.10	6.30	6.4	0.00	30		-4.5
	156b	51957.42	405853.3	51773.01	406002.7	Zuidhoek	3.45	0.70	6.50	-	0.00	200		0.0
	157a	51773.01	406002.7	51773.01	406002.7	ingang havenkanaal	3.45	1.90	6.20	2.9	0.00	0		
	157b	51773.01	406002.7	51377.38	405998.4	ingang havenkanaal	3.45	2.70	6.40	21.6	0.00	0		
	158	51377.38	405998.4	51451.84	407095.2	Polder Schouwen	3.45	2.60	6.30	8.7	0.00	20		-5.0
	159a	51451.84	407095.2	51230.17	407485.4	(Lokkersnol) Polder Schouwen	3.45	1.90	6.30	2.1	0.00	50		-2.1
	159b	51230.17	407485.4	51143.21	407661.7	(Lokkersnol) Polder Schouwen	3.45	2.10	6.10	7.8	0.00	20		-5.0
	160	51143.21	407661.7	51226.6	407840.8	(Cauwersinlaag) Polder Schouwen	3.45	2.20	5.90	9.6	0.00	70		-2.4
	161	51226.6	407840.8	51034.39	408600.1	(Borrendamme) Polder Schouwen	3.45	2.00	5.40	3.1	0.00	50		-2.5
	162	51034.39	408600.1	50765.49	408731.1	(Kisternol) Polder Schouwen	3.45	2.50	5.80	12.7	0.00	50		-4.7
	163	50765.49	408731.1	50460.24	409349.9	(Kisternol) Polder Schouwen	3.45	2.50	5.80	12.2	0.00	25		-5.0
	164a	50460.24	409349.9	50489.55	409545.4	Polder Schouwen	3.45	2.10	5.90	3.0	0.00	150		-1.0
	164b	50489.55	409545.4	50542.27	409789.7	Polder Schouwen	3.45	1.70	5.70	2.4	0.00	130		-0.6
	165	50542.27	409789.7	49226.62	411068.3	(Borrendamme haven Flauwers) Polder Schouwen	3.45	1.80	5.70	2.4	0.00	75		-1.2
	166	49226.62	411068.3	48770.22	410922.9	(Flauwers) Polder Schouwen	3.45	1.60	5.00	3.1	0.00	100		-0.7
	167a	48770.22	410922.9	48605.1	411024.1	(Flauwersinlaag) Polder Schouwen	3.45	1.60	5.00	3.0	0.00	0		
	167b	48605.1	411024.1	48473.98	411093.7	(Flauwersinlaag) Polder Schouwen	3.45	2.30	5.30	19.7	0.00	0		
	167c	48473.98	411093.7	48280.31	411050.8	(Flauwersinlaag) Polder Schouwen	3.45	2.20	5.30	12.4	0.00	0		
	168	48280.31	411050.8	48894.93	411726.7	(Weeversinlaag) Polder Schouwen	3.45	2.20	5.30	12.6	0.00	25		-5.0
	169a	48894.93	411726.7	48076.5	413348.4	(ringdijk Schelphoek) Polder Schouwen	3.45	2.10	5.30	11.9	0.00	0		
	169b	48076.5	413348.4	45102.09	413212.1	(ringdijk Schelphoek) Polder Schouwen	3.45	2.20	5.30	4.2	0.00	0		
	170	45102.09	413212.1	44385.29	412218.8	(delingsdijk) Polder Schouwen	3.45	1.90	5.50	3.2	0.00	0		
	171a	44385.29	412218.8	42353.67	411054.7	Polder Schouwen tot aan Stormvloedkering	3.45	1.80	5.30	13.7	0.00	40		-2.2
	171b	42353.67	411054.7	41386.52	410694.6	Polder Schouwen tot aan Stormvloedkering	3.45	1.80	5.60	13.3	0.00	70		-1.3
	171c	41386.52	410694.6	39836.05	409941.4	Polder Schouwen tot aan Stormvloedkering	3.45	1.30	6.80	2.0	0.00	70		-0.5

### Bijlage 3: geadviseerde waarden ontgrondingsdiepten Oosterschelde voor ontwerpdoeleinden PBZ

Dijk- vak no.	Poldernaam	Hs [m.] bij wst NAP+2m [m]	Tpm [s.] bij wst NAP+2m [s]	Diepte teen [m. t.o.v. NAP]	Voorland breedte [m]	Hoogte Cohesieve veen/kleilaag [m]	Ontgrondingsdiepte rekenwaarde PBZ [m.]
1	havenplateau Jacobahaven Rippolder	0.90	7.00	0.00	0		
2a	havenplateau Rippolder	1.50	5.60	0.00	0		
2b	havenplateau Rippolder	0.80	6.10	0.00	200		-0.5
3	Anna Frisopolder	1.50	5.60	0.00	100		-0.7
4	inlaag	1.50	5.70	0.00	200		-0.5
5a	Sofiahaven	1.50	5.60	0.00	0		
5b	Sofiahaven	1.30	5.70	0.00	0		
6	(voorland duintjes) Mariapolder	0.50	7.20	0.00	450		-0.5
7	(voorland duintjes) inlaag Thoornpolder	1.60	6.40	0.00	290		-0.5
8	inlaag Thoornpolder	1.60	6.90	0.00	210		-0.5
9	(nieuwe inlaag)	1.70	6.80	0.00	290		-0.5
10	Vliete polder	1.80	6.90	0.00	250		-0.5
11	inlaag Vlietepolder	2.10	6.30	0.00	100		-1.9
12	inlaag Vlietepolder	2.10	6.30	0.00	100		-1.9
13	Nieuw Noordbevelandpolder	1.90	5.80	0.00	100		-1.4
14	inlaag	2.10	6.10	0.00	100		-1.9
15	haven Oesterput	2.10	6.30	0.00	350		-0.6
16	Westelijke inlaag	1.80	6.20	0.00	170		-0.7
17	Westelijke inlaag	1.50	6.20	0.00	200		-0.5
18	Grote inlaag	1.70	6.20	0.00	300		-0.5
19	Grote inlaag	1.80	6.10	0.00	170		-0.7
20	Grote inlaag	1.30	5.80	0.00	170		-0.5
21a	haven Colijnsplaat	2.00	5.90	0.00	170		-1.0
21b	haven Colijnsplaat	1.90	5.90	0.00	0		
22	Molenweg / Oud Noordbevelandsepolder	1.90	5.70	0.00	70		-1.9
23a	Zeelandbrug / Oud Noordbevelandsepolder	2.00	5.70	0.00	20		-5.0
23b	Zeelandbrug / Oud Noordbevelandsepolder	1.60	6.20	0.00	50		-1.6
24	Groeneweg / Oud Noordbevelandsepolder	1.30	6.70	0.00	200		-0.5
25	Vredenhof / Oud Noordbevelandsepolder	1.10	6.50	0.00	450		-0.5
26	Slikken van Kats / Oud N.bevelandsepolder	0.80	7.20	0.00	550		-0.5
27a	haven Kats	0.80	6.30	0.00	500		-0.5
27b	haven Kats	1.50	5.70	0.00	0		
27c	haven Kats	1.50	7.20	0.00	0		
27d	haven Kats	1.60	5.70	0.00	0		
28	Leendert Abrahamspolder	1.30	5.70	0.00	220		-0.5
29	(Katshoek) Leender Abrahamspolder	1.20	5.70	0.00	75		-0.5
30a	Leendert Abrahamspolder - Zandkreekdijk	1.20	5.20	0.00	450		-0.5
30b	Leendert Abrahamspolder - Zandkreekdijk	0.90	5.20	0.00	1000		-0.5
30c	Leendert Abrahamspolder - Zandkreekdijk	0.70	3.90	0.00	660		-0.5
31	Zandkreekdijk	0.80	4.10	0.00	150		-0.5
32	(veerhuis) Wilhelminapolder	0.70	4.10	0.00	190	-1.50	-0.5
33	Wilhelminapolder	0.80	4.70	0.00	450	-1.20	-0.5
34	Wilhelminapolder	0.80	4.70	0.00	700	-0.50	-0.5
35	(knik) Wilhelminapolder	0.80	5.10	0.00	700		-0.5
36	Oostbevelandpolder	0.80	5.50	0.00	700		-0.5
37	Oostbevelandpolder	0.90	5.70	0.00	500		-0.5
38	Oostbevelandpolder	1.10	6.20	0.00	400		-0.5
39a	Oostbevelandpolder	1.30	5.90	0.00	200		-0.5
39b	Oostbevelandpolder	1.30	6.30	0.00	200		-0.5
40a	(poldergrens) Oostbevelandpolder	1.50	6.40	0.00	200		-0.5
40b	(poldergrens) Oostbevelandpolder	1.70	5.90	0.00	50		-1.9
41	Wilhelminapolder (inlaag)	1.30	6.30	0.00	25		-1.6
42	Wilhelminapolder (inlaag)	1.30	6.00	0.00	25		-1.6
43	Goesse Sas	1.30	5.00	0.00	0		
44	Wilhelminapolder	1.00	4.90	0.00	270		-0.5
45a	(Kattendijke) Polder Brede Watering	0.80	5.70	0.00	400		-0.5
45b	(Kattendijke) Polder Brede Watering	1.40	6.00	0.00	270		-0.5
46	Polder Brede Watering	1.80	6.00	0.00	75		-1.5
47	(Stelhoek) Polder Brede Watering	1.90	5.90	0.00	75		-1.8
48	Stormesandepolder	2.30	6.00	0.00	50		-4.6
49a	Stormesandepolder	1.70	5.90	0.00	75		-1.3
49b	Stormesandepolder	1.80	5.90	0.00	50		-2.2
50	Stormesandepolder	1.90	5.90	0.00	50		-2.6
51	Polder Brede Watering	2.30	6.00	0.00	75		-3.0
52a	Voormalige kanaalingang	2.40	6.10	0.00	0		
52b	Voormalige kanaalingang	2.70	6.30	0.00	0		
53	Snoodijkpolder	2.00	6.20	0.00	50		-3.1
54	Snoodijkpolder	1.90	6.20	0.00	75		-1.8
55	Kanaal door Zuidbeveland; Kanaaldijken	1.80	5.70	0.00	0		
56a	Koudepolder	1.90	6.30	0.00	0		
56b	Koudepolder	1.70	5.40	0.00	100		-1.0

Dijk- vak no.	Poldernaam	Hs [m.] bij wst NAP+2m [m]	Tpm [s.] bij wst NAP+2m [s]	Diepte teen [m. t.o.v. NAP]	Voorland breedte [m]	Hoogte Cohesieve veen/kleilaag [m]	Ontgrondingsdiepte rekenwaarde PBZ [m.]
56c	koudepolder	1.00	4.90	0.00	400		-0.5
57	Kaars polder	1.10	5.80	0.00	500		-0.5
58a	Polder Brede Watering	1.10	5.80	0.00	600		-0.5
58b	Polder Brede Watering	0.90	4.30	0.00	500		-0.5
59	(havendam)	1.20	4.70	0.00	300		-0.5
60a	waterkering Yerseke tussen dp 91 en dp 0	1.30	4.90	0.00	25		-1.6
60b	waterkering Yerseke tussen dp 91 en dp 0	1.10	4.60	0.00	0		
60c	waterkering Yerseke tussen dp 91 en dp 0	1.10	4.50	0.00	0		
60d	waterkering Yerseke tussen dp 91 en dp 0	1.10	5.30	0.00	0		
61	Molenpolder	1.10	5.40	0.00	25	-2.50	-1.0
62	Molenpolder / Nieuw Olzendepolder	1.10	5.50	0.00	1250	-2.20	-0.5
63	St. Pieterspolder	0.90	5.80	0.00	1250	-2.00	-0.5
64	Nieuwlandepolder	1.00	5.60	0.00	1250	-1.30	-0.5
65	Nieuwlandepolder	1.00	5.10	0.00	1250	-1.60	-0.5
66	Karelpolder	0.80	4.90	0.00	1250	-1.50	-0.5
67	Karelpolder	0.80	4.80	0.00	1250	-0.50	-0.5
68	Oostpolder	0.60	4.80	0.00	1250	-0.10	-0.1
69a	Oostpolder	0.70	4.90	0.00	1250	-1.00	-0.5
69b	Oostpolder	0.50	4.30	0.00	1250	-0.50	-0.5
70	Stroodorpdepolder	0.40	4.40	0.00	1250	-1.00	-0.5
71a	Tweede Bathpolder			0.00	1250	-1.70	-0.5
71b	Tweede Bathpolder	0.70	4.60	0.00	1250	-1.50	-0.5
72a	Tweede Bathpolder	0.60	4.10	0.00	1250	-1.80	-0.5
72b	Tweede Bathpolder	0.10	2.10	0.00	1250	-2.00	-0.5
73	Tweede Bathpolder			0.00	1250	-0.50	-0.5
74	Eerste Bathpolder			0.00	1250	-0.20	-0.2
75	Eerste Bathpolder	0.30	3.50	0.00	1250	-1.50	-0.5
76	Eerste Bathpolder	0.30	3.60	0.00	1250	-2.00	-0.5
77	Oesterdam	0.40	3.80	0.00	1250	-2.00	-0.5
78	Oesterdam	0.80	4.40	0.00	1250	-2.50	-0.5
79	Oesterdam	1.10	5.00	0.00	1250	-3.00	-0.5
80	Oesterdam (Mosselkreek)	1.10	5.10	0.00	1250	-3.00	-0.5
81	Oesterdam (Marollegat)	1.60	5.30	0.00	125	-3.50	-0.7
82a	Oesterdam	1.60	5.40	0.00	125	-3.50	-0.7
82b	Oesterdam	1.20	5.40	0.00	500	-3.50	-0.5
83	Oesterdam	1.20	5.50	0.00	700	-3.00	-0.5
84	Oesterdam	1.20	5.40	0.00	700	-2.50	-0.5
85	Oesterdam	1.20	5.30	0.00	1250		-0.5
86a	Oesterdam (havendammen sluisen)	1.70	5.60	0.00	0		
86b	Oesterdam (havendammen sluisen)	1.80	5.50	0.00	0		
86c	Oesterdam (havendammen sluisen)	1.50	5.70	0.00	0		
86d	Oesterdam (havendammen sluisen)	1.10	5.60	0.00	50		-0.5
87a	Oesterdam (Tholense Gat)	1.40	5.40	0.00	100		-0.6
87b	Oesterdam (Tholense Gat)	1.90	5.30	0.00	25		-5.0
88	Schakerloopolder	1.70	5.30	0.00	25		-3.6
89a	Nieuw Strijpolder	1.50	5.30	0.00	150		-0.5
89b	Klaas van Steelandpolder	2.10	5.20	0.00	25		-5.0
90	Klaas van Steelandpolder / Poortvlietpolder	1.60	5.50	0.00	50		-1.6
91a	Scherpenissepolder	1.40	5.30	0.00	25		-2.0
91b	Scherpenissepolder	1.70	5.00	0.00	25		-3.6
91c	Scherpenissepolder	1.70	5.00	0.00	25	-1.30	-1.3
92	Scherpenissepolder	1.20	5.00	0.00	50	-1.30	-0.7
93	Scherpenissepolder	1.30	4.90	0.00	200	-1.30	-0.5
94	Scherpenissepolder (Gorishoek)	1.40	5.60	0.00	180	-1.50	-0.5
95	Geertruidpolder	1.20	5.90	0.00	600	-1.00	-0.5
96	Pluimpolder	1.30	5.70	0.00	700	-1.20	-0.5
97	Muyepolder	1.30	5.50	0.00	600	-0.50	-0.5
98	Muyepolder	1.30	5.70	0.00	650	-2.50	-0.5
99	Muyepolder	1.10	5.60	0.00	1400	-0.70	-0.5
100	Oudelandpolder	1.20	5.50	0.00	1200	-0.50	-0.5
101	Oudelandpolder	1.20	5.50	0.00	1200	-0.70	-0.5
102	Noordpolder	1.20	5.00	0.00	400	-2.20	-0.5
103	Noordpolder	1.20	5.00	0.00	400	-1.60	-0.5
104	Noordpolder	0.90	5.00	0.00	600	-2.00	-0.5
105a	Noordpolder	0.50	5.50	0.00	1200	-1.00	-0.5
105b	Noordpolder	0.20	5.80	0.00	1500	-1.00	-0.5
106a	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	0.20	6.00	0.00	1500	-2.50	-0.5
106b	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	0.40	5.90	0.00	1500	-2.50	-0.5
107	nieuwe- Annex- Stavenissepolder	0.40	5.90	0.00	1500	-0.75	-0.5
108a	Stavenissepolder	0.60	4.60	0.00	1500	-0.25	-0.3

Dijk- vak no.	Poldernaam	Hs [m.] bij wst NAP+2m [m]	Tpm [s.] bij wst NAP+2m [s]	Diepte teen [m. t.o.v. NAP]	Voorland breedte [m]	Hoogte Cohesieve veen/kleilaag [m]	Ontgrondingsdiepte rekenwaarde PBZ [m.]
108b	Stavenissepolder	0.80	4.90	0.00	1500	-0.25	-0.3
109	Stavenissepolder	1.30	4.80	0.00	1200	-0.80	-0.5
110	Stavenissepolder	1.40	4.90	0.00	1200	-3.00	-0.5
111	Stavenissepolder	1.20	4.70	0.00	1200	-0.80	-0.5
112	Stavenissepolder	1.30	6.10	0.00	500	-0.50	-0.5
113	Stavenissepolder	1.40	5.80	0.00	150		-0.5
114	haveningang	1.90	5.70	0.00	0		
115a	Margarethapolder	2.40	6.00	0.00	50		-5.0
115b	Margarethapolder	1.40	6.50	0.00	200		-0.5
115c	Margarethapolder	1.20	5.90	0.00	200		-0.5
116	Oud Kempenshofstedepolder	1.80	6.40	0.00	100		-1.2
117	O. Kempenshofstedepolder / Moggershilpdr	1.60	6.10	0.00	170	-0.20	-0.2
118	Moggershilpolder	1.10	5.70	0.00	250	-0.50	-0.5
119	Moggershilpolder / Anna Vosdijkpolder	1.10	5.80	0.00	250	0.50	0.5
120	Anna Vosdijkpolder	1.00	5.00	0.00	350	-1.50	-0.5
121	Anna Vosdijkpolder / Suzannapolder	1.10	4.80	0.00	150		-0.5
122a	Suzannapolder / Joanna Mariapolder	1.00	4.50	0.00	25		-0.8
122b	Suzannapolder / Joanna Mariapolder	0.90	4.10	0.00	300		-0.5
123	Joanna Mariapolder / Hollarepolder	0.50	3.50	0.00	800		-0.5
124	Van Haaftepolder	0.70	3.70	0.00	800		-0.5
125	Van Haaftepolder	0.90	3.70	0.00	800		-0.5
126	Krabbekreeksdam	0.80	3.60	0.00	600		-0.5
127a	Prins Hendrikpolder			0.00	75		-0.5
127b	Henriettepolder	1.10	4.10	0.00	75		-0.5
127c	Oudepolder	0.80	4.30	0.00	130	-0.50	-0.5
128	Oudepolder	0.80	3.70	0.00	1200	-0.10	-0.1
129	A. Wissepolder + A. Jacobapolder + Willempldr	1.00	4.30	0.00	1200	-2.00	-0.5
130a	Willempldr	1.60	5.80	0.00	250		-0.5
130b	Willempldr	1.90	5.50	0.00	0		
131a	dijkvak tramhaven	1.40	5.10	0.00	0		
131b	dijkvak tramhaven	0.70	4.30	0.00	250		-0.5
132	Anna Jacobapolder	0.90	5.00	0.00	250		-0.5
133	Anna Jacobapolder	1.00	4.00	0.00	300		-0.5
134	Anna Jacobapolder	0.60	4.40	0.00	350	-2.00	-0.5
135	Anna Jacobapolder tot Philipsdam	0.60	4.20	0.00	250	-2.00	-0.5
136	damvak Slaak			0.00	250		-0.5
137	damvak Slaak	0.40	3.30	0.00	200		-0.5
138	damvak Slaak / damvak plaat van de Vliet	0.50	3.30	0.00	120		-0.5
139	Lage Bekken	0.80	3.70	0.00	100		-0.5
140	Lage Bekken	1.10	4.30	0.00	25		-1.0
141	Lage Bekken, ingang kanaal Spuisluis	1.10	4.10	0.00	25		-1.0
142a	Lage Bekken, ingang kanaal Spuisluis	1.10	4.30	0.00	25		-1.0
142b	Lage Bekken, ingang kanaal Spuisluis	1.40	4.60	0.00	0		
142c	Lage Bekken, ingang kanaal Spuisluis	1.50	4.70	0.00	0		
143	Spuisluis / Duwvaartsluis	1.40	4.60	0.00	0		
144a	westelijke voorhaven jachtensluis	1.20	4.60	0.00	0		
144b	westelijke voorhaven jachtensluis	1.30	4.70	0.00	0		
145	damvak Krammer	1.70	5.40	0.00	80		-1.2
146	damaanzet Grevelingendam, Krammer	1.50	5.30	0.00	80		-0.9
147a	G.dam : aansl. Philipsdam tot aan Bruinisse	1.50	4.90	0.00	50		-1.3
147b	G.dam : aansl. Philipsdam tot aan Bruinisse	1.20	5.20	0.00	0		
147c	G.dam : aansl. Philipsdam tot aan Bruinisse	0.70	4.10	0.00	380		-0.5
147d	G.dam : aansl. Philipsdam tot aan Bruinisse	0.80	3.80	0.00	200		-0.5
148a	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	0.80	3.80	0.00	0		
148b	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	0.80	4.60	0.00	150		-0.5
148c	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	1.00	5.20	0.00	25		-0.8
148d	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	1.40	5.50	0.00	25		-2.0
148e	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	1.60	5.40	0.00	75		-1.1
148f	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	1.20	5.40	0.00	50		-0.7
148g	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	1.40	5.40	0.00	60		-0.9
148h	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	1.10	5.20	0.00	200		-0.5
148i	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	0.70	5.40	0.00	800	-1.75	-0.5
148j	Aansl. G.dam tot aan dp 6 Oosterlandpolder	1.00	5.40	0.00	1100	-1.75	-0.5
149	Oosterlandpolder / Vierbannenpolder	1.20	5.80	0.00	500	-1.75	-0.5
150	Vierbannenpolder (inlaag)	1.40	5.30	0.00	165	-1.75	-0.5
151	Vierbannenpolder (inlaag)	2.00	5.50	0.00	50		-3.1
152a	Vierbannenpolder	1.90	5.70	0.00	50		-2.6
152b	Vierbannenpolder	0.80	6.70	0.00	300		-0.5
152c	Vierbannenpolder	1.40	6.70	0.00	400		-0.5
153	(Noordbout) Gouweveerpolder	0.60	6.90	0.00	500		-0.5



Dijk- vak no.	Poldernaam	Hs [m.] bij wst NAP+2m [m]	Tpm [s.] bij wst NAP+2m [s]	Diepte teen [m. t.o.v. NAP]	Voorland breedte [m]	Hoogte Cohesieve veen/kleilaag [m]	Ontgrondingsdiepte rekenwaarde PBZ [m.]
154a	Gouweveerpolder	1.30	6.80	0.00	550		-0.5
154b	Gouweveerpolder	1.00	6.70	0.00	800		-0.5
154c	Gouweveerpolder	0.30	7.50	0.00	1000		-0.5
155a	Gouweveerpolder	0.30	7.80	0.00	1100		-0.5
155b	Gouweveerpolder	1.00	5.40	0.00	500		-0.5
155c	Zuider Nieuwlandpolder	1.40	5.40	0.00	300		-0.5
155d	Zuider Nieuwlandpolder	1.80	5.90	0.00	250		-0.5
155e	(haven de Val) Zuidhoek	2.20	6.10	0.00	0		
155f	(haven de Val) Zuidhoek	2.10	6.00	0.00	25		-5.0
156a	Zuidhoek	2.10	6.30	0.00	30		-5.0
156b	Zuidhoek	0.70	6.50	0.00	200		-0.5
157a	ingang havenkanaal	1.90	6.20	0.00	0		
157b	ingang havenkanaal	2.70	6.40	0.00	0		
158	Polder Schouwen	2.60	6.30	0.00	20		-5.0
159a	(Lokkersnol) Polder Schouwen	1.90	6.30	0.00	50		-2.6
159b	(Lokkersnol) Polder Schouwen	2.10	6.10	0.00	20		-5.0
160	(Cauwersinlaag) Polder Schouwen	2.20	5.90	0.00	70		-3.0
161	(Borrendamme) Polder Schouwen	2.00	5.40	0.00	50		-3.1
162	(Kisternol) Polder Schouwen	2.50	5.80	0.00	50		-5.0
163	(Kisterinlaag) Polder Schouwen	2.50	5.80	0.00	25		-5.0
164a	Polder Schouwen	2.10	5.90	0.00	150		-1.3
164b	Polder Schouwen	1.70	5.70	0.00	130		-0.8
165	(Borrendamme haven Flauwers) Polder Sch.	1.80	5.70	0.00	75		-1.5
166	(Flauwers) Polder Schouwen	1.60	5.00	0.00	100		-0.8
167a	(Flauwersinlaag) Polder Schouwen	1.60	5.00	0.00	0		
167b	(Flauwersinlaag) Polder Schouwen	2.30	5.30	0.00	0		
167c	(Flauwersinlaag) Polder Schouwen	2.20	5.30	0.00	0		
168	(Weeversinlaag) Polder Schouwen	2.20	5.30	0.00	25		-5.0
169a	(ringdijk Schelphoek) Polder Schouwen	2.10	5.30	0.00	0		
169b	(ringdijk Schelphoek) Polder Schouwen	2.20	5.30	0.00	0		
170	(delingsdijk) Polder Schouwen	1.90	5.50	0.00	0		
171a	Polder Schouwen tot aan Stormvloedkering	1.80	5.30	0.00	40		-2.8
171b	Polder Schouwen tot aan Stormvloedkering	1.80	5.60	0.00	70		-1.6
171c	Polder Schouwen tot aan Stormvloedkering	1.30	6.80	0.00	70		-0.6

## **Bijlage 1.7**

### **Impact schorerosie op golfbelastingen**

# Memo

## Werkgroep

# Kennis



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Projectbureau Zeeweringen

Betreft (actie en nr.)

Impact schor-erosie op golfbelastingen

Afschrift aan

Yvo Provoost  
Simon Vereeke  
Roy v/d Voort  
Gert Jan Wijkhuizen

Vraagsteller

Simon Vereeke/Yvo Provoost

Datum

Beantwoord door

Dennis Hordijk

Datum

23 mei 2007

Doorkiesnummer

070-3114 452

Bijlage(n)

Status

Definitief

Kenmerk

K-07-05-16

### Aanleiding

Recent is een onderzoek uitgevoerd naar de ontwikkeling van de in de Oosterschelde aanwezige schorren. De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat de schorren vanaf de schorranden eroderen, waardoor het schorareaal in oppervlakte afneemt. Op basis van de geconstateerde ontwikkelingen is een voorspelling gedaan voor de ligging van de schorranden in 2060 [lit 1]

Het (deels) verdwijnen van schorren kan op den duur leiden tot instabiliteit van de bekleding op de achterliggende dijken indien deze niet tot voldoende laag niveau is doorgezet. Bovendien kan het verdwijnen van schorren consequenties hebben voor de golfbelastingen op de bekledingen. Om de stabiliteit van nieuwe dijkbekledingen voor de lange termijn te kunnen garanderen, is het van belang om in het ontwerp van deze bekledingen rekening te houden met de verwachte toekomstige ontwikkelingen van voorliggende schorren.

Op basis van de in [lit 1] voorspelde ligging van de schorranden in 2060 is een verkenning uitgevoerd naar de eventuele gevolgen van het (deels) verdwijnen van schorren voor de maatgevende golfbelastingen die PBZ gebruikt voor de toetsing en het ontwerp van dijkbekledingen. In deze memo worden de resultaten samengevat.

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

## Aanpak

De beschouwde schorren en aangrenzende dijkvakken zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Schorren	Aangrenzende dijkvakken
Schor bij Kats	26-27a
Schor bij de Zandkreek	35-36
Schor bij Krabbendijke	69b-71b
Schor bij Rattekaai	72b-77
Schorren bij Dortsman	101-106
Schor bij de Krabbenkreek	122b-126
Schor langs de Anna Jacobapolder	132-134
Schor bij Rumoirt	135-136
Schor bij de Grevelingendam	155
Schor bij Viane	148i-148j
Schor bij Gouweveer	154c-155a

Tabel 1: beschouwde schorren

Om te kunnen bepalen of de tot 2060 voorspelde achteruitgang van schorren consequenties heeft voor de in het verleden (voor het ontwerp van dijkbekledingen) afgegeven golfrandvoorwaarden, zijn voor elk schor de volgende zaken bekeken:

- Ligging van de in de golfberekeningen gehanteerde uitvoerpunten (ca. 50 meter vóór de dijk) waarop de golfrandvoorwaarden van de aan het schor grenzende dijkvakken gebaseerd zijn.
- Afgegeven golfrandvoorwaarden voor de betreffende dijkvakken (indien detailadviezen opgesteld zijn) en ruimtelijk verloop van golfcondities in de directe omgeving.

### *Afbakening:*

Uit de studie naar de ontwikkeling van schorren in de Oosterschelde is gebleken dat de schorren afhankelijk van de geografische ligging in meer of mindere mate vanaf de schorranden eroderen. Daarnaast is geconcludeerd dat de hoogte van resterende schorren niet afneemt. Tijdens storm vindt er golfbreking op de schorrand plaats. Achteruitgang van de schorranden heeft tot gevolg dat de golven dicht bij de dijk zullen breken, echter zolang er nog voldoende schor voor de dijk aanwezig is, zullen de golfrandvoorwaarden niet veranderen. Pas wanneer de schorrand dicht bij de dijk komt (nabij of zelfs achter de bij de golfberekeningen gehanteerde uitvoerpunten), heeft dit consequenties voor de golfrandvoorwaarden die door RIKZ zijn afgegeven voor de toetsing en het ontwerp van dijkbekledingen. In voorliggend memo worden dan ook alleen die (aan schorgrenzende) dijkvakken beschouwd waarvoor volgens de prognose in 2060 nauwelijks of geen schor meer aanwezig zal zijn.

## Resultaten

In tabel 2 is per schor aangegeven of er, uitgaande van de voorspelde ligging van de schorranden in 2060, consequenties verwacht worden voor de in detailadviezen afgegeven golfrandvoorwaarden voor de dijkbekledingen op aangrenzende dijken.

Schor	Consequenties voor maatgevende golfbelastingen voor aan schor gelegen dijkvakken
Schor bij Kats	Geen consequenties: de maatgevende uitvoerpunten waarop de golfrandvoorwaarden voor de achterliggende dijkvakken gebaseerd zijn liggen vóór het schor.
Schor bij de Zandkreek	Geen consequenties: de maatgevende uitvoerpunten waarop de golfrandvoorwaarden voor de achterliggende dijkvakken gebaseerd zijn liggen vóór het schor.
Schor bij Krabbendijke	Geen consequenties: de maatgevende uitvoerpunten waarop de golfrandvoorwaarden voor de achterliggende dijkvakken gebaseerd zijn liggen net vóór het schor.
Schor bij Rattekaai	Consequenties voor de golfrandvoorwaarden voor de dijkvakken 72b, 75 en 76 (zie toelichting 1 bij de tabel)
Schorren bij Dortsman	Consequenties voor de golfrandvoorwaarden voor dijkvak 106 (zie toelichting 2 bij de tabel)
Schor bij Krabbenkreek	Geen consequenties: westelijk van dijkvak 124 ligt weliswaar een stukje schor dat volgens de prognose zal verdwijnen, echter dit schor heeft geen invloed op de voor dit dijkvak afgegeven golfrandvoorwaarden.
Schor langs de Anna Jacobapolder	Consequenties voor de golfrandvoorwaarden voor dijkvak 132: halverwege het dijkvak komt de schorrand naar verwachting vóór 2060 bij de dijk (zie toelichting 3 bij de tabel)
	Consequenties voor de golfrandvoorwaarden voor dijkvak 133: langs een deel van dit dijkvak komt de schorrand naar verwachting vóór 2060 bij de dijk (zie toelichting 4 bij de tabel)
Schor bij Rumoirt	Geen consequenties: langs dijkvak 136 verdwijnt weliswaar een deel van het schor, echter dit heeft geen gevolgen voor de afgegeven golfrandvoorwaarden voor vak 136, omdat voor dit vak de hogere golfrandvoorwaarden van naastliggend (buiten het schor gelegen) dijkvak 137 zijn aangehouden (zie detailadvies 2007.01.49 Philipsdam)
Schor bij de Grevelingendam	Geen consequenties: de maatgevende uitvoerpunten waarop de golfrandvoorwaarden voor het achterliggende dijkvak gebaseerd zijn liggen vóór het schor.
Schor bij Viane	Geen consequenties: de maatgevende uitvoerpunten waarop de golfrandvoorwaarden voor het achterliggende dijkvak gebaseerd zijn liggen vóór het schor.
Schor bij Gouweveer	Geen consequenties: schorrand wordt tegen erosie beschermd door middel van een schorrandverdediging.

Tabel 2: overzicht van de eventuele consequenties van de achteruitgang van schorareaal voor de golfrandvoorwaarden voor de dijkbekleding op aangrenzende dijken.

*Toelichting bij tabel 2:*

1. De uitvoerpunten waarop de golfrandvoorwaarden voor de dijkvakken 72b, 75 en 76 gebaseerd zijn liggen op het schor dat volgens de prognose verdwijnt (zie bijlage 1 en 2) Voor dijkvak 72b zullen de golfrandvoorwaarden naar verwachting aanzienlijk toenemen indien het schor (met hoog schorklif) verdwijnt. Voor de dijkvakken 75 en 76 zal het verdwijnen van het schor (met laag schorklif) leiden tot een kleine toename van de waterdiepte. De golfbelastingen zullen hierdoor iets verhogen.
2. Door het terugtrekken van de schorrand wordt voor het noordelijke gedeelte van dijkvak 106a een toename van de golfrandvoorwaarden verwacht (zie bijlage 3) Door de grens tussen de dijkvakken 106a en 106b (in het nog door PBZ aan te vragen detailadvies) iets in zuidoostelijke richting te verschuiven kunnen voor dit deel de hogere (robuuste) golfrandvoorwaarden van naastliggend dijkvak 106b aangehouden worden.
3. Door het terugtrekken van de schorrand wordt voor een gedeelte van dijkvak 132 (zeer lokaal) een kleine toename van de golfrandvoorwaarden verwacht (zie bijlage 4). Door de direct ten noordoosten hiervan aanwezige schorrandverdediging iets in zuidwestelijke richting door te zetten kan een verhoging van de golfrandvoorwaarden voorkomen worden.
4. Door het terugtrekken van de schorrand langs de bocht in dijkvak 133 (zie bijlage 4) zullen de golfrandvoorwaarden naar verwachting toenemen. Langs dit traject zijn restanten van een oude schorrandverdediging aanwezig (aangegeven door Ad Beaufort). PBZ heeft plannen om deze oude schorrandverdediging op te knappen om erosie van het schor te voorkomen.

## **Conclusies**

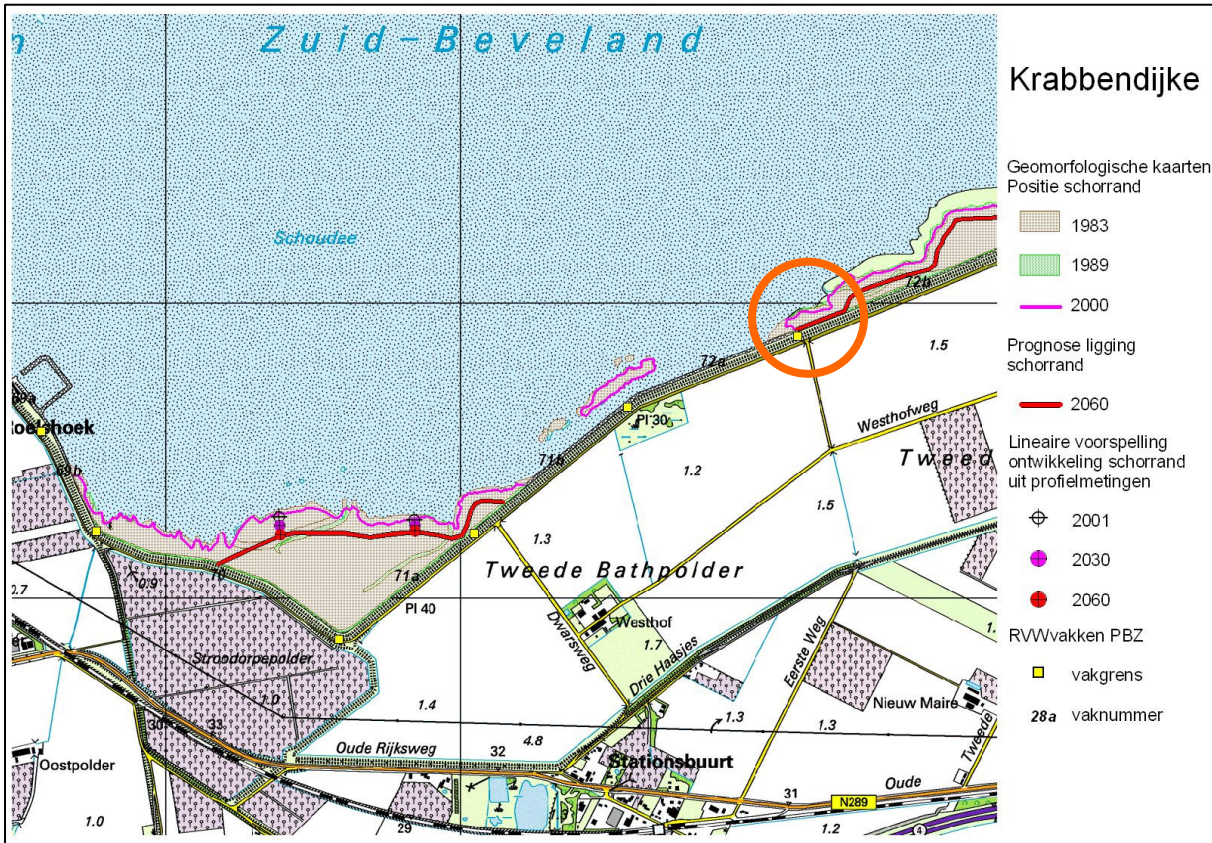
De achteruitgang van de schorren in de Oosterschelde zal naar verwachting voor een beperkt aantal dijkvakken consequenties hebben voor de golfrandvoorwaarden die het projectbureau Zeeweringen hanteert voor de toetsing en het ontwerp van dijkbekledingen. Het betreft de dijkvakken 72b, 75 en 76 bij Rattekaai, 106 bij Dortsman en 132 en 133 langs de Anna Jacobapolder. Voor dijkvak 106 zal in de toekomst nog een detailadvies geschreven worden. Hierin zal de schorprognose meegenomen worden bij de bepaling van de golfrandvoorwaarden. Voor de overige hierboven genoemde dijkvakken zijn in het verleden reeds detailadviezen geschreven, waarin golfrandvoorwaarden zijn vastgesteld ZONDER rekening te houden met achteruitgang van de schorrand. Voor deze dijkvakken is het van belang om maatregelen te treffen. Hierbij kan gedacht worden aan het treffen van beschermende maatregelen om de schorranden vast te leggen met behulp van een schorrandverdediging of het aanpassen (verhogen) van de golfrandvoorwaarden en daarmee ook het aanpassen van het ontwerp dat inmiddels al 'op de plank' ligt.

NB: Deze memo beschrijft de resultaten van de uitgevoerde verkenning naar de gevolgen van schorerosie voor de golfbelastingen op de achterliggende dijken. Naast het meenemen van deze resultaten in het ontwerp is het ook van belang om de nieuwe inzichten in schorontwikkelingen mee te nemen bij het dimensioneren van de teenconstructie. Voor die dijkvakken (of delen van dijkvakken) waarvoor het schor volgens de prognose volledig verdwijnt, zullen in het ontwerp maatregelen moeten worden getroffen om de stabiliteit van de bekleding voor de lange termijn (tot 2060) te kunnen garanderen. Maatregelen kunnen bestaan uit het doorzetten van de teen in het volgens de prognose verdwijnend schor of het treffen van beschermende maatregelen om schorerosie tot aan de dijk te voorkomen. Voor de prognose van de ligging van de schorranden in 2060 wordt verwezen naar [lit 1]

### **Literatuur**

Lit 1: Hordijk, D: 'Prognose schor en slijk ontwikkelingen Oosterschelde, d.d. 21 maart 2007, ref. RIKZ/KW/2007.103w (en bijbehorende brief met kenmerk 2007/05205)

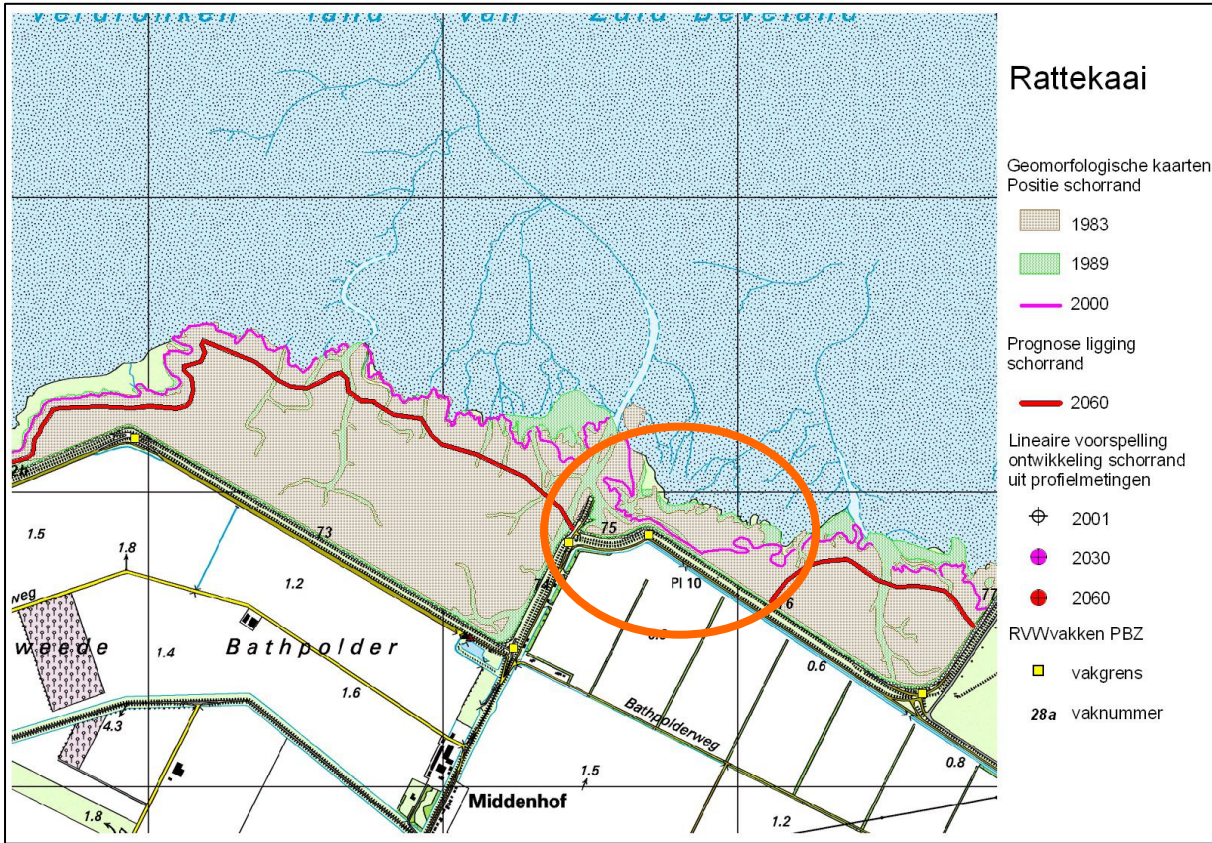
**Bijlage 1: schorprognose Rattekaai (dijkvak 72b)**



Traject waarvoor de maatgevende golfbelastingen naar verwachting zullen toenemen indien geen beschermende maatregelen worden getroffen om de schorerosie te remmen, is aangegeven met een oranje cirkel.

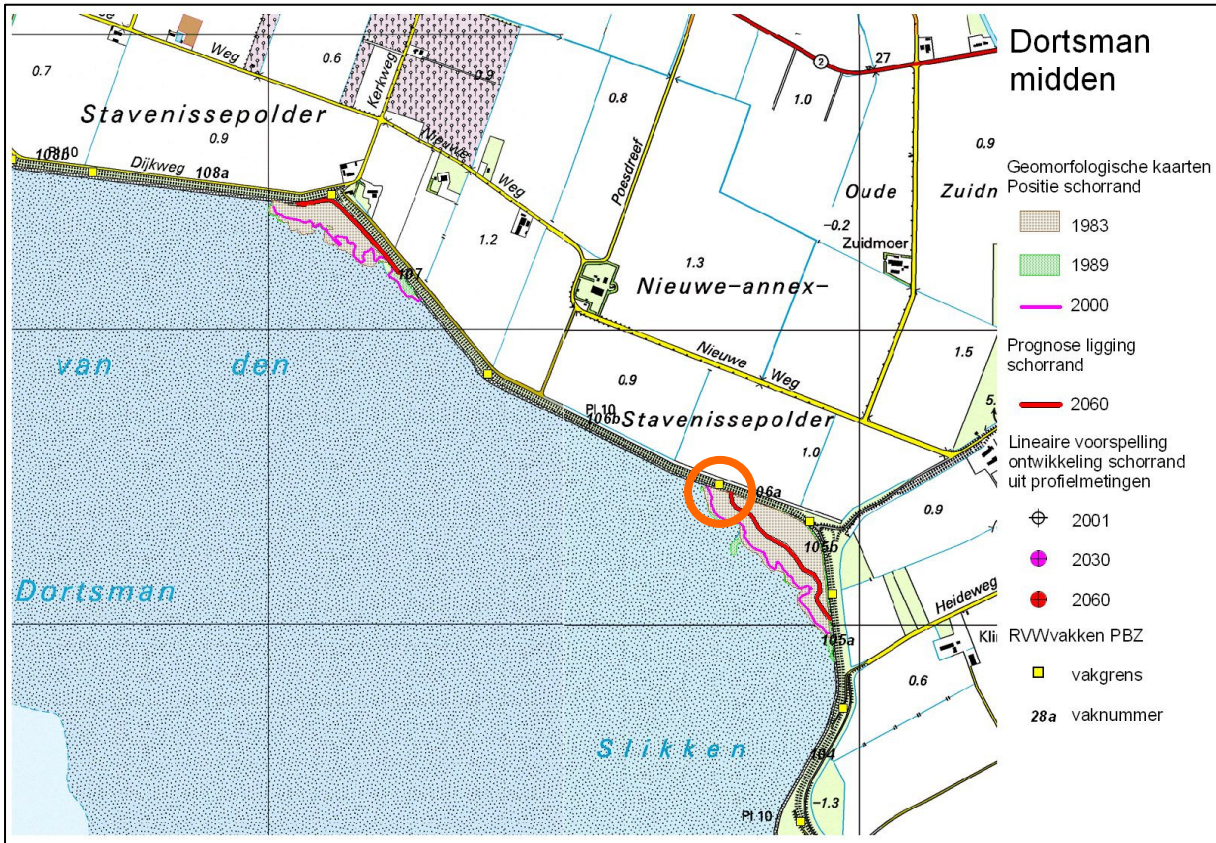


**Bijlage 2: schorprognose Rattekaai (dijkvakken 75 en 76)**



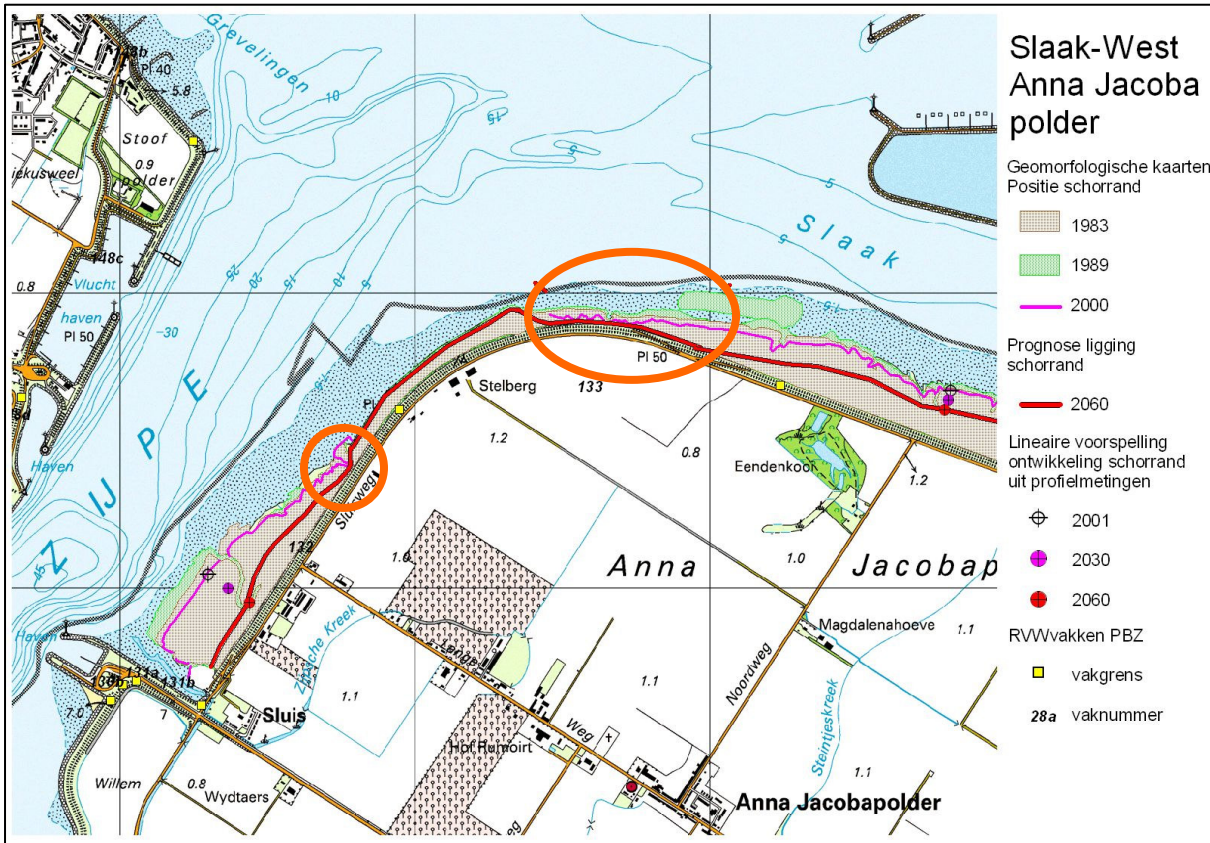
Traject waarvoor de maatgevende golfbelastingen naar verwachting enigszins zullen toenemen indien geen beschermende maatregelen worden getroffen om de schorerrosie te remmen, is aangegeven met een oranje cirkel.

**Bijlage 3: schorprognose Dortsman (dijkvak 106)**



Traject waarvoor de maatgevende golfbelastingen naar verwachting zullen toenemen indien geen beschermende maatregelen worden getroffen om de schorerosie te remmen, is aangegeven met een oranje cirkel.

**Bijlage 4: schorprognose Anna Jacobapolder (dijkvakken 132 en 133)**



Trajecten waarvoor de maatgevende golfbelastingen naar verwachting zullen toenemen indien geen beschermende maatregelen worden getroffen om de schorerosie te remmen, zijn aangegeven met oranje cirkels.

## **Bijlage 1.8** **Inventarisatie problemen spreadsheet havens**

## MEMO Inventarisatie problemen spreadsheet havens

Aan : Dennis Hordijk (RIKZ)  
Van : Pol van de Rest  
Tweede lezer : Maarten Jansen  
Datum : 13 augustus 2007  
Betreft : Opdracht 2007.06.59 van mantelovereenkomst RKZ-1563  
Status : Definitief  
Ref. Svasek : PvdR/1340/D07333/B

---

### 1. Inleiding

In de reguliere tabellen met ontwerpwaarden van 1999 zijn geen golfcondities opgenomen in havenbekkens. Inmiddels is een bruikbare methodiek ontwikkeld om golven in havenbekkens te bepalen. Deze is in 2004 opgenomen in het Voorschrift Toetsen op Veiligheid [ref x]. Dit is de zogenaamde spreadsheet "Rekeninstrument - Golfbelasting in Havens - v2-0.xls". De spreadsheetmethode maakt gebruik van de diffractiediagrammen uit de handleiding [ref 1], welke zijn afgeleid uit de Shore Protection Manual [ref 2].

Bij het gebruik van de spreadsheet "Rekeninstrument - Golfbelasting in Havens - v2-0.xls" zijn er echter een aantal situaties waarin de spreadsheet foutmeldingen en/of onnodig conservatieve waarden geeft met betrekking tot deze diagrammen. In deze memo worden de problemen die optreden bij het gebruik van de spreadsheet geïnventariseerd en worden tips gegeven om deze problemen te voorkomen en/of op te lossen.

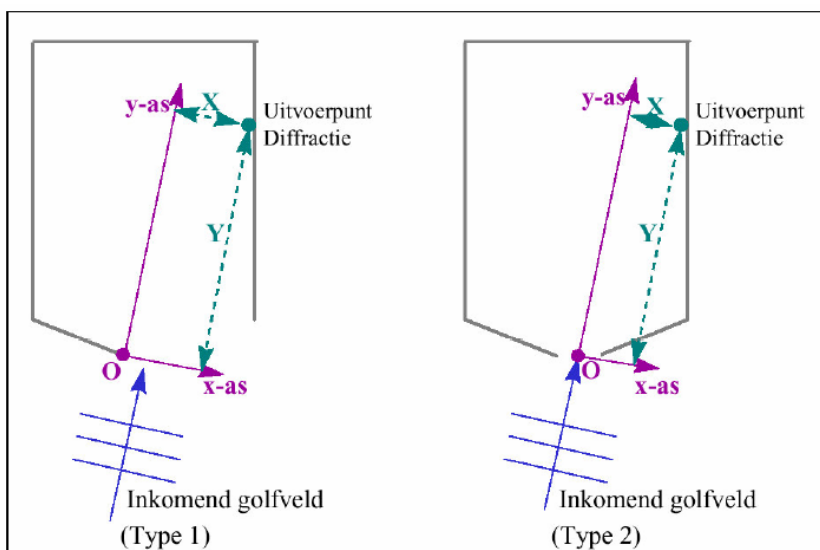
### 2. Inventarisatie problemen

#### 2.1 Beschrijving diffractiediagrammen spreadsheetmethode

De spreadsheetmethode maakt gebruik van de diffractiediagrammen uit de handleiding [ref 1], welke zijn afgeleid uit de Shore Protection Manual [ref 2]. Deze diagrammen geven voor eenvoudige situaties standaardoplossingen van de analytische berekening van diffractie per frequentie van een aangepast Bretschneider spectrum. Aangezien de oplossingen niet erg gevoelig zijn voor de vorm van het energiespectrum, wordt aangenomen dat de oplossingen ook van toepassing zijn op een JONSWAP-spectrum. De oplossingen worden gepresenteerd in de vorm van een diffractiecoëfficiënt  $K_d$ , gedefinieerd als het quotiënt van de gediffracteerde golfhoogte ( $H_d$ ) en de inkomende golfhoogte ( $H_i$ ) en zijn bepaald voor zowel situaties met één halfoneindige golfbreker als voor twee half-oneindige golfbrekers met een opening  $B$  (voor verhoudingen van openingsbreedte/golflengte ( $B/L$ ) 1, 2, 4 en 8).

Wanneer de opening breder wordt dan ongeveer 5 golflengtes ( $B/L > 5$ ) zullen golfbrekeruiteinden elkaar niet meer beïnvloeden en kan de oplossing op een punt bepaald worden uit de superpositie van de oplossingen voor twee halfoneindige golfbrekers. De oplossingen zijn wel gevoelig voor de mate van richtingspreiding van het golfveld. De maat voor de richtingspreiding wordt in de Shore Protection Manual [ref 2] aangeduid met de parameter  $S_{max}$ . Omdat de handleiding [ref 1] adviseert altijd  $S_{max} = 10$  (lokaal opgewekte golven domineren) te gebruiken wordt in deze memo alleen deze richtingspreiding ( $S_{max} = 10$ ) beschouwd.

In de handleiding bij de spreadsheet [ref 1], zijn de diagrammen uit de Shore Protection Manual in numerieke tabelvorm geschematiseerd opgenomen. De figuren uit Shore Protection Manual zijn weergegeven in Bijlage 1. Hierbij is voor elke cel in de tabel de waarde gegeven die het beste de lokale oplossing benadert. Tussen de iso-lijnen van de diffractiediagrammen is niet geïnterpoleerd, maar is de hoogste waarde aangehouden van de twee omhullende iso-lijnen. Hierdoor ontstaat een getrapt patroon. Door deze vereenvoudiging van de oplossing zal de  $K_d$ -waarde ter plaatse in het algemeen enigszins overschat worden (nooit onderschat!) ten opzichte van de  $K_d$ -waarde die zou volgen uit nauwkeurige, lineaire interpolatie. De overschatting van de  $K_d$ -waarde zou maximaal 10% bedragen.



Figuur 1: Definitie assenstelsel in de diffractie diagrammen

De locaties van het uitvoerpunten in de haven worden opgegeven in de vorm van coördinaten in een x,y-assenstelsel:

- in het midden van de opening in een situatie met twee havendammen of
- op het uiteinde van de havendam in een situatie met één havendam.

De y-as is gedefinieerd als de as die parallel loopt aan de inkomende golfrichting en de x-as staat loodrecht op de y-as. Zie Figuur 1 voor een weergave van de hierboven beschreven definities.

## 2.2 Problemen/onvolkomenheden uit vorige adviezen

De spreadsheetmethode maakt gebruik van de diffractiediagrammen uit de handleiding [ref 1]. In een eerdere studies [ref 2, 4, 5] is gebleken dat in een aantal situaties de spreadsheet onnodig conservatieve of onjuiste waarden geeft met betrekking tot deze diagrammen. Dit gebeurt vooral in het geval van een relatief lage verhouding van X en/of Y ten opzichte van de golflengte L, waarbij de toepassing in principe buiten het bereik van de diffractiediagrammen valt en de spreadsheet een onnodig conservatieve waarde voor de diffractie coëfficiënt ( $K_d$ ) aanneemt. De spreadsheet blijkt dan namelijk in plaats van de  $K_d$ -waarde uit de tabel de  $X/L$  en/of  $Y/L$ -waarde aan te houden. In eerdere studies [bijv. ref 2] zijn daarom een aantal aanpassingen in de spreadsheet doorgevoerd, zodat de combinaties van van X en Y ten opzichte van de golflengte L binnen het bereik van de diffractiediagrammen vallen.

Het betreft de volgende aanpassingen:

Indien $X/L_{0,p} > 6$ en $Y/L_{0,p} < 1$	→	$Y = 1.10 * L_{0,p}$	(zie bv Figuur 2)
Indien $X/L_{0,p} > 3$ en $Y/L_{0,p} < 0.5$	→	$Y = 0.51 * L_{0,p}$	(zie bv Figuur 2)
Indien $X/L_{0,p} < 1$ en $Y/L_{0,p} > 4$	→	$X = 1.10 * L_{0,p}$	(zie bv Figuur 3)

In deze memo zal bekeken worden of er nog meer situaties optreden waarbij de spreadsheet onnodige conservatieve waarde geeft.

### 3. Aanpassingen spreadsheetmethode

Er kunnen twee types diffractiediagrammen onderscheiden worden, namelijk:

- Type 1: halfoneindig lange golfbreker
- Type 2: opening in een oneindig lange golfbreker

Voor Type 1 zijn er geen problemen waargenomen en daarom zal alleen Type 2 verder wordt beschouwd.

Er kunnen verschillende situaties optreden, waarbij de spreadsheet onnodig conservatieve waarden geeft doordat deze buiten het bereik van de diffractiediagrammen vallen, namelijk:

- 1) Hoge waarde voor  $X/L_0$  en lage waarde voor  $Y/L_0$
- 2) Lage waarde voor  $X/L_0$  en hoge waarde voor  $Y/L_0$
- 3) Negatieve waarde van  $X$  en/of  $Y$

Bovenstaande situaties zullen in de volgende paragrafen besproken worden:

#### 3.1. Hoge waarde voor $X/L_0$ en lage waarde voor $Y/L_0$

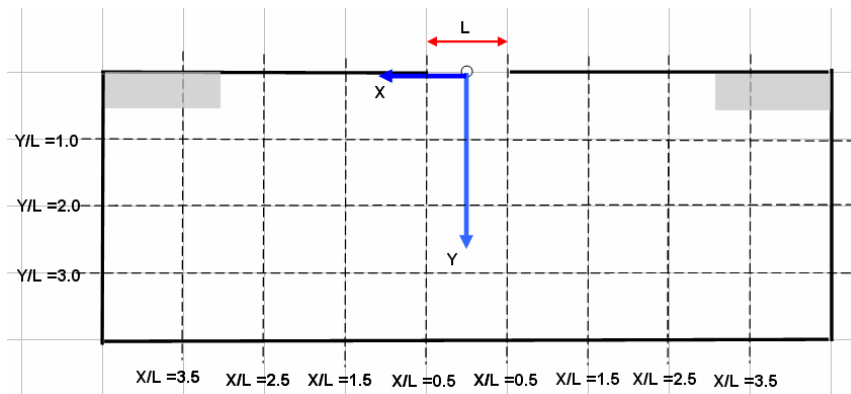
De diffractiecoëfficiënt ( $K_d$ ) blijkt sterk overschat te worden in een aantal situaties, welke zijn aangegeven in Tabel 1.

Waarde van $B/L_0$	voorwaarde	Waarde spreadsheet	Juiste waarde
1.0	$X/L_0 > 3$ en $Y/L_0 < 0.5$	$K_d = 3.0$	$K_d = 0.3$
2.0	$X/L_0 > 6$ en $Y/L_0 < 1.0$	$K_d = 6.0$	$K_d = 0.15 - 0.2$
4.0	$X/L_0 > 12$ en $Y/L_0 < 2.0$	$K_d = 12.0$	$K_d = 0.1 - 0.15$
8.0	$X/L_0 > 24$ en $Y/L_0 < 4.0$	$K_d = 24.0$	$K_d = 0.1 - 0.15$

Tabel 1: Situaties waarbij een overschatting van  $K_d$  plaatsvindt

In Tabel 1 is in de derde kolom aangegeven welke waarde in die betreffende situatie door de spreadsheet wordt gegeven. In de vierde kolom is de waarde voor de diffractiecoëfficiënt gegeven die overeenkomt met de diagrammen uit Shore Protection Manual [ref 2 en Bijlage 1], welke waarde wel realistisch zijn.

In Figuur 2 is een voorbeeld van de situatie  $X/L_0 > 3$  en  $Y/L_0 < 0.5$  gegeven, waarbij  $B/L_0 = 1.0$ . Met de grijze arceringen is het gebied weergegeven, waar de diffractiecoëfficiënt overschat wordt. De andere drie situaties uit Tabel 1 komen in principe op hetzelfde neer.



Figuur 2: Voorbeeld overschatting van  $K_d$ , waarbij  $X/L > 3$  en  $Y/L < 0.5$  (grijze arcering)

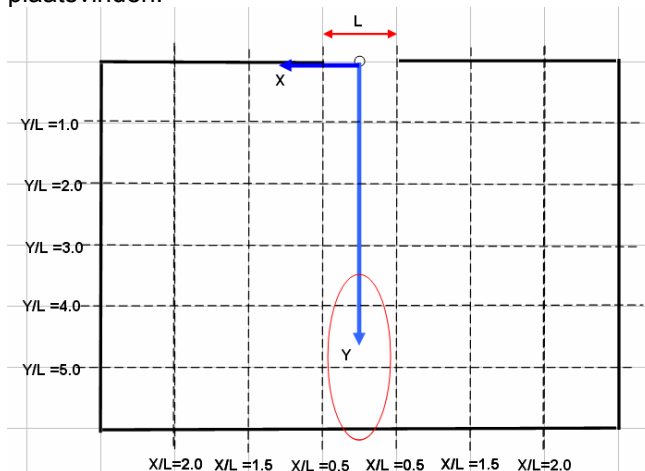
Indien de Y-waarde in die betreffende situaties worden gecorrigeerd treedt deze overschatting niet meer op. De Y-waarde kunnen op de volgende wijze gecorrigeerd worden:

Indien	Correctie Y-waarde
$X/L_0 > 3$ en $Y/L_0 < 0.5$	$Y = 0.51 * L_0$
$X/L_0 > 6$ en $Y/L_0 < 1.0$	$Y = 1.01 * L_0$
$X/L_0 > 12$ en $Y/L_0 < 2.0$	$Y = 2.01 * L_0$
$X/L_0 > 24$ en $Y/L_0 < 4.0$	$Y = 4.01 * L_0$

In de figuren in Bijlage 1 is te zien dat correctie van de Y-coördinaten geen onderschatting van de diffractiecoëfficiënt veroorzaakt.

### 3.2. Lage waarde voor $X/L_0$ en hoge waarde voor $Y/L_0$

Een voorbeeld van deze situatie is weergegeven in Figuur 3. Er blijken geen grove overschattingen van de diffractie coëfficiënten voor te komen in deze situatie. In enkele situaties kan een relatief kleine verandering van  $X/L_0$  wel een grote verandering van  $K_d$  van 0.2 veroorzaken. Dit wordt veroorzaakt door enerzijds afronding op één decimaal en anderzijds indien beide waarden van  $X/L_0$  net op een overgang van de ene naar een andere waarde zitten. Een overschatting van meer dan 10% kan hierdoor echter niet plaatsvinden.



Figuur 3: Voorbeeld van situatie met lage waarde voor  $X/L$  en hoge waarde voor  $Y/L$



### 3.3. Negatieve X-waarden

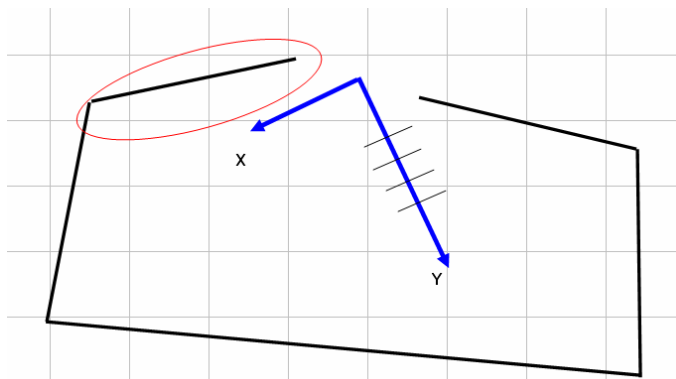
Negatieve X-waarden kunnen bij een Type 2 diffractiediagram niet voorkomen. De spreadsheet geeft echter bij invoer van negatieve X-waarden wel uitvoer en deze uitvoer is niet gelijk aan de uitvoer bij dezelfde, maar positieve waarde van X. De gebruiker dient daarom oplettend te zijn dat er geen negatieve X-waarden worden ingevoerd. Een andere mogelijkheid is om de spreadsheet aan te passen, zodat de absolute waarden van X worden gebruikt in de berekening.

### 3.4. Negatieve Y-waarden:

Soms kan het voorkomen dat er negatieve waarde voor de Y-waarden voorkomen. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 4. De spreadsheet geeft in die gevallen gewoon uitvoer. Deze uitvoer blijkt in geen enkel geval een onderschatting te geven. Wel krijg je soms hele grote sprongen in uitvoer (zie onderstaand voorbeeld).

*Voorbeeld met negatieve Y-waarde:*  
 Stel  $B = 100$  m,  $T_p = 8$  s,  $L_0 = 100$  m  
 → Indien  $X = 68$  m en  $Y = -20$  m dan  $K_d = 1,0$   
 → Indien  $X = 70$  m en  $Y = -20$  m dan  $K_d = 0,5$

In veel gevallen blijkt er wel een grove overschatting van de  $K_d$  tot wel 50% te worden gemaakt. In deze situaties kan overschatting worden voorkomen door Y gelijk te stellen aan nul. In plaats van Y gelijk te stellen aan nul kan ook overwogen worden om de bijbehorende windrichtingen uit te sluiten. Daarbij moet de gebruiker zeker zijn dat deze windrichtingen niet maatgevend kunnen zijn, waarbij transmissie niet moet worden onderschat.



Figuur 4: Voorbeeld van situatie met negatieve Y-waarde (zie rode ovaal)

#### 4. Conclusies

Er blijkt in een aantal situaties een grove overschatting van de diffractie coëfficiënt op te treden. Door de Y-waarden te corrigeren op de volgende wijze treedt deze overschatting niet meer op:

<b>Indien</b>	<b>Correctie Y-waarde</b>
$X/L_0 > 3$ en $Y/L_0 < 0.5$	$Y = 0.51 * L_0$
$X/L_0 > 6$ en $Y/L_0 < 1.0$	$Y = 1.01 * L_0$
$X/L_0 > 12$ en $Y/L_0 < 2.0$	$Y = 2.01 * L_0$
$X/L_0 > 24$ en $Y/L_0 < 4.0$	$Y = 4.01 * L_0$

Daarnaast dient de gebruiker van de spreadsheet goed op te letten bij negatieve waarden van X. Bij diffractiediagram Type 2 dient de absolute waarde van X toegepast te worden.

Bij negatieve waarden van Y dient Y gelijk te worden gesteld aan nul.

#### 5. Aanbevelingen

De spreadsheet zou op een aantal punten verbeterd kunnen worden om het gebruikersgemak te vergroten, namelijk:

- De spreadsheet is niet bruikbaar bij de Engelstalige versie van EXCEL. In dat geval wordt Waar/Onwaar True/False, maar dit verandert niet mee in de macro's)
- Indien er formules ingevuld worden in de spreadsheet verdwijnen deze na een berekening. Het zou handig zijn indien deze blijven staan.
- In de laatste kolom van de spreadsheet wordt nu aangegeven of de berekening buiten het bereik van de diffractiediagrammen valt. Handig zou zijn als er aangegeven wordt of X/L of Y/L buiten het bereik vallen.
- In het geval van alleen diffractie is het eenvoudig om ook de golfrichting te berekenen. Dit kan bruikbaar zijn voor het ontwerp.

## Referenties

- [1] RIKZ 2004  
Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied  
RIKZ\2004.001, d.d. 15 februari 2004-12-21
- [2] Coastal Engineering Research Center, Department of the Army, 1984  
Shore Protection Manual
- [3] Svašek Hydraulics  
Revisie detailadvies haven Colijnsplaat  
PvdR/06727/1417; d.d. 19 december 2006
- [4] Svašek Hydraulics  
Golfcondities haven Colijnsplaat bij versmalde havenopening  
MB/06728/1417; d.d. 19 december 2006
- [5] Svašek Hydraulics  
Berekening golfcondities haven Wemeldinge  
PvdR/1429/D07116/B; d.d. 7 maart 2007

**Bijlage 1**  
**Diffractiediagrammen Shore Protection Manual**

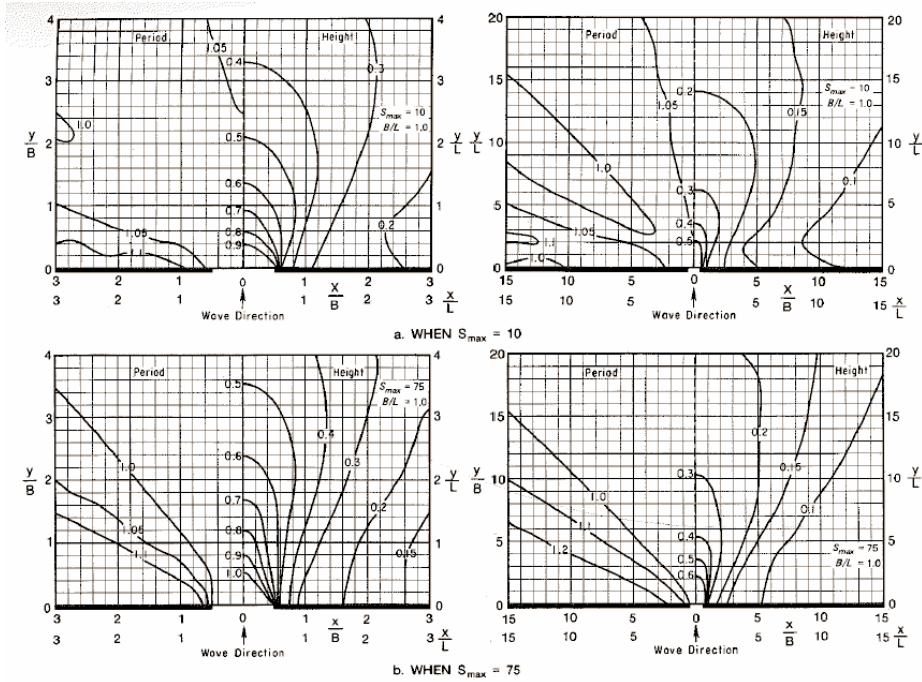


Figure 7-62. Diffraction diagrams of a breakwater gap with  $B/L = 1.0$  for directional random waves of normal incidence.

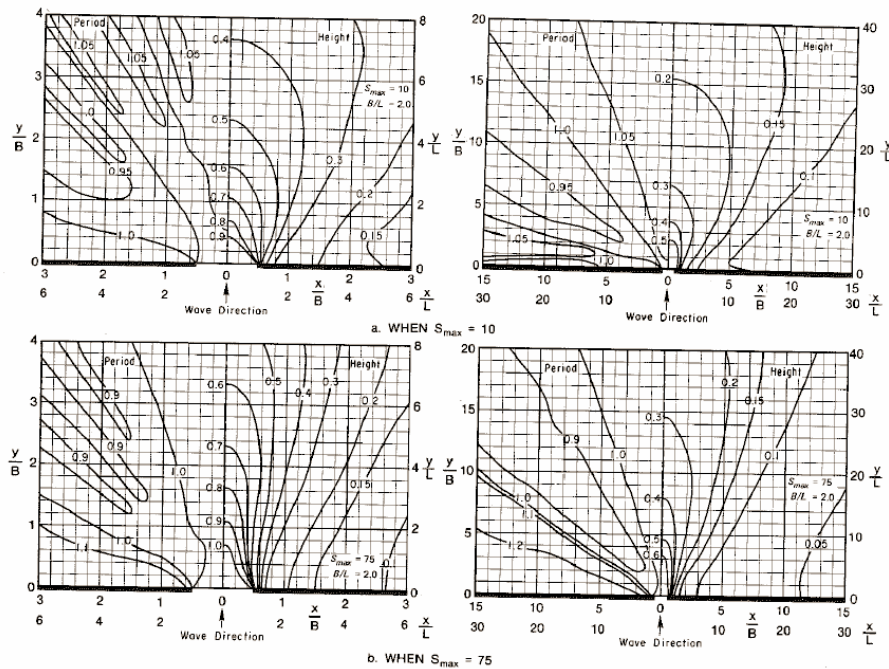


Figure 7-63. Diffraction diagrams of a breakwater gap with  $B/L = 2.0$  for directional random waves of normal incidence.

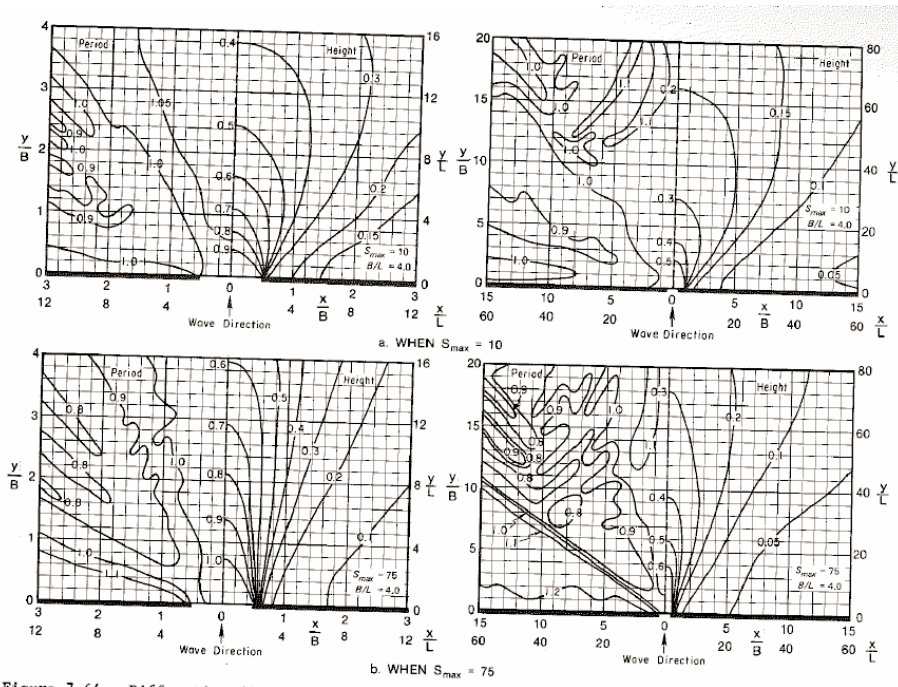


Figure 7-64. Diffraction diagrams of a breakwater gap with  $B/L = 4.0$  for directional random waves of normal incidence.

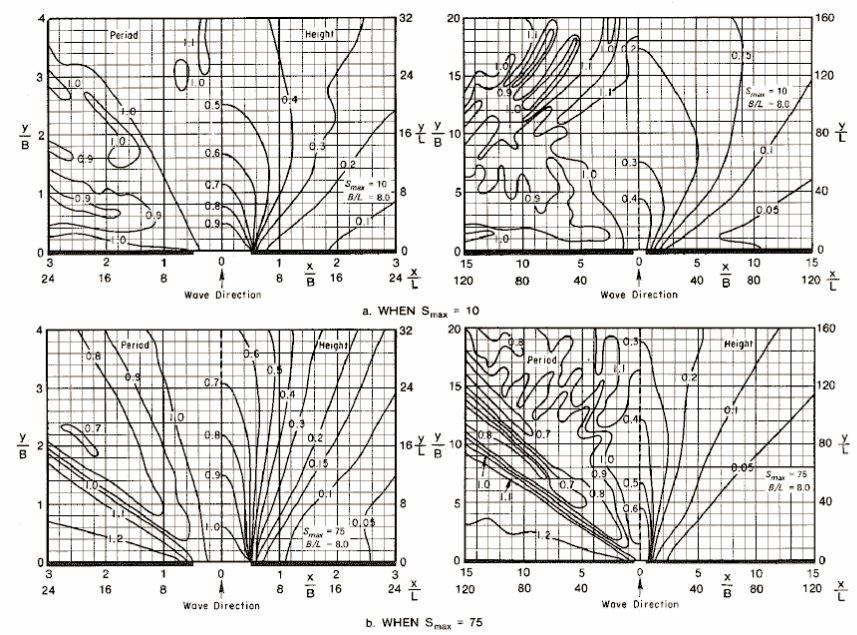


Figure 7-65. Diffraction diagrams of a breakwater gap with  $B/L = 8.0$  for directional random waves of normal incidence.

## **Bijlage 1.9** **Maatgevende belastingsfunctie**

## MEMO maatgevende belastingsfunctie

---

Aan : Dennis Hordijk, RIKZ  
Van : Pol van de Rest  
2e Lezer: Maarten Jansen  
Datum : 4 april 2007  
Ref : PvdR/1340/D07113/B  
Betreft: Opdracht 2007.01.50 van mantelovereenkomst RKZ-1563  
Status : Definitief  
Aanvraag: Yvo Provoost

---

### 1 Inleiding

Door Svasek/Royal Haskoning worden voor het RIKZ detailadviezen geschreven die gebruikt kunnen worden bij het ontwerp van dijken langs de Westerschelde en Oosterschelde. Hierbij wordt in toekomstige detailadviezen ook aangegeven welke tabel (Z1, Z2, Z3) maatgevend is. Dit is op basis van een eerder door Svasek uitgevoerde studie naar belastingfuncties [ref 1, 2].  
Deze memo richt beschrijft de ontwikkeling van een tool in Excel, waarmee eenvoudig op basis van  $H_s$  en  $T_{pm}$  en enkele karakteristieken van het dijklichaam, bepaald kan worden welke tabel maatgevend is.

### 2 Achtergrond

In 1998 heeft het RIKZ golfcondities bepaald voor de Westerschelde en in 2001 voor de Oosterschelde [ref 3]. Hierbij zijn voor alle dijkvakken golfcondities afgeleverd t.b.v. het ontwerpen van de dijkbekledingen, op verschillende hoogten bij verschillende waterstanden. Vanwege de complexiteit en diversiteit van de dijkbekleding formules is er tot nu toe voor gekozen om golfcondities af te leveren voor 3 klassieke (fictieve) belastingfuncties, waarbij het aandeel van golfhoogte en golfperiode varieert. Dit geldt alleen voor de Oosterschelde, want voor de Westerschelde zijn alleen randvoorwaarden voor Z1 ( $H_s * T_{pm}$ ) afgegeven en niet voor Z2 en Z3. De klassieke belastingfuncties zijn:

Klassieke belastingfunctie 1:  $Z1 = H_s * T_{pm}$

Klassieke belastingfunctie 2:  $Z2 = H_s * T_{pm}^2$

Klassieke belastingfunctie 3:  $Z3 = H_s^2 * T_{pm}$

met:

$H_s$             significante golfhoogte            (m)

$T_{pm}$             piekperiode golven            (s)

Het Projectbureau Zeeweringen gebruikt voor de toetsing en ontwerp van (steen)bekledingen de formules uit het Voorschrift Toetsen op Veiligheid [ref 4]. Voorafgaande aan de toetsing en ontwerp bepaalt PBZ zelf welke van de drie randvoorwaarden sets (Z1, Z2, of Z3) maatgevend is. De maatgevende set wordt vervolgens aangehouden voor het ontwerp.

Door Svasek is in 2006 bepaald welke klassieke belastingfunctie geldig is voor de belastingfuncties die ontwerpers gebruiken [ref 2]. Hierbij is gekeken naar de volgende belastingfuncties:

- Afschuiving toplaag
- Kruinhoogte (golfoploop en golfoverslag)
- Asfaltbekledingen
- Gras/kleibekledingen
- Steenbekledingen

In deze memo zullen echter alleen steenbekledingen (betonzuilen) beschouwd worden. **Doel** van de werkzaamheden is om een tool te ontwikkelen waarmee op basis van de tabellen Z1, Z2 en Z3 en overige kenmerken van het dijklichaam de maatgevende tabel bepaald kan worden voor steenbekledingen (betonzuilen), zodat de ontwerpers en toetsers zelf niet meer 3 tabellen met golfcondities hoeven door te rekenen om de maatgevende randvoorwaarden set te bepalen.

### 3 Werkwijze

Voor het ontwikkelen van de tool om de maatgevende tabel te bepalen zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Analyse van de maatgevende condities en achtergrond ontwerpformules
- Overzetten van de ontwerpformules van STEENTOETS naar Excel [ref 5]
- Integreren van de ontwerpformules in de macro's waarmee de tabellen voor de klassieke belastingfuncties bepaald worden.

Uit de studie van Svasek in 2006 zijn volgende conclusies bepaald met betrekking tot de klassieke belastingfuncties [ref 2]:

**Voor steenzetting geldt:**

Als  $H_s \cdot \xi^2 / \text{lekhooft} \geq 28$   
 Hoofdzakelijk belastingfunctie Z1 ( $=H_s \cdot T_{pm}$ ) maatgevend.

Als  $H_s \cdot \xi^2 / \text{lekhooft} < 28$   
 Hoofdzakelijk belastingfunctie Z3 ( $=H_s^2 \cdot T_{pm}$ ) maatgevend.

In de spreadsheet wordt uitgegaan van dezelfde voorwaarden. De waarden van  $\xi$  en de lekhooft worden bepaald met behulp van de formules uit de documentatie STEENTOETS [ref 5]. De karakteristieken van het dijklichaam kunnen door de gebruiker handmatig ingevoerd en gewijzigd worden. De volgende karakteristieke kunnen ingevoerd en gevarieerd worden:

parameter		betekenis
D	=	dikte toplaag_D [m]
B	=	Bekleding Toplaag_D [m]
L	=	Bekleding Toplaag_L [m]
Delta	=	Delta Toplaag [-]
f	=	Wrijving
tan( $\alpha$ )	=	taludhelling



Buitv	=	filterlaag_b [m]
n1	=	porositeit filterlaag [-]
d15_1	=	d15 filterlaag [m]
g	=	Valversnelling [m2/s]
v	=	viscositeit [m2/s]
s	=	Spleetbreedte [mm]
n_inwas	=	porositeit inwasmateriaal [-]
d15_inwas	=	d15 inwasmateriaal [m]

#### 4 Te volgen stappen voor maken tabellen

Het maken van de tabellen bestaat uit 2 stappen:

##### 1. het berekenen van de waarden in matlab

Het omzetten van de golfcondities naar tabellen in Matlab, waarbij een Excel-file genaamd **rvw-tabel\_nw\_corr\_2007\_all\_onafgerond.xls** wordt aangemaakt.

##### 2. Maken tabellen in Excel

Vervolgens wordt in de nieuwe Excel-file een macro gerund, waardoor voor elk dijkvak en waterstand zowel  $\xi$  als de lekhoogte als de maatgevende belastingscombinatie wordt bepaald (Z1 of Z3). De karakteristieken van het dijklichaam kunnen nu gevarieerd worden, zonder dat de macro opnieuw gerund hoeft te worden. Het effect van variërende karakteristieken van het dijklichaam op de maatgevende belastingscombinatie is direct af te lezen.

## Referenties

- [1] Geschematiseerde belastingsfuncties Oosterschelde, t.b.v. het vaststellen van richtingsafhankelijke golfbelasting.  
Svasek Hydraulics, Jansen.M.  
Ref: MJA/03027/1284.1 d.d. 15 januari 2004
- [2] Toepasbaarheid klassieke belastingfuncties Oosterschelde per dijkbekleding.  
Svasek Hydraulics, Boomgaard, van den. M.  
Projectnummer: 1340\_20060742;  
Ref: MJ/06583/1340, d.d. oktober 2006
- [3] Golfberekeningen Oosterschelde. Golfbelasting voor het ontwerpen van dijkbekledingen, Rijkswaterstaat, RIKZ, RIKZ/2001.006, januari 2001.
- [4] Voorschrift Toetsen op Veiligheid, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 2004
- [5] Documentatie STEENTOETS 4.05.  
Delft Hydraulics, november 2005.

**Bijlage 2.1**  
**Waterstanden Oosterschelde voor Adviesdiensten**  
**Oosterschelde en Westerschelde**

# Hoog- en laagwaterstand en ontwerppeil per dijkvak Oosterschelde

---

Aan	:	Annette Kieftenburg (Deltares)
Van	:	Maarten Jansen
Tweede lezer	:	Pol van de Rest
Datum	:	16 juni 2010
Betreft	:	Opdracht RKZ-1906.016 Waterstanden Oosterschelde voor Adviesdiensten OS/WS
Status	:	goedgekeurd
Ref. Svasek	:	MJ/1463/U10040/A

---

## 1 Inleiding

Het projectbureau Zeeweringen brengt momenteel de dijkbekledingen langs de Oosterschelde op voldoende sterkte. Svašek/Royal Haskoning adviseert het projectbureau Zeewering ten aanzien van golfcondities voor het ontwerp van de Zeeweringen.

Naast de golfcondities worden in het ontwerpproces ook verschillende waterstanden gebruikt. Hierbij gaat het om het ontwerppeil en de hoog- en laagwaterstanden bij gemiddeld tij, springtij en doottij. Hiervoor werden eerder waarden afgegeven door het RIKZ [ref.1], waarbij de ontwerppeilen waren gebaseerd op de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 [ref.2].

Dit document beschrijft de aangepaste randvoorwaarden die aansluiten bij de HR2006 [ref.3].

## 2 Doelstelling

Het samenstellen van een tabel met voor elk dijkvak langs de Oosterschelde het ontwerppeil en de hoog- en laagwaterstanden bij gemiddeld tij, springtij en doottij. De ontwerppeilen van deze tabel sluiten aan op de toetspeilen van de HR2006.

## 3 Aanpak

### 3.1 Bepalen hoog- en laagwaterstanden bij gemiddelde tij, springtij en doottij per dijkvak

De basis voor de hoog- en laagwaterstanden is Tabel III van het getijtafelboekje [ref.4]. Voor gemiddeld tij, spring- en doottij zijn hierin de hoog- en laagwaterstanden gegeven (Slotgemiddelde 1991.0, [ref.5]) op de volgende vier meetstations:

- Roompot binnen
- Krammersluizen west
- Stavenisse
- Bergsche Diepsluis West

De ligging van deze meetstations is in Figuur 1a t/m 1f weergegeven, met een sterretje in een rode cirkel. De waterstanden per dijkvak worden bepaald door interpolatie van de waterstanden van o.a. deze locaties. Om de nauwkeurigheid van de interpolatie te vergroten is een methode gezocht om extra waterstandslocaties (aangegeven met een



sterretje in Figuur 1a t/m 1f) aan de vier meetstations toe te voegen. Uitgangspunt daarbij is dat de getijslag vooral afhangt van de afstand tot de monding van de Oosterschelde. In breedterichting van de waterloop wordt de getijslag constant verondersteld. Dit volgt ook uit modelberekeningen met IMPLIC en WAQUA [ref.6].

De waterstanden van meetstation Roompot Binnen aan de zuidkant van de Oosterschelde worden daarom ook aan de noordkant opgelegd (Hammen). Deze methode leidt tot een zogenaamd spiegelpunt van de meetlocatie aan de overzijde. Ook de hoog- en laagwaterstanden van meetstation Bergsche Diepsluis West aan de noordoever worden op een gespiegelde positie aan de zuidzijde van de Oosterschelde opgelegd, nabij Krabbendijke. Voor de bepaling van de locatie van dit fictieve gespiegelde punt is gekeken naar resultaten van 1D-modelberekeningen [ref.6].

Achter in de Krabbenkreek is in de 1D-modelberekeningen een vergroting van de getijslag t.o.v. de monding van de Krabbenkreek te zien. Om dit tot uitdrukking te brengen in de slotgemiddelde waterstanden, zijn om te beginnen de waterstanden in de monding van de Krabbenkreek door interpolatie tussen de Krammersluizen en Stavenisse bepaald. Vervolgens zijn deze waterstanden van de monding van de Krabbenkreek doorvertaald richting het oosten van de Krabbenkreek door bij de hoogwaterstand achterin de Krabbenkreek 10 cm op te tellen, en bij de laagwaterstand 10 cm af te trekken.

Uiteindelijk zijn onderstaande negen waterstandslocaties gebruikt om met behulp van lineaire interpolatie op basis van het tussenliggend aantal kilometers dijk voor alle dijkvakken van de Oosterschelde de waterstanden te bepalen. De ligging van de locaties is weergegeven in Figuur 1a t/m 1f met zwarte sterretjes. Bij de meetpunten uit het meetnet is een rode cirkel toegevoegd.

Locatie	Waarden voor waterstanden
Stavenisse	Meetpunt uit meetnet
Bergschediepsluis	Meetpunt uit meetnet
Krammersluizen West	Meetpunt uit meetnet
Roompot Binnen	Meetpunt uit meetnet
Hammen	Waarden Roompot Binnen
Krabbedijke	Waarden Bergsche Diepsluis West
Krabbenkreek Monding Noord	Geïnterpoleerd tussen Krammersluizen en Stavenisse
Krabbenkreek Monding Zuid	Geïnterpoleerd tussen Krammersluizen en Stavenisse
Krabbenkreek Oostzijde	Geïnterpoleerde waarden +/- 10 cm

In Figuur 1a t/m 1f zijn de hoog- en laagwaterstanden voor gemiddeld tij, springtij en doortij weergegeven. De hoog- en laagwaterstanden komen overeen met die uit [ref.1].

### 3.2 Bepalen ontwerppeilen per dijkvak

De ontwerplevensduur van de ontwerpen van de dijkbekledingen bij projectbureau Zeeweringen is minimaal 50 jaar, waardoor bij het ontwerp wordt gerekend met de ontwerpwaterstand 2060. Normaal gesproken bestaat de ontwerpwaterstand 2060 uit het ontwerppeil 1985 [ref.7 en ref.8], vermeerderd met een toeslag voor de stijging van de jaargemiddelde hoogwaterstand (zeespiegelstijging) over de periode 1985-2060. Voor de Oosterschelde gaat deze stelregel echter niet op, omdat de hoogwaterstijging (d.i. inclusief de zeespiegelstijging) geen effect heeft op de stijging van de extreme stormvloedstanden in de Oosterschelde. De waterstand bij een gesloten kering is namelijk alleen afhankelijk van het sluitpeil van de Oosterscheldekering.

Als ontwerpwaterstand (2060) gelden daarom de toetspeilen uit "Hydraulische Randvoorwaarden 2006" [ref.3].

Voor alle dijkvakken langs de Oosterschelde bevat "Hydraulische Randvoorwaarden 2006" de toetspeilen. Het betreft de dijkringen 26, 27, 28, 30, 31 en de verbindende keringen 16, 17, 19, 21. Deze zijn per dijkvak rechtstreeks - zonder interpolatie - overgenomen in Tabel 1.

#### 4 Resultaten

Het belangrijkste resultaat van deze studie is Tabel 1 waarin per dijkvak de gemiddelde hoog- en laagwaterstanden en de hoog- en laagwaterstanden bij spring- en doortij zijn gegeven, alsmede de ontwerpwaterstand. Daarbij is de ontwerpwaterstand - volgens de methodiek van de HR2006 - afgerond op 10 cm.

De hoog- en laagwaterstanden zijn grafisch weergegeven in Figuur 1:  
1a & b) Gemiddeld hoogwater respectievelijk laagwater  
1c & d) Springtij, hoogwater respectievelijk laagwater  
1e & f) Doortij, hoogwater respectievelijk laagwater

Uit Figuur 1 blijkt dat de hoog- en laagwaterstanden aan weerszijden van de Oosterschelde overeenkomen met wat fysisch verwacht mag worden.

In Figuur 2 wordt het verloop van de ontwerpwaterstand langs de Oosterschelddijkvakken grafisch weergegeven.

In Figuur 3a en 3b is het verloop van de hoog- en laagwaterstanden langs alle dijkvakken van de Oosterschelde te zien. De waterstanden van de zes meetstations zijn aangegeven met een rode ster, daartussen zijn de GLW en GHW standen op basis van het aantal dijkkilometers geïnterpoleerd. De afstand aangegeven op de x-as, is de afstand ten opzichte van het begin van de dijkkring in de noordwest hoek van de Oosterschelde, nabij de Oosterscheldekering. Figuur 3c presenteert de ontwerpwaterstand langs de Oosterschelde.

De in deze memo gepresenteerde randvoorwaarden gelden voor de detailadviezen vanaf de Mantelovereenkomst RKZ-1906 afgegeven worden.

5

Referenties

- [1.] Jansen, M: *'Hoog- en laagwaterstand en ontwerppeil per dijkvak Oosterschelde'*, d.d. 9 november 2004, werkdocument 2004.09.07 van mantelovereenkomst RKZ-1420.
- [2.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *'Hydraulische Randvoorwaarden 2001, voor het toetsen van primaire waterkeringen'*, december 2001
- [3.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *'Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen, voor de derde toetsronde 2006-2011 (HR 2006)'*, Augustus 2007
- [4.] Sdu Uitgevers *'Getijtafels voor Nederland 2010'*.,
- [5.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *'Tienjarig Overzicht, 1981-1990'*, 1994
- [6.] Svašek, *'Onderzoek lokatie en afmetingen Overschelde'*, 03200/1275/MJA, 2003
- [7.] Philippart. M et al., *'De basispeilen langs de Nederlandse kust, de ruimtelijke verdeling en overschrijdingslijnen'*, rapport RIKZ-95.008, M.E. Philippart, D. Dillingh en S.T. Pwa, Rijkswaterstaat RIKZ, Den Haag, mei 1995.
- [8.] Dillingh D., *'Definities peilen en toeslagen bij hoogtebepaling van waterkeringen'*, Deltares, rapport 1200596.012, juni 2009.



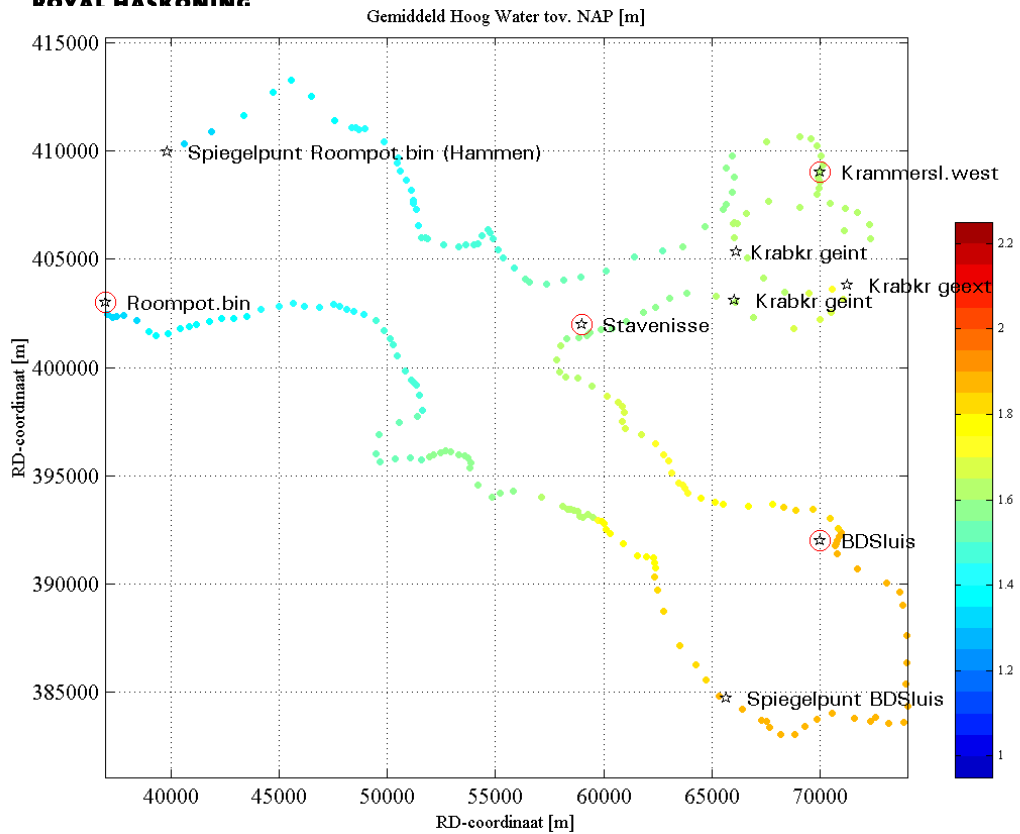




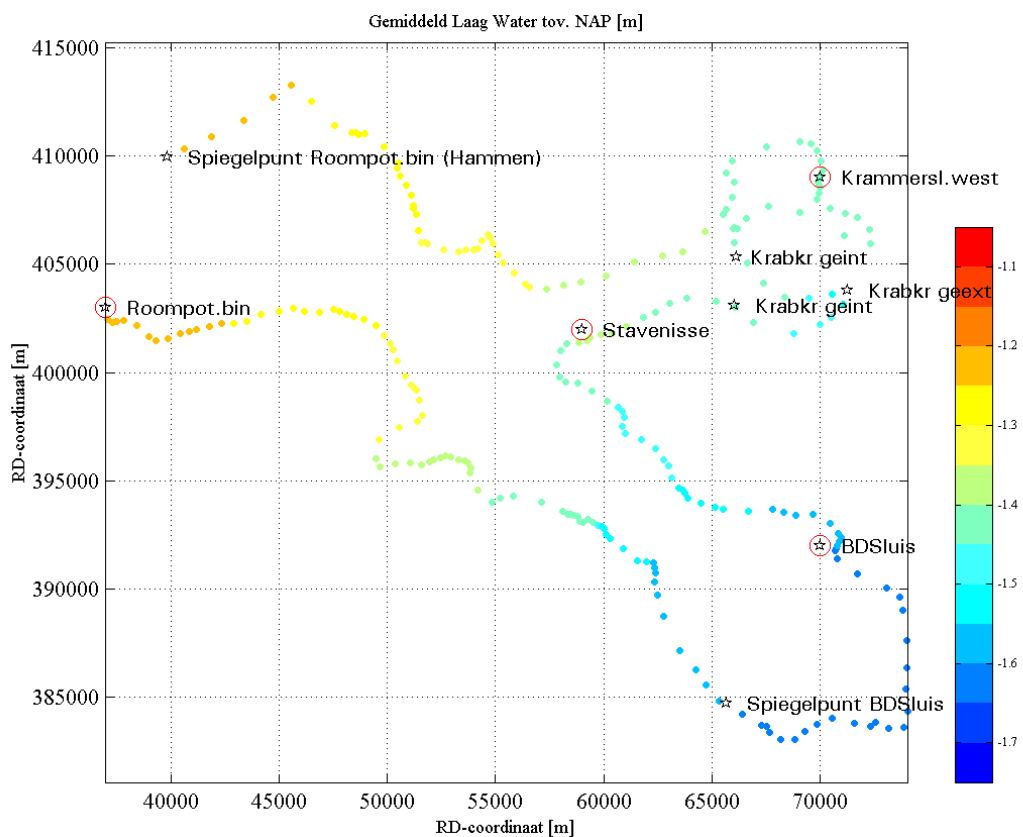




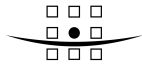
Dijk- vak	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs [m]				Dijk kilometrerings [km]		Poldernaam	Ontwerp peil [m] tov NAP	gemiddeld tij		Springtij		Doodtij	
	van		tot		van	tot			HW	LW	HW	LW	HW	LW
	x	y	x	y	van	tot			[m] tov NAP	[m] tov. NAP	[m] tov NAP	[m] tov. NAP	[m] tov NAP	[m] tov. NAP
164b	50490	409545	50546	409791	14.80	14.55	Polder Schouwen	3.5	1.40	-1.30	1.60	-1.30	1.15	-1.15
165	50546	409791	49207	411078	14.55	12.65	(Borrendamme haven Flaauwers) Polder Sch.	3.5	1.40	-1.30	1.60	-1.30	1.15	-1.15
166	49207	411078	48768	410932	12.65	12.20	(Flaauwers) Polder Schouwen	3.5	1.40	-1.25	1.60	-1.30	1.15	-1.15
167a	48768	410932	48605	411024	12.20	12.00	(Flaauwersinlaag) Polder Schouwen	3.5	1.40	-1.25	1.60	-1.30	1.15	-1.15
167b	48605	411024	48478	411088	12.00	11.85	(Flaauwersinlaag) Polder Schouwen	3.5	1.40	-1.25	1.60	-1.30	1.15	-1.15
167c	48478	411088	48273	411055	11.85	11.60	(Flaauwersinlaag) Polder Schouwen	3.5	1.40	-1.25	1.60	-1.30	1.15	-1.15
168	48273	411055	46895	411727	11.60	10.10	(Weeversinlaag) Polder Schouwen	3.5	1.40	-1.25	1.60	-1.30	1.15	-1.15
169a	46895	411727	46077	413348	10.10	8.00	(ringdijk Schelphoek) Polder Schouwen	3.5	1.40	-1.25	1.60	-1.30	1.15	-1.15
169b	46077	413348	45102	413212	8.00	7.00	(ringdijk Schelphoek) Polder Schouwen	3.5	1.40	-1.25	1.55	-1.25	1.15	-1.15
170	45102	413212	44375	412218	7.00	5.50	(delingsdijk) Polder Schouwen	3.5	1.35	-1.25	1.55	-1.25	1.10	-1.10
171a	44375	412218	42354	411055	5.50	3.20	Polder Schouwen tot Stormvloedkering	3.5	1.35	-1.25	1.55	-1.25	1.10	-1.10
171b	42354	411055	41387	410695	3.20	1.90	Polder Schouwen tot Stormvloedkering	3.5	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10
171c	41387	410695	39836	409941	1.90	0.00	Polder Schouwen tot Stormvloedkering	3.5	1.35	-1.20	1.55	-1.25	1.10	-1.10



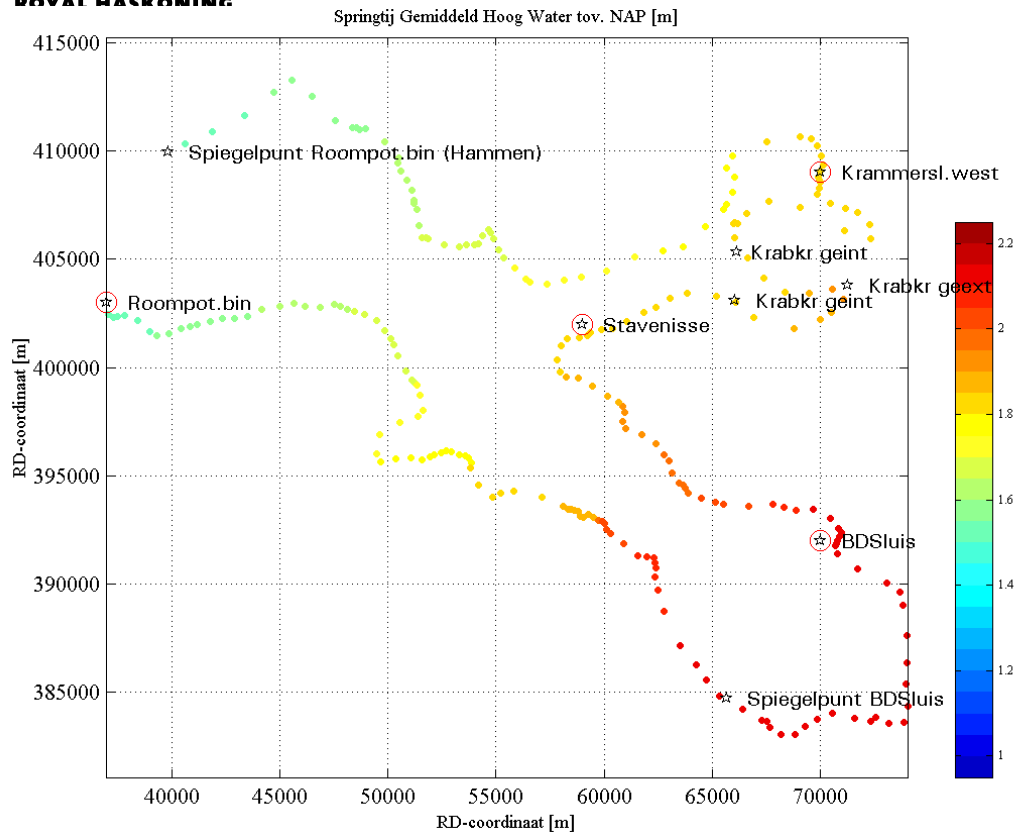
Figuur 1a: Gemiddeld Hoogwaterstand Oosterschelde (Slotgemiddelde 1991.0)



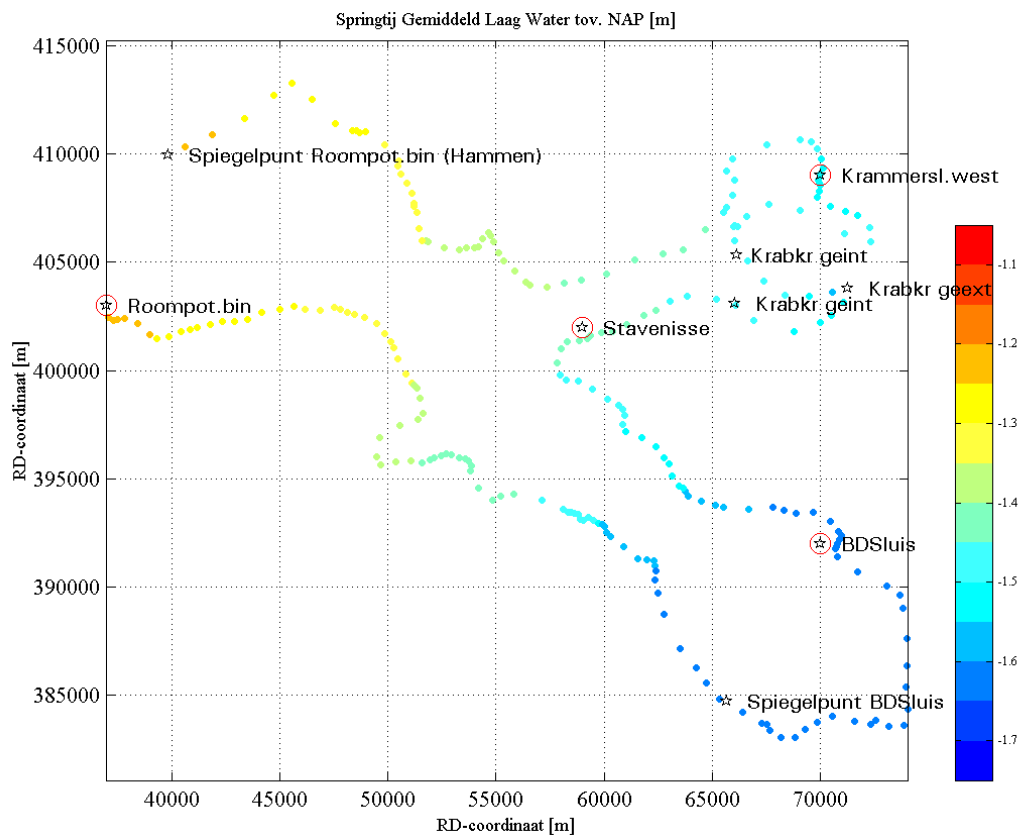
Figuur 1b: Gemiddeld Laagwaterstand Oosterschelde (Slotgemiddelde 1991.0)



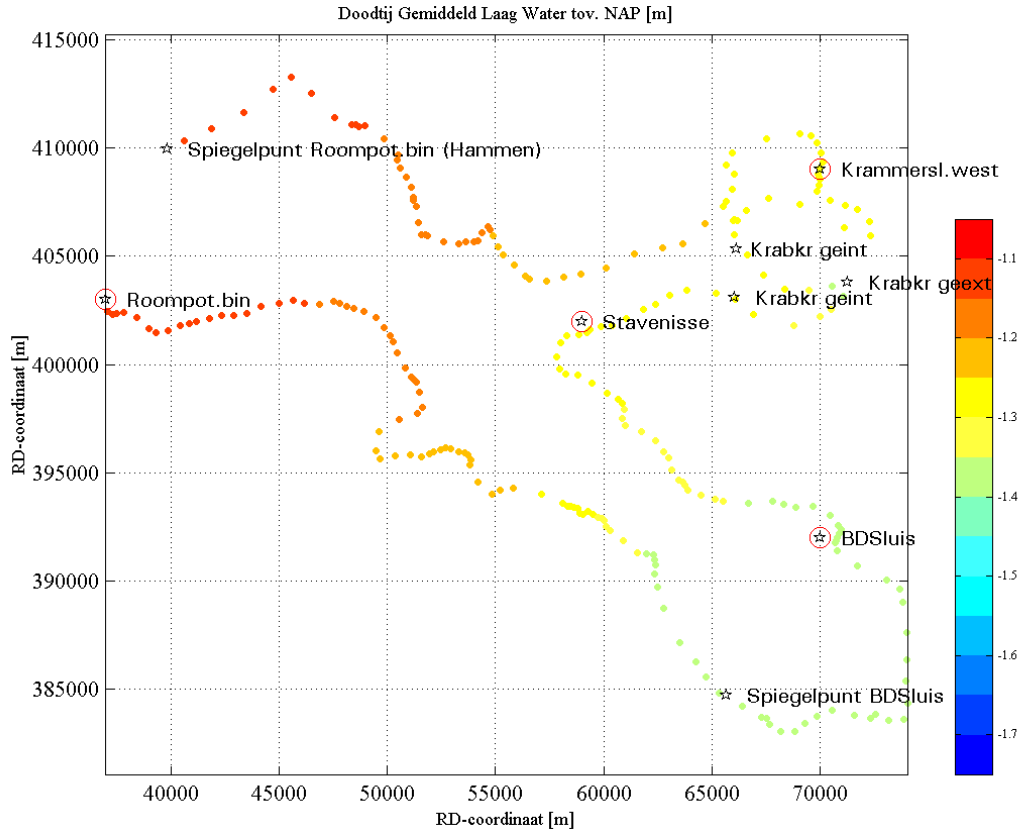
ROYAL HASKONING



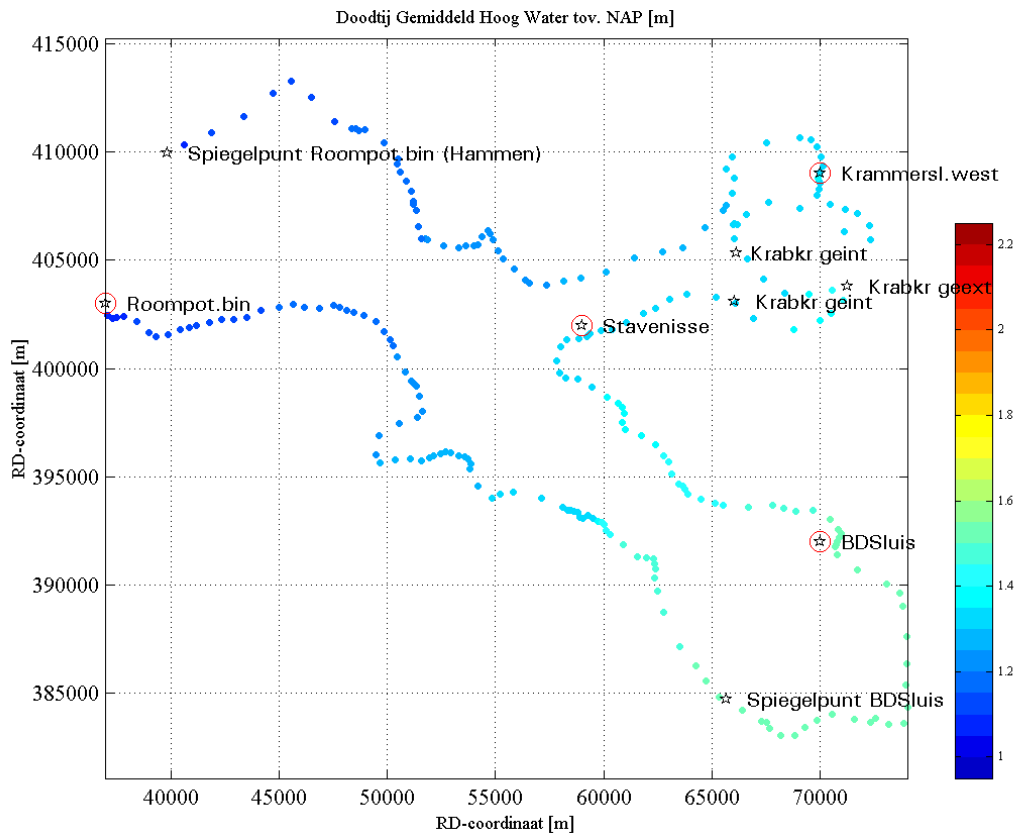
Figuur 1c: Gemiddeld Hoogwaterstand Springtij Oosterschelde (Slotgemiddelde 1991.0)



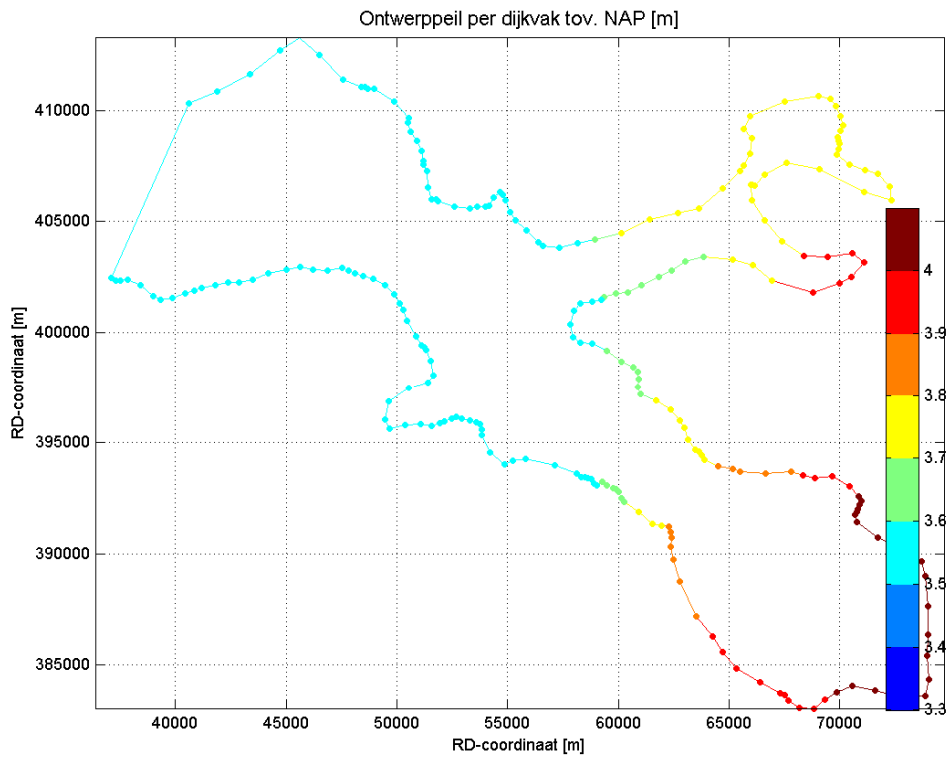
Figuur 1d: Gemiddeld laagwaterstand Springtij Oosterschelde (Slotgemiddelde 1991.0)



Figuur 1e: Gemiddeld hoogwaterstand Doodtij Oosterschelde (Slotgemiddelde 1991.0)

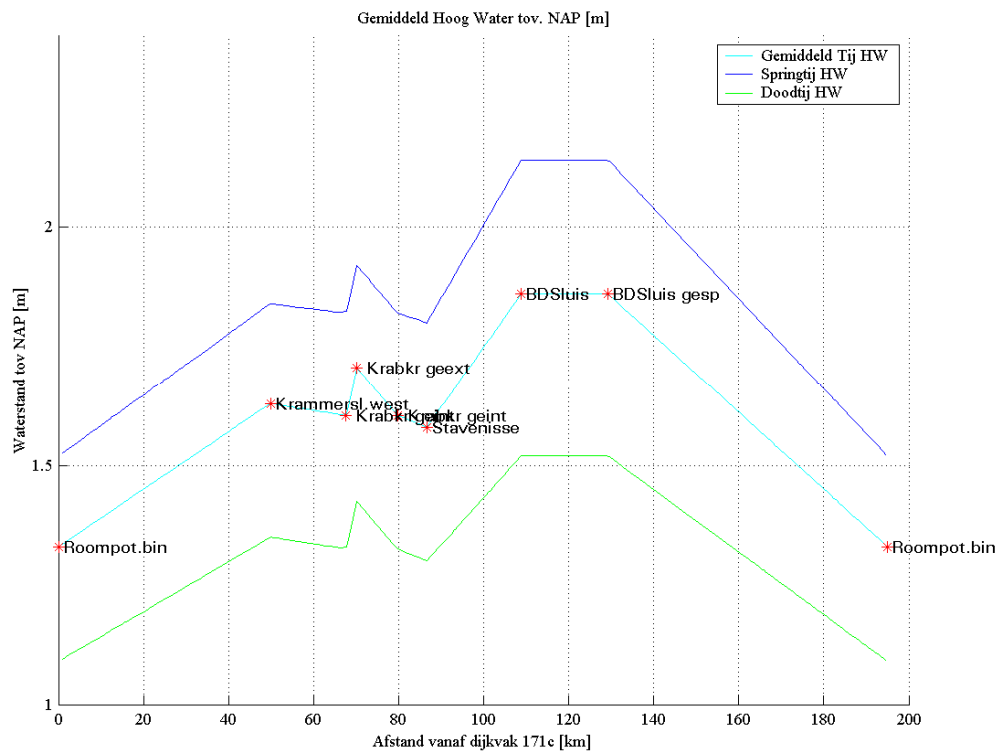


Figuur 1f: Gemiddeld laagwaterstand Doodtij Oosterschelde (Slotgemiddelde 1991.0)

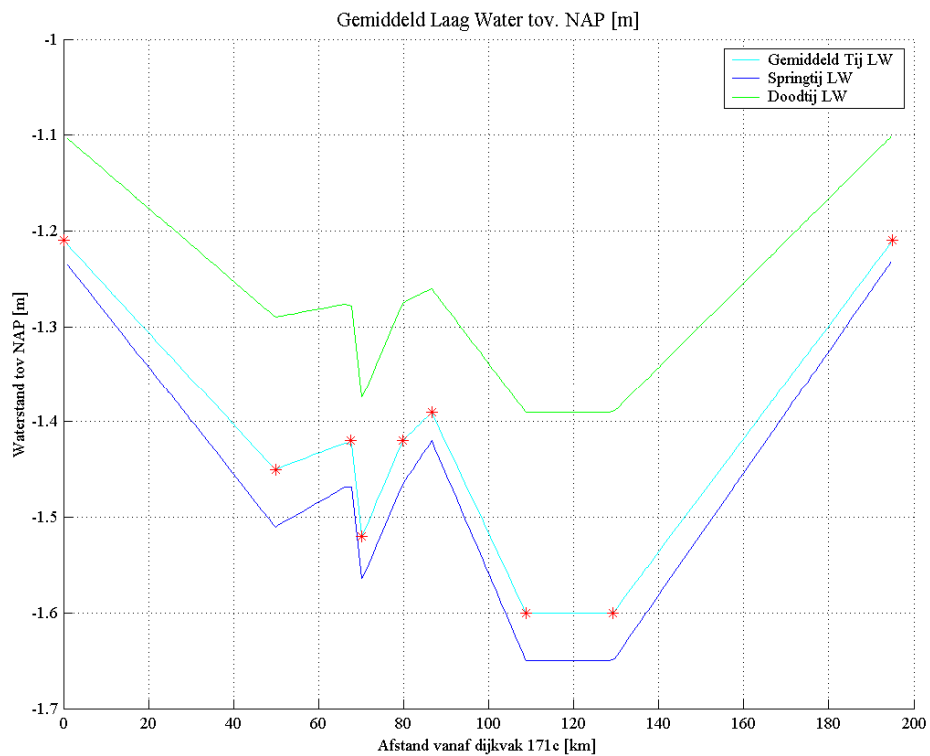


Figuur 2: Ontwerppeil Oosterschelde (Toetspeil uit "Hydraulische Randvoorwaarden 2006")

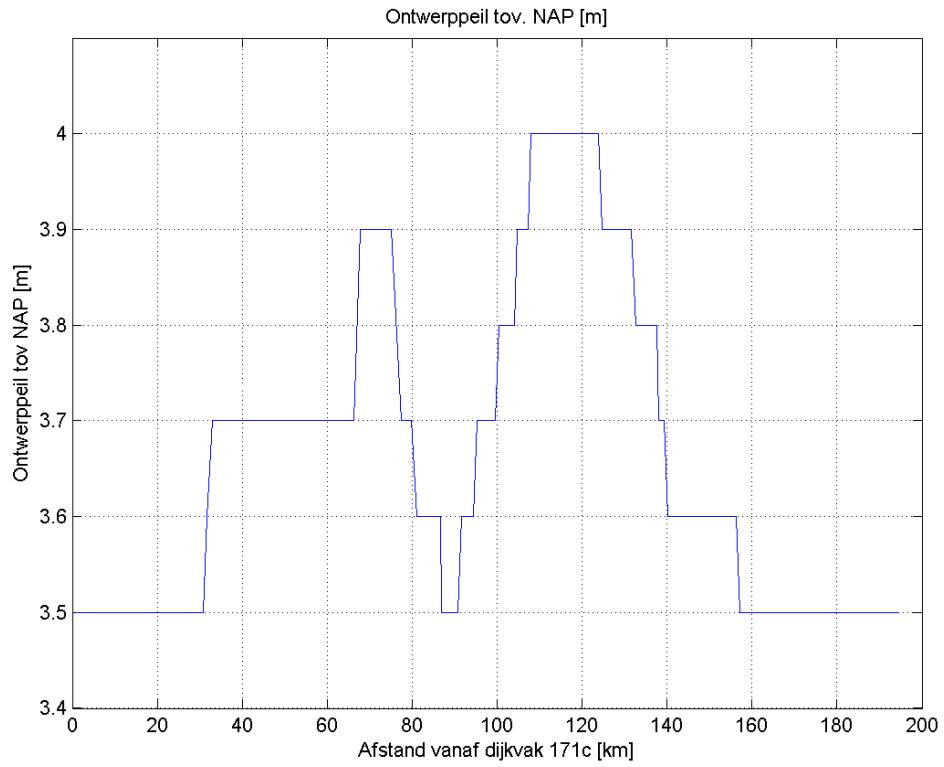




Figuur 3a: Verloop Hoogwaterstand bij respectievelijk gemiddeld, spring- en doodtij



Figuur 3b: Verloop Laagwaterstand bij respectievelijk gemiddeld, spring- en doodtij



Figuur 3c: Verloop Ontwerppeil

## **Bijlage 2.2**

### **Definities Basis-, Ontwerp-, Toets- en Rekenpeilen**

## Memo

**Aan**  
Projectbureau Zeeweringen

**Datum**  
30 juni 2009

**Aantal pagina's**  
16

**Van**  
Douwe Dillingh

**Doorkiesnummer**  
(088) 33 58 053

**E-mail**  
douwe.dillingh@deltares.nl

**Onderwerp**  
Definities basis-, ontwerp-, toets- en rekenpeilen

---

## 1 Inleiding

### 1.1 Probleemstelling

Projectbureau Zeeweringen (PBZ) coördineert in opdracht van het ministerie van Verkeer en Waterstaat de dijkversterkingen in Zeeland. Het is een samenwerkingsverband van Rijkswaterstaat, waterschap Zeeuws-Vlaanderen en waterschap Zeeuwse Eilanden. Het projectbureau bereidt de dijkversterkingen voor en houdt toezicht op de uitvoering. Binnen het projectbureau is enige discussie ontstaan over de definities van basis-, ontwerp-, toets- en rekenpeilen en of en hoe de zeespiegel- en hoogwaterstijging daarin zijn verwerkt, met name in het hydraulische randvoorwaardenboek 2006 (HR2006).

### 1.2 Doelstelling

Het doel van dit memo is helderheid te verschaffen over de genoemde definities en na te gaan of de detailadviezen t.b.v. het PBZ hiermee in overeenstemming zijn en voldoen aan de uitgangspunten zoals die behoren te worden gehanteerd volgens het "wettelijk voorschrift". Onder wettelijk voorschrift wordt hier verstaan de Wet op de waterkering van 1996 en de bijbehorende toetsvoorschriften HR2006 [MinV&W, 2007a] en VTV 2006 [MinV&W, 2007b].

### 1.3 Inhoud

De indeling van dit memo is als volgt:

1. Inleiding
2. Definities en uitgangspunten Rapport Deltacommissie 1960
3. Het basispeilenonderzoek 1985
4. De Wet op de waterkering
5. HR2006 en VTV2006
6. Tijdgebondenheid van de diverse peilen
7. De Leidraad Zee- en Meerdijken + Basisrapport
8. De handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007
9. Conclusies en aanbevelingen
10. Referenties

## 2 Definities en uitgangspunten Rapport Deltacommissie 1960

De begrippen *basispeil* en *ontwerppeil* zijn voor het eerst voor het gehele Nederlandse getijdengebied gedefinieerd en afgeleid door de Deltacommissie (niet te verwarren met de Deltacommissie 2008, ook wel Commissie Veerman genoemd). Het was voor het eerst dat een risico-analyse werd toegepast voor het vaststellen van de norm voor beveiliging tegen overstroming en het kansbegrip zijn intrede deed.

Het eindrapport van deze op 21 februari 1953 ingestelde commissie [Deltacommissie 1960] verscheen in 1960 en is zeer bepalend geweest voor de ontwerpsystematiek van de Nederlandse primaire waterkeringen langs de kust en estuaria. Daarom wordt hier wat uitvoerig stil gestaan bij de definities en uitgangspunten van deze Deltacommissie om goed helder te krijgen wat hier wel en wat niet onder basispeil en ontwerppeil wordt verstaan en hoe deze bij het ontwerpen van dijken worden toegepast.

Het peil van NAP + 5,0 m aan de peilschaal te Hoek van Holland en de daarmee gelijkwaardige peilen op andere plaatsen (d.i. peilen met gelijke overschrijdingsfrequentie) worden *basispeilen* genoemd. De overschrijdingsfrequentie van de basispeilen is dus per definitie gelijk gesteld aan  $10^{-4}$  per jaar, de waarde die voor NAP + 5,0 m te Hoek van Holland werd vastgesteld. Zij dienen als de “algemene grondslag, waaraan de – in verband met de betekenis van het achterliggende gebied – aan de hoofdwaterkeringen te stellen eisen moeten worden getoetst”.

De door de hoofdwaterkeringen beschermde belangen lopen in betekenis uiteen. Naarmate een hoofdwaterkering een belangrijker gebied beschermt, zullen de aan de waterkering te stellen eisen hoger zijn. Daarom zijn uit de basispeilen de zogenaamde *ontwerppeilen* afgeleid, die als uitgangspunt dienen voor de verbetering van de hoofdwaterkeringen.

Voor de zeeweringen van Centraal Holland is het ontwerppeil gelijk genomen aan het basispeil, terwijl voor de zeeweringen ten zuiden van Hoek van Holland en van Groningen en Friesland een 2,5 maal zo grote overschrijdingsfrequentie van het ontwerppeil verantwoord werd geacht. De overschrijdingsfrequentie van het ontwerppeil bedraagt daar dus 1/4000 per jaar. Voor andere locaties werden nog groter verschillen verantwoord geacht.

Op de bladzijden 34 en 35 van deel 1 van het eindverslag van de Deltacommissie [Deltacommissie, 1960] zijn de door haar afgeleide basispeilen en ontwerppeilen langs de kust, de zeegaten en het Waddengebied gegeven voor de verschillende meetpunten. Het lokale verschil tussen basispeil en ontwerppeil wordt de “economische reductie” genoemd.

Voor het bepalen van de kruinhoogte van een dijk moet bij het ontwerppeil de *waakhoogte* worden opgeteld. De waakhoogte bestaat uit de golfoploop ten opzichte van de stilwaterlijn en toeslagen voor bui-oscillaties en buistoten, toekomstige relatieve zeespiegelstijging (in het Deltarapport relatieve bodemdaling genoemd) en kruindaling als gevolg van inklinking van het alluviale grondpakket onder de dijk en van het dijklichaam zelf.

De *waakhoogte* is op elk moment de hoogte van de kruin van de hoofdwaterkering boven het ontwerppeil.

De *dijktafelhoogte* is het ontwerppeil plus de minimum toelaatbare waakhoogte, de laatste bestaande uit de golfoploop en de toeslag voor bui-oscillaties en buistoten. Voor weinig of niet aan golfbeweging blootgestelde hoofdwaterkeringen moet de minimum waakhoogte minstens enige decimeters bedragen.

De *aanleghoogte* is de hoogte van de kruin van een waterkering onmiddellijk na het gereedkomen ervan.

## 3 Het Basispeilenonderzoek 1985

De statistische analyse in het Rapport Deltacommissie beperkte zich vooralsnog tot Hoek van Holland. Medio tachtiger jaren van de vorige eeuw werd besloten tot hernieuwd statistisch onderzoek. De Deltacommissie had dit ook aanbevolen, met name voor de westelijke Waddenzee, waarvoor destijds slechts korte homogene tijdreeksen beschikbaar waren, vanwege de afsluiting van de Zuiderzee. Ook de opgetreden zeespiegelstijging en getijverandering maakten aanpassing van de overschrijdingslijnen gewenst (overschrijdingslijnen geven voor een bepaalde locatie het verband tussen de hoogwaterstand en de bijbehorende overschrijdingsfrequentie).

De statistische analyse van het hernieuwde onderzoek beperkte zich daarbij niet tot Hoek van Holland, maar werd toegepast op alle stations met lange meetreeksen. Verder werden nieuwe statistische inzichten toegepast en werd gebruik gemaakt van fysisch-mathematische modellen voor de samenhang van de verschillende stations en voor de interpolatie van de statistische resultaten op de meetpunten (peilmeetstations) naar tussengelegen punten.

De hoogwaterstanden werden alle gecorrigeerd voor zeespiegelstijging en getijverandering, met behulp van trendlijnen in de reeksen van jaargemiddelde hoogwaterstanden, naar het jaar 1985, het laatste jaar van de gebruikte datasets. De uitkomsten voor de nieuwe basispeilen, ontwerppeilen en overschrijdingslijnen zijn daarom geldig voor de toestand in 1985. Voor gebruik voor latere jaren dienen ze te worden aangepast op de stijging van de gemiddelde zeespiegel en de verandering van het getij vanaf 1985, totdat bij een volgende uitvoerige analyse de peilen opnieuw worden vastgesteld.

Het complete basispeilenonderzoek is beschreven in de rapporten [Dillingh et al, 1993], [Philippart et al, 1993], [Van Urk, 1993] en [Philippart et al, 1995].

De gehanteerde definities voor basispeil en ontwerppeil zijn geheel in overeenstemming met die uit het Rapport Deltacommissie.

## 4 De Wet op de Waterkering

In de Wet op de Waterkering van 1996 worden de algemene regels gegeven voor de mate van beveiliging van Nederland tegen overstroming door buitenwater. Dat wordt gedaan in de vorm van een veiligheidsnorm voor elk onderscheiden dijkkringgebied. De norm is daarbij nog gegeven als de gemiddelde overschrijdingskans per jaar van de hoogste hoogwaterstand waarop de kering moet zijn berekend.

De begrippen basis-, ontwerp-, toets- en rekenpeil komen in de Wet op de Waterkering niet voor.

In de Wet op de waterkering is geregeld dat elke vijf jaren de veiligheid van de primaire waterkeringen wordt beoordeeld door de beheerder. Daartoe worden voor elke toetsperiode van 5 jaar nieuwe hydraulische randvoorwaarden vastgesteld; dit zijn de waterstanden en golven die de waterkeringen nog veilig moeten kunnen keren, opdat het vereiste beschermingsniveau wordt geboden. Hierop worden de waterkeringen dus getoetst. Ook wordt voor elke toetsronde een nieuw voorschrift voor het toetsen op veiligheid van de primaire waterkeringen beschikbaar gesteld, welke regels bevat volgens welke de toetsing uitgevoerd

dient te worden. De meest recente zijn de HR2006 [Min. V&W, 2007a] respectievelijk het VTV2006 [Min. V&W, 2007b]. Samen met de Wet op de Waterkering vormen zij het “wettelijk voorschrift” genoemd in paragraaf 1.2.

## 5 HR2006 en VTV2006

### 5.1 Definities in de HR2006 en het VTV2006

Volledigheidshalve wordt hier een aantal definities uit de HR2006 en het VTV2006 letterlijk overgenomen. Deze definities zijn algemeen, en dus niet gebonden aan een bepaald jaartal. Zodra het gaat om een bepaalde berekende waarde hoort er een jaartal bij (zie paragraaf 6).

*Basispeil* - Extreme hoogwaterstand met (per definitie) een overschrijdingsfrequentie van 1/10000 per jaar.

*Decimeringshoogte* - Het absolute verschil in hoogte tussen het toetspeil en een waterstand met een overschrijdingsfrequentie, die 10 keer lager is dan die van het toetspeil.

*Rekenpeil* - De waterstand, die wordt gevonden door bij het toetspeil tweederde van de decimeringshoogte op te tellen.

*Toetspeil* - De waterstand behorend bij de normfrequentie van de betreffende waterkering, die bij de toetsing wordt gebruikt.

*Zeespiegelstijging* - De stijging van de gemiddelde zeestand ten opzichte van NAP.

De definities in het VTV2006 voor basispeil, decimeringshoogte en zeespiegelstijging zijn precies gelijk. Die definitie voor het rekenpeil wijkt iets af. De VTV geeft ook een definitie voor het ontwerppeil, de HR2006 niet.

*Rekenpeil* - Toetspeil voor duinen vermeerderd met het tweederde deel van de decimeringshoogte.

*Ontwerppeil* - Een waterstand met een bepaalde kans van overschrijden vermeerderd met de verwachte waterstandstijging (inclusief NAP-daling) tot aan het eind van de ontwerplevensduur (planperiode).

Het toetspeil in de definitie voor het rekenpeil is hierbij het toetspeil dat voor dijken gebruikt zou worden. Duinen worden dus getoetst op het rekenpeil.

De definitie voor ontwerppeil in de VTV2006 is opmerkelijk en wijkt af van het gebruik van dit begrip uit het Rapport Deltacommissie van 1960, dat de verwachte waterstandstijging aan het eind van de planperiode onderbrengt in de waakhoogte. Het basispeilenonderzoek gebruikt de term ontwerppeil in overeenstemming met dat van de Deltacommissie; de verwachte waterstandstijging gedurende de planperiode valt daar niet onder.

Nagegaan is hoe in het VTV2006 het begrip ontwerppeil is toegepast. In katern 5 Dijken en dammen op blz. 123 en in katern 7 Waterkerende kunstwerken op blz. 238 van het VTV2006 komt de term “ontwerppeil” voor bij de toetsing op hoogte. Bij de toetsing op basis van de gehanteerde ontwerpmethodologie wordt o.a. gesteld voor de toetsing op “Hoogte HT” (blz. 123):

*Toetspeil + toeslagen, golfhoogte en golfperiode mogen niet hoger mogen zijn dan de bij het ontwerp gehanteerde waarden voor Ontwerppeil plus toeslagen, golfhoogte en golfperiode.*

Blz. 238 geeft een vergelijkbare formulering. Deze formulering suggereert vergelijkbaarheid van de begrippen toetspeil en ontwerppeil, wat weer in tegenspraak is met de definitie van ontwerppeil in de begrippenlijst van het VTV2006..

De score van de beoordeling is volgens de VTV2006 "goed" als het ontwerp is gemaakt met de vigerende leidraden plus nog enkele criteria. Voor de ontwerpregels voor de kruinhoogte wordt daarbij verwezen naar de Leidraad Zee- en Meerdijken (LZM) van de TAW [TAW, 1999]. In paragraaf 7 zal nader worden ingegaan op de definities die worden gehanteerd in deze leidraad.

## 5.2 Berekening van de toeslagen voor hoogwaterstijging t.b.v. de HR2006

Om hetzelfde veiligheidsniveau te behouden als de ontwerppeilen van 1985 bieden, worden voor het afleiden van de hydraulische randvoorwaarden in beginsel voor elke nieuwe toetsperiode opnieuw toeslagen berekend voor de stijging van de gemiddelde hoogwaterstanden.

Bij het berekenen van de toeslagen op het ontwerppeil 1985 ten behoeve van de HR2006 is de volgende werkwijze gehanteerd [Dillingh, 2006]:

- Startpunt voor de berekeningen zijn de onafgeronde ontwerppeilen van 1985;
- Hierbij opgeteld worden de onafgeronde toeslagen voor de stijging van de gemiddelde hoogwaterstand als gevolg van zeespiegelstijging en getijverandering. Deze toeslagen volgen uit een trendanalyse van de jaargemiddelde hoogwaterstanden (peilmeetstations) over de periode 1985-2003 en een geringe extrapolatie tot 2011, het einde van de toetsperiode 2006-2011, immers ook dan moet de keringen aan de eisen voldoen;
- Het resultaat zijn de onafgeronde toetspeilen 2011. N.B. Deze toetspeilen zijn dus niets anders dan geactualiseerde ontwerppeilen van 1985.
- Voor het verkrijgen van de zogenaamde rekenpeilen (voor duinvakken) wordt 2/3 van de decimeringshoogte opgeteld bij de toetspeilen. De decimeringshoogte is daarbij het absolute verschil in hoogte tussen het toetspeil en een waterstand met een overschrijdingsfrequentie, die 10 keer lager is dan die van het toetspeil. Duinvakken worden dus op een hoger peil ontworpen en getoetst dan dijkvakken. De toetsmethode voor een duinvak is gestoeld op een probabilistische analyse voor een grenstoestand van falen waarvan de norm een factor 10 kleiner is dan die voor dijkvakken. Het rekenpeil is de rekenwaarde voor de bij de deterministische toetsing van duinen in te voeren waterstand, teneinde te voldoen aan deze factor 10 kleinere norm.
- De toets- en rekenpeilen 2011 worden afgerond op het dichtstbijzijnde veelvoud van 10 cm (bij de HR2001 was dat nog 5 cm);

De tabellen met de toets- en rekenpeilen 2011 ten behoeve van de HR2006 voor de Nederlandse kust en estuaria en de manier waarop ze zijn afgeleid, zijn gegeven in [Dillingh, 2006].

## 6 Tijdgebondenheid van de diverse peilen

Omdat de zeespiegel stijgt en het getij verandert zullen eenmaal vastgestelde basis- en ontwerppeilen in de loop van de tijd moeten worden aangepast om dezelfde veiligheid te



blijven bieden. Het is daarom verstandig de peilen altijd van een jaartal te voorzien, zodat altijd duidelijk is voor welk jaar de betreffende waarde is afgeleid.

De ontwikkeling in de tijd van basispeilen en ontwerppeilen als gevolg van zeespiegelstijging en getijverandering wordt gelijk gesteld aan de ontwikkeling van de gemiddelde hoogwaterstand.

### *De Deltacommissie 1960*

Na het verschijnen van het Rapport Deltacommissie van 1960 zijn haar basis- en ontwerppeilen niet meer aangepast voor de stijging van het gemiddelde hoogwater. Wel werd aanbevolen een toeslag in de waakhoogte op te nemen voor NAP-daling. In die tijd was er nog geen sprake van versnelde zeespiegelstijging als gevolg van het versterkte broeikas-effect. Tot het hernieuwd vaststellen van de basis- en ontwerppeilen 1985 bleven die van de Deltacommissie (basis- en ontwerppeilen 1960) van kracht.

Opmerkelijk is dat de Deltacommissie in haar analyses geen correcties heeft toegepast voor zeespiegelstijging en getijverandering, waardoor niet helemaal duidelijk is voor welk jaar de door haar gegeven basis- en ontwerppeilen gelden. Gemakshalve wordt hier gekozen voor de toevoeging 1960, het jaar waarin het rapport verscheen en waar vanaf ze in de praktijk werden toegepast.

### *Het basispeilenonderzoek*

In het basispeilenonderzoek van eind 80'er jaren / begin 90'er jaren van de vorige eeuw zijn metingen gebruikt t/m het jaar 1985. Om homogene reeksen te krijgen voor de statistische analyse werden alle hoogwaterstanden omgerekend naar het jaar 1985 door voor elke waarde er de stijging van de gemiddelde hoogwaterstand tussen het jaar van optreden en 1985 volgens een vastgestelde trendlijn bij op te tellen. De afgeleide basis- en ontwerppeilen en de bijbehorende overschrijdingslijnen hebben dan ook betrekking op de toestand in 1985.

### *Aanpassingen van de peilen*

Bij het aanpassen van de ontwerppeilen kunnen nu twee tijdschalen worden onderscheiden. De ene tijdschaal bedraagt orde 25 jaar en betreft formele herzieningen. De andere heeft betrekking op de vijfjaarlijkse toetsperiode.

Bij een algehele nieuwe formele herziening op basis van uitgebreid nieuw statistisch onderzoek worden nieuwe statistische en/of fysische inzichten en orde 25 jaar langere meetreeksen meegenomen. Een dergelijke analyse kan tot relatief grote aanpassingen in de ontwerppeilen leiden; ook verlagingen zijn mogelijk. Er zijn tot nu toe twee van dergelijke formele vaststellingen geweest, die van 1960 (Deltacommissie) en die van 1995 (afsluiting basispeilenonderzoek, betrekking hebbend op de toestand in 1985).

De andere tijdschaal is de vijfjaarlijkse toetsperiode, waarbij de ontwerppeilen elke 5 jaar worden aangepast aan de hoogwaterstijging als gevolg van zeespiegelstijging en getijverandering sinds de laatste formele vaststelling, nu dus die voor de toestand van 1985. Deze vijfjaarlijkse aanpassing bestaat sinds de inwerkingtreding van de Wet op de Waterkering (1996). Het resultaat zijn de zogenaamde toetspeilen, welke worden gepubliceerd in de Hydraulische Randvoorwaarden boeken. In deze boeken worden de toetspeilen aangeduid met het jaartal aan het eind van de toetsperiode, waarvoor ze ook zijn afgeleid.

Het toetspeil 2011 heeft dus betrekking op de toestand in 2011 en kan gezien worden als de waarde van het ontwerppeil in 2011. Het rekenpeil is de toetsgrootte voor de duinvakken en wordt voorzien van dezelfde tijdsaanduiding. Het rekenpeil 2011 is dus gelijk aan het toetspeil 2011 vermeerderd met 2/3 decimeringshoogte.

In de hydraulische randvoorwaardenboeken wordt gesproken van toetspeilen in plaats van ontwerppeilen, omdat ze primair gericht zijn op het toetsen van de waterkeringen. Het toetspeil is tot nu toe echter niets anders dan een geactualiseerd ontwerppeil 1985 en kan dus ook zelf weer als ontwerppeil worden gebruikt. Voor de waakhogte dient dan weer wel rekening te worden gehouden met de verwachte hoogwaterstijging over de planperiode.

De Leidraad Zandige Kust van de TAW [TAW, 2002] geeft voor de verwachte zeespiegelstijging een waarde van 60 cm/eeuw, conform het middenscenario van de derde kustnota. Van de stijging van het gemiddelde hoogwater langs de Nederlandse kust wordt aangenomen op basis van berekeningen dat deze gemiddeld met 5 cm/eeuw sneller stijgt dan de gemiddelde zeespiegel. Dat betekent dus dat volgens vigerend beleid bij het ontwerpen rekening moet worden gehouden met een hoogwaterstijging van 65 cm/eeuw. Voor een planperiode van 50 jaar en afronding op 10 cm dient dus tenminste rekening gehouden te worden met een hoogwaterstijging van 30 cm.

Als in de toekomst grote werken worden uitgevoerd die effect hebben op het getij, kunnen de effecten daarvan worden geschat m.b.v. modelonderzoek en zonodig in rekening worden gebracht.

## 7 De Leidraad Zee- en Meerdijken + basisrapport

De Leidraad Zee- en Meerdijken [TAW, 1999], waarnaar in de VTV 2006 wordt verwezen, kent ook zijn begrippenlijst. Hieronder volgt een opsomming van de in dit kader relevante begrippen:

*Maatgevende Hoogwaterstand (MHW xxxx, waarin xxxx het jaar van vaststelling is)* - Ontwerppeil/maatgevende hoogwaterstand, behorende bij de in de Wet op de waterkering gegeven gebiedsfrequentie; deze waterstand is opgenomen in het randvoorwaardenboek.

*Ontwerppeil* - Soms gebruikt als synoniem voor MHW (minder eenduidige term; aanbevolen wordt uitsluitend MHW te gebruiken).

*Waakhogte* - De actuele hoogte van een kruin van een waterkering boven een optredende waterstand of het ontwerppeil

*Overhoogte* - De extra aan te brengen hoeveelheid grond, met als doel om na zetting van de ondergrond en de klink van het dijklichaam het gewenste profiel te bereiken.

*Dijktafelhoogte* - De minimaal vereiste kruinhoogte

*Aanleghoogte* - Hoogte van de (onderdelen van de) dijk, onmiddellijk na het gereedkomen (de oplevering) hiervan.

*NAP-daling* - De daling van het NAP-vlak als gevolg van onderlinge bewegingen in de aardkorst. Wegens het ontbreken van een meetbaar referentiepunt (middenpunt van de aarde) is deze daling niet te kwantificeren en kan alleen in combinatie met de zeespiegelstijging gekwantificeerd worden.

In de LZM is het ontwerppeil dus synoniem voor de maatgevende hoogwaterstand. Volgens de gegeven definitie van de maatgevende hoogwaterstand is dit niets anders dan het toetspeil uit de hydraulische randvoorwaardenboeken.

Onder NAP-daling wordt hier de beweging van het NAP-vlak zelf t.o.v. het middelpunt van de aarde verstaan. Dit is afwijkend van wat de Deltacommissie 1960 hieronder verstond. Voor de Deltacommissie 1960 was de NAP-daling gelijk aan de zeespiegelstijging t.o.v. het NAP. De Deltacommissie beschouwde hierbij dus de gemiddelde zeespiegel als het referentievlak voor het NAP.

Onderstaande figuur is overgenomen uit de LZM. In de figuur zijn de bijdragen aan de aanleghoogte van de kruin weergegeven. Het zijn achtereenvolgens:

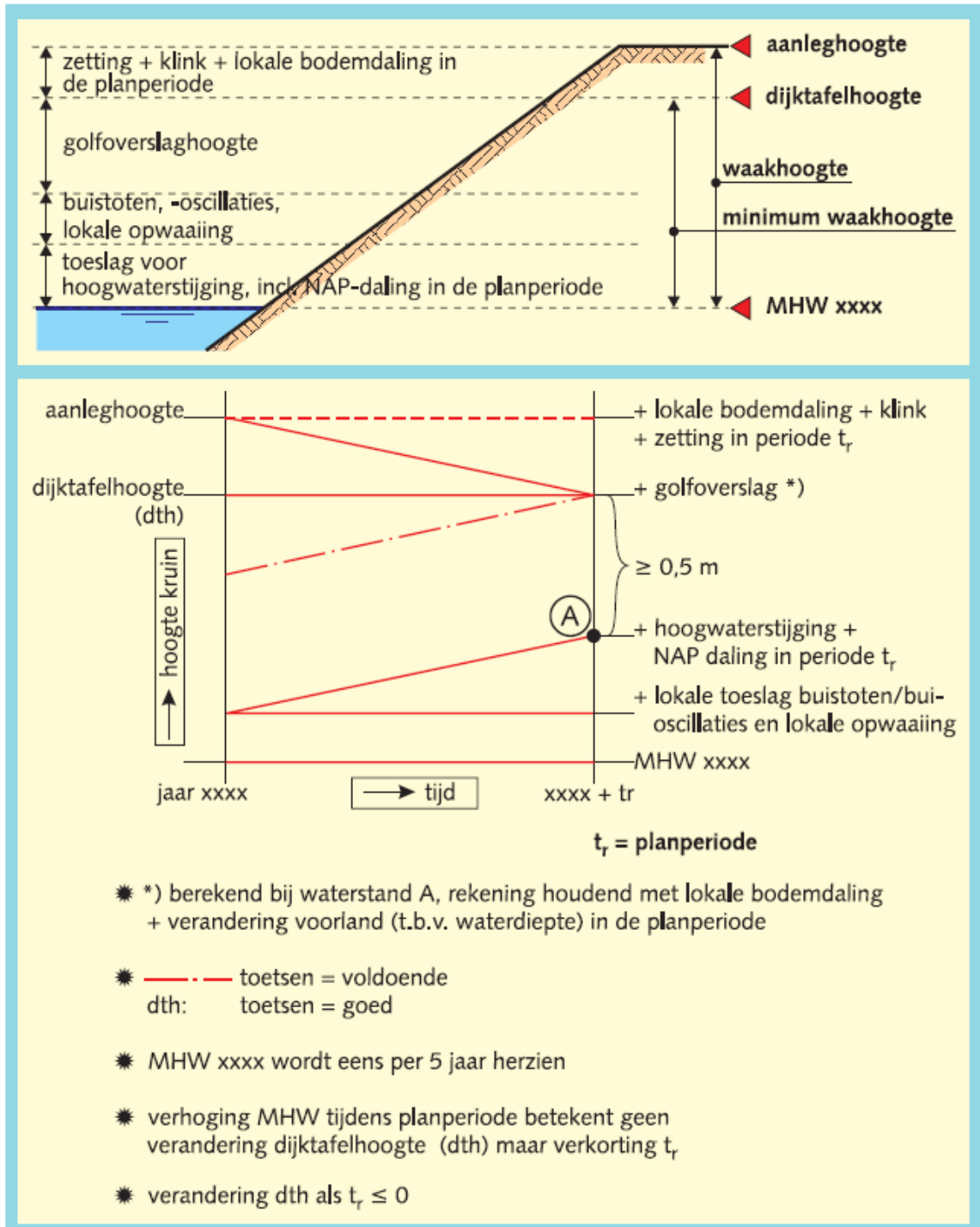
- a) De maatgevende hoogwaterstand MHW xxxx;
- b) De hoogwaterstijging (inclusief de NAP-daling) over de planperiode;
- c) Een toeslag voor bui-oscillaties, buistoten en seiches; (lokale) opwaaiing wordt alleen in rekening gebracht als deze niet reeds in de waterstandsstatistiek is verwerkt;
- d) De golfoverslaghoogte, die behoort bij een overslag van 1 l/m/s (als gekozen startwaarde uit de logaritmische reeks 0,1 -> 1 -> 10 l/m/s);
- e) De lokaal verwachte bodemdaling over de planperiode;
- f) De verwachte kruindaling door klink van het dijklichaam en zetting van de ondergrond over de planperiode, na de oplevering.

Opmerkelijk in deze figuur is dat bij de minimum waakhogte ook de toeslag voor hoogwaterstijging in de planperiode is opgenomen. Dat is dus in feite geen echte minimum waakhogte, immers de toeslag (lees: overhoogte) voor de hoogwaterstijging geeft een gedurende de planperiode afnemende overmaat aan veiligheid, terwijl de waakhogte voor golfoploop en bui-oscillaties en -stoten (en eventuele lokale opwaaiing) altijd aanwezig moet zijn en dus het echte minimum vormt. Overigens staat dit wel correct in de tekst van paragraaf B3.2 van het Basisrapport.

Anders is ook dat in deze figuur de ondergrens van de minimum waakhogte van 50 cm alleen van toepassing is op de golfoverslaghoogte en niet op de som van golfoverslaghoogte en toeslag voor bui-oscillaties en -stoten.

Verder is de term golfoverslaghoogte ingevoerd, waarschijnlijk omdat het 2%-criterium voor de golfoploophogte is verschoven naar een overslagcriterium, maar het blijft, onafhankelijk van het toegepaste criterium, het deel van de waakhogte waar de golven tegenop lopen; de term golfoploophogte geeft dit beter weer.

Onder NAP-daling wordt hier ook iets anders verstaan dan de Deltacommissie 1960 deed. Interessant is ook dat hier wordt aanbevolen de term "ontwerppeil niet meer te gebruiken, maar in plaats daarvan de term "maatgevende hoogwaterstand". Het begrip maatgevende hoogwaterstand is echter niet overgenomen in de VTV2006, terwijl het synoniem "ontwerppeil" in de VTV2006 een andere definitie heeft gekregen.



Figuur 5.2.1 uit de Leidraad Zee- en Meerdijken: Bijdragen aanleghoogte kruin

## 8 De Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007

Met de informatie uit de vorige paragrafen wordt nu gekeken naar wat de Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007, ook wel als “kookboek” aangeduid, hierover zegt [Haskoning, 2007].

### 8.1 Deel 1. Checklist detailadviezen

Hieronder worden een aantal definities uit de verklarende woordenlijst geciteerd en worden er kanttekeningen bij geplaatst.

**Basispeil** - De statistisch bepaalde waarde voor de 1/10000<sup>ste</sup> overschrijdingswaarde van de waterstand voor het jaar 1985. Hiervan is voor Zeeland de 1/4000<sup>ste</sup> waarde afgeleid.

*Commentaar: Het begrip basispeil is niet gebonden aan 1985. De waarden voor 1985 zijn ook niet uitsluitend statistisch bepaald; ook fysische modellen hebben een belangrijke rol gespeeld voor de onderlinge samenhang van de verschillende stations. Voor het afleiden van de 1/4000<sup>ste</sup> waarde is het basispeil alleen niet voldoende, maar dient de gehele overschrijdingslijn bekend te zijn.*

**Dijktafelhoogte** - Minimum kruinhoogte van een dijk. Verkregen door bij het ontwerppeil de vereiste waakhoogte op te tellen.

*Commentaar: Beter zou zijn hier de “ minimaal vereiste waakhoogte” of de “minimum waakhoogte” te noemen in plaats van de “vereiste waakhoogte”. Waakhoogte wordt verder niet gedefinieerd in de verklarende woordenlijst. Zie ook de definities uit het Rapport Deltacommissie 1960 (paragraaf 2.1 van dit memo).*

**Hoogwaterstijging** – Tweede orde effect van zeespiegelstijging. De zeespiegelstijging veroorzaakt niet alleen een toename van het gemiddelde zeeniveau, maar kan ook een toename geven van de hoogwaterstanden (en laagwaterstanden). Dit treedt voornamelijk op in estuaria.

*Commentaar: Met de zeespiegel stijgt ook het hoog- en laagwater mee. Het 2<sup>e</sup> orde effect van getijverandering door zeespiegelstijging, d.w.z. de verandering van het getij uitsluitend als gevolg van de zeespiegelstijging, is bij de huidige stijging verwaarloosbaar. De grootste verandering van het getij wordt veroorzaakt door menselijke ingrepen in het kuststelsel en de aanpassing van de morfologie aan deze ingrepen. In estuaria kan de getijverandering sterker zijn dan langs de kust. In de Westerschelde is dat bijvoorbeeld het geval als gevolg van geulverdieping en neemt daarbij landinwaarts toe.*

**Ontwerppeil** - De waterstand die gebruikt wordt voor het ontwerp van de zeekeringen. Deze bestaat uit het statistisch bepaalde basispeil plus een toeslag voor zeespiegelstijging + een eventuele toeslag voor buistoten en/of seiches.

*Commentaar: Deze definitie wijkt sterk af van alle eerder genoemde definities. Het ontwerppeil is het peil dat behoort bij de voor de betreffende dijkring geldende norm. Voor het Deltagebied is de norm 1/4000 per jaar. Voor het basispeil is dat per definitie 1/10000 per jaar. De toeslag voor buistoten en/of bui-oscillaties worden als een toeslag op het ontwerppeil in rekening gebracht. De overhoogte voor de stijging van het*

*gemiddelde hoogwater (inclusief de zeespiegelstijging) gedurende de planperiode levert een in de tijd afnemende extra veiligheid en wordt als toeslag op het ontwerppeil in rekening gebracht (in dit laatste is de VTV2006 helaas niet helemaal consistent).*

Toetspeil - Statistische waarde voor de waterstand, vastgelegd in de Hydraulische Randvoorwaarden, en beschikbaar gesteld door de Minister van Verkeer en Waterstaat.

*Commentaar: Deze definitie is wel erg algemeen. Het is de aan de, voor de betreffende dijkkring geldende, norm gerelateerde waterstand waarop de waterkering getoetst moet worden. Voor Zeeland is de norm 1/4000. In het toetspeil zit wel een toeslag voor de stijging van het gemiddelde hoogwater over de periode vanaf 1985 tot aan het eind van de betrokken toetsperiode. Een toeslag voor bui-oscillaties en buistoten zit ook niet in het toetspeil.*

## 8.2 Deel 2. Achtergrond detailadviezen

Verklarende woordenlijst: zie opmerkingen bij Deel 1.

Hieronder worden een aantal kanttekeningen geplaatst bij twee paragrafen van Deel 2.

Paragraaf 4.9 Bepaling ontwerpwaarden voor de waterstand

In de eerste alinea wordt de ontwerpwaterstand behorende bij de overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar het basispeil genoemd en wordt daarbij verwezen naar [Philippart et al, 1991]. Deze verwijzing is niet terug te vinden in de referentielijst. Hoogstwaarschijnlijk wordt het volgende rapport bedoeld:

*Philippart M.E., Dillingh D., Pwa S.T., De basispeilen langs de Nederlandse kust, de ruimtelijke verdeling en overschrijdingslijnen, rapport RIKZ-95.008, mei 1995*

*Commentaar: In dit rapport, het laatste deel van de serie rapporten "De basispeilen langs de Nederlandse kust", wordt echter wel degelijk onderscheid gemaakt tussen basispeil en ontwerppeil, conform de definities van het Rapport Deltacommissie 1960. Bij het basispeil hoort per definitie een frequentie van 1/10000 per jaar, bij het ontwerppeil een per dijkkring vastgestelde frequentie, de norm. Voor Zeeland is de norm 1/4000.*

Gesteld wordt dat het ontwerppeil de optelsom is van:

- Het basispeil;
- De te verwachten zeespiegelstijging over de planperiode (t.o.v. 1985);
- De te verwachten stijging van de hoogwaterstand;
- Het eventuele effect van andere ingrepen op de waterstand (bijvoorbeeld de verdieping van de Westerschelde).

*Commentaar:*

*1. Het basispeil moet zijn het ontwerppeil 1985.*

*2. Zoals het er nu staat wordt de zeespiegelstijging dubbel in rekening gebracht, immers in de te verwachten stijging van de hoogwaterstand zit de zeespiegelstijging impliciet verdisconteerd. Beter is het uit te gaan van de stijging van de gemiddelde hoogwaterstand over de planperiode;*

*3. De hoogwaterstijging over de periode 1985 tot het eind van de planperiode zit in het "kookboek" in het ontwerppeil. Dit is afwijkend van de definities in de eerdere paragrafen,*

waar de toeslag voor de zeespiegelstijging onderdeel is van de waakhoogte (behalve in de VTV2006).

4. De toeslag voor bui-oscillaties en buistoten wordt in deze lijst niet genoemd, in tegenstelling tot de eerder genoemde verklarende woordenlijst.

In paragraaf 4.11 wordt de tabel met ontwerpwaarden waterstanden gegeven. Per dijkvak worden de volgende gegevens weergegeven:

- Dijkvaknummer;
- Poldernaam;
- Basispeil (1/4000<sup>ste</sup> waterstand voor 1985);
- Toeslag voor zeespiegelstijging etc. tot 2060;
- Ontwerppeil;
- GHW/GLW;
- Springtij/doodtij.

*Commentaar: Basispeil moet zijn ontwerppeil. Zie verder ook het voorgaande commentaar.*

## 9 Conclusies en aanbevelingen

### 9.1 Conclusies

Er bestaat helaas geen eenduidigheid in de diverse geraadpleegde publicaties in de definities van ontwerppeil, waakhoogte e.d..

De begrippen basispeil en ontwerppeil hebben hun betekenis gekregen door de manier waarop de Deltacommissie ze heeft gedefinieerd in haar rapport van 1960.

Het basispeil heeft per definitie een overschrijdingsfrequentie van 1/10000 per jaar.

De overschrijdingsfrequenties van de ontwerppeilen zijn niet overal gelijk, maar zijn afhankelijk gemaakt van het beschermde belang. De overschrijdingsfrequenties van de ontwerppeilen zijn per dijkkringgebied als norm vastgelegd in de Wet op de Waterkering van 1996. De ontwerppeilen dienen als uitgangspunt bij het dimensioneren van de waterkering.

Het onderscheid tussen basispeil en ontwerppeil bij de Deltacommissie en bij het basispeilenonderzoek 1985 is uitsluitend de bijbehorende overschrijdingsfrequentie en niet een bepaalde toeslag over een planperiode. Het basispeil heeft overal dezelfde overschrijdingsfrequentie; de ontwerppeilen zijn gebiedsafankelijk.

De basis- en ontwerppeilen 1960 (Deltacommissie) en de basis- en ontwerppeilen 1985 (hernieuwd basispeilenonderzoek) hebben een bijzonder gewicht vanwege de wijze van vaststellen na uitvoerige statistische analyse. Voor andere jaren worden ze afgeleid uit deze basis- en ontwerppeilen door correcties voor trendveranderingen in de gemiddelde hoogwaterstand.

Voor het bepalen van de kruinhoogte van een dijk wordt bij het ontwerppeil de waakhoogte opgeteld. Samenstellende elementen van de waakhoogte zijn:

1. Golfoploop,
2. Toeslag voor bui-oscillaties en buistoten (seiches in havenbekkens),

3. Toeslag voor lokale opwaaiing, als die niet in de waterstandstatistiek is verwerkt;
4. Toekomstige hoogwaterstijging (inclusief de zeespiegel) gedurende de planperiode,
5. Inklinking van het alluviale grondpakket onder de dijk
6. Inklinking van het dijklichaam zelf.

De minimum toelaatbare kruinhoogte is de *dijktafelhoogte*, bestaande uit de elementen 1 en 2, maar tenminste 50 cm. De aanleghoogte van een dijk bestaat uit het ontwerppeil plus de elementen 1 t/m 6.

De Deltacommissie gebruikt het begrip ontwerppeil voor het begin van de planperiode van de waterkering.

Het rekenpeil is geïntroduceerd door de Leidraad voor de beoordeling van duinen als waterkering als waterkering (TAW, 1984). Het is de rekenwaarde voor het stormvloedpeil dat moet worden ingevoerd ten behoeve van de veiligheidstoets van duinwaterkeringen. Het rekenpeil is gelijk aan het ontwerppeil plus 2/3 van de decimeringshoogte.

Het toetspeil is geïntroduceerd door het hydraulische randvoorwaardenboek t.b.v. de eerste toetsperiode (1995-2000), [RWS, 1996]. Het is stormvloedstand waarop de waterkering getoetst wordt en is in feite niets anders dan het t.b.v. de toetsing geactualiseerde ontwerppeil van 1985.

Toetspeilen zijn in feite niets anders dan actualiseringen van het laatste na uitgebreide analyse formeel vastgestelde ontwerppeil (dat was in 1985) door correctie met de stijging van het gemiddelde hoogwater over de periode vanaf 1985 tot het einde van de toetsperiode waarvoor dit toetspeil is bedoeld.

De toetspeilen 2011 (HR2006) zijn verkregen door bij de ontwerppeilen 1985 de stijging van de gemiddelde hoogwaterstand over de periode 1985-2011 op te tellen. De zeespiegelstijging zit hier impliciet in en hoeft niet nog eens apart in rekening te worden gebracht.

De VTV's en het "kookboek 2007" t.b.v. het PBZ hanteren een definitie voor het begrip "ontwerppeil" die afwijkt van de definitie gebruikt door de Deltacommissie 1960 en het basispeilenonderzoek 1985. In de VTV's en het kookboek is de waterstandstijging gedurende de planperiode van de kering onderdeel van het ontwerppeil en is dus geldig voor de geschatte toestand aan het einde van de planperiode. In het kookboek maakt de eventuele toeslag voor bui-oscillaties en buistoten ook nog deel uit van het ontwerppeil.

De checklist en paragraaf 4.9 van deel 2 van het kookboek 2007 zijn niet helemaal consistent in hun definitie van ontwerppeil.

## 9.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt weer zoveel mogelijk aan te sluiten bij de definities zoals die zijn gebruikt in het Deltarapport 1960 en bij het basispeilenonderzoek 1985. Afwijken kan in beginsel wel, maar leidt tot verwarring.

Het verdient aanbeveling inconsistenties in de definities in het kookboek 2007 op te lossen en zoveel mogelijk aan te sluiten bij de definities en uitgangspunten van de Deltacommissie 1960.



Aan elk peil dat in de tijd aan verandering onderhevig is dient het jaartal te worden toegevoegd waarvoor het betreffende peil is afgeleid. Zo horen bij de HR2006 de toets- en rekenpeilen 2011.

Bij het ontwerp van een waterkering kan het toetspeil 2011 als ontwerppeil 2011 (in de zin van de Deltacommissie 1960) gebruikt worden, immers het toetspeil 2011 is een actualisering van het ontwerppeil 1985.

Formeel uitgegeven toets- en ontwerppeilen zijn afgeronde waarden. Het stapelen van afgeronde waarden bij het vaststellen van de aanleghoogte van de kruin van een dijk kan te gunstig of ongunstig uitpakken wanneer veel naar boven of beneden wordt afgerond. Het strekt tot aanbeveling terug te gaan naar het onafgeronde ontwerppeil 1985, daarbij alle toeslagen in de waakhoogte op cm-niveau op te tellen en daarna pas af te ronden op 10 cm. Bij de afleiding van het toetspeil 2011 uit het ontwerppeil 1985 is dat reeds gebeurd.

Het verdient sterke aanbeveling tot een ondubbelzinnige set van definities te komen voor alle voorschriften en leidraden aangaande de veiligheid tegen overstromen voor Nederland.

Hieronder volgt een lijst met aanbevolen definities voor het kustgebied.

<b>Basispeil (jaartal)</b>	Extreem hoge waterstand met (per definitie) een overschrijdingsfrequentie van 1/10000 per jaar, afgeleid voor het genoemde jaartal.
<b>Ontwerppeil (jaartal)</b>	Extreem hoge waterstand met een overschrijdingsfrequentie gelijk aan de voor het betreffende dijkvak gestelde wettelijke norm, afgeleid voor het genoemde jaartal. Het ontwerppeil vormt het uitgangspunt voor de verbetering van een primaire hoogwaterkering
<b>Toetspeil (jaartal)</b>	De waterstand behorend bij de normfrequentie van de betreffende waterkering, die bij de toetsing wordt gebruikt, afgeleid voor het genoemde jaartal
<b>Rekenpeil (jaartal)</b>	De rekenwaarde voor de waterstand bij het toetsen van duinen, die wordt gevonden door bij het toetspeil tweederde van de decimeringshoogte op te tellen, afgeleid voor het genoemde jaartal.
<b>Decimeringshoogte</b>	Het absolute verschil in hoogte tussen het toetspeil en een waterstand met een overschrijdingsfrequentie, die 10 keer lager is dan die van het toetspeil.
<b>Waakhoogte</b>	De hoogte van de kruin van de waterkering boven het ontwerppeil. Samenstellende elementen van de waakhoogte zijn: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Golfploophoogte t.o.v. het ontwerppeil (ook als het criterium een overslagdebiet is),</li> <li>2. Toeslag voor bui-oscillaties en buistoten (seiches in havenbekkens),</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Toeslag voor lokale opwaaiing, als die niet in de waterstandstatistiek is verwerkt</li> <li>4. Toekomstige hoogwaterstijging (inclusief de zeespiegel) gedurende de planperiode,</li> <li>5. Inklinking van het alluviale grondpakket onder de dijk</li> <li>6. Inklinking van het dijklichaam zelf.</li> </ol>
<b>Dijktafelhoogte</b>	Het ontwerppeil plus de minimum waakhoogte.
<b>Minimum waakhoogte</b>	Som van golfploophoogte t.o.v. het ontwerppeil en een eventuele toeslag voor bui-oscillaties en buistoten. Voor weinig of niet aan golfbeweging blootgestelde hoofdwaterkeringen bedraagt de minimum waakhoogte minstens 50 cm.
<b>Aanleghoogte</b>	De kruin van een waterkering onmiddellijk na het gereedkomen ervan.

## 10 Referenties

[Deltacommissie, 1960]

Rapport Deltacommissie, deel 1, Eindverslag en interim-adviezen, Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf, 's-Gravenhage, 1960.

[TAW, 1984]

Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkering, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1984.

[Dillingh et al, 1993]

De basispeilen langs de Nederlandse kust, Statistisch onderzoek, rapport DGW-93.023, D. Dillingh, L. de Haan, R. Helmers, G.P. Können en J. van Malde, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, 's-Gravenhage, april 1993.

[Philippart et al, 1993]

De basispeilen langs de Nederlandse kust, Fysisch onderzoek, rapport DGW-93.025, M.E. Philippart, S.T. Pwa en J.G. de Ronde, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Den Haag, april 1993.

[Van Urk, 1993]

De basispeilen langs de Nederlandse kust, Eindverslag, rapport DGW-93.026, A. van Urk, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Den Haag, april 1993.

[Philippart et al., 1995]

De basispeilen langs de Nederlandse kust, de ruimtelijke verdeling en overschrijdingslijnen, rapport RIKZ-95.008, M.E. Philippart, D. Dillingh en S.T. Pwa, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Den Haag, mei 1995.

**Datum**  
9 juni 2009

**Pagina**  
16/16

[RWS, 1996]

Hydraulische randvoorwaarden voor Primaire Waterkeringen, RWS, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, september 1996.

[TAW, 1999]

Leidraad Zee- en Meerdijken + basisrapport, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, december 1999.

[TAW, 2002]

Leidraad Zandige Kust, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, rapport DWW-2003-046, december 2002.

[Dillingh, 2006]

Waterstanden Nederlandse Kust en Estuaria, statistieken t.b.v. de hydraulische randvoorwaarden 2006, Rijkswaterstaat, rapport RIKZ / 2006.012, 27 juni 2006.

[Min V&W, 2007a]

Hydraulische randvoorwaarden 2006 voor het toetsen van primaire waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2007

[Min V&W, 2007b]

Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2007.

[Royal Haskoning, 2007]

Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007, Deel 1, Checklist detailadviezen en Deel 2, Achtergrond detailadviezen, 22 november 2007.

[DGW, 2007]

Leidraad Rivieren, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Water, 2007.

<b>AUTEUR</b>		<b>REVIEW</b>		<b>GOEDKEURING</b>	
D. Dillingh		F.L.M. Diermanse		M.R.A. van Gent	

## **Bijlage 2.3**

### **Aanpassing basispeilen, conform het basispeilenrapport**

## Memo

## Werkgroep

# Kennis

Betreft (actie en nr.)

Aanpassing basispeilen conform het basispeilenrapport.

Vraagsteller	Datum
intern	16 januari 2002
Beantwoord door	Datum
Sjaak Jacobse	14 maart 2001
Doorkiesnummer	Bijlage(n)
070-3114213	-
Status	Kenmerk
concept	k-02-03-14

### Aanleiding

Afgelopen jaren is er diverse keren geconstateerd dat de indeling van de basispeilen die RIKZ gemaakt heeft in 1997 niet geheel conform het basispeilenrapport gedaan is.

Ard Kamsteeg heeft de reden waarom deze indeling van het basispeil (in iso-lijnen) afwijkt t.o.v. het basispeilenrapport uitgelegd in memo K-99-02-12. Hij beschrijft deze reden als volgt :

#### **Toetspeil 1985**

*Als uitgangspunt wordt het toetspeil 1985 genomen. Dit is gegeven in het rapport "basispeilen langs de Nederlandse kust" [RIKZ 1995]. In dit rapport zijn de basispeilen (=toetspeilen) op twee manieren gegeven: In tabellen met de basispeilen per dijkvak (tabel 3.19 - 3.22) en in een grafische weergave (figuur 9, zie bijlage 1). Voor de bepaling van het toetspeil is in principe uitgegaan van de tabellen. De indeling in dijkvakken/dijkpalen in de tabellen is echter niet één op één te vergelijken met de indeling in dijkvakken van de randvoorwaardentabel. De indeling in dijkvakken is niet hetzelfde als de indeling in het randvoorwaardenboek '96 (waarop de randvoorwaardentabel is gebaseerd). Bij de bepaling van de toetspeilen per dijkvak kunnen daarom kleine variaties optreden t.o.v. de tabel in het basispeilen rapport, omdat een dijkvak op de rand tussen twee toetspeilen kan liggen. Deze onnauwkeurigheid bedraagt 5 a 10 cm.*

Kort samengevat wordt de afwijking veroorzaakt door :

- projectie van de isolijnen uit het basispeilenrapport op de randvoorwaardenvakken. Vaak valt een isolijn in het midden van een randvoorwaardenvak. Voor die gevallen is er voor gekozen omw het ontwerppeil per randvoorwaardenvak gelijk te houden.
- De tabel in het basispeilenrapport is niet 1 op 1 te vergelijken met de visualisatie in figuur 9 van het basispeilenrapport, omdat in deze tabel de oude dijkpaal indelingen gebruikt worden van de waterschappen voor de fusie.

In 2001 was het ten gevolge van de 3<sup>e</sup> kustnota nodig om de tabel met ontwerppeilen aan te passen aan het scenario van 60 centimeter zeespiegelrijzing per eeuw. Dit nieuwe zeespiegelstijgingsscenario is vanaf augustus 2001 in alle ontwerpen meegenomen. Omdat de tabel met ontwerppeilen nu toch aangepast wordt aan de veranderde zeespiegelstijging is op 16 januari in kennis besloten om ook de basispeilen beter in de tabel mee te nemen. In deze memo wordt deze aanpassing beschreven.

### **Uitgangspunten**

Om te komen tot een nieuwe vertaling van het basispeilenrapport naar de randvoorwaardenvakken in de Westerschelde zijn volgende uitgangspunten genomen.

- Indeling per 5 centimeter basispeil.
- 1 waarden voor het basispeil / ontwerppeil per randvoorwaardenvak.
- indeling op basis van figuur 9 van het basispeilenrapport.

### **Aanpak**

1. Bepaal de topografische locatie waar de isolijnen uit figuur 9 de dijk snijden. (indeling per 10 centimeter basispeil)
2. Bepaal in welk randvoorwaardenvak deze genzen liggen.
3. Trek een tweede isolijn tussen twee isolijnen van 10 centimeter, om de grens van 5 centimeter basispeil vast te stellen.
4. Stel de waarde vast tussen de isolijnen.
5. Vergelijk het eindresultaat met figuur 9.

### **Resultaten**

Het aangepaste basispeil komt nu vrij nauwkeurig overeen met figuur 9 uit het basispeilenrapport. Door deze aanpassing in de basispeilen, wijzigen de ontwerppeilen voor de Westerschelde ook. In de onderstaande tabel, en bijlage 2 zijn de effecten van deze aanpassing op de basispeilen weergegeven.

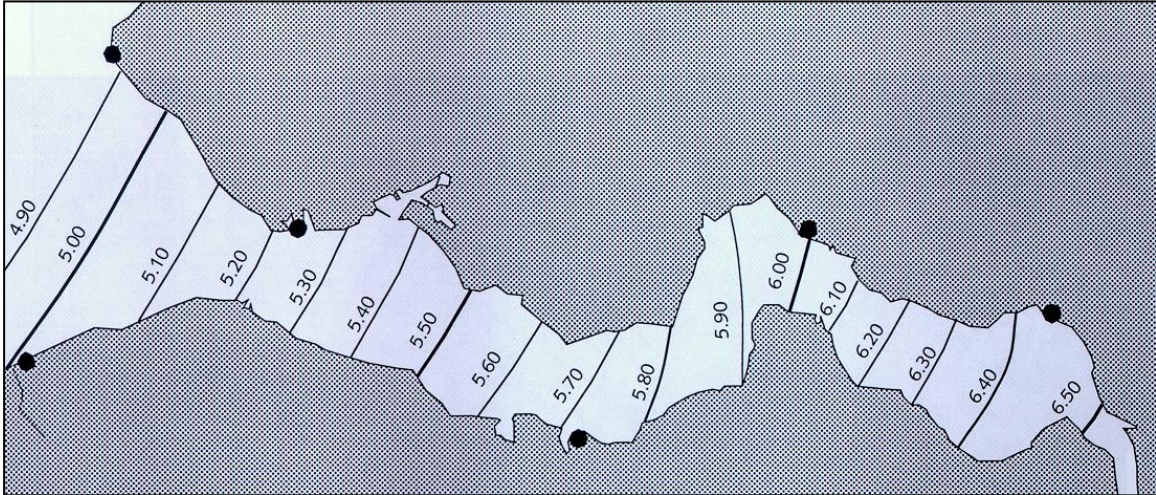
Percentage van het aantal dijkvakken	Wijziging nieuw t.o.v. oud
1.50%	10 centimeter afname
33.40%	5 centimeter afname
58.30%	geen wijziging
5.40%	5 centimeter toename
0.40%	10 centimeter toename

### **Literatuur**

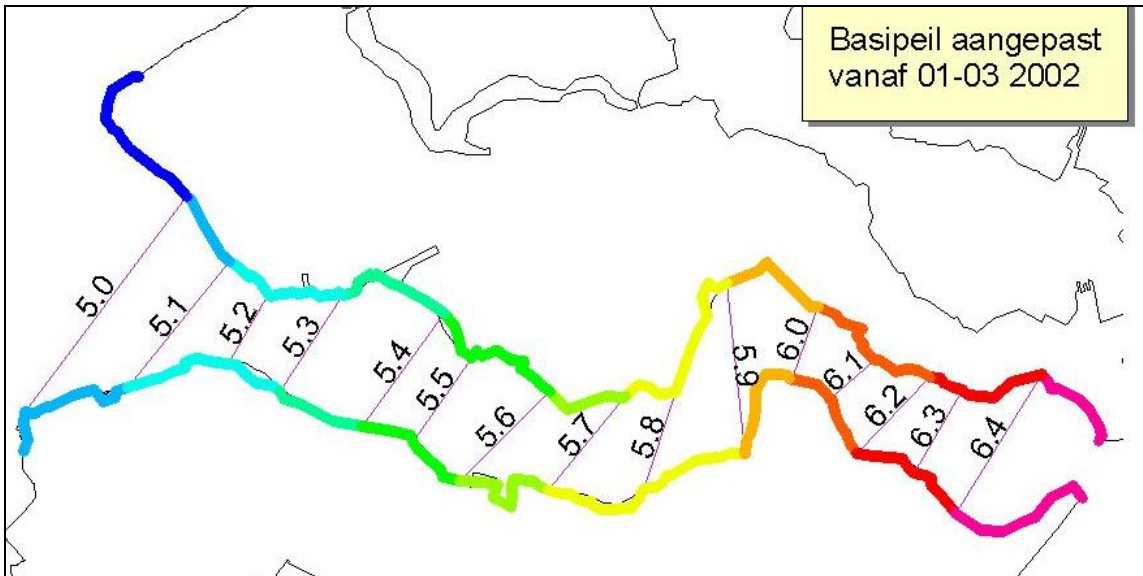
- De basispeilen langs de Nederlandse kust, rapport RIKZ-95.008
- Memo werkgroep kennis K-99-02-12, K-01-02-12, K-01-06-44, K-01-08-50, K-01-09-53, K-02-03-14

Bijlage 1 : vergelijking basispeilen

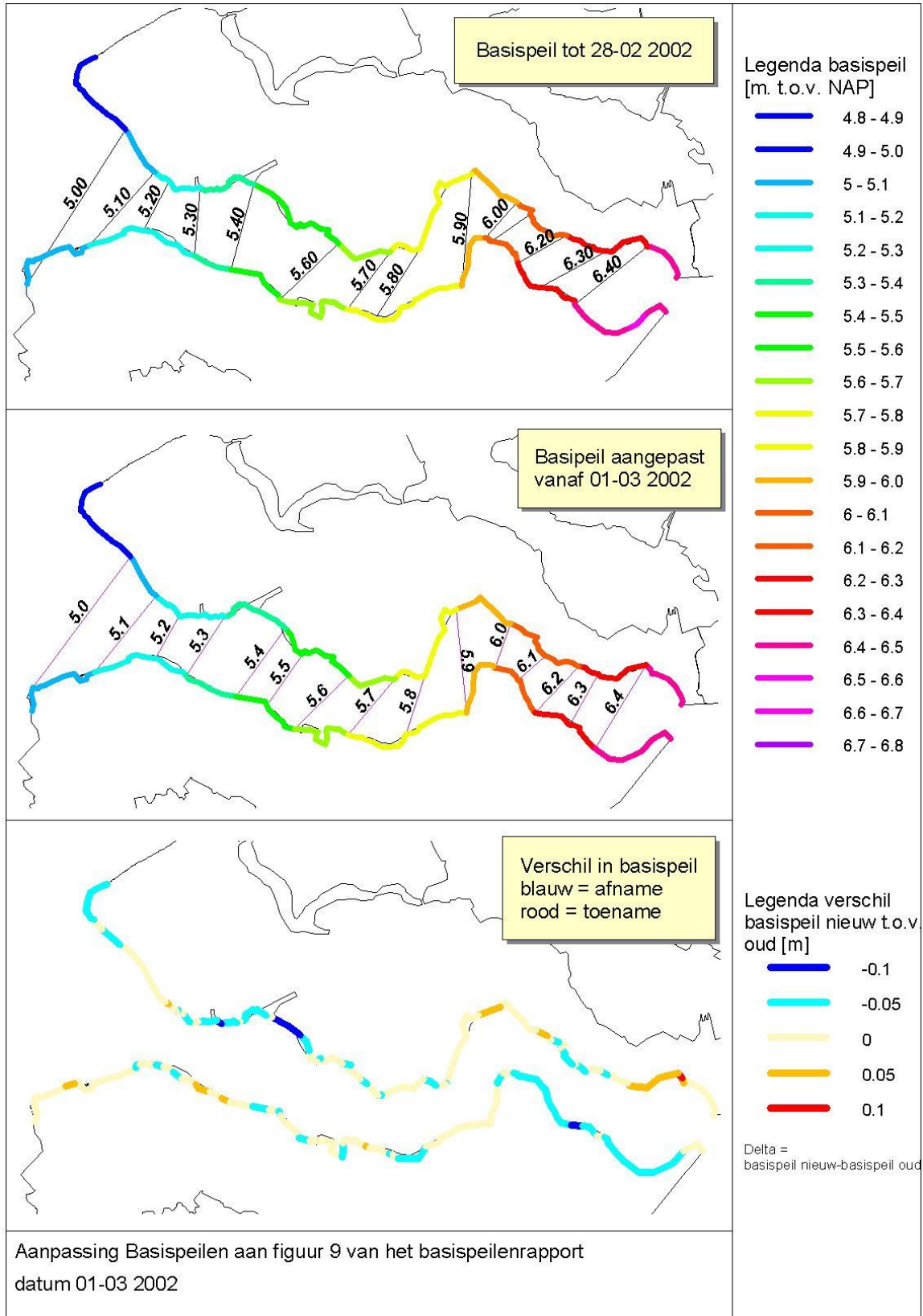
Figuur 1 Basispeil, zoals weergegeven in “De basispeilen langs de Nederlandse kust, figuur 9”



Figuur 2 Aangepast basispeil



Bijlage 2 : vergelijking basispeilen + effect van de basispeilen





## **Bijlage 2.4**

### **Ontwerppeilen Westerschelde. Uitleg over de totstandkoming van de ontwerppeilen-tabel**

# Memo

## Werkgroep

# Kennis

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Projectbureau Zeeweringen

Betreft (actie en nr.)

n.a.v. actie 157, ontwerppeilen Westerschelde

Uitleg over de totstandkoming van de ontwerppeilen-tabel

Vraagsteller

Hengst / Van den Bosch

Beantwoord door

Kamsteeg / Jacobse

Doorkiesnummer

070-3114213

Status

Definitief

Datum

augustus 2001

Datum

september 2001

Bijlage(n)

-

Kenmerk

k-01-09-53

### Inleiding en vraagstelling :

In maart 2001 is de 3<sup>e</sup> kustnota verschenen. In deze kustnota is gesteld dat bij beslissingen met een langere ontwerpduur (50 - 100 jaar) en grote investeringen met weinig flexibiliteit (dijken en stormvloedkeringen) uitgegaan dient te worden van een 60 centimeter zeespiegelstijging per eeuw. In juni 2001 is door Ard Kamsteeg en Simon Vereeke een memo geschreven over het effect van het veranderde zeespiegelstijgingsscenario op de ontwerppeilen in de Westerschelde [memo K-01-06-44].

In augustus is aan PBZ een tabel geleverd, met daarin voor elk randvoorwaardenvak het ontwerppeil uit 1985 en het ontwerppeil voor 2060. Over de exacte getallen in deze tabel zijn de afgelopen weken nogal wat vragen gesteld door PBZ. RIKZ heeft deze vragen veelal mondeling en per mail beantwoordt. Deze memo is gebaseerd op de mailwisseling met PBZ, en geeft uitleg over de totstandkoming van de ontwerppeilen voor 2060 in de ontwerppeilen-tabel.

### Toelichting op de ontwerppeilen tabel

1 Voor het ontwerp van dijken rekenen we met de hoogwaterstijging en niet met de zeespiegelstijging.

2 Bij het scenario van 20 cm/eeuw zeespiegelstijging geldt voor de HW-stijging:

- voor de kust een HW stijging van 25 cm (=zeespiegelstijging + toeslag van 5 cm)
- voor Vlissingen een HW stijging van 30 cm (=zeespiegelstijging + toeslag van 10 cm)
- voor Bath een HW stijging van 50 cm (=zeespiegelstijging + toeslag van 30 cm)

Projectbureau Zeeweringen

Postadres p/a postbus 114, 4460 AC Goes

Bezoekadres p/a waterschap Zeeuwse Eilanden,

Piet-Heinstraat 77 Goes

Telefoon (0113) 24 13 70

Telefax (0113) 21 61 24

Het project Zeeweringen wordt uitgevoerd i.s.m. de Zeeuwse waterschappen en de provincie Zeeland.

Vanaf NS station richting centrum, na 150 m. rechts.

(deze getallen volgen uit het basispeilenrapport)

3. Uit beschikbare gegevens over de invloed van extra zeespiegelstijging op de hoogwaterstijging is gebleken dat bij een grotere zeespiegelstijging (van 20 cm/eeuw naar 60 cm/eeuw) de toeslagen voor de hoogwaterstijging hetzelfde blijven (zie kennismemo k-01-06-44).

4. Volgens bovenstaande uitgangspunten komt de hoogwaterstijging dan dus uit op:

- voor de kust 60 cm + toeslag van 5 cm = 65 cm/eeuw
- voor Vlissingen 60 cm + toeslag van 10 cm = 70 cm/eeuw
- voor Bath 60 cm + toeslag van 30 cm = 90 cm/eeuw

5. Voor de getallen in de tabel geldt dat er in de afronding nog een aantal keuzen zijn gemaakt. In het basispeilenrapport worden 4 gebieden onderscheiden met resp een toeslag voor HW-stijgingen van 5 cm (kust), 10 cm (rond Vlissingen), 20 cm (Borssele-Walsoorden), 30 cm (rond Bath). Deze 4 gebieden hebben (bij 60 cm/eeuw zeespiegelstijging) een HW-stijging van 65, 70, 80 en 90 cm/eeuw. Voor 75 jaar (ontwerppeil 2060) is dat resp. 48,75 cm, 52,5 cm, 60 cm en 67,5 cm HW stijging.

In werkelijkheid zal deze hoogwaterstijging natuurlijk geleidelijk verlopen. Dit heeft een rol gespeeld bij de afronding. Voor de kust geldt een HW toeslag van 5 cm en bij Vlissingen van 10 cm. De grens hiertussen is niet echt duidelijk, dus zijn voor de paar dijkvakken ten westen van Vlissingen de waarden voor Vlissingen toegepast. Naast het gebied tussen de kust en Vlissingen zijn er nog de drie andere gebieden met de resp. HW-stijgingen: 52,5 cm, 60 cm, 67,5 cm. Om een lineair verloop te krijgen hebben we dat afgerond op 55 cm, 60 cm en 65 cm.

Deze laatste stap (punt 5) was in de vorige set ontwerppeilen (2050) op dezelfde manier gedaan. Dit is natuurlijk enigszins arbitrair, maar werkbaar. Een andere methode of afronding zou enkele cm's verschil op kunnen leveren. Dat is voor ontwerppeilen (zeker als 60 cm/eeuw zeespiegelstijging wordt gehanteerd) niet echt van belangrijk.