

## NOTITIE

Project : IJsseldelta  
Onderwerp : Golfreducerende berm  
Referentie : RGTY-N-002-2  
Datum : 27 oktober 2017  
Auteur : L. Wartena

### 1 Inleiding

Bij het project IJsseldelta kruist een spoortunnel onder het Drontermeer de primaire waterkering van dijkkring 11. Hier zijn kanteldijken ontworpen welke aansluiten op de Reevediepdijk ten noorden van de tunnel en op de Klimaatdijk ten zuiden van de tunnel. De kanteldijken hebben een geringere hoogte dan de aansluitende primaire waterkeringen. De aansluiting op de kanteldijken heeft over een lengte van ongeveer 12 á 15 meter een hoogtetekort ten opzichte van de norm. Om dit hoogtetekort deels te compenseren is besloten om ter plekke van de aansluiting van de Klimaatdijk op de zuidelijke kanteldijk een golfreducerende berm aan te leggen, zie Figuur 1 [1]. Dit document betreft het ontwerp van de golfreducerende berm waar de kanteldijk aansluit op de Klimaatdijk.



Figuur 1. Projectlocatie golfreducerende berm [1]

De berekeningen worden uitgevoerd in PC-Overslag conform de VTV2006 [6], gebaseerd op de door opdrachtgever Rijkswaterstaat verstrekte gegevens en berekeningen. Op basis van de PC-Overslagberekeningen wordt het niveau, de breedte en het buitentalud van de golfreducerende berm vastgesteld. Verder wordt ook het materiaal en de toe te passen bekleding toegelicht. Het ontwerp van de golfreducerende berm wordt uitgewerkt in een door opdracht RWS GPO geleverde aangeleverde 2D Autocad tekening.

## 2 Uitgangspunten

### 2.1 Hydraulische randvoorwaarden

In Tabel 1 [5] zijn de hydraulische randvoorwaarden voor dijkvak 3 weergegeven. Dit zijn parameters uit het bronbestand van Royal HaskoningDHV voor de hoogte analyse van de aansluitingen op de kanteldijken [5].

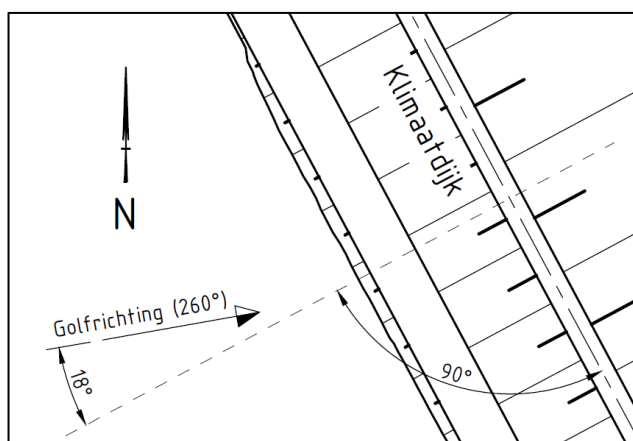
De norm voor de Klimaatdijk is 1/2000 per jaar [3]. Het maximaal toelaatbaar overslagdebiet is vastgesteld op 10 l/s/m [2]. De gemiddelde golfperiode ( $T_m$ ) en de maatgevende stormduur ( $t_{sm}$ ) zijn afkomstig uit de PC-Overslagberekeningen van dijkvak 3 van de Klimaatdijk [2].

Significante Golfhoogte	( $H_{mo}$ )	:	0.81 [m]
Golf Periode	( $T_{m-1,0}$ )	:	-
Piek Periode	( $T_p$ )	:	2.88 [s]
Gemiddelde golfperiode	( $T_m$ )	:	5.00 [s]
Golf Richting	( $\beta$ )	:	0.00 [°]
Maatgevende stormduur	( $t_{sm}$ )	:	43 200,00 [s]
Stil Waterlijn	(SWL)	:	3,82 [m +NAP]

Tabel 1. Hydraulische randvoorwaarden Klimaatdijk t.p.v. kanteldijk, dijkvak 3 [5]

Aan de zuidzijde van de kanteldijken sluit de Klimaatdijk aan op de kanteldijken. De Klimaatdijk heeft een ontwerplevensduur van 100 jaar en gaat uit van een ontwerppeil van NAP +4,10m. Uitgaande van deze peilen zal de ontwerpkuin hoogte van de kanteldijk van NAP +3,90m niet voldoen. Daarom wordt ter plaatse van de aansluiting op de kanteldijk gerekend wordt met een tijdshorizon van 50 jaar en een ingemeten kruin hoogte [5]. Het nieuwe ontwerppeil (tot 2065) is NAP +3,82m [5]. Voor de Stil Waterlijn is het ontwerppeil inclusief toeslagen in 2065 bij een geopend inlaatwerk gebruikt [5].

De golfrichting ter plaatse van de aansluiting tussen de Klimaatdijk en de kanteldijk bedraagt 260° ten opzichte van het noorden. De golfrichting ten opzichte van de Klimaatdijk bedraagt 18°, zie *Figuur 2*. De golfrichting van 18° is vergelijkbaar met een golfrichting die haaks op de Klimaatdijk staat, om deze reden is in de berekening een (conservatieve) waarde van 0° aangehouden als golfrichting.

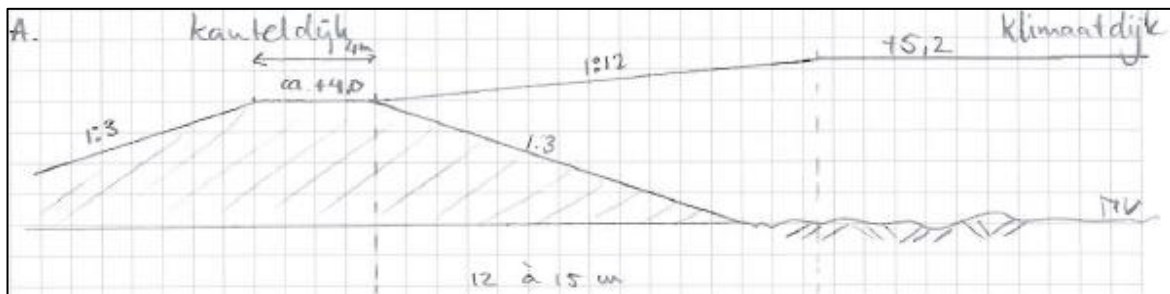


Figuur 2. Golfrichting t.o.v. Klimaatdijk

## 2.2 Geometrie dijkvak 3 [KD3]

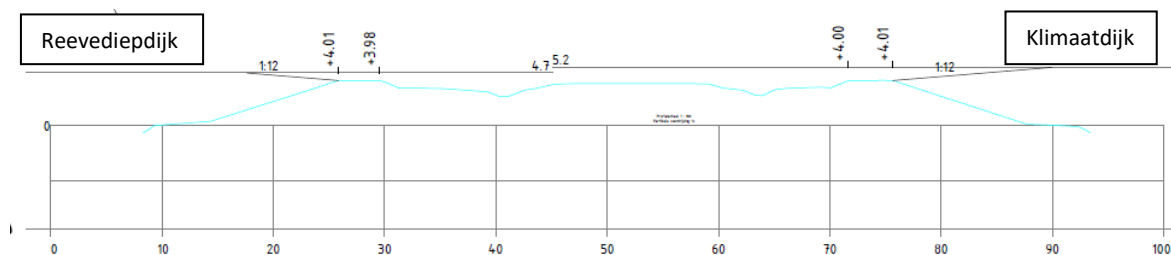
### 2.2.1 Aansluiting kanteldijk

De klimaatdijk sluit haaks op de bestaande zuidelijke kanteldijk aan, zie Figuur 3 [3]. De ontwerphoogte van de Klimaatdijk bedraagt NAP +5,20m en wordt onder een helling 1:12 geleidelijk verlaagd tot niveau bovenzijde kanteldijk, zodat de kruinen op gelijke hoogte op elkaar aansluiten [1].



Figuur 3. Schets aansluiting kanteldijk [3]

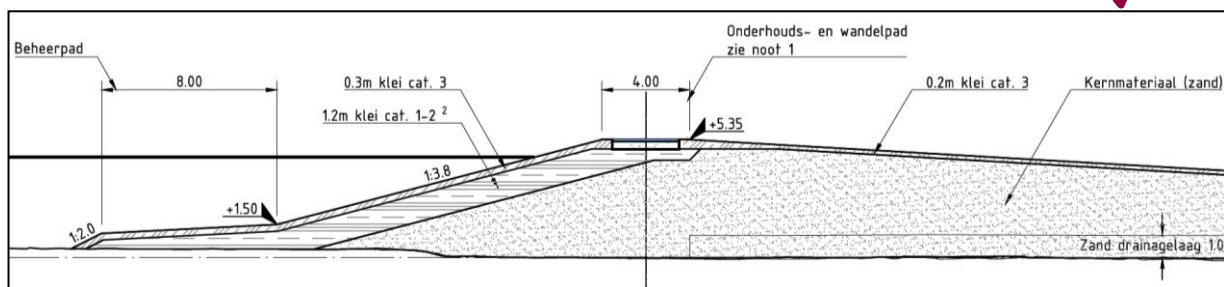
De maatgevende waterstand (NAP +3,82m) + waakhoogte (+0,50m [7]) vraagt om een minimale kruinhoogte van NAP +4,32m. Omdat de ontwerphoogte van de kanteldijk onder dit niveau ligt is ervoor gekozen om de robuustheidtoeslag (0,20m) niet mee te rekenen. De benodigde kruinhoogte van de klimaatdijk wordt daardoor verlaagd tot NAP +4,12m [5]. Door het talud van de klimaatdijk door te trekken tot de kruin van de kanteldijk worden de kruinen op elkaar aangesloten op NAP + 4,0 m, zie Figuur 4 [3].



Figuur 4. Dwarsprofiel kanteldijken Drontermeertunnel met aansluiting nieuwe dijken [3]

### 2.2.2 Dwarsprofiel DK3-3

De aansluiting van de Klimaatdijk op de zuidelijke kanteldijk bevindt zich in Dijkvak 3. Het maatgevende dwarsprofiel van dit dijkvak wordt conform DO Klimaatdijk [4] ter illustratie weergegeven in Figuur 5. In de tekeningen is de opleverhoogte aangegeven (incl. restzetting +0,15m).



Figuur 5. Dwarsprofiel KD3-3 conform tekening DO Klimaatdijk [4]

### 2.2.3 Materiaal en bekleding

De Kern van de klimaatdijk bestaat uit zand. Dit wordt tegen de buitenzijde van de kanteldijk aangebracht (met zaagtandige aansluiting op de kanteldijk). [1]

De cat. 1 kleilaag van de kanteldijk wordt aangesloten op de kleikern van de kanteldijk. Hiertoe wordt de bekleding van de kanteldijk lokaal geheel verwijderd, daarna wordt met een zaagtandige aansluiting de kleilaag op de kleilaag van de kanteldijk aangesloten (zie principe detail 2 tekening IJD-OTDW-TEK-0108) [1].

De toplaag van de bekleding van de klimaatdijk bestaat uit cat. 3 klei [1]. Dit wordt aangesloten tegen de buitenzijde van de cat. 3 toplaag van de bekleding van de kanteldijk. Vervolgens wordt dit ingezaaid met graszaad dijkengrasmengsel D2 [1].

## 2.3 Golfreducerende berm

De golfreducerende berm wordt op het niveau van het ontwerppeil NAP +3,82m tegen het buitentalud van de Klimaatdijk aangebracht.

Het talud van de golfreducerende berm is (om de macrostabiliteit van de klimaatdijk niet te negatief te beïnvloeden) evenwijdig aan het talud van het maatgevende dijkontwerp 1:3,8. De lengte van de golfreducerende berm is gelijk aan ongeveer 4 keer de significante golfhoogte met een minimum van 5 m [7]. De berm loopt onder 1:20 af naar buiten [7].

### 2.3.1 Materiaal & bekleding

In het ontwerp van de golfreducerende berm wordt gebruik gemaakt van dezelfde materialen als het DO ontwerp van de Klimaatdijk zoals is benoemd in sub paragraaf 2.2.3 [2]. Het ontwerp sluit aan op zowel het buitentalud als de kern van het dijklichaam in dijkvak 3.

Een maatregel voor het reduceren van de golfoploop is om de bekleding aan de buitenzijde van de nieuwe dijk te verruwen [5]. In Tabel 2 [6] zijn de invloedsfactoren op de ruwheid van de gebruikelijke toegepaste taludbekledingen weergegeven.

Code	Omschrijving	Invloedsfactor
25	Breuksteen, (stortsteen) 0,7m dik	0,55
20	Gras, gezaaid	1,00

Tabel 2. Invloedsfactoren voor de ruwheid van de toplagen bij golfoploop en golfoverslag[6]

### 3 Kalibratieberekening

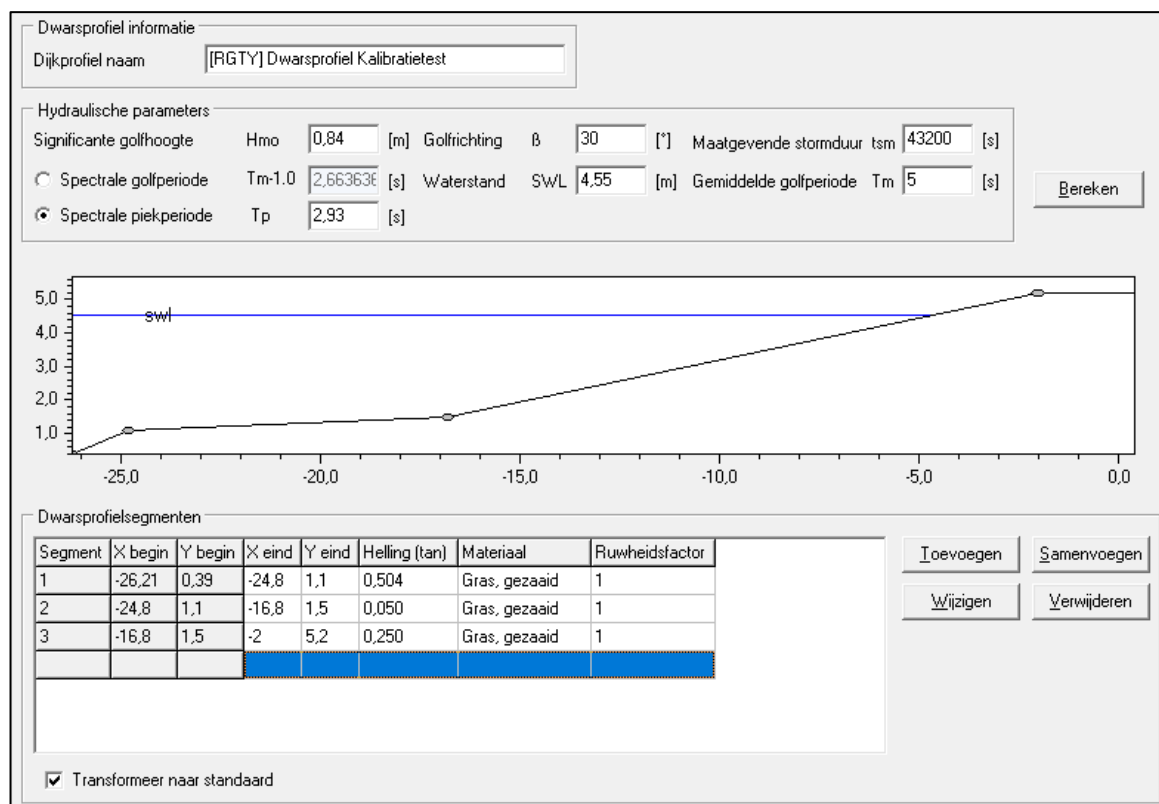
In dit hoofdstuk wordt een kalibratieberekening uitgevoerd om de betrouwbaarheid van de resultaten te verifiëren met het DO ontwerp van de klimaatdijk. Het ontwerp van de golfreducerende berm wordt ingepast in het ontwerp van de klimaatdijk. Daarom wordt geverifieerd of met dezelfde input dezelfde output gegenereerd wordt. In dat geval is aangetoond dat dezelfde ontwerpmethodiek en uitgangspunten zijn toegepast en is het ontwerp consistent met reeds gemaakte DO berekeningen van de klimaatdijk.

#### 3.1 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor de kalibratieberekeningen zijn vastgelegd in DO Klimaatdijk [2]. De parameters uit de bronbestanden van de berekeningen van Isala Delta worden toegepast. Voor de invoer van de PC-Overslag berekening is uitgegaan van de berekening voor dijkvak 3 zoals is vastgelegd in bijlage 5 van het DO ontwerp van de Klimaatdijk, zie Tabel 3 [2].

Significante Golfhoogte	(Hmo)	:	0.84 [m]
Golf Periode	(Tm-1,0)	:	2.66 [s]
Piek Periode	(Tp)	:	2.93 [s]
Gemiddelde golfperiode	(TM)	:	5.00 [s]
Golf Richting	(β)	:	30.00 [°]
Maatgevende stormduur	(tsm)	:	43200.00 [s]
Stil Waterlijn	(SWL)	:	4.55 [m +NAP]

Tabel 3. Hydraulische randvoorwaarden DO Klimaatdijk, dijkvak 3[2]



Figuur 6. Schermafbbeelding kalibratietest (PC-Overslag)

### 3.2 Resultaten

De testresultaten van de kalibratieberekening komen overeen met de berekeningen van het DO Ontwerp van de Klimaatdijk zoals weergegeven in *Tabel 4*. De resultaten zijn bijgevoegd in Bijlage 1 Kalibratietest (PC Overslag)'.

Dijkvak	Kruinhoogte [m +NAP]	MHW [m +NAP]	Golfhoogte [m]	Golf(piek) periode [s]	Invalshoek golf $\beta$ [°]	Overslagdebiet [l/s/m]
KD3 <sup>1)</sup>	5,2	4,55	0,84	2,93	30	5,02
KD3-3 <sup>2)</sup>	5,2	4,55	0,84	2,93	30	5,02

<sup>1)</sup> Resultaten berekening DO Ontwerp Klimaatdijk [2]

<sup>2)</sup> Resultaten kalibratietest

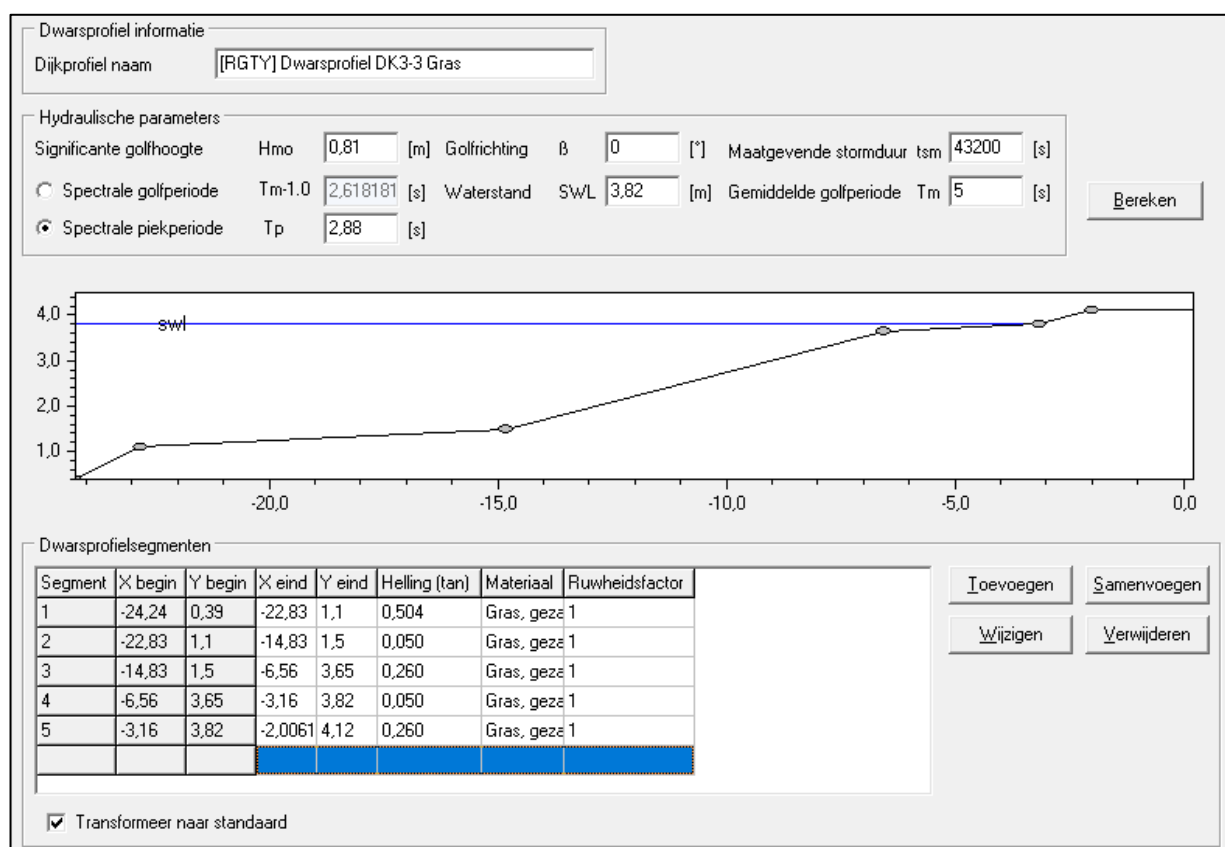
*Tabel 4. Overslagdebiet zoals bepaald met PC-Overslag voor de waterkering Klimaatdijk dijkvak 3*

## 4 Berekeningen met golfreducerende berm

### 4.1 Golfreducerende berm met bekleding van gras

Het ontwerp van de golfreducerende berm met gras bekleding is vergelijkbaar met het ontwerp voor de Klimaatdijk. Het buitentalud bestaat uit een kleilaag en is voorzien van gras bekleding.

Uit de berekening blijkt dat de golfreducerende berm een totale lengte nodig heeft van minimaal 3,40 m, zie Figuur 7. Omdat in de leidraad Zee- en Meerdijken [7] gesproken wordt over een minimale lengte van 5,00m meter bij het ontwerp van de golfreducerende berm, wordt geadviseerd een minimale bermlengte van 5,00m te hanteren.



Figuur 7. Schermafbeelding golfreducerende berm met bekleding van gras (PC-Overlag)

De resultaten van de PC-Overlag berekening zijn bijgevoegd in Bijlage 2 Resultaten hoogteberekening KD3 (Gras). Het maximale overslagdebiet is 5,39 l/s/m en blijft dus onder het maximaal toelaatbaar overslagdebiet 10 l/s/m.





## **5 Conclusies en aanbevelingen**

### **5.1 Conclusies golfreducerende berm**

De golfreducerende berm dient minimaal uitgevoerd te worden over het deel van de klimaatdijk waar de kruinhoogte lager is dan NAP +5,2 m.

De golfreducerende berm wordt op het niveau van het ontwerppeil +3,82m NAP tegen het buitentalud van de dijk aangebracht. De lengte bedraagt 5,00m en loopt onder 1:20 naar buiten af. Het talud van de golfreducerende berm is gelijk aan het talud van het maatgevende dijkontwerp, namelijk 1:3,8. De dijkbekleding bestaat uit cat. 1 klei met daarop een toplaag van cat. 3 klei met gras en is gelijk aan de dijkbekleding van de klimaatdijk.

Het ontwerp van de golfreducerende berm is bijgevoegd in Bijlage 3 Ontwerp golfreducerende berm, zie tekening: RGTY-00-T-VO-OVE-001 | revisie 2.0 | 26-10-2017.

### **5.2 Aanbevelingen**

Bij het bepalen van de opleverhoogte dienen eventuele zettingen in rekening gebracht te worden.

## 6 Referenties

- [1] *“Aansluiting aan kanteldijk”*, Isala Delta, revisie 2.0, 17-05-2017
- [2] *“DO klimaatdijk”*, Isala Delta, Revisie 3.0, 13-05-2016
- [3] Memo *“Aansluiting klimaatdijk en Reevediepdijk op kanteldijk”*, Isala Delta, 19-01-2016
- [4] *“DO klimaatdijk dwarsprofielen IJD-OTDW-TEK-2516”*, Isala Delta, Revisie 3.0, 13-05-2016
- [5] Notitie *“Analyse hoogte nieuwe IJsseldelta-dijken rondom kanteldijken oostzijde Drontermeertunnel”*, Royal Haskoning DHV Nederland B.V., 27-04-2016
- [6] *“TR23 Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken (TAW 2002)”*, TAW, mei 2002
- [7] *“L03 Leidraad Zee- en Meerdijken (TAW 1999)”*, TAW, december 1999

**Bijlage 1 Kalibratietest (PC Overslag)**

## PC OVERSLAG

Naam van de berekening : Dwarsprofiel DK3-3  
 Datum berekening : 13-9-2017  
 Tijdstip berekening : 12:37:30

Dwarsprofiel informatie  
 Dijkprofiel naam [RGTY] Dwarsprofiel Kalibratietest

Hydraulische parameters  
 Significante golfhoogte Hm0 0.84 [m] Golfrichting  $\beta$  30 [°] Maatgevende stormduur tsm 43200 [s]  
☐ Spectrale golfperiode Tm-1.0 2.66363 [s] Waterstand SWL 4.55 [m] Gemiddelde golfperiode Tm 5 [s]  
☒ Spectrale piekperiode Tp 2.93 [s]

Bereken

Dwarsprofielsegmenten
 

Segment	X begin	Y begin	X eind	Y eind	Helling (tan)	Materiaal	Ruwheidfactor
1	-26.21	0.39	-24.8	1.1	0.504	Gras, gezaaid	1
2	-24.8	1.1	-16.8	1.5	0.050	Gras, gezaaid	1
3	-16.8	1.5	-2	5.2	0.250	Gras, gezaaid	1

Toevoegen Samenvoegen  
 Wijzigen Verwijderen

☒ Transformeer naar standaard

### Hydraulische Randvoorwaarden

Significante GolfHoogte Hm0 : 0.84 [m]  
 Golf Periode Tm-1,0 : 2.66 [s]  
 Piek Periode Tp : 2.93 [s]  
 Gemiddelde Periode Tm : 5.00 [s]  
 Golf Richting  $\beta$  : 30.00 [°]  
 Storm Duur tsm : 43200.00 [s]  
 Stil WaterLijn SWL : 4.55 [m + NAP]

### Segmenten

Aantal Segmenten : 3  
 Start van segmenten  
 X : -26.21  
 Y : 0.39

Segment	x	y	tangens helling	ruwheids factor	materiaal
0	-24.80	1.10	0.50	1.00	Gras, gezaaid
1	-16.80	1.50	0.05	1.00	Gras, gezaaid
2	-2.00	5.20	0.25	1.00	Gras, gezaaid

#### Benodigde kruinhoogte

Overslag Kruinhoogte

[l/s/m] [m + NAP]

0.10	5.83
1.00	5.46
10.00	5.09
50.00	4.83

#### Overslag hoeveelheden per golf

Percentage Hoeveelheid

[%] [l/m]

VMax	976.88
1.00	467.79
10.00	185.64

#### Berekenings resultaten

Comentaar : De 2%-golfoploop is hoger dan de dijk  
Z2Perc : 1.25 [m]  
Z2Perc+SWL : 5.80 [m + NAP]  
Overslag Percentage : 5.02 [l/s/m]  
overslaande golven : 34.50 [%]  
V max : 976.88 [l/golf/m]

#### Resultaten per gebruikt profiel

Dwarsprofiel berm/VOORLAND

Z2perc	:	1.25 [m]
Ksio	:	0.91 [-]
L0	:	11.07 [m]
GammaB	:	1.00 [-]
GammaF	:	1.00 [-]
GBeta oploop	:	0.93 [-]
GBeta overslag	:	0.90 [-]
TanAlpha	:	0.25 [-]
Iteraties	:	3 [-]

#### Dwarsprofiel BERM/voorland

Z2perc	:	1.25 [m]
Ksio	:	0.91 [-]
L0	:	11.07 [m]
GammaB	:	1.00 [-]
GammaF	:	1.00 [-]
GBeta oploop	:	0.93 [-]
GBeta overslag	:	0.90 [-]
TanAlpha	:	0.25 [-]
Iteraties	:	3 [-]

**Bijlage 2 Resultaten hoogteberekening KD3 (Gras)**

## PC OVERSLAG

Naam van de berekening : [RGTY] Dwarsprofiel DK3-3 Gras

Datum berekening : 20-9-2017

Tijdstip berekening : 17:19:53

Dwarsprofiel informatie

Dijkprofiel naam [RGTY] Dwarsprofiel DK3-3 Gras

Hydraulische parameters

Significante golfhoogte Hm0 0.81 [m] Golfrichting  $\beta$  0 [°] Maatgevende stormduur tsm 43200 [s]

☐ Spectrale golfperiode Tm-1.0 2.618181 [s] Waterstand SWL 3.82 [m] Gemiddelde golfperiode Tm 5 [s]

☒ Spectrale piekperiode Tp 2.88 [s]

Bereken

Dwarsprofielsegmenten

Segment	X begin	Y begin	X eind	Y eind	Helling (tan)	Materiaal	Ruwheidsfactor
1	-24.24	0.39	-22.83	1.1	0.504	Gras, geze 1	
2	-22.83	1.1	-14.83	1.5	0.050	Gras, geze 1	
3	-14.83	1.5	-6.56	3.65	0.260	Gras, geze 1	
4	-6.56	3.65	-3.16	3.82	0.050	Gras, geze 1	
5	-3.16	3.82	-2.0061	4.12	0.260	Gras, geze 1	

Toevoegen

Samenvoegen

Wijzigen

Verwijderen

☒ Transformeer naar standaard

## Hydraulische Randvoorwaarden

Significante GolfHoogte Hm0 : 0.81 [m]

Golf Periode Tm-1,0 : 2.62 [s]

Piek Periode Tp : 2.88 [s]

Gemiddelde Periode Tm : 5.00 [s]

Golf Richting  $\beta$  : 0.00 [°]

Storm Duur tsm : 43200.00 [s]

Stil WaterLijn SWL : 3.82 [m + NAP]

## Segmenten

Aantal Segmenten : 5

Start van segmenten

X : -24.24

Y : 0.39

Segment	x	y	tangens helling	ruwheids factor	materiaal
0	-22.83	1.10	0.50	1.00	Gras, gezaaid
1	-14.83	1.50	0.05	1.00	Gras, gezaaid
2	-6.56	3.65	0.26	1.00	Gras, gezaaid
3	-3.16	3.82	0.05	1.00	Gras, gezaaid
4	-2.01	4.12	0.26	1.00	Gras, gezaaid

#### Benodigde kruinhoogte

Overslag Kruinhoogte

[l/s/m] [m + NAP]

0.10	4.69
1.00	4.36
10.00	4.04
50.00	3.84

#### Overslag hoeveelheden per golf

Percentage Hoeveelheid

[%] [l/m]

VMax	1080.61
1.00	520.50
10.00	206.56

#### Berekenings resultaten

Comentaar : De 2%-golfoploop is hoger dan de dijk

Z2Perc : 0.57 [m]

Z2Perc+SWL : 4.39 [m + NAP]

Overslag : 5.39 [l/s/m]

Percentage

overslaande golven : 33.31 [%]

V max : 1080.61 [l/golf/m]

#### Resultaten per gebruikt profiel

Dwarsprofiel berm/VOORLAND

Z2perc : 0.00 [m]

Ksio : 0.95 [-]

L0 : 10.70 [m]

GammaB : 1.00 [-]

GammaF : 1.00 [-]

GBeta oploop : 0.00 [-]

GBeta overslag : 0.00 [-]

TanAlpha : 0.00 [-]

Iteraties : 3 [-]

#### Dwarsprofiel BERM/voorland

Z2perc : 0.91 [m]

Ksio : 0.94 [-]

L0 : 10.70 [m]

GammaB : 0.68 [-]

GammaF : 1.00 [-]

GBeta oploop : 1.00 [-]

GBeta overslag : 1.00 [-]

TanAlpha : 0.26 [-]

Iteraties : 3 [-]



## Bijlage 3 Ontwerp golfreducerende berm