



Ontwerpnota Emanuelpolder

Geplande jaar van uitvoering: 2015

PZDT-R-13348 ontw.

Projectbureau Zeeweringen		Status: Definitief		
Dijkverbetering: <i>Emanuelpolder</i>		Versie: 1.0		
Ontwerpnota		Datum: 4 november 2013		
controle	Auteur	Intern	Toetsgroep	Projectbureau Zeeweringen
Naam:	[Redacted]			
Paraaf:	[Redacted]			
Datum:	19-11-2013	14-11-2013	10-11-2013	10-11-2013
Documentnummer: PZDT-R-13348 ontw				

Inhoudsopgave

Samenvatting

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doel ontwerpnota	1
1.3	Ontwerpveiligheid	1
1.4	Ontwerpproces	2
1.5	Leeswijzer	2
2	Bestaande situatie	3
2.1	Projectgebied	3
2.2	Bestaande bekledingen	4
3	Randvoorwaarden	5
3.1	Veiligheidsniveau	5
3.2	Hydraulische randvoorwaarden	5
3.3	Ecologische randvoorwaarden	8
3.4	Landschapsvisie	10
3.5	Archeologie en cultuurhistorie	10
3.6	Recreatie	10
3.7	Kruin en bovenloop en buitenberm	10
3.8	Overige randvoorwaarden en uitgangspunten	11
4	Toetsing	12
4.1	Inleiding	12
4.2	Toetsing op golfbelasting	12
4.3	Toetsing op overslag	12
4.4	Toetsing op piping	12
4.5	Toetsing op stabiliteit	12
5	Keuze bekleding	13
5.1	Inleiding	13
5.2	Beschikbaarheid	13
5.3	Mogelijk toepasbare materialen	13
5.4	Technische toepasbaarheid	14
5.5	Keuze voor bekleding	15
5.6	Onderhoudsstrook	17
5.7	Bekleding berm, bovenloop en kruin.	17
5.8	Golfoploop	18
6	Dimensionering	19
6.1	Kreukelberm en teenconstructie	19
6.2	Kleibekleding	19
6.3	Berm	21
6.4	Bekleding bovenloop en kruin	22
6.5	Naastliggende dijkvakken	22

7	Aandachtspunten voor contract en uitvoering	23
7.1	Bekledingstypen	23
7.2	Natuur	23
7.3	Archeologie en cultuurhistorie	23
7.4	Transportroutes en depotlocaties	23

Literatuur	24
-------------------	----

Bijlage 1 **Figuren**

Bijlage 2 **Detailadviezen**

Bijlage 3 **Berekeningen**

Lijst met tabellen

Tabel 0.1	Bekledingsalternatieven.....	
Tabel 3.1	Randvoorwaardenvakken	6
Tabel 3.2	Karakteristieke waterstanden	6
Tabel 3.3	Maatgevende golfrandvoorwaarden betonzuilen.....	6
Tabel 3.4	Maatgevende golfrandvoorwaarden gekantelde blokken	7
Tabel 3.5	Golfrandvoorwaarden bij ontwerppeil 2010-2060 (zuilen)	7
Tabel 5.1	Bekledingsalternatieven.....	16
Tabel 5.2	Samenvatting keuzemodel.....	17

Samenvatting

Deze ontwerpnota betreft het ontwerp van de nieuwe dijkbekledingen voor het dijkvak langs de Emanuelpolder. Dit dijkvak ligt aan de Westerschelde, ten oosten van Waarde, heeft een lengte van ongeveer 2,6 km, en valt onder het eigendom en beheer van het waterschap Scheldestromen. Het gehele dijkvak ligt tegen het schor van Waarde.

Bestaande situatie:

De huidige bekleding bestaat volledig uit gras. De visuele teen van de dijk ligt op ca. NAP +2,60 m. Het niveau van de buitenberm varieert van NAP +5,40m tot NAP +6,15 m. De hoogte van de kruin varieert van NAP +8,15 m tot NAP +8,90 m.

Hydraulische randvoorwaarden

De ontwerpwaterstand (Ontwerppeil 2010-2060) voor het dijkvak bedraagt NAP + 6,75 tot 6,90 m. De bijbehorende ontwerpwaarden voor de golfhoogte H_s en de golfperiode T_{pm} variëren van 1,94 m tot 2,21 m en van 4,17 s tot 5,40 s.

Toetsresultaat:

Conclusie van de toetsing van de bekleding is dat de grasbekleding is afgekeurd. Om aan de eisen van overslag te voldoen voor de komende 50 jaar, moet ook de kruin worden verhoogd.

Nieuwe Bekleding:

Bij het ontwerp van de nieuwe bekledingen is rekening gehouden met het eventuele hergebruik van materialen, de technische en ecologische toepasbaarheid van verschillende bekledingstypen, de inpasbaarheid in het landschap, uitvoerings- en beheersaspecten, en kosten. De alternatieven voor de nieuwe bekledingen zijn weergegeven in Tabel 0.1.

Tabel 0.1 Bekledingsalternatieven

Alternatief	Beschrijving
1	Nieuw te leveren betonzuilen
2	Gepenetreerde breuksteen, afgedekt met grond
3	Kleidijk

De nieuwe bekleding bestaat volledig uit een kleidijk. Er wordt geen kreukelberm aangelegd.

De berm wordt verhoogd tot het Ontwerppeil en er wordt een onderhoudsstrook op aangelegd. De top laag wordt uitgevoerd in Open Steenasfalt. De onderhoudsstrook wordt niet toegankelijk gemaakt voor fietsers.

1 Inleiding

.....

.....

1.1 Achtergrond

Uit onderzoek van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW, overgegaan in Expertise Netwerk Waterveiligheid, ENW), is gebleken dat een groot aantal taludbekledingen op de zeedijken in Zeeland niet sterk genoeg is. De belangrijkste problemen doen zich voor bij bekledingen van betonblokken, die direct op een onderlaag van klei zijn aangebracht. Rijkswaterstaat heeft het Project Zeeweringen opgestart om in samenwerking met het Waterschap Scheldestromen en de Provincie Zeeland de taludbekledingen van de primaire waterkeringen in Zeeland te verbeteren, zodat ze voldoen aan de wettelijke eisen.

Uit de laatste toets ronde (2010) [11] is gebleken dat de grasbekleding van de Emanuelpolder niet voldoet. Uit een tweevoudige analyse volgt dat vervanging van de grasbekleding urgent is. Omdat de huidige bekleding gras is, en geen steenbekleding, valt het traject buiten de scope van Projectbureau Zeeweringen. Vanwege de urgentie en de aanwezige expertise binnen het projectbureau, heeft Waterschap Scheldestromen Projectbureau Zeeweringen verzocht een ontwerp te maken voor een nieuwe bekleding en deze te realiseren.

1.2 Doel ontwerpnota

Het doel van voorliggende ontwerpnota is het vastleggen van:

- De bestaande situatie;
- De uitgangspunten en randvoorwaarden;
- Het resultaat van de toetsing;
- Alle overige aspecten die van belang zijn voor het ontwerp van de nieuwe taludbekledingen, waaronder ecologische aspecten;
- De bekledingskeuze en hoe deze tot stand gekomen is;
- De ontwerpberekeningen en het resulterende ontwerp (dwarsprofielen);
- Aandachtspunten voor contract en uitvoering.

De ontwerpnota vormt de basis voor de natuurtoets en de planbeschrijving conform Artikel 5.4 van de Waterwet.

Het ontwerp bestaat uit een overzicht van de ontwerpgegevens, die moeten worden opgenomen in het systeem van leggers en beheersregisters van het waterschap. De ontwerpnota vormt als zodanig een onderdeel van de documentatie die bij het overdrachtsprotocol, na het verstrijken van de onderhoudsperiode, aan het waterschap wordt overgedragen.

1.3 Ontwerpveiligheid

Voor de berekening van (gezette) steenbekledingen wordt voor verschillende invoerparameters gebruik gemaakt van gemiddelde invoerwaarden, dus zonder toleranties of verwachte afwijkingen. Er worden

bijvoorbeeld geen marges toegepast op helling, dichtheid en filterdikte. De duurbelasting wordt exact uitgerekend en er wordt gerekend met niet-afgeronde hydraulische randvoorwaarden.

In het ontwerp wordt vervolgens één veiligheidsfactor op de bekledingsdikte toegepast. Deze factor is 1,2. De ontwerpen worden berekend met Steentoets 2010, versie 1.10.

De berekeningen van de overige bekledingen zijn ongewijzigd. De hiervoor gebruikte rekenregels zijn dermate conservatief dat er sprake is van minimaal dezelfde veiligheid.

1.4 Ontwerpproces

Het ontwerpproces is beschreven in het Kwaliteitshandboek [1] en in de Handleiding Toetsing en Ontwerp [2] van Projectbureau Zeeweringen.

Het ontwerpproces bestaat uit de volgende stappen:

1. Verzamelen van alle randvoorwaarden, uitgangspunten en projectgegevens die nodig waren voor de toetsing en het ontwerp van het dijkvak;
2. Maken van een voorontwerp voor de nieuwe bekleding, waarbij meerdere varianten tegen elkaar zijn afgewogen en een definitieve bekledingskeuze is gemaakt;
3. Dimensioneren en nader detailleren van de gekozen bekleding.

Bij het ontwerp is niet alleen de bekleding beschouwd die onder het ontwerppeil (+ $\frac{1}{2} H_s$) ligt, maar ook het bovenbeloop en de kruin zijn meegenomen. De buitenberm wordt opgehoogd tot aan het ontwerppeil. Het binnentalud is buiten beschouwing gelaten. De dikte van de kleilaag is slechts 0,40 m, waar de beheerder 0,80 m wenst. Het binnenbeloop valt echter buiten de scope van de toetsing en daarmee ook buiten het nHWBP.

1.5 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie van het dijkvak beschreven. Hoofdstuk 3 is een overzicht van de uitgangspunten en de randvoorwaarden voor het ontwerp. In Hoofdstuk 4 komt de toetsing van de huidige bekleding aan de orde en wordt vastgesteld welke delen binnen het Project Zeeweringen moeten worden verbeterd. In Hoofdstuk 5 wordt aan de hand van de vastgestelde uitgangspunten en randvoorwaarden een voorkeursoplossing gekozen voor elk gedeelte van het dijkvak dat moet worden verbeterd. In Hoofdstuk 6 wordt de dimensionering van de gekozen bekledingen beschreven. In Hoofdstuk 7 wordt een lijst gegeven met aandachtspunten voor het contract en de uitvoering. Tot slot is een literatuuroverzicht opgenomen.

2 Bestaande situatie

.....

.....

2.1 Projectgebied

Het dijktraject Emanuelpolder ligt aan de zuidkant van Zuid-Beveland, ten oosten van Waarde. Het beheer is in handen van het waterschap Scheldestromen. Voor het dijkvak ligt een groot schor ("het schor van Waarde"), dat in beheer is bij Staatsbosbeheer.

Voor het schor liggen twee strekdammen. Tussen de strekdammen ligt het verdrongen dorp Valkenisse. De strekdammen zijn in 2003 aangelegd om het schor te beschermen en om te voorkomen dat de restanten van Valkenisse verder bloot zouden komen te liggen. De breedte van het schor neemt weliswaar nog af, maar het slik voor het schor is sindsdien weer met 1,5 m in hoogte gegroeid. De locatie is weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2.

De dijk is grotendeels in eigendom van het waterschap Scheldestromen, met uitzondering van een smalle strook welke in particuliere handen is. De dijk wordt verpacht en beweid met schapen.

Het traject Emanuelpolder komt in aanmerking voor uitvoering in 2015. Het aansluitende dijkvak aan de oostzijde, de Zimmermanpolder, is in 1999 uitgevoerd, het aansluitende dijkvak aan de westzijde, de Waarde- en Westveerpolder, is in 2002 verbeterd.

De situatie en het projectgebied zijn weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2 in Bijlage 1. Het gedeelte dat is geselecteerd voor verbetering ligt tussen dp 120+16m en dp 146+50m, 2,6 km. Het traject ligt in de randvoorwaardenvakken 58b t/m 64. In deze nota wordt het dijkvak behandeld in oplopende volgorde van de dijkpaalnummering, van oost naar west.

Over het gehele dijkvak is de kruin onvoldoende hoog om binnen de planperiode van 50 jaar te voldoen aan de maximale overslag eisen. In overleg met de beheerder, het waterschap, wordt de kruin verhoogd.

Er zijn geen campings of andere recreatiegelegenheden in de nabijheid van het dijkvak. Het onderhoudspad aan de oostzijde van het dijkvak (Zimmermanpolder) is opengesteld voor fietsers. Het onderhoudspad aan de westzijde van het dijkvak (Waarde Westveer) is niet toegankelijk voor fietsers. De dijk van de Emanuelpolder wordt begraasd door schapen en is niet toegankelijk, uitgezonderd de overgang bij dp 141.

Ter hoogte van dp 120 (buiten het projectgebied) en dp 141 bevinden zich dijkovergangen.

Het schor is vanaf de teen van de dijk grotendeels archeologisch rijksmonument. vanwege het aanwezige dorp Valkenisse. Voor uitvoering wordt een archeologisch vooronderzoek uitgevoerd.

2.2 Bestaande bekledingen

Bij het ontwerpen van een dijkbekleding is informatie nodig over de bestaande toplaag, de filterconstructie, de onderlaag en de kern van de dijk. Het buitenbeloop van de dijk bestaat in het algemeen uit de teen, de ondertafel, de boventafel, de berm en het bovenbeloop. De grens tussen de ondertafel en de boventafel ligt doorgaans op het niveau van het gemiddelde hoogwater (GHW).

Emanuelpolder

De bekleding van de Emanuelpolder bestaat volledig uit gras. Als gevolg van het voorliggend schor is er geen ondertafel aanwezig. De helling van het talud varieert van 1:3,0 tot 1:4,0. De visuele teen van de dijk ligt op ca. NAP 2,60 m. Het niveau van de buitenberm varieert van NAP +5,40m tot NAP +6,15 m. De hoogte van de kruin varieert van NAP +8,15 m tot NAP +8,90 m.

Zimmermanpolder

De bekleding van de Zimmermanpolder bestaat uit betonzuilen en gekantelde blokken. De teen van de bekleding bevindt zich op een niveau van NAP +2,50 m. De buitenberm bevindt zich op een niveau van NAP +6,60 m. De kruin bevindt zich op een niveau van NAP +9,00 m. De helling van het aansluitend profiel bedraagt 1:3,6.

Waarde- Westveerpolder

De bekleding van de Waarde- Westveerpolder bestaat uit gekantelde blokken. De teen van de bekleding bevindt zich op een niveau van NAP +1,0 m. De buitenberm bevindt zich op een niveau van NAP +6,25 m. De kruin bevindt zich op een niveau van NAP +8,35 m. De helling van het aansluitend profiel bedraagt 1:3,5.

3 Randvoorwaarden

.....

.....

3.1 Veiligheidsniveau

Ingevolge de Waterwet dienen de primaire waterkeringen in Zeeland de kans op overstromingen te beperken tot 1/4000 per jaar. Aangezien het project uitgaat van een directe relatie tussen het falen van de bekleding en het falen van de dijk, dient ook de bekleding bestand te zijn tegen de golf- en waterstandsbelastingen met een overschrijdingskans van 1/4000 per jaar. De gewenste levensduur van de verbeterde dijkbekledingen bedraagt 50 jaar.

3.2 Hydraulische randvoorwaarden

Voor een optimaal ontwerp op basis van de overstromingsnorm zijn probabilistische randvoorwaarden nodig, die zouden er rekening mee moeten houden dat de kans op het samenvallen een hoge waterstand met een grote golfbelasting minimaal is. Omdat deze probabilistische randvoorwaarden in deze vorm niet beschikbaar zijn, wordt binnen het Project Zeeweringen ontworpen met deterministische randvoorwaarden. Hierbij wordt voor alle waterstanden uitgegaan van de golfrandvoorwaarden bij een maatgevend windveld met een overschrijdingskans van 1/4000 per jaar. Hiertoe zijn de significante golfhoogte H_s en de piekperiode T_{pm} berekend voor alle windrichtingen. Vervolgens is voor elke waterstand de maatgevende combinatie van significante golfhoogte en piekperiode bepaald. Voor de golfrandvoorwaarden bij tussenliggende waterstanden wordt lineair geïnterpoleerd. Bij lagere en hogere waterstanden wordt lineair geëxtrapoleerd. Deze benadering zonder de beschouwing van de correlatie tussen de waterstand en de golfrandvoorwaarden kan, met name voor de hogere gedeelten van de bekleding, tot enige overschatting van de belasting leiden.

De golfrandvoorwaarden zijn berekend op uitvoerpunten op het schor en op de Westerschelde voor een maatgevend windveld met een overschrijdingskans van 1/4000 per jaar, bij waterstanden van NAP + 2m, NAP + 4m, NAP + 6m. De significante golfhoogte H_s en de piekperiode T_p of T_{pm} zijn berekend voor alle windrichtingen.

Voor elke hiervoor genoemde waterstand is per bekledingstype de maatgevende combinatie van significante golfhoogte en piekperiode bepaald. Voor de golfrandvoorwaarden bij tussenliggende waterstanden wordt lineair geïnterpoleerd. Bij lagere en hogere waterstanden wordt lineair geëxtrapoleerd. De ligging van de verschillende randvoorwaardenvakken is in Figuur 2 van Bijlage 1 aangegeven.

Rekening is gehouden met de verwachte bodemdaling in de planperiode van 50 jaar. Daartoe is op bepaalde locaties een verdieping ten opzichte van de huidige situatie in rekening gebracht, representatief voor de verwachte daling. Omdat een schor niet in hoogte afneemt, maar alleen in

de breedte (afkalving van de schorrand), is dit een conservatieve benadering.

3.2.1 Hydraulische randvoorwaardevakken

De hydraulische randvoorwaarden zijn beschreven in "Detailadvies Emanuelpolder (Westerschelde)" [10]. In dit advies is het dijkvak ingedeeld in verschillende randvoorwaardevakken die zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3.1 Randvoorwaardenvakken

RVW-vak	Locatie	
	Van [dp]	Tot [dp]
64	118	121
63	121	122+50m
62	122+50m	128
61	128	135+50m
60	135+50m	140
59	140	142
58b	142	148

RVW-vak = randvoorwaardenvak

3.2.2 Waterstanden

De karakteristieke waterstanden, die van belang zijn voor het ontwerp, zijn weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Karakteristieke waterstanden

RVW-vak	GHW [NAP + m]	GLW [NAP + m]	Ontwerppeil [NAP + m]
64	2,58		6,90
63	2,57		6,80
62	2,56		6,80
61	2,56		6,75
60	2,56		6,75
59	2,56		6,75
58b	2,55		6,75

3.2.3 Golven

Svasek Hydraulics / Royal Haskoning heeft in opdracht van Deltares vier verschillende sets golfrandvoorwaarden berekend. In de onderstaande tabellen zijn voor twee bekledingstypes de maatgevende randvoorwaarden opgenomen.

Tabel 3.3 Maatgevende golfrandvoorwaarden betonzuilen

RVW-vak	H _s [m]				T _{pm} [s]			
	bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
	+0	+2	+4	+6	+0	+2	+4	+6
64	-	-	0,85	1,79	-	-	4,57	5,14
63	-	-	0,71	1,59	-	-	4,50	5,04
62	-	-	0,73	1,63	-	-	4,47	4,48
61	-	-	0,76	1,63	-	-	3,85	4,40

60	-	-	0,74	1,62	-	-	3,82	4,16
59	-	-	0,74	1,62	-	-	3,72	4,16
58b	-	-	0,87	1,69	-	-	4,17	4,06

Tabel 3.4 Maatgevende golfrandvoorwaarden gekantelde blokken / gep. Breuksteen

RVW- vak	H _s [m]				T _{pm} [s]			
	bij waterstand t.o.v. NAP							
	+0	+2	+3	+4	+0	+2	+4	+6
64	-	-	0,82	1,79	-	-	4,85	5,14
63	-	-	0,69	1,59	-	-	4,77	5,04
62	-	-	0,70	1,51	-	-	4,79	5,09
61	-	-	0,68	1,55	-	-	4,57	4,72
60	-	-	0,67	1,32	-	-	4,39	5,45
59	-	-	0,64	1,32	-	-	4,67	5,45
58b	-	-	0,76	1,40	-	-	5,26	5,30

Bij elke bekleding wordt met de bijbehorende set golfrandvoorwaarden gerekend. In de tabellen zijn de onafgeronde waardes opgenomen zoals berekend middels modelberekeningen, in de berekeningen met steentoets wordt ook gebruik gemaakt van de onafgeronde getallen uit de geleverde randvoorwaarden.

Tot slot zijn in Tabel 3.5 de golfrandvoorwaarden behorend bij het Ontwerppeil 2010-2060 gegeven.

Tabel 3.5 Golfrandvoorwaarden bij ontwerppeil 2010-2060 (zuilen)

RVW-vak	Ontwerppeil [NAP + m]	H _s [m]	T _{pm} [s]
64	6,90	2,21	5,40
63	6,80	1,94	5,26
62	6,80	1,99	4,48
61	6,75	1,96	4,61
60	6,75	1,95	4,29
59	6,75	1,95	4,33
58b	6,75	2,00	4,02

Voor een kleidijk zijn geen randvoorwaarden afgegeven. De belastingfunctie welke bij een kleidijk hoort is $Z=H_s T_{pm}^2$. Van de 4 gegeven randvoorwaarde tabellen met bijbehorende belastingfunctie komt de belastingfunctie welke hoort bij betonzuilen het meest in de buurt van de belastingfunctie welke bij een kleidijk hoort. Voor de berekeningen van een kleidijk zal daarom gebruik worden gemaakt van de tabel voor betonzuilen.

3.3 Ecologische randvoorwaarden

Het bekledingsontwerp en de uitvoering daarvan moeten voldoen aan de volgende wetten en richtlijnen op het gebied van natuurbescherming:

1. EU-Vogelrichtlijn (1979) en EU-Habitatrichtlijn (1992): Regelen de bescherming van resp. vogels en habitats (leefgebieden), incl. de dieren- en plantensoorten die daarin voorkomen. In het kader van deze richtlijnen zijn speciale beschermingszones (Vogelrichtlijngebieden en Habitatrichtlijngebieden) aangewezen, die samen een Europees netwerk van natuurgebieden vormen. Dit netwerk wordt Natura 2000 genoemd. De Oosterschelde is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied en vormt daarmee onderdeel van Natura 2000;
2. Natuurbeschermingswet (NB-wet) (1998): Nederlands uitvoeringsinstrument voor de Habitatrichtlijn dat de bescherming regelt van Natura 2000-gebieden en van gebieden waarvan de vroegere bescherming door de Habitatrichtlijn is vervallen. Beschermt met het laatste o.a. wieren en zoutplanten aan de buitenzijde van de Oosterscheldedijken;
3. Flora- en faunawet (2002): Nederlands uitvoeringsinstrument voor de Vogel- en Habitatrichtlijnen dat de bescherming van dier- en plantensoorten regelt;
4. Nota soortenbeleid Provincie Zeeland (2001): Uitvoeringsinstrument voor het Natuurbeleidsplan (1989) dat de bescherming van dier- en plantensoorten in Zeeland regelt.

Dit resulteert in de volgende randvoorwaarden op het gebied van natuurbescherming:

- Het ontwerp of de uitvoering mogen in het projectgebied en de omgeving niet leiden tot habitatverlies of verlies of achteruitgang van beschermde dier- of plantensoorten. In verband hiermee kunnen mitigerende maatregelen nodig zijn bij de uitvoering. Soms wordt ook de bekledingskeuze hierdoor beïnvloed;
- De begroeiing met wieren en zoutplanten die aanwezig is op de huidige bekleding moet zich op de nieuwe bekleding binnen ca. 5 jaar kunnen herstellen of verbeteren. Er moet daarom een bekleding gekozen worden met voldoende begroeiingspotentieel.

Deze randvoorwaarden worden per dijkvak gedetailleerd en concreet ingevuld in het Detailadvies (begroeiing met wieren en zoutplanten, Bijlage 2.2) en de Aandachtspunten ecologie (habitatverlies en beschermde dier- en plantensoorten, Bijlage 2.4).

Gezien het voorliggende schor en de onmogelijkheid om verlies van kwalificerend habitat elders te kunnen compenseren, is door de beheerder de keuze gemaakt om de teen van de nieuwe bekleding niet in zeewaartse richting te verschuiven.

3.3.1 Natuurwaarden bekleding

Voor Projectbureau Zeeweringen geldt in beginsel geldt dat de natuurwaarden op de bekledingen dienen te worden hersteld of verbeterd. De vervanging van de bekledingen heeft in alle gevallen eerst negatieve

effecten op de natuurwaarden, maar op de lange termijn kan de natuur zich op de nieuwe bekledingen opnieuw ontwikkelen. De ontwikkeling van deze natuur wordt sterk beïnvloed door het gekozen bekledingstype. Het zorgen voor herstel of verbetering van de natuurwaarden is het scheppen van omstandigheden waarin herstel of verbetering mogelijk wordt. Alle relevante bekledingstypen zijn op grond van hun ecologische kenmerken ingedeeld in categorieën. Voor elk gedeelte van het dijkvak dient te worden vastgesteld welke categorieën minimaal moeten worden toegepast om de natuurwaarden te herstellen of te verbeteren. Binnen een traject dient onderscheid te worden gemaakt in de getijdenzone (de ondertafel) en de zone boven gemiddeld hoogwater (de boventafel). Voor de indeling van de bekledingstypen in categorieën wordt verwezen naar de Milieu-inventarisatie [9].

Als gevolg van het voorliggende schor is er geen sprake van een ondertafel. De boventafel wordt begraasd door schapen. Door de begrazing is de begroeiing nauwelijks ontwikkeld (Bijlage 2.2).

Op de boventafel is massaal Gevlekte rupsklaver aangetroffen. Daarnaast ook Veldgerst en Goudhaver (beiden schaars).

Laag schor met goed ontwikkelde zoutvegetaties komen slechts zeer lokaal voor, met uitzondering van de eerste 20 tot 30 m vanaf de visuele teen van de dijk. Veel voorkomende soorten zijn Schorrenzoutgras, Melkkruid, Zeekraal, Zilte rus en Zulte.

3.3.2 Flora en Faunawet

Binnen het dijkvak zijn geen planten aangetroffen welke worden genoemd in de Flora en Faunawet.

3.3.3 Nota soortenbeleid Provincie Zeeland en NB-wetbesluit

In de Nota Soortenbeleid (Provincie Zeeland, 2001) wordt een aantal aandachtsoorten genoemd. Op en voor de zeeweringen kunnen planten voorkomen uit voornamelijk de soortengroepen Aanspoelselplanten en Schorplanten. Op het onderhavige dijkvak zijn planten van de soortengroep Schorplanten aangetroffen in het voorland. Voor alle planten geldt dat ze na uitvoering weer spontaan zullen terugkeren. Aanvullende maatregelen zijn derhalve niet nodig.

3.3.4 Natura 2000 (EU-Habitatrichtlijn)

Het voorland bestaat volledig uit een brede strook Atlantisch schor, habitattype 1330. Belangrijk is dat het schor afwaterend wordt aangelegd, zodat er geen plassen blijven staan. Hierbij kan er het beste gebruik worden gemaakt van de mitigerende maatregelen genoemd in het rapport "Effecten werkstroken dijkverbetering op kwalificerende habitats".

In hoofdstuk 7 wordt aangegeven hoe met bovenstaande randvoorwaarden in de uitvoeringsperiode rekening wordt gehouden.

3.3.5 Schor

In het verleden was er sprake van afname van het schor, als gevolg van afkalving aan de zeezijde. Na aanleg van twee strekdammen neemt het

schor weliswaar nog af, maar het slik voor het schor is inmiddels sterk gegroeid. De verwachting is dat op termijn dit slik weer zal uitgroeien tot schor. Per saldo wordt geconcludeerd dat het schor voldoende stabiel is, om geen aanvullende maatregelen te hoeven treffen.

3.4 Landschapsvisie

In het ontwerp moet rekening worden gehouden met de wensen uit de landschapsvisie voor de Westerschelde [3]. De belangrijkste punten uit dit advies zijn:

- Benadrukken van de horizontale opbouw door in de ondertafel een ander materiaal toe te passen dan in de boventafel. Voorkeur geven aan het gebruik van donkere materialen in de ondertafel en lichte materialen in de boventafel.
- Kies voor bekledingen waarop begroeiing mogelijk is.
- De overgangen tussen materialen verticaal uitvoeren en deze overgangen zo min mogelijk in de boven - en ondertafel laten samenvallen.
- Handhaven van cultuurhistorische elementen.

Een aanvulling hierop is het advies van de afdeling Planvorming en Advies van Rijkswaterstaat Zeeland, dat is opgenomen in Bijlage 2.3. De belangrijkste punten uit dit advies zijn:

In het ontwerp moet rekening worden gehouden met de wensen uit de landschapsvisie welke voor de Emanuelpolder is opgesteld. Belangrijk is het behoud van het groen karakter van de dijk. Een grasbekleding heeft de voorkeur, maar wanneer dit niet haalbaar is, is een bekleding van betonzuilen een aanvaardbaar alternatief.

3.5 Archeologie en cultuurhistorie

Een groot deel van het schor voor het dijkvak van de Emanuelpolder is archeologisch rijksmonument. Voor aanvang van de werkzaamheden dient bij de gemeente Reimerswaal een monumentenvergunning voor een archeologisch rijksmonument te worden aangevraagd.

In de nabijheid van het dijkvak zijn geen cultuurhistorische elementen aanwezig.

3.6 Recreatie

Er bevinden zich geen campings of andere vormen van recreatie in de nabijheid van het dijkvak. Wel is de buitenberm van de aangrenzende Zimmermanpolder opengesteld voor fietsers.

3.7 Kruin en bovenbeloop en buitenberm

Zowel het bovenbeloop van de dijk als de kruin bevatten een kleilaag van 80 cm dik. De beheerder wil de dikte van deze kleilaag aanpassen naar een dikte van 1,40m. De kruinhoogte van de nieuwe dijk dient hierbij minimaal NAP +9,00 m te zijn, en de buitenberm 5,00 m breed, zodat over de

planperiode van 50 jaar de golfoverslag over de kruin minder dan 1 l/s/m. zal bedragen. [11]

3.8 Overige randvoorwaarden en uitgangspunten

Een deel van het schor is wel particulier eigendom, maar dit ligt meer dan 15m uit de visuele teen van de dijk. Er zijn verder geen eigendommen van particulieren aanwezig.

De dijk is in eigendom bij het waterschap en wordt zowel aan de binnenzijde als aan de buitenzijde begraasd door schapen.

Het dijkvak is onderzocht op niet-gesprongen explosieven. Uit dit onderzoek zijn geen bijzonderheden naar voren gekomen.

4 Toetsing

.....

.....

4.1 Inleiding

De dijk van de Emanuelpolder bestaat volledig uit gras. Voor de dijk ligt een schor met een breedte tot 400m. In 1953 heeft zich tijdens de ramp een dijkdoorbraak voor gedaan, maar zonder dat er een spoelgat is ontstaan. Tussen 1970 en 1985 is een zeewaartse dijkverzwaring uitgevoerd, waarbij de kruin is verhoogd. Kenmerkend van deze deltaverzwaring is een kern van zand op de bestaande dijk, welke is afgedekt met 80 cm klei.

In 2010 heeft het Waterschap alle primaire waterkering getoetst op golfbelasting, overslag, piping en stabiliteit (zowel binnenwaarts, als buitenwaarts). Het resultaat van de toetsing is dat de grasbekleding van de dijk afgekeurd is en vervanging van de bekleding noodzakelijk is.

4.2 Toetsing op golfbelasting

De toetsing op golfbelasting van de Emanuelpolder is uitgevoerd met een golfhoogte van 1,40 m. Uit figuur 8-4.6 van de VTV volgt dat de grasbekleding onvoldoende is. De resterende reststerkte van de kleilaag bedraagt maximaal 2 uur, bij een belastingduur van 6 uur.

4.3 Toetsing op overslag

Uit de in 2010 uitgevoerde toetsing volgt dat de maximale overslag kleiner is dan 0,3 l/s/m. De norm voor de maximale overslag ligt voor het buitengebied op 1,0 l/s/m.

4.4 Toetsing op piping

Uit de in 2010 uitgevoerde toetsing volgt dat geen tekort is geconstateerd voor het faalmechanisme van piping. Wel wordt geadviseerd om peilbuizen te plaatsen om zo de invloed van het getij op de grondwaterstroming vast te kunnen stellen.

4.5 Toetsing op stabiliteit

Uit de in 2010 uitgevoerde toetsing volgt dat er geen tekort is geconstateerd voor het faalmechanisme van stabiliteit. Wel moet het nieuwe ontwerp opnieuw worden getoetst op stabiliteit. Met name wanneer er een kruinverhoging plaats vindt, of het talud verandert.

5 Keuze bekleding

.....

.....

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt eerst bepaald welke nieuwe bekledingstypen kunnen worden toegepast. Vervolgens wordt een keuze gemaakt. De volgende stappen worden gevolgd:

- Beschikbaarheid;
- Voorselectie;
- Technische toepasbaarheid;
- Afweging en keuze.

5.2 Beschikbaarheid

Uit het dijkvak komt geen steenbekleding vrij welke hergebruikt kan worden.

Materialen uit bestaande depots of uit andere dijkverbeteringen

De dijkverbetering van de Emanuelpolder wordt in 2015 uitgevoerd. Op dit moment is nog niet bekend hoeveel bekledingsmateriaal bij de start van de uitvoering bij andere dijkverbeteringen vrij zal komen of aanwezig is in nabij gelegen depots. Wanneer de dijkverbetering van deze nota gelijktijdig met deze andere dijkverbeteringen wordt uitgevoerd, kunnen knelpunten ontstaan in de aanvoer van de te hergebruiken materialen, bijvoorbeeld als gevolg van mogelijke verschuivingen in de planning. In deze ontwerpnota wordt geen rekening gehouden met de aanvoer van bestaande materialen, die elders vrijkomen.

5.3 Mogelijk toepasbare materialen

De volgende bekledingstypen zijn mogelijk:

- 1) Zetsteen op uitvullaag:
 - a) (gekantelde) betonblokken,
 - b) basaltzuilen,
 - c) betonzuilen;
- 2) Losse breuksteen op filter of geotextiel;
- 3) Asfaltbekleding:
 - a) waterbouwasfaltbeton ;
 - b) open steen asfalt (osa)
 - c) patroon- of vol-en-zat met gietasfalt gepenetreerde breuksteen of vrijkomend materiaal (eventueel gebroken);
- 4) Kleidijk.

Ad 1.

Natuursteen anders dan basalt wordt buiten beschouwing gelaten, omdat het een relatief kleine sterkte heeft en alleen handmatig op de juiste wijze aangebracht kan worden. Basalt komt ook niet in aanmerking, omdat het oppervlakte van de te vervangen bekleding te groot is voor handmatig zetwerk.

Ad 2.

Bekledingen van losse breuksteen op het onderbeloop bestaan in het algemeen uit sorteringen die zwaarder zijn dan of gelijk aan 60-300 kg. Aangezien deze bekledingen slecht toegankelijk zijn, bijvoorbeeld voor inspectie, worden bekledingen van losse breuksteen verder buiten beschouwing gelaten.

Ad 3.

Waterbouwasfalt is technisch weliswaar geschikt, maar voldoet niet aan de eisen uit het landschapsadvies.

Aangezien open steenasfalt gevoelig is voor erosie komt het alleen in aanmerking boven het Ontwerppeil.

Bij een gepenetreerde bekleding wordt alleen asfalt als penetratiemateriaal gebruikt, omdat colloïdaal beton ongeschikt is gebleken.

Ad 4.

Vanwege het hoge voorland wordt de achterliggende dijk niet dagelijks belast. Dit maakt dat een kleidijk met een begroeiing van gras een geschikte optie is.

5.4 Technische toepasbaarheid

5.4.1 Taludhellingen, berm en teen

Een belangrijk aspect in de berekening van de technische toepasbaarheid is de taludhelling. Binnen bepaalde grenzen biedt het ontwerp de mogelijkheid tot het kiezen van de taludhelling. Het is in principe mogelijk om de taludhelling zo flauw te kiezen dat elk bekledingstype toepasbaar is. Er moet worden gezocht naar een optimalisatie tussen grondverzet, bekledingslengte, kosten en natuurwaarden. Voor dit dijkvak stelt het waterschap als harde eis dat de visuele teen van de dijk niet mag verschuiven. Een verandering van de helling beïnvloedt daarom per definitie de breedte van de buitenberm. Indien wordt gekozen voor een bekleding van betonzuilen of een kleidijk, dan is het noodzakelijk de kleilaag opnieuw op te bouwen. Dit biedt de mogelijkheid om de helling van het talud aan te passen. De te kiezen helling is ook afhankelijk van de kruinhoogte en heeft ook zijn weerslag op de dikte van de te kiezen bekleding.

Hoewel de verwachting is dat er in de planperiode van 50 jaar voldoende schor blijft liggen voor de dijk, wordt de teen van de nieuwe bekleding aangebracht tot een halve meter onder het schor (NAP +2,10 m).

Aangezien de huidige berm over het gehele traject onder ontwerppeil ligt, wordt de buitenberm over het gehele dijkvak verhoogd en de nieuwe bekleding tot op de buitenberm aangebracht.

5.4.2 Steenzettingen (algemeen)

De technische toepasbaarheid van een bekleding met zetsteen moet worden aangetoond met het rekenprogramma Steentoets2010, met inachtneming van het Technisch Rapport Steenzettingen [7], en uitgaande van de representatieve waarden voor de constructieparameters en de randvoorwaarden. De rekenmethodiek wordt beschreven in de Handleiding Toetsing en Ontwerp [2].

De berekeningen betreffen alleen het bezwijkmechanisme 'Instabiliteit van de toplaag'. Met het bezwijkmechanisme 'Afschuiving' wordt in deze fase van het ontwerp alleen rekening gehouden door te werken met hellingen flauwer dan of gelijk aan 1:2,5. Steilere hellingen worden alleen toegelaten wanneer het niet anders kan, bijvoorbeeld bij de aansluiting op een gemaal of sluis. De benodigde dikte van de kleilaag wordt bepaald in hoofdstuk 0. Met het bezwijkmechanisme 'Materiaaltransport' wordt rekening gehouden bij het ontwerp van het geotextiel (hoofdstuk 0).

5.4.3 Betonzuilen

De stabiliteit van betonzuilen is berekend met Steentoets2010, op basis van de randvoorwaardetabel voor zuilen en de representatieve taludhelling van het betreffende deelgebied. De berekening is opgenomen in Bijlage 3.2. Hieruit is gebleken dat betonzuilen toepasbaar zijn.

5.4.4 Gepenetreerde breuksteen

Gepenetreerde breuksteen toepasbaar als bekleding voor het dijkvak van de Emanuelpolder. Bijkomend voordeel van gepenetreerde breuksteen is dat het afgedekt kan worden met een laag grond, wat het oorspronkelijke karakter van de dijk ten goede komt.

5.4.5 Kleidijk

Een kleidijk is gebaseerd op het principe dat een groot deel van de kleilaag mag wegspoelen onder maatgevende omstandigheden. Een kleidijk is alleen mogelijk wanneer voor de dijk een schor ligt, zodat het talud met de kleilaag niet dagelijks wordt belast. De dikte van de kleilaag bedraagt ca. 0,5 m tot 3,0 m.

5.5 Keuze voor bekleding

Op basis van de geometrie, technische toepasbaarheid, hydraulische en ecologische randvoorwaarden is het dijkvak niet opgedeeld in deelgebieden. Dit houdt in dat de gekozen oplossing van toepassing is voor het gehele dijkprofiel.

5.5.1 Bekledingsalternatieven

In Tabel 5.1 zijn op basis van het Detailadvies ecologie en de technische toepasbaarheid alle bekledingsalternatieven gegeven die in het onderhavige dijkvak kunnen worden toegepast.

Bij Alternatief 1 wordt de grasbekleding vervangen door nieuwe betonzuilen. Bij alternatief 2 wordt de grasbekleding overlaagd met

breuksteen, ingegoten asfalt en afgedekt met grond. Bij alternatief 3 wordt een kleidijk aangelegd.

Tabel 5.1 Bekledingsalternatieven

Alternatief	
1	Nieuw te leveren betonzuilen
2	Gepenetreerde breuksteen
3	Kleidijk

5.5.2 Afweging en keuze

De alternatieven zijn op de volgende aspecten tegen elkaar afgewogen:

- Constructie-eigenschappen;
- Uitvoering;
- Hergebruik;
- Onderhoud;
- Landschap;
- Natuur;
- Kosten.

Spreadsheet 'Keuzemodel'

De alternatieven zijn tegen elkaar afgewogen met het spreadsheet 'Keuzemodel'. De scores voor de aspecten constructie-eigenschappen, uitvoering, hergebruik en onderhoud worden door het spreadsheet automatisch ingevuld. De scores voor landschap en natuur zijn handmatig ingevuld, de overwegingen daarbij zijn hieronder gegeven. Voor nadere informatie over het Keuzemodel wordt verwezen naar de Handleiding Toetsing en Ontwerp [2]. Het keuzemodel en de invoermodule van het keuzemodel zijn opgenomen in Bijlage 3.1.

Landschap

Belangrijk is het groene karakter van de dijk te behouden. In alle alternatieven wordt in mindere of meerdere mate aan deze eis voldaan. Alternatief 1 betreft weliswaar betonzuilen, maar uit de omliggende vakken kan worden afgeleid dat er tussen de openingen van de zuilen een ruige begroeiing zal ontstaan. Alternatief 2 zal over het algemeen ook een groen beeld geven, met name van grasbegroeiing. Alternatief 3 scoort het beste, omdat de dikke kleilaag het gras voldoende ruimte geeft om weer te groeien, zodat beweiding door schapen weer mogelijk is.

Natuur

Bij alle varianten is een herstel van de huidige natuurwaarden mogelijk.

Het dijkvak grenst aan de speciale beschermingszone 'Westerschelde', die is aangewezen c.q. aangemeld als Habitatrichtlijngebied, Vogelrichtlijngebied en Nb-wetgebied, met de buitenteen van de dijk als begrenzing. Langs het dijkvak komen (plaatselijk) habitattypen voor die

het gebied kwalificeren als Habitatrictlijngebied, waaronder slikken en/of schorren. Het verschuiven van de teen van de dijk in zeewaartse richting betekent verlies van kwalificerend habitat. Conform de EU-habitatrictlijn en de Nb-wet moet bepaald worden of dit 'significante gevolgen' heeft voor de beschermingszone en, als daar een kans op is, dan moet er een alternatievenafweging plaatsvinden.

Indien er varianten mogelijk zijn zonder significante gevolgen, dan is de initiatiefnemer conform de richtlijn gedwongen één van deze varianten uit te voeren. In alle alternatieven vindt er geen verschuiving van de teen plaats en is er dus geen sprake van verlies van kwalificerend habitat.

Kosten

De kostenverschillen tussen de alternatieven zijn, naar verwachting aanzienlijk.

In geval van alternatief 1 (betonzuilen) moet de volledige waterremmende onderlaag opnieuw worden opgebouwd, om te voorkomen dat de teen richting schor verschuift. Daarbij zijn de kosten van betonzuilen per vierkante meter het hoogst. Bij alternatief 2 hoeft een deel van de aanwezige kleilaag niet te worden ontgraven, maar gepenetreerde breuksteen kost per vierkante meter nog steeds relatief veel. Bij alternatief 3 (kleidijk) wordt het meeste materiaal aan- en afgevoerd. Desondanks heeft alternatief 3 de laagste uitvoeringskosten.

In Tabel 5.22 is de afweging samengevat.

Tabel 5.2 Samenvatting keuzemodel

Alternatief	Totaalscore	Kosten	Score/kosten
1	72,4	1,97	36,73
2	66,0	1,71	38,58
3	76,5	1,00	76,53

Alternatief 3 heeft zowel de hoogste score, als de laagste kosten. Het voorkeursalternatief is daarom alternatief 3.

5.6 Onderhoudsstrook

Op de stormvloedberm wordt een nieuwe onderhoudsstrook aangelegd. Gekozen is voor een toplaag van Open Steenasfalt. De onderhoudsstrook zal niet worden opengesteld voor fietsers.

Aangezien de berm in de huidige situatie overal onder ontwerppeil ligt, zal deze worden verhoogd tot ontwerppeil en zal ook de nieuwe bekleding tot op het niveau van de buitenberm worden aangebracht.

5.7 Bekleding berm, bovenbeloop en kruin.

De bekleding op de buitenberm (naast het nieuw aan te leggen onderhoudspad), het bovenbeloop en de kruin blijft gras. Wel wordt extra klei aangebracht zodat de totale laagdikte van de klei minimaal 1,40 m. bedraagt.

5.8 Golfoploop

De kruin wordt over de gehele lengte van het dijkvak verhoogd.

Het profiel van de voorkeursvariant, voldoet daarmee aan de door het Waterschap Scheldestromen gestelde eisen met betrekking tot golfoploop [11]. Hiermee is gewaarborgd dat het ontwerp de komende 50 jaar voldoet aan eis mbt overslag en het binnenbeloop dus niet overslagbestendig hoeft te worden gemaakt.

6 Dimensionering

In dit hoofdstuk wordt het voorkeursalternatief van het ontwerp nader uitgewerkt.

De dimensionering wordt beschreven per constructieonderdeel. Voor achtergrondinformatie wordt verwezen naar de Handleiding Toetsing en Ontwerp [2].

6.1 Kreukelberm en teenconstructie

Omdat er in de nieuwe situatie geen steenbekleding wordt aangebracht, heeft een kreukelberm van stortsteen geen toegevoegde waarde. In de contractfase wordt de strook schor direct voor de dijk beoordeeld op de aanwezigheid van klei. Wanneer er onvoldoende klei aanwezig is, wordt voor de dijk een horizontaal kleipakket van 1,0 m dik aangebracht, om een eventuele ontgrondingskuil van teruglopend water te voorkomen. De breedte van dit kleipakket bedraagt tenminste 3,0 m.

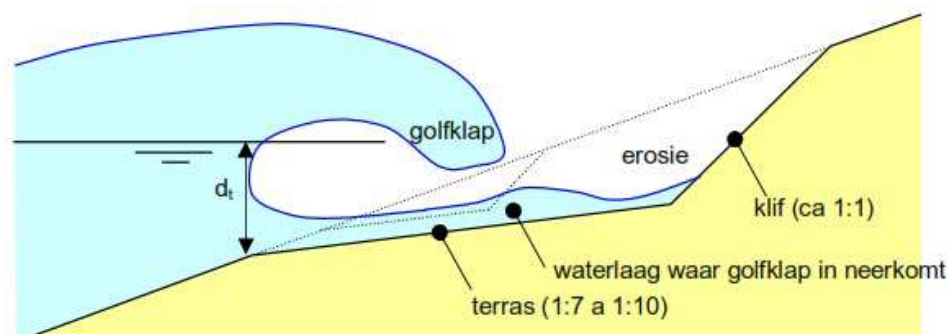
6.2 Kleibekleding

In hoofdstuk 5 is vastgesteld welk bekledingstype zal worden aangebracht. De bekleding moet voldoen aan de eisen ten aanzien van afschuiving en erosie. Voor afschuiving is het van belang dat de dikte van de kleilaag voldoende groot is.

In paragraaf 5.4.5 is vastgesteld dat klei technisch toepasbaar is langs het gehele traject. De toplaagdijken zijn gedimensioneerd met de door het projectbureau Zeeweringen gebruikte Spreadsheet Kleidijken versie 0.61. Deze versie is voor het ontwerp aangepast, zodat de netto kleilaagdikte wordt berekend en voor het ontwerp een opslag van 0,50 m wordt toegepast en een afronding op decimeters. Sinds enkele maanden is een nieuwe methode beschikbaar, welke is ontwikkeld door Deltares. Deze nieuwe methode is gebaseerd op golfgootproeven met gestructureerde klei uit bestaande dijken [12]. De proeven zijn uitgevoerd met een vaste waterstand en de afgeleide formules zijn een gemiddeld beste benadering van de gemeten erosie.

In het algemeen wordt de nieuwe methode nog niet geschikt geacht voor ontwerpwerkzaamheden, omdat de toetsing is gebaseerd op de oude methode. Wel kan uit de nieuwe methode worden afgeleid hoe het erosieprofiel onder maatgevende omstandigheden er uit zal zien. Een voorbeeld is weergegeven in figuur 6.1:

Figuur 6-1 Erosieprofiel van een kleidijk bij een vaste waterstand.



Deze vorm wordt ook teruggevonden bij duinafslag na een storm, welke wel plaats vindt onder getijde-omstandigheden. De resultaten van de kleiberekening van zowel de oude als de nieuwe methode bestaan uit een maximale erosiediepte en een niveau waar deze erosiediepte zal plaats vinden. De nieuwe methode en de waarnemingen van duinafslag maakt het echter wel mogelijk om de kleilaagdikte beneden het zwaarst belaste punt te reduceren tot een minimale (arbitraire) kleilaagdikte onder de teen. Naar boven toe wordt de berekende kleilaagdikte doorgezet tot het niveau van het ontwerppeil.

Voor alle randvoorwaardevakken is de benodigde kleilaagdikte berekend met de oude methode (VTV). De resultaten zijn weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1 Benodigde kleilaagdikte en zwaarst belaste niveau volgens het VTW

RVW vak	Netto kleilaagdikte (m)	Ontwerp kleilaagdikte (m)	Zwaarst belaste niveau (NAP +m)
64	1,72	2,3	4,54
63	1,58	2,1	4,49
62	1,60	2,1	4,49
61	1,59	2,1	4,49
60	1,55	2,1	4,70
59	1,55	2,1	4,70
58b	1,70	2,2	4,49

Over de gehele dijk zal het zelfde profiel worden aangebracht. Uit bovenstaande tabel volgt dat randvoorwaardevak 64 de dikste kleilaag nodig heeft. Dit randvoorwaardevak is doorgerekend volgens de nieuwe methode SPW. Het resultaat van deze berekening is een kleilaagdikte van 1,83 m.

Een afdruk van de rekensheet (klei2013 V0.1) is weergegeven in bijlage 3.3. De berekening gaat uit van een taludzone opgedeeld in 10 zones en tijdstappen van 0,25 uur. De berekening resulteert in een erosievolume, wat wordt omgerekend tot een standaard erosieprofiel volgens de methode SPW (methode 2 in de sheet). Mede omdat de nieuwe methode is

gebaseerd op gestructureerde klei, en het ontwerp wordt uitgevoerd in ongestructureerde klei, is het aannemelijk dat de nieuwe methode in ieder geval niet tot een grotere kleilaagdikte zal leiden.

Bij de berekening van de kleilaagdikte is geen veiligheidsfactor toegepast. Omdat de beheerder niet bij elke schade direct wil en kan repareren, wordt op netto berekende laagdikte 0,50 m extra klei aangebracht.

Eén en ander leidt tot de volgende opbouw van de kleibekleding. De kleilaagdikte onder de teen wordt op advies van de beheerder bepaald op 1,0 m. Vanaf de teen loopt de kleilaagdikte op van 1,0 m naar 2,3 m op NAP +4,54 m (bovenkant van de kleilaag). Vanaf NAP +4,54 tot aan de buitenberm blijft de kleilaagdikte constant op 2,3 m, tot aan de bestaande kleilaag van de buitenberm.

De bovenste 50 cm klei zal bestaan uit klei met erosiebestendigheid categorie c2. De resterende klei zal bestaan uit klei met erosiebestendigheid categorie c1. Beide kleilagen dragen bij aan de sterkte van de klei.

De berekening volgens de gehanteerde methode is formeel niet toepasbaar bij een golfhoogte groter dan 2,0 m. Dit zou betekenen dat het resultaat van de berekening voor randvoorwaardevak 64 niet geldig is. Het resultaat wordt in deze ontwerpnota wel als geldig beschouwd om de volgende overwegingen:

- Het resultaat van de berekening is in lijn met de andere berekeningen.
- Voor de extrapolatie van de golfhoogte zijn slechts twee waterstanden beschikbaar. De golfhoogte bij een waterstand van NAP +4,0 m is dieptebeperkt vanwege het schor voor de dijk. Dit maakt de golfhoogte bij NAP 4,0 m relatief klein ten opzichte van de golfhoogte bij NAP +6,0 m. Deze combinatie leidt tot een overschatting van de golfhoogte voor het ontwerppeil van NAP +6,90 m.

Per saldo wordt dus een kleilaagdikte berekend bij een hogere golf dan daadwerkelijk zal optreden.

6.3 Berm

De hoogte van het huidige bermniveau varieert, maar ligt overal onder ontwerppeil. In de nieuwe situatie zal de dijk over het gehele dijkvak op een niveau van NAP +6,90 m (gelijk aan randvoorwaardevak 64). De dikte van de kleilaag van de buitenberm bedraagt tenminste 1,40m.

Op de berm wordt een nieuwe onderhoudsstrook aangelegd, die niet wordt opengesteld voor fietsers. De toplaag wordt uitgevoerd in Open Steenasfalt.

De breedte van de nieuwe onderhoudsstrook is 3,0 m.

Tijdens de uitvoering wordt de berm gebruikt als werkweg bestaande uit een 0,3 m dikke laag funderingsmateriaal, op een weefsel. De strook van

fosforslak wordt na de uitvoering niet verwijderd, maar afgewerkt tot de gewenste laagdikte van 0,4 m en afgedekt met Open Steenasfalt.

6.4 Bekleding bovenbeloop en kruin

Op het bovenbeloop en de kruin wordt de bestaande kleilaag van 0,80 m aangevuld tot een laagdikte van 1,40m. De minimale kruinhoogte is daarbij als volgt:

Dijkpaal		Minimale kruinhoogte
Van:	Tot :	(NAP)
120	121	+9,60
121	123	+9,50
123	129	+9,10
129	146	+9,00

6.5 Naastliggende dijkvakken

De naastliggende vakken zijn voorzien van een steenbekleding. Als onder maatgevende omstandigheden de kleilaag erodeert, verliest de steenbekleding zijn opsluiting en kan bezwijken, Daarom zal een overgangsconstructie worden gecreëerd met gepenetreerde breuksteen. Deze breuksteen verloopt over een lengte van 10 m, van maaiveldniveau naar het niveau van de onderzijde van de kleilaag. Wanneer de klei erodeert, zal de gepenetreerde steen blijven liggen en zo de steenbekleding op zijn plek houden.

7 Aandachtspunten voor contract en uitvoering

.....

.....

7.1 Bekledingstypen

Voorkomen moet worden dat de gietasfalt kort voor en tijdens het aanbrengen te veel afkoelt.

De verhoging van de kruin moet dusdanig plaats vinden dat er geen knik in het binnenbeloop ontstaat. Daarbij is het van belang dat ter plaatse van de aansluiting hooguit 20 cm wordt ontgraven (grasmat verwijderen)

Bij het aanbrengen van extra klei op het bovenbeloop, de kruin en het binnenbeloop, moet de bestaande grasmat worden verwijderd en afgevoerd.

Goed verdichten vraagt aandacht in het contract. Wellicht moet er rekening worden gehouden met nazetten.

Bij de uitwerking van het contract moet worden gecontroleerd of er voor de teen van de dijk een kleipakket aanwezig is.

7.2 Natuur

Het geulenstelsel in het schor mag tijdens de uitvoering van de dijkverbetering niet blijvend worden beschadigd.

Na afloop van de werkzaamheden mag er geen water op het schor blijven staan.

7.3 Archeologie en cultuurhistorie

Het schor van Waarde is archeologisch rijksmonument. Voor uitvoering dient een vergunning te worden aangevraagd.

Er is vooronderzoek verricht naar Niet Gesprongen Explosieven. Uit dit onderzoek is gebleken dat het gebied niet verdacht is.

7.4 Transportroutes en depotlocaties

Samen met de transportroutes dient in de contractfase gekeken te worden naar de depotruimte in de buurt van het werk. Op het dijkvak zelf is geen mogelijkheid voor depotruimte. Eventueel geschikte depotruimte kan worden gevonden aan de zuidwestzijde van het Spuikanaal, nabij Rilland.

Literatuur

- [1] Kwaliteitshandboek Project Zeeweringen, Digitale versie 2006
- [2] Handleiding Toetsing en Ontwerp , Technische werkwijze van projectbureau Zeeweringen, versie 2, 23-4-2012, PZDT-R-12093 ken
- [3] Landschap Zeeweringen Westereschelde, Dienst Landelijk Gebied, Zeeland, juli 2001
- [4] Inventarisatie sterkte gezette taludbekledingen in Zeeland, Grondmechanica Delft, Delft, januari 1997, Kenmerk 362070/46
- [5] Leidraad toetsen op veiligheid, LTV, augustus 1999
- [6] De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006, [2007-09-10]
- [7] Technisch Rapport Steenzettingen, TAW-rapport, december 2003, DWW-2003-097
- [8] Bedreiging van zeegras door dijkverbeteringen, Jentink, R., Meetinformatiedienst Zeeland, 18-11-2004, ZLMID-04.N.008 (interne notitie, concept)
- [9] Milieu-inventarisatie zeeweringen Westerschelde, Bouwdienst Rijkswaterstaat, Hoofdafdeling Waterbouw, M.E. van Boetzelaer en A.F.X. Bartels, 14 februari 2003, ZEEW-R-98018, versie 18 UPDATE Constructiealternatieven dijkbekleding t.bv. Flora en wieren, Jentink, R., 19-02-2009
- [10] Detailadvies Emanuelpolder (Westerschelde), Pol van de Rest, Svasek Hydraulics, 16 november 2012, 1638/U12323?c/PvdR
- [11] Emanuelpolder Afgekeurde Grasbekleding, (WsNoo dp 120-146); wwbp/hs 2013 Notie 0819 wsN 120-146 vervolg tets 2010 met kleimeting.doc; Hans van der Sande; 19 augustus 2013
- [12] Memo Reststerkte van de kleilaag bij golfbelasting, Mark Klein Breteler, Deltares, 4 april 2013, 1208045-018-HYE-0001

Bijlage 1 **Figuren**

Figuur 1: Overzichtssituatie

Figuur 2: Projectgebied

Figuur 3: Dwarsprofiel I,

Figuur 4: Transportroutes

Figuur 1



Waterschap Scheldestromen

Datum: 29-05-2013

Overzichtssituatie Emanuel polder

Figuur 2

Zuid - Beveland

Emanuelpolder

Westerschelde

R.V. vak 61
Projectgebied

R.V. vak 62

R.V. vak 63
R.V. vak 64

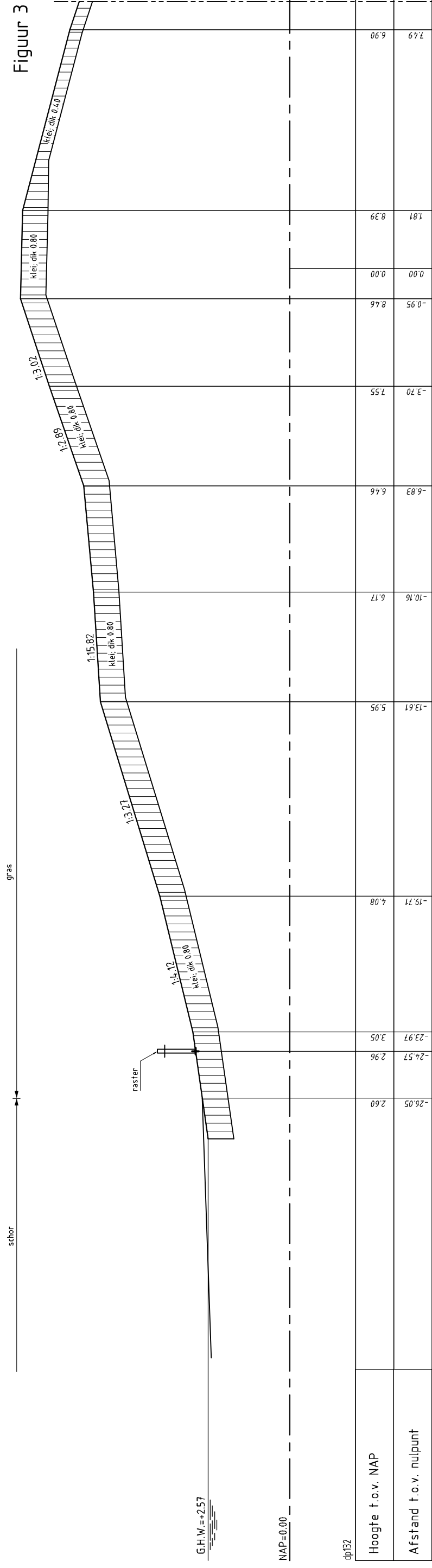


Waterschap Scheldestromen

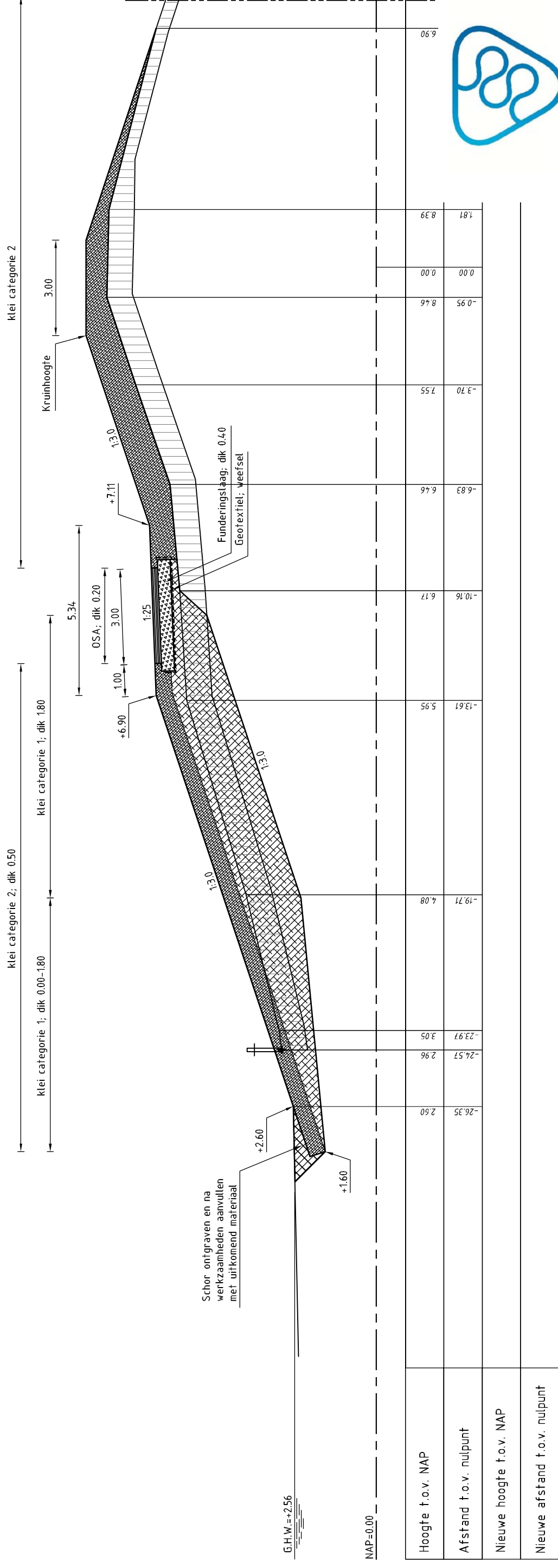
Datum: 29-05-2013

Projectgebied Emanuelpolder

Figuur 3



DWARSPROFIEL 1 bestaand



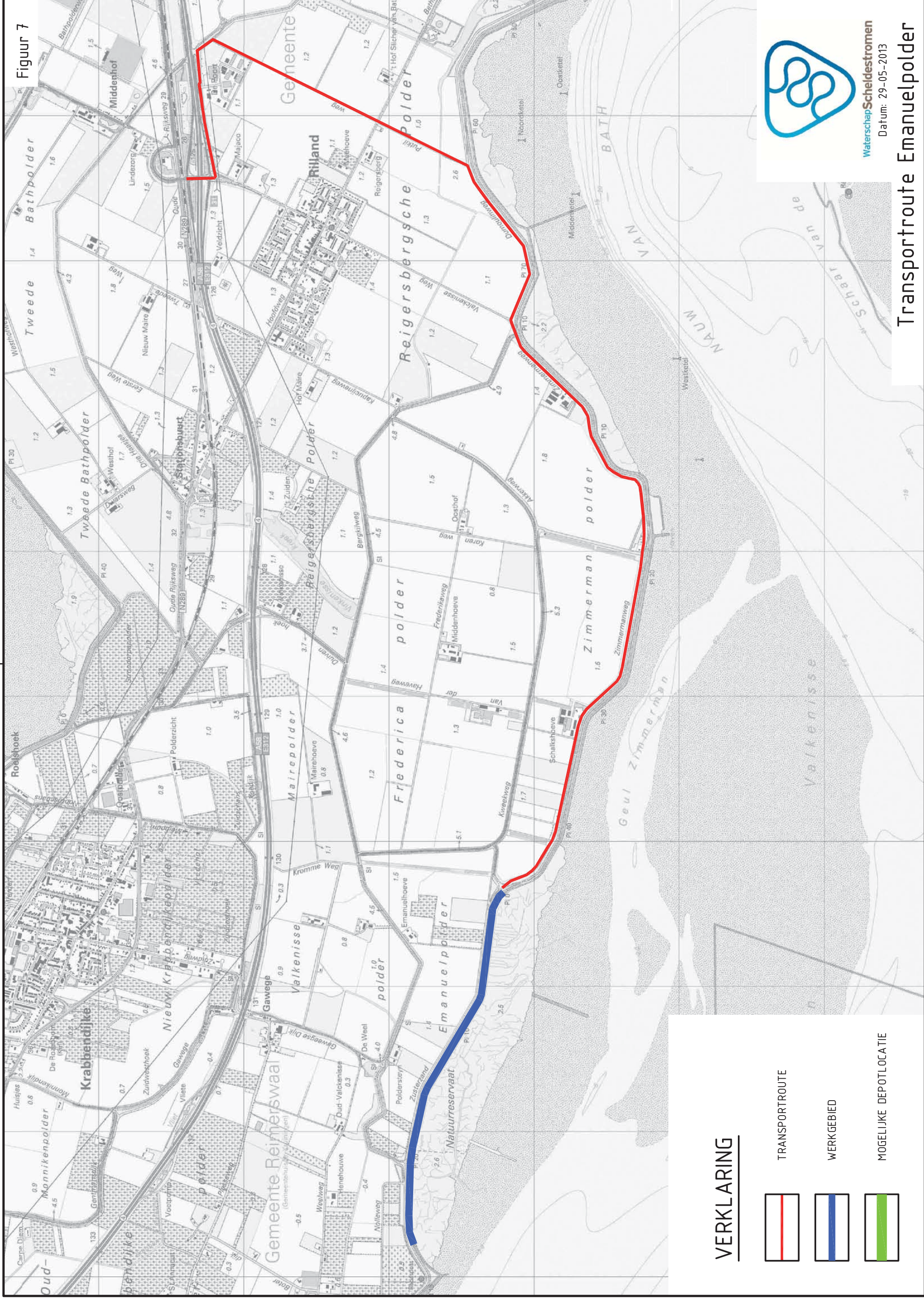
DWARSPROFIEL 1 nieuw

Kruinhoogte: van dp120 tot dp121: +9.60
 van dp121 tot dp123: +9.50
 van dp123 tot dp129: +9.10
 van dp129 tot dp146: +9.00




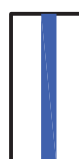
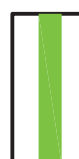
Waterschap Scheldestromen
 Datum: 24-10-2013

Emanuelpolder



Figuur 7

VERKLARING

-  TRANSPORTROUTE
-  WERKGEBIED
-  MOGELIJKE DEPOTLOCATIE



Waterschap **Scheldestromen**
Datum: 29-05-2013

Transportroute Emanuel polder

Topografische ondergrond: (c) Topografische Dienst Kadaster, Middelburg
Kadastrale ondergrond: (c) Kadaster, Middelburg
Regionaal samenwerkingsverband Zeeland GBKN

Bijlage 2 **Detailadviezen**

Bijlage 2.1: Samenvatting hydraulische randvoorwaarden

Bijlage 2.2: Ecologisch detailadvies

Bijlage 2.3: Detailadvies landschap

Detailadvies Emanuelpolder (Westerschelde)

Aan : ██████████ (Projectbureau Zeeweringen)
 Van : ██████████ (Svašek Hydraulics)
 Tweede lezer : ██████████ (Royal Haskoning DHV)
 Datum : 16 november 2012
 Betreft : 2012.12C: Detailadvies Emanuelpolder
 Status : Definitief
 Ref. Svašek : 1638/U12323/C/PvdR

In dit detailadvies zijn de golfcondities beschreven voor de Emanuelpolder. Het advies heeft betrekking op het traject van dijkkilometer 10.75 tot 14.90, overeenkomend met de dijkvakken 58a t/m 66. Het ontwerp tracé loopt van ca. dijkkilometer 12.00 tot 14.60. Dijkkilometer 12.00 ligt in dijkvak 64 en dijkkilometer 14.60 ligt in dijkvak 58b. In het advies is een iets ruimer traject opgenomen, omdat tijdens het schrijven van het advies de begrenzing van ontwerp tracé nog niet geheel vaststaat. Het detailadvies is opgebouwd uit twee delen: het samenvattende advies (ontwerpwaarden) en de bijlagen (aanpak/resultaten detailadvies). Voor achtergrondinformatie bij het detailadvies wordt verwezen naar [ref. 1 en 2]. In tegenstelling tot de meeste adviezen in de Westerschelde is bij afleiding van de golfcondities gebruikt gemaakt van Windwater, overeenkomstig de aanpak op de Oosterschelde. Bij het detailadvies hoort ook een excel-spreadsheet met randvoorwaarden, waarin de randvoorwaarden overeenkomstig dit advies zijn opgenomen [ref.7]. Tabel 1 geeft de dijkvaknummering, coördinaten en dijkkilometrering [ref 3 en 4].

Tabel 1: Beschouwde dijkvakken (zie ook figuur 3)

Dijk- vak no.	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs (m)				Dijk kilometrering (km)		Poldernaam
	van		tot		van	tot	
	x	y	x	y			
66	67747	379675	67258	379779	10,75	11,25	Zimmermanpolder
65	67258	379779	66767	380002	11,25	11,80	Zimmermanpolder
64	66767	380002	66612	380254	11,80	12,10	Zimmermanpolder
63	66612	380254	66471	380301	12,10	12,25	Emanuelpolder
62	66471	380301	65927	380379	12,25	12,80	Emanuelpolder
61	65927	380379	65279	380755	12,80	13,55	Emanuelpolder
60	65279	380755	64839	380848	13,55	14,00	Emanuelpolder
59	64839	380848	64640	380865	14,00	14,20	Emanuelpolder/Waardepolder
58b	64640	380865	64077	380757	14,20	14,80	Waardepolder
58a	64077	380757	63909	380756	14,80	14,90	Waardepolder (hoek radarpost)

NB 1: De X -en Y coördinaten in Tabel 1 zijn iets gewijzigd t.o.v. de oorspronkelijke begrenzing [ref 3 en 4], omdat de dijkkilometrering niet exact overeen bleek te komen met de oorspronkelijke coördinaten.

NB 2: de begrenzing tussen de dijkvakken 58a en 58b is naar noordoostelijke richting verschoven t.o.v. de oorspronkelijke begrenzing [ref 3 en 4], namelijk van dijkkilometrering 14.90 naar 14.80.

Tabel 2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijk- vak	Dijk		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
	kilometrerings		bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
	(km)		t.o.v. NAP			t.o.v. NAP						bij waterstand t.o.v. NAP		
no.	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
66	10,75	11,25	0,79	1,65	1,97	3,65	4,28	5,16	1,4	3,3	5,3	210	240	270
65	11,25	11,80	0,68	1,59	1,89	3,63	3,99	5,26	1,3	3,3	3,9	210	210	270
64	11,80	12,10	-	0,85	1,79	-	4,57	5,14	-	1,6	3,6	-	240	270
63	12,10	12,25	-	0,71	1,59	-	4,50	5,04	-	1,4	3,4	-	270	270
62	12,25	12,80	-	0,73	1,63	-	4,47	4,48	-	1,5	3,5	-	270	240
61	12,80	13,55	-	0,76	1,63	-	3,85	4,40	-	1,7	3,7	-	240	240
60	13,55	14,00	-	0,74	1,62	-	3,82	4,16	-	1,7	3,2	-	240	210
59	14,00	14,20	-	0,74	1,62	-	3,72	4,16	-	1,6	3,2	-	210	210
58b	14,20	14,80	-	0,87	1,69	-	4,17	4,06	-	1,6	3,6	-	210	210
58a	14,80	14,90	1,66	1,97	2,25	3,85	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	240	270	270

Aandachtspunten:

- **Geldigheid Tabel 2:** De in Tabel 2 opgenomen golfcondities zijn alleen geldig voor het ontwerp van **betonzuilen**. Deze golfcondities zijn bepaald op basis van nieuwe belastingfuncties [ref 5]. De maatgevende golfcondities zijn afhankelijk van de taludhelling en de constructie afhankelijke constante (F). Bij bepaling van de maatgevende golfcondities is uitgegaan van een taludhelling van 1:3,5 en een F-waarde van 6. Indien de taludhelling in het ontwerp steiler is dan 1:3,0 of flauwer dan 1:4,5 of de F-waarde is niet gelijk aan 6 kunnen de maatgevende golfcondities mogelijk wijzigen. In het geval dat het ontwerp buiten dit bereik valt dient contact te worden opgenomen met de adviesschrijver.
- Voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen zijn vier verschillende belastingfuncties gebruikt om de maatgevende golfcondities te bepalen. Hierdoor dient voor het ontwerp per bekledingstype en/of faalmechanisme een bekleding specifieke tabel toegepast te worden.
 - (gekantelde) Betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen: Tabel 5.1
 - Betonzuilen: Tabel 2 en 5.2
 - Afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen: Tabel 5.3
 - Losse breuksteen van de kreukelberm: Tabel 5.4.
- De stabiliteit van betonzuilen is het kleinst bij $\xi_{op} = 2$. Indien $\xi_{op} > 2$ en er een ondiep voorland voor de dijk aanwezig is, zijn de maatgevende golfcondities voor betonzuilen mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 5]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt $\xi_{op} > 2$ (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 5], zodat geldt $\xi_{op} = 2$. Bij het beschouwde dijktraject is $\xi_{op} < 2$ en hoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld.
- Voor dijkvak 58b is de golfperiode bij NAP +4m iets hoger dan bij NAP +6m (zie oranje arcering in tabel 2 en de tabellen 5.2 t/m 5.4). Dit wordt veroorzaakt door de toegepaste correctiefactoren [ref 6]. De correctiewaarde voor de golfperiode bij NAP+4m (ca. 13%) is duidelijk hoger dan de correctiewaarde voor NAP+6m (ca. 5%), hetgeen voor NAP+6m resulteert in een iets lagere golfperiode dan voor NAP+4m. Indien dit in het ontwerp problemen geeft wordt geadviseerd om de golfperiode voor NAP+6m gelijk te stellen aan de waarde voor NAP+4m.
- De begrenzing tussen de dijkvakken 58a en 58b is naar noordoostelijke richting verschoven t.o.v. van de oorspronkelijke begrenzing [ref 3 en 4], namelijk van dijkkilometrerings 14.90 naar 14.80. Deze verschuiving is in figuur 1 weergegeven. De reden hiervan is dat bij de oorspronkelijke begrenzing, de golfcondities in het zuidwestelijke gedeelte van dijkvak 58b (met een aanzienlijk lagere bodemligging, maar geen voorliggende uitvoerpunten) onderschat worden.
- Bij dijkvak 64 volgt uit de SWAN-resultaten bij de tabel met maatgevende golfcondities voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen (tabel 5.1) en de tabel voor losse breuksteen kreukelberm (tabel 5.4) dat een afluende windrichting (315 graden) maatgevend is. Het wordt fysisch niet realistisch geacht dat deze windrichting maatgevend is en daarom is deze windrichting (en windrichting 300 graden) uitgesloten, waardoor

windrichting 285 graden maatgevend wordt.

- Het schor bij Waarde is in de berekening van de golfcondities meegenomen. Aangezien de bodemligging, welke volgt uit metingen uit 2011, hoger ligt dan de SWAN-bodem en er een aanznijdende trend aanwezig is, kan worden geconcludeerd dat de toegepaste SWAN-bodem robuust is.

Figuur 1: Verschuiving grens tussen dijkvak 58a en 58b



Tabel 3: Waterstanden en ontwerppeilen

Dijk- vak no.	Dijk kilometrering (km)		Zeespiegelstijging incl HW-stijging [m]	Ontwerppeil 1985 [m] tov NAP	Ontwerppeil 2060 [m] tov NAP	GHW [m] tov NAP
	van	tot				
66	10,75	11,25	0,65	6,25	6,90	2,58
65	11,25	11,80	0,65	6,25	6,90	2,58
64	11,80	12,10	0,65	6,25	6,90	2,58
63	12,10	12,25	0,60	6,20	6,80	2,57
62	12,25	12,80	0,60	6,20	6,80	2,56
61	12,80	13,55	0,60	6,15	6,75	2,56
60	13,55	14,00	0,60	6,15	6,75	2,56
59	14,00	14,20	0,60	6,15	6,75	2,56
58b	14,20	14,80	0,60	6,15	6,75	2,55
58a	14,80	14,90	0,60	6,15	6,75	2,54

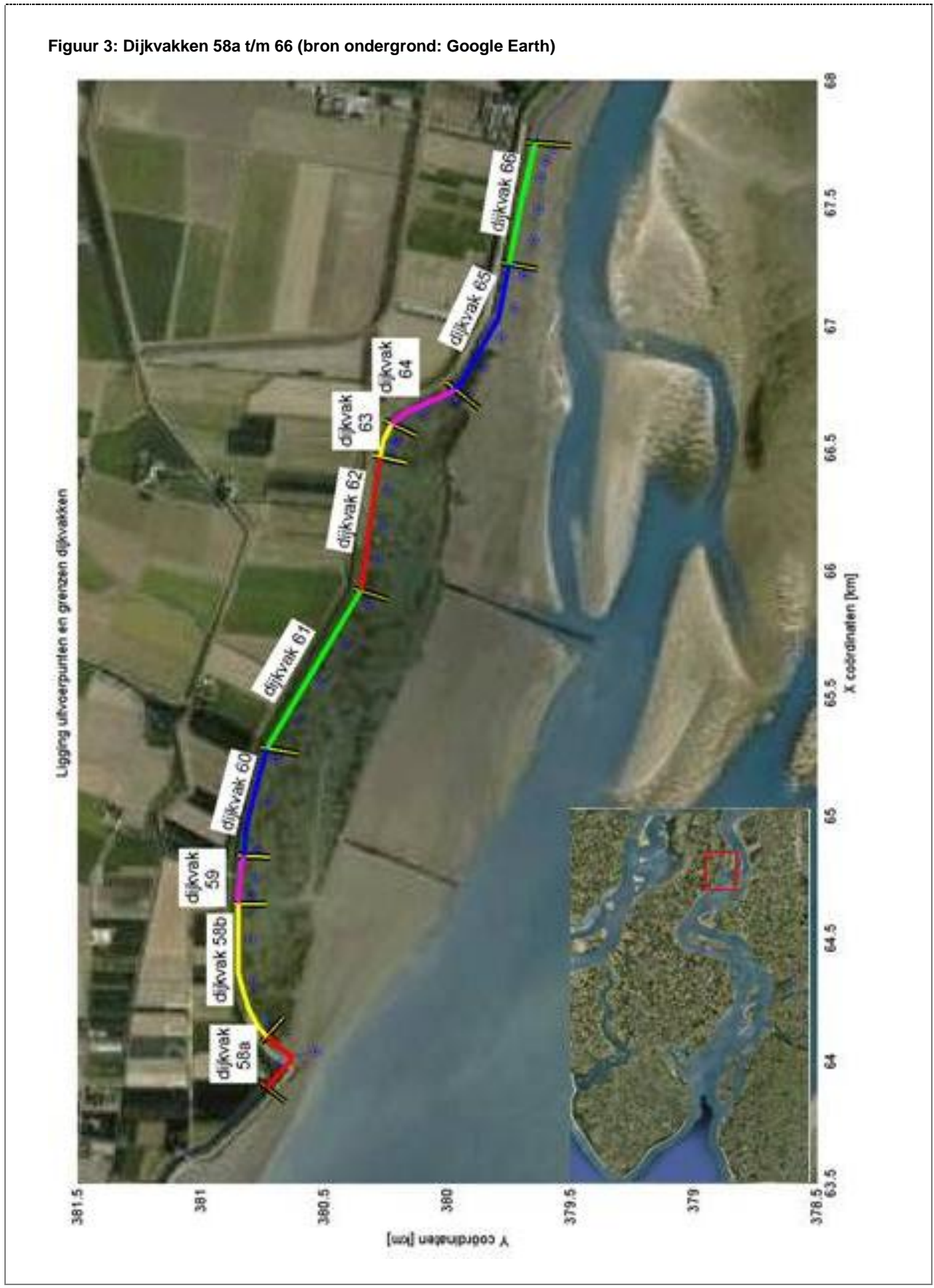
Tabel 4: Bodemligging

Dijk- vak no.	Dijk kilometrering (km) van tot		Bodemligging		
			Represen- tatief [m NAP]	Gemid- deld [m NAP]	Standaard- afwijking [m]
			66	10,75	11,25
65	11,25	11,80	0,76	1,42	0,67
64	11,80	12,10	2,36	2,48	0,13
63	12,10	12,25	2,44	2,53	0,08
62	12,25	12,80	2,34	2,48	0,14
61	12,80	13,55	2,31	2,42	0,11
60	13,55	14,00	2,34	2,55	0,21
59	14,00	14,20	2,37	2,54	0,17
58b	14,20	14,80	2,31	2,34	0,03
58a	14,80	14,90	-1,77	-1,77	0,00

Figuur 2: Luchtfoto projectgebied met schor van Waarde en strekdammen
Bron: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat



Figuur 3: Dijkvakken 58a t/m 66 (bron ondergrond: Google Earth)



Bijlagen: Aanpak en resultaten detailadvies

1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies heeft betrekking op de dijkvakken 58a t/m 66 (zie Figuur 3). De dijkvakken liggen op Zuid-Beveland in de noordoostzijde van de Westerschelde. Deze dijkvakken bevinden zich vlakbij het dorp Waarde en voor de dijk bevindt zich het hooggelegen schor van Waarde. Het ontwerptraacé loopt van ca. dijkkilometer 12.00 tot 14.60. Dijkkilometer 12.00 ligt in dijkvak 64 en dijkkilometer 14.60 ligt in dijkvak 58b. Dit advies komt dus overeen met een iets ruimer traject, omdat tijdens het schrijven van het advies de begrenzing van ontwerptraacé nog niet geheel vaststaat.

De begrenzing tussen de dijkvakken 58a en 58b is naar noordoostelijke richting verschoven t.o.v. de oorspronkelijke begrenzing [ref 3 en 4], namelijk van dijkkilometering 14.90 naar 14.80. Deze verschuiving is in figuur 1 weergegeven. De reden hiervan is dat bij de oorspronkelijke begrenzing, de golfcondities in het zuidwestelijke gedeelte van dijkvak 58b onderschat worden. De golfcondities nemen vanaf dijkkilometering 14.80 naar zuidwestelijke richting aanzienlijk toe, doordat de waterdiepte in deze richting toeneemt.

2 Situatiebeschrijving

Langs het traject zijn enkele bijzondere objecten te onderscheiden:

- **Schor van Waarde:** Dit schorregebied is bij de berekening van de golfcondities meegenomen. Daarbij is bodem gebaseerd op meetdata uit 1997, waarbij vooral de hoger gelegen delen van de bodem zijn verlaagd om te compenseren voor de te verwachte erosie binnen de planperiode [ref 3 en 4]. In paragraaf 6 worden de morfologische ontwikkelingen en de robuustheid van de bodem beschreven.
- **Strekdammen:** Dwars op de dijk zijn in 2002 een tweetal strekdammen aangebracht. De dammen zijn niet meegenomen in de berekening van de golfcondities, omdat deze niet zijn gedimensioneerd op de maatgevende 1/4000^e storm en worden daarom als 'verloren' beschouwd. Deze strekdammen zijn aangebracht om het intergetijdengebied (schor) te beschermen tegen erosie. Ten gevolge van aanleg van de strekdammen neemt de stroomsnelheid ten gevolge van het getij af, wat resulteert in aanzanding tussen de dammen [ref 13]. Daarnaast zorgen de dammen ervoor dat de nabijgelegen geul niet verder richting het noorden migreert.

3 Golfcondities

De dijkvakken 58a t/m 66 in het beschouwde traject worden het zwaarst belast door golven uit (zuid-) westelijke windrichtingen, namelijk tussen de 210 en 285 graden (zie tabellen 5.1 t/m 5.4).

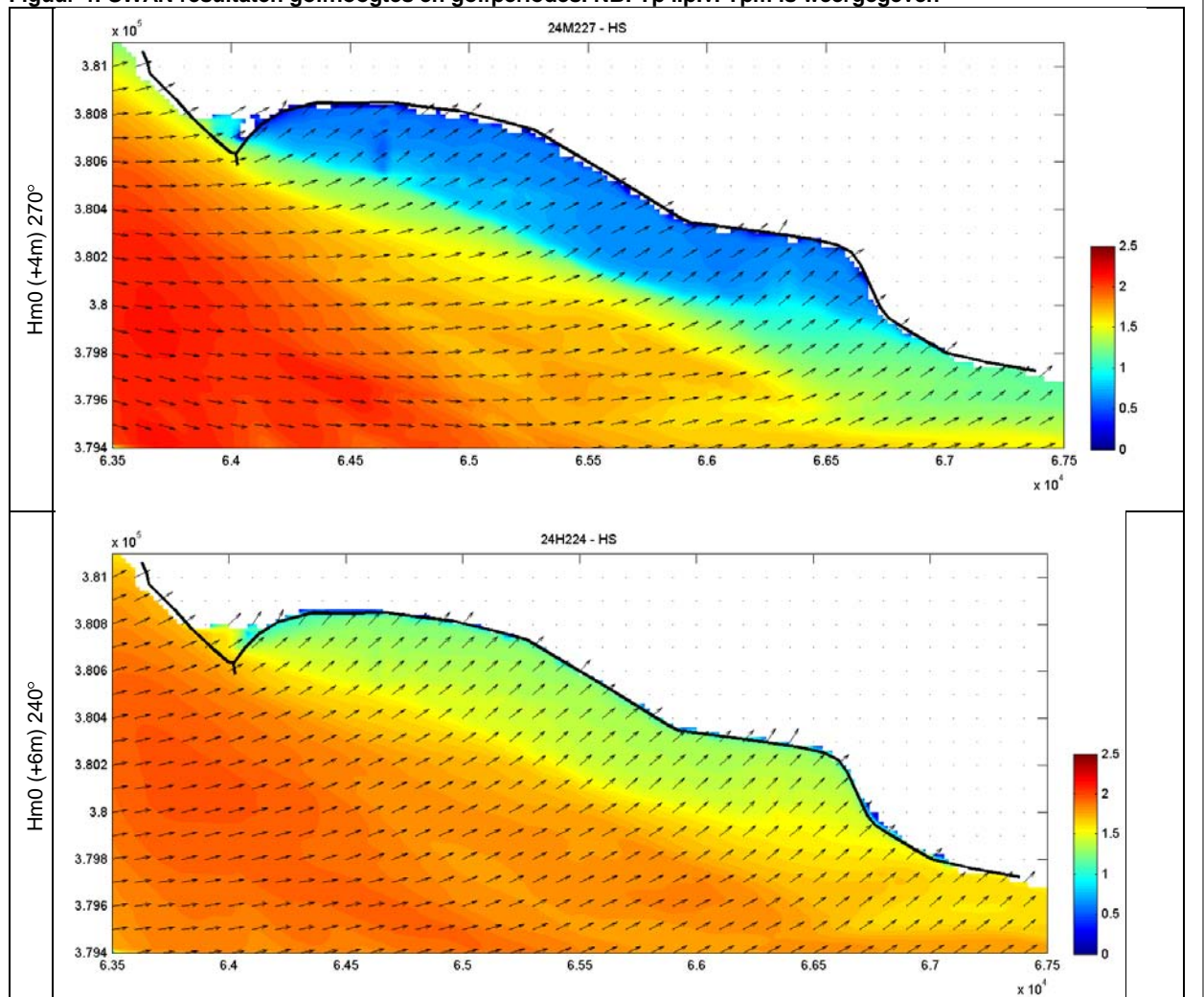
De golven bij de maatgevende windrichtingen 270 en 285 graden worden in het westelijke deel en het middendeel van de Westerschelde opgewekt en bereiken via de geul "de Schaar van Waarde" en over de schorren van Waarde de betreffende dijkvakken. De golven bij de maatgevende windrichtingen 210 en 240 graden kunnen ook lokaal opgewekt worden. Voor de meeste dijkvakken geldt dat de hoek van inval vrij groot is en de golven flink bij moeten draaien voordat ze de teen van de dijk bereiken.

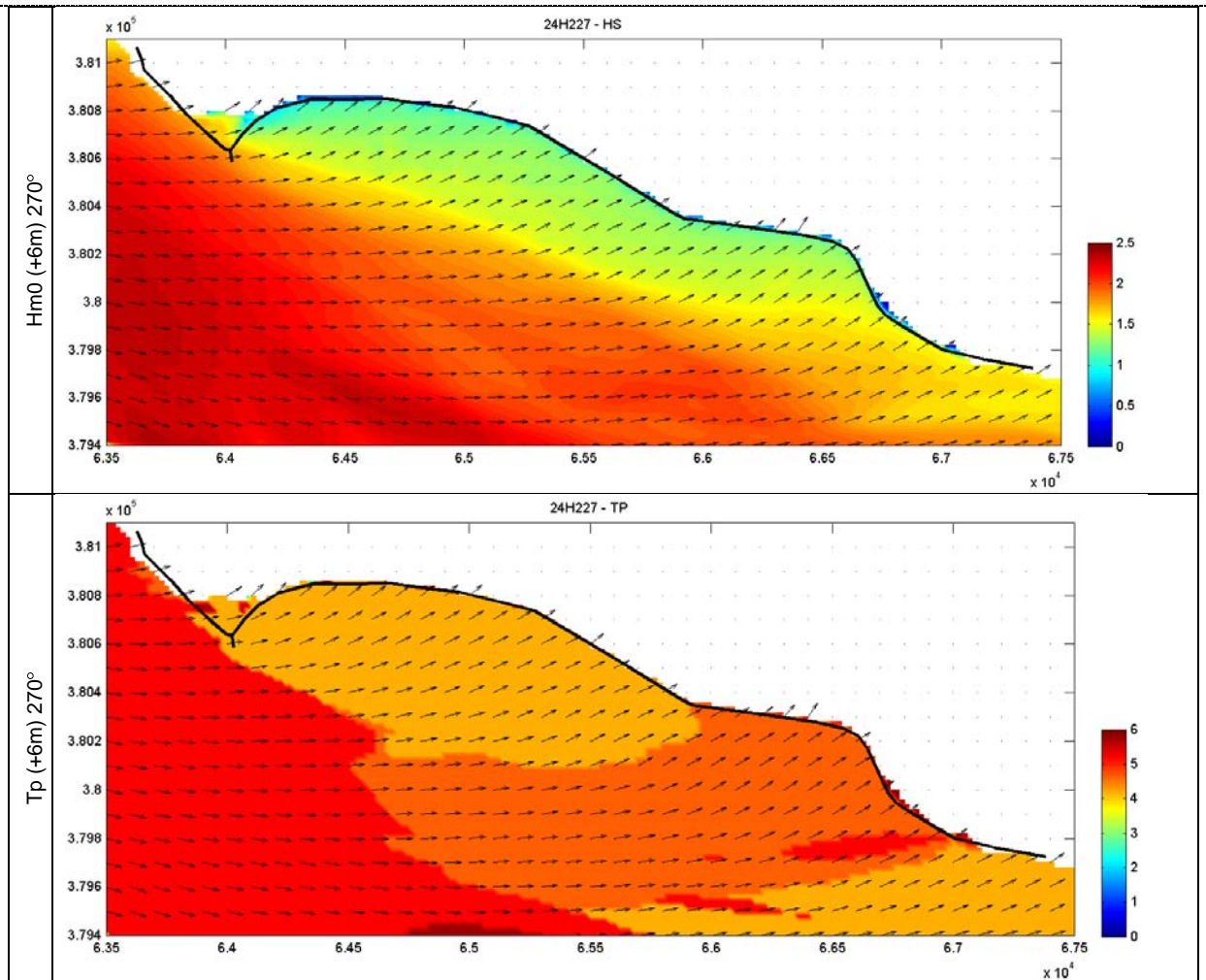
Bij dijkvak 64 volgt uit de SWAN-resultaten bij de tabel met maatgevende golfcondities voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen (tabel 5.1) en de tabel voor losse breuksteen kreukelberm (tabel 5.4) dat een aflandige windrichting (315 graden) maatgevend is. Het wordt fysisch niet realistisch geacht dat deze windrichting maatgevend is en daarom wordt deze

windrichting (en windrichting 300 graden) uitgesloten, waardoor windrichting 285 graden maatgevend wordt.

Figuur 4 toont het met SWAN berekende golfveld (zonder correcties). De golfhoogte is weergegeven bij de waterstand NAP+4m voor de windrichting 270° en NAP+6m voor de windrichtingen 240° en 270°. De golfperiode is weergegeven bij de waterstand NAP+6m voor de windrichting 270°. In de figuren is duidelijk de grote afname van de golfhoogte te zien ten gevolge het hoog gelegen schorgebied.

Figuur 4: SWAN resultaten golfhoogtes en golfperiodes. NB: Tp i.p.v. Tpm is weergegeven





De resultaten van "Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid" [ref 3 en 4] vormen de basis voor de golfbelastingen. De op basis van het rapport "Update correctiewaarden Zeeland" [ref 6] aangescherpte correctiefactoren¹, welke dienen ter compensatie van de door SWAN gemaakte fout, zijn voor alle waterstanden toegepast bij de bepaling van de golfcondities. De tabellen 5.1 t/m 5.4 bevatten de waarden van de golfcondities na deze correcties.

In tegenstelling tot de meeste adviezen in de Westerschelde is bij afleiding van de golfcondities gebruikt gemaakt van Windwater, overeenkomstig de aanpak op de Oosterschelde.

Voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen zijn vier verschillende belastingfuncties gebruikt om de maatgevende golfcondities te bepalen. Hierdoor dient voor het ontwerp per bekledingstype en/of faalmechanisme een afzonderlijke tabel toegepast te worden. De tabellen 5.1 t/m 5.4 tonen de maatgevende golfcondities voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen. Deze golfcondities zijn bepaald op basis van de belastingfuncties uit [ref 5].

¹ Deze correctiewaarden worden ook wel de correctiewaarden 'Svašek 2010' genoemd en vervangen de correctiewaarden uit de studie van WL uit 2006 [ref. 14]. Deze correctiewaarden zijn afhankelijk van een aantal dimensieloze parameters. In de meeste adviezen voor de Westerschelde zijn andere correcties toegepast (zie ref 1 en 2).

Tabel 5.1 is maatgevend voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen, Tabel 5.2 voor betonzuilen, Tabel 5.3 voor het mechanisme afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen en Tabel 5.4 voor losse breuksteen van de kreukelberm.

De maatgevende golfcondities voor betonzuilen zijn afhankelijk van de taludhelling en de constructie afhankelijke constante (F). Bij bepaling van de maatgevende golfcondities in Tabel 5.2 is uitgegaan van een taludhelling van 1:3,5 en een F-waarde van 6. Indien de taludhelling in het ontwerp steiler is dan 1:3,0 of flauwer dan 1:4,5 of de F-waarde is niet gelijk aan 6 kunnen de maatgevende golfcondities afwijken. In het geval dat het ontwerp buiten dit bereik valt dient contact te worden opgenomen met de adviesschrijver.

De stabiliteit van betonzuilen is het kleinst bij $\xi_{op} = 2$. Indien $\xi_{op} > 2$ en er een ondiep voorland voor de dijk aanwezig is, zijn de maatgevende golfcondities voor betonzuilen mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 5]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt $\xi_{op} > 2$ (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 5], zodat geldt $\xi_{op} = 2$. Bij het beschouwde dijktraject is $\xi_{op} < 2$ en hoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld.

Zowel de significante golfhoogte (H_s) als de golfperiode (T_{pm}) nemen voor alle dijkvakken toe bij een toenemende waterdiepte, met uitzondering van de golfperiode voor dijkvak 58b. Voor dit dijkvak geldt voor NAP+6m een iets lagere golfperiode dan voor NAP+4m. Dit wordt veroorzaakt door de toegepaste correctiefactoren [ref 6]. De correctiewaarde voor de golfperiode bij NAP+4m (ca. 13%) is duidelijk hoger dan de correctiewaarde voor NAP+6m (ca. 5%), hetgeen voor NAP+6m resulteert in een iets lagere golfperiode dan voor NAP+4m. Indien dit in het ontwerp problemen geeft wordt geadviseerd om de golfperiode voor NAP+6m gelijk te stellen aan de waarde voor NAP+4m.

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

Dijk- vak no.	Dijk		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
	kilometrering		bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
	(km)		t.o.v. NAP			t.o.v. NAP						bij waterstand t.o.v. NAP		
	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
66	10,75	11,25	0,76	1,65	1,97	3,88	4,28	5,16	1,4	3,3	5,3	240	240	270
65	11,25	11,80	0,64	1,55	1,89	4,07	4,24	5,26	1,3	3,3	3,9	270	240	270
64	11,80	12,10	-	0,82	1,79	-	4,85	5,14	-	1,6	3,6	-	285	270
63	12,10	12,25	-	0,69	1,59	-	4,77	5,04	-	1,4	3,4	-	285	270
62	12,25	12,80	-	0,70	1,51	-	4,79	5,09	-	1,5	3,5	-	285	270
61	12,80	13,55	-	0,68	1,55	-	4,57	4,72	-	1,7	3,6	-	285	270
60	13,55	14,00	-	0,67	1,32	-	4,39	5,45	-	1,4	3,2	-	285	285
59	14,00	14,20	-	0,64	1,32	-	4,67	5,45	-	1,6	3,2	-	285	285
58b	14,20	14,80	-	0,76	1,40	-	5,26	5,30	-	1,6	3,6	-	285	270
58a	14,80	14,90	1,54	1,97	2,25	4,32	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	270	270	270

Tabel 5.2 Maatgevende golfcondities voor betonzuilen

Dijk- vak	Dijk kilometrering (km)		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
			bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
			t.o.v. NAP			t.o.v. NAP						bij waterstand t.o.v. NAP		
no.	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
66	10,75	11,25	0,79	1,65	1,97	3,65	4,28	5,16	1,4	3,3	5,3	210	240	270
65	11,25	11,80	0,68	1,59	1,89	3,63	3,99	5,26	1,3	3,3	3,9	210	210	270
64	11,80	12,10	-	0,85	1,79	-	4,57	5,14	-	1,6	3,6	-	240	270
63	12,10	12,25	-	0,71	1,59	-	4,50	5,04	-	1,4	3,4	-	270	270
62	12,25	12,80	-	0,73	1,63	-	4,47	4,48	-	1,5	3,5	-	270	240
61	12,80	13,55	-	0,76	1,63	-	3,85	4,40	-	1,7	3,7	-	240	240
60	13,55	14,00	-	0,74	1,62	-	3,82	4,16	-	1,7	3,2	-	240	210
59	14,00	14,20	-	0,74	1,62	-	3,72	4,16	-	1,6	3,2	-	210	210
58b	14,20	14,80	-	0,87	1,69	-	4,17	4,06	-	1,6	3,6	-	210	210
58a	14,80	14,90	1,66	1,97	2,25	3,85	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	240	270	270

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

Dijk- vak	Dijk kilometrering (km)		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
			bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
			t.o.v. NAP			t.o.v. NAP						bij waterstand t.o.v. NAP		
no.	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
66	10,75	11,25	0,79	1,65	2,00	3,65	4,01	4,35	1,4	3,4	5,3	210	210	240
65	11,25	11,80	0,68	1,59	2,00	3,63	3,99	4,25	1,3	3,3	5,3	210	210	240
64	11,80	12,10	-	0,85	1,80	-	4,27	4,58	-	1,6	3,6	-	210	240
63	12,10	12,25	-	0,73	1,63	-	4,10	4,51	-	1,6	3,4	-	240	240
62	12,25	12,80	-	0,76	1,67	-	3,67	4,25	-	1,5	3,3	-	210	210
61	12,80	13,55	-	0,76	1,64	-	3,85	4,22	-	1,7	3,7	-	240	210
60	13,55	14,00	-	0,75	1,62	-	3,54	4,16	-	1,7	3,2	-	210	210
59	14,00	14,20	-	0,74	1,62	-	3,72	4,16	-	1,6	3,2	-	210	210
58b	14,20	14,80	-	0,87	1,69	-	4,17	4,06	-	1,6	3,6	-	210	210
58a	14,80	14,90	1,66	1,97	2,25	3,85	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	240	270	270

Tabel 5.4 Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm

Dijk- vak	Dijk kilometrering (km)		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
			bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
			t.o.v. NAP			t.o.v. NAP						bij waterstand t.o.v. NAP		
no.	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
66	10,75	11,25	0,79	1,65	1,97	3,65	4,28	5,16	1,4	3,3	5,3	210	240	270
65	11,25	11,80	0,66	1,55	1,89	3,84	4,24	5,26	1,3	3,3	3,9	240	240	270
64	11,80	12,10	-	0,82	1,79	-	4,85	5,14	-	1,6	3,6	-	285	270
63	12,10	12,25	-	0,69	1,59	-	4,77	5,04	-	1,4	3,4	-	285	270
62	12,25	12,80	-	0,73	1,63	-	4,47	4,48	-	1,5	3,5	-	270	240
61	12,80	13,55	-	0,76	1,63	-	3,85	4,40	-	1,7	3,7	-	240	240
60	13,55	14,00	-	0,74	1,62	-	3,82	4,16	-	1,7	3,2	-	240	210
59	14,00	14,20	-	0,74	1,62	-	3,72	4,16	-	1,6	3,2	-	210	210
58b	14,20	14,80	-	0,87	1,69	-	4,17	4,06	-	1,6	3,6	-	210	210
58a	14,80	14,90	1,66	1,97	2,25	3,85	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	240	270	270

4 Waterstanden

In Tabel 6 zijn de ontwerppeilen weergegeven die bij het ontwerp gebruikt dienen te worden. Het Ontwerppeil (2060) volgt uit de som van het Ontwerppeil (1985) plus de hoogwaterstijging binnen de planperiode (1985 tot 2060). De Ontwerppeilen (1985) volgen uit [ref 8] en zijn omgezet naar de beschouwde dijkvakken in [ref 9 en 10].

Er wordt uitgegaan (volgens de 3^e Kustnota [ref 11]) van een zeespiegelstijging van 0,60 m/eeuw. Daarnaast wordt rekening gehouden met een hoogwaterstijging van 0,2 m/eeuw voor het westelijke gedeelte van het projectgebied en 0,3 m/eeuw voor het oostelijke gedeelte [ref 10]. De overgang van 0,20 cm/eeuw naar 0,30 cm/eeuw ligt tussen dijkvak 63 en 64, waardoor een sprong in het Ontwerppeil ontstaat. De Ontwerppeilen (2060) zijn niet in alle gevallen naar boven afgerond op 5 cm, om een lineair verloop te krijgen met de andere dijkvakken [ref 10].

Tabel 6 bevat ook de gemiddeld hoog waterstanden (GHW). Deze zijn gebaseerd op de slotgemiddelde van 1991 [ref 12]. In de GHW-standen is geen zeespiegelstijging meegenomen, omdat deze waarden bedoeld zijn voor de uitvoering.

Tabel 6: Waterstanden en ontwerppeilen

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerung (km) van tot		Zeespiegelstijging	Ontwerppeil 1985	Ontwerppeil 2060	GHW
			incl HW-stijging			
			[m]	[m]	[m]	[m]
			tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP
66	10,75	11,25	0,65	6,25	6,90	2,58
65	11,25	11,80	0,65	6,25	6,90	2,58
64	11,80	12,10	0,65	6,25	6,90	2,58
63	12,10	12,25	0,60	6,20	6,80	2,57
62	12,25	12,80	0,60	6,20	6,80	2,56
61	12,80	13,55	0,60	6,15	6,75	2,56
60	13,55	14,00	0,60	6,15	6,75	2,56
59	14,00	14,20	0,60	6,15	6,75	2,56
58b	14,20	14,80	0,60	6,15	6,75	2,55
58a	14,80	14,90	0,60	6,15	6,75	2,54

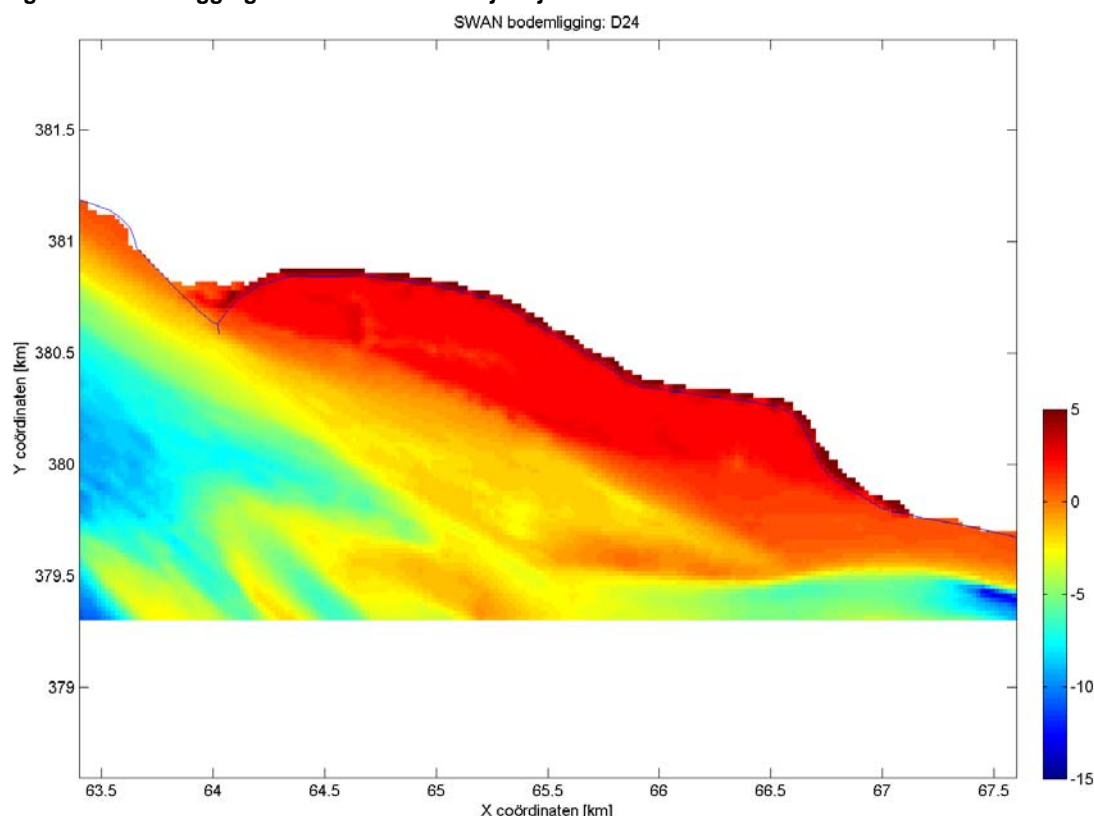
5 Bodemligging en golfcondities lagere waterstanden

De representatieve bodemligging [ref. 1 en 2] voor de dijkvakken is weergegeven in Tabel 7. De representatieve bodemligging van de dijkvakken varieert van NAP -1.77m (dijkvak 58a) tot NAP +2.37m (dijkvak 59). Door het voorliggende schor van Waarde is de bodemligging hoog en valt het voorland dagelijks droog bij eb. De gemiddelde hoogwaterstand is voor de dijkvakken 58b t/m 64 nauwelijks hoger dan de gemiddelde bodemligging (ter plaatste van de uitvoerpunten). Er is weinig variatie in bodemligging langs het dijktraject. De representatieve bodemligging is in lijn met Figuur 5 en hoeft daarom niet te worden aangepast.

Tabel 7: Bodemligging

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km) van tot		Bodemligging		
			Represen- tatief	Gemid- deld	Standaard- afwijking
			[m NAP]	[m NAP]	[m]
66	10,75	11,25	0,62	0,65	0,03
65	11,25	11,80	0,76	1,42	0,67
64	11,80	12,10	2,36	2,48	0,13
63	12,10	12,25	2,44	2,53	0,08
62	12,25	12,80	2,34	2,48	0,14
61	12,80	13,55	2,31	2,42	0,11
60	13,55	14,00	2,34	2,55	0,21
59	14,00	14,20	2,37	2,54	0,17
58b	14,20	14,80	2,31	2,34	0,03
58a	14,80	14,90	-1,77	-1,77	0,00

Figuur 5: Bodemligging SWAN model rond dijktraject



Bij de extrapolatie naar lagere waterstanden mogen de waarden $H_s/D=0.7$ en $H_s/L_0=0.06$ (= golfsteilheid) niet worden overschreden. In Tabel 8 en 9 is voor de maatgevende golfcondities voor losse breuksteen (Tabel 5.4) gecontroleerd of de waarden $H_s/D=0.7$ en $H_s/L_0=0.06$ worden overschreden. De golfcondities die weergegeven zijn bij een waterstand van NAP -2m en +0m zijn bepaald door de golfcondities die horen bij een waterstand van NAP +2m en NAP +4m lineair te extrapoleren. Met uitzondering van dijkvak 58a bij een waterstand van NAP -1m valt echter in alle gevallen het voorland droog en zijn de golfparameters gelijk aan nul gesteld.

Voor dijkvak 58a blijkt de waarde van $H_s/D=0.7$ bij een waterstand van NAP +0m overschreden te worden (zie grijze arcering in Tabel 8). Omdat deze berekende waarde fysisch niet realistisch is, is de betreffende golfhogte naar beneden bijgesteld. De gecorrigeerde waarde is grijs gearceerd.

In Tabel 9 is voor de maatgevende golfcondities voor losse breuksteen gecontroleerd of de voorwaarde $H_s/L_0=0.06$ wordt overschreden bij de waterstanden NAP -2m en NAP +0m. Daarbij staan in de vierde en vijfde kolom de al dan niet gecorrigeerde waarden van H_s uit Tabel 8. Voor dijkvak 58a blijkt de waarde van $H_s/L_0=0.06$ bij een waterstand van NAP +0m overschreden te worden (zie grijze arcering in Tabel 9). Omdat het hier al een gecorrigeerde waarde betreft is de betreffende golfhogte niet (nog verder) naar beneden bijgesteld.

Tabel 8: Controle criterium $H_s/D \leq 0.7$

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		D (m) bij waterstand t.o.v. NAP		Hs/D bij waterstand t.o.v. NAP		Hs en bijgestelde Hs bij waterstand t.o.v. NAP	
	van	tot	-2m	0m	-2m	0m	-2m	0m	-2m	0m
66	10,75	11,25	--	--	--	--	--	--	--	--
65	11,25	11,80	--	--	--	--	--	--	--	--
64	11,80	12,10	--	--	--	--	--	--	--	--
63	12,10	12,25	--	--	--	--	--	--	--	--
62	12,25	12,80	--	--	--	--	--	--	--	--
61	12,80	13,55	--	--	--	--	--	--	--	--
60	13,55	14,00	--	--	--	--	--	--	--	--
59	14,00	14,20	--	--	--	--	--	--	--	--
58b	14,20	14,80	--	--	--	--	--	--	--	--
58a	14,80	14,90	--	1,35	--	1,77	--	0,76	--	1,24

Tabel 9: Controle criterium $H_s/L_0 \leq 0.06$

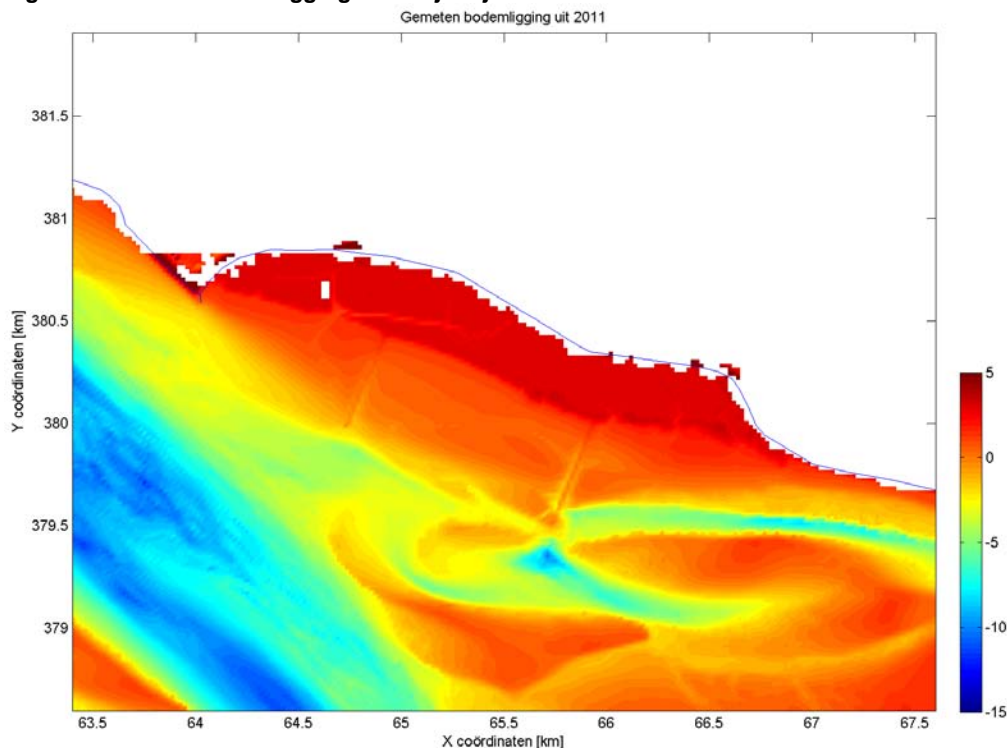
Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP		L0 [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Hs/L0 [-] bij waterstand t.o.v. NAP		Aan te houden Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP	
	van	tot	-2m	0m	-2m	0m	-2m	0m	-2m	0m	-2m	0m
66	10,75	11,25	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
65	11,25	11,80	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
64	11,80	12,10	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
63	12,10	12,25	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
62	12,25	12,80	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
61	12,80	13,55	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
60	13,55	14,00	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
59	14,00	14,20	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
58b	14,20	14,80	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
58a	14,80	14,90	--	1,24	--	3,35	-	17,5	-	0,071	-	1,05

6 Morfologische ontwikkelingen en robuustheid bodem

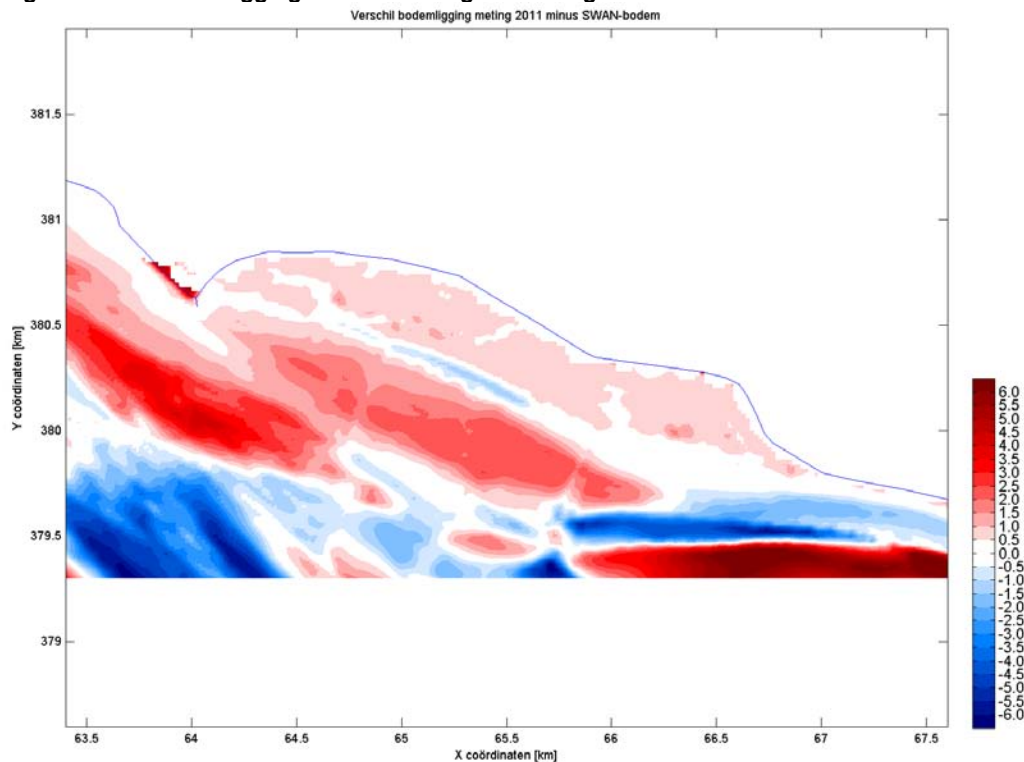
Langs het grootste gedeelte van het dijktraject bevindt zich een schor voor de dijk, namelijk het schor van Waarde. Veel schorren langs de zowel de Ooster- als de Westerschelde zijn aan erosie onderhevig. Het is daarom van belang om te weten of het schor van Waarde ook een erosieve trend vertoont en of de toegepaste SWAN-bodem voldoende robuust is. De SWAN-bodem welke gebruikt is in de berekening van de golfcondities in dit advies is weergegeven in figuur 5. Deze bodem is gebaseerd op meetdata uit 1997, waarbij vooral de hoger gelegen delen van de bodem zijn verlaagd om te compenseren voor de mogelijke erosie binnen de planperiode [ref 3 en 4].

In figuur 6 is de recente bodemligging van het gebied weergegeven, gebaseerd op meetdata uit 2011. Daarnaast is in figuur 7 het verschil weergegeven tussen de bodemligging op basis van metingen uit 2011 minus de bodemligging uit het SWAN-model, waarop de randvoorwaarden in dit advies gebaseerd zijn. Positieve waarden geven aan dat de huidige bodemligging (meting uit 2011) hoger ligt dan de SWAN-bodem.

Figuur 6: Recente bodemligging rond dijktraject



Figuur 7: Verschil in ligging bodem die volgt uit meting 2011 minus SWAN-bodem



Uit figuur 7 blijkt dat de recente ligging van het schor hoger is dan in de SWAN-bodem. Dit is niet verwonderlijk aangezien de SWAN-bodem met opzet is verlaagd t.o.v. de metingen uit 1997. Daarnaast is bekend dat na aanbrengen van de strekdammen in 2002 er aanzanding plaats vindt in het gebied. Aanliggend aan de strekdammen zijn daardoor de grootste verschillen tussen beide bodems zichtbaar.

Uit metingen is gebleken dat het schor bij Waarde een erosieve trend vertoonde [ref 13]. Daarom zijn in 2002 dwars op de dijk een tweetal strekdammen aangebracht. Deze strekdammen zijn aangebracht om het intergetijdengebied (schor) te beschermen tegen erosie. Ten gevolge van aanleg van de strekdammen neemt de stroomsnelheid ten gevolge van het getij af, wat resulteert in aanzanding tussen de dammen [ref 13]. Uit recente metingen in de periode na aanleg van de dammen, blijkt dat op het schorgebied in plaats van erosie nu aanzanding plaatsvindt ten gevolge van aanleg van de dammen [ref 13]. De aangelegde dammen zorgen er daarnaast voor dat de nabijgelegen geul niet verder richting het noorden migreert. Ter plaatse van de koppen van de dammen (vooral de oostelijke dam) zijn erosiekuilen ontstaan. Deze lokale verdiepingen zijn niet van invloed op de golfcondities bij de dijk.

Geconcludeerd kan worden dat de huidige bodemligging (meting 2011) vooral ter hoogte van het schor hoger ligt dan de bodem uit het SWAN-model. Daarnaast blijkt er een aanzandende trend te zijn op het schor. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de toegepaste bodem voldoende robuust is en dat de golfcondities mogelijk enigszins worden overschat.

Referenties

- [1.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: *'Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2011 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 1A van 3: Checklist detailadviezen vanaf april 2010'*, d.d. 23 februari 2011
- [2.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: *'Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2011 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 2 van 3: Achtergrond detailadviezen'*, d.d. 23 februari 2011
- [3.] RIKZ: *'Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid'*, november 1997, RIKZ\1997.046
- [4.] RIKZ: *'Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid' (deel II)*, juli 1998, RIKZ\1998.018
- [5.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: *'Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen'* d.d. 18 januari 2010, PvdR/09358/1573/D.
- [6.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: *'Update correctiewaarden Zeeland'*, d.d. november 2010, kenmerk: 1585/U10250/D/PvdR.
- [7.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning DHV: *'2012.12C Factsheet Detailadvies Emanuelpolder.xls'*, d.d. 16 november 2012.
- [8.] RIKZ: *'De basispeilen langs de Nederlandse kust, de ruimtelijke verdeling en de overschrijdingslijnen'*, mei 1995, rapport RIKZ-95.008
- [9.] Werkgroep Kennis, J.J. Jacobse: *'Aanpassing basispeilen, conform het basispeilenrapport'*, Memo Werkgroep Kennis K-02-03-14, 16 januari 2002
- [10.] Werkgroep Kennis, A.T. Kamsteeg, J.J. Jacobse: *'Ontwerppeilen Westerschelde. Uitleg over de totstandkoming van de ontwerppeilen-tabel'*, Memo Werkgroep Kennis K-01-09-53, september 2001
- [11.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: *'3^e Kustnota, Traditie, Trends en Toekomst'*, december 2000
- [12.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: *'Gemiddelde Getijkrommen 1991.0'*, Den Haag 1994
- [13.] Svašek Hydraulics, Dam, G., Bliet, A. J.: *'Using a sand-mud model to hindcast the morphology near Waarde'*. Maritime Engineering (Submitted), 2012
- [14.] WL, Delft Hydraulics: *'Correctiewaarden Zeeland, fase 1, Bepaling correctiefuncties voor ontwerp'*. Projectnummer H4576, april 2006



Rijkswaterstaat Zee en Delta
Projectbureau Zeeweringen

p/a Waterschap
Scheldestromen
Kanaalweg 1 Middelburg
p/a Postadres: Postbus 1000
4330 ZW Middelburg
T 088 246 13 70
F 088 246 19 94
www.rijkswaterstaat.nl

Contactpersoon
Peter Meininger
Adviseur ecologie

T 06-31001892
peter.meininger@ews.nl

Datum
26 augustus 2013

memo

Planten op de dijk en in de werkstrook van het Schor van de Emanuëlpolder

Conclusies. Er werden op de dijk en in de werkstrook geen door de Flora en Faunawet beschermde plantensoorten aangetroffen. De dijk wordt gemaaid en daarna intensief begraasd door schapen; de dijkvegetatie heeft geen bijzondere natuurwaarden. De smalle strook schor (20-30 m breed) aan de voet van de dijk heeft een goed ontwikkelde en gevarieerde zoutvegetatie. Aanbevolen wordt deze strook na de dijkwerken weer op deze hoogte af te werken, waarbij watervoerende kreken e.d. zo veel mogelijk hersteld worden. Het schor buiten de werkstrook is vaak sterk verruigd en wordt gedomineerd door een dichte vegetatie van Zeekweek, met hier en daar velden van Riet en Heen. Het plaatselijk verlagen van dit verruigde schor door afplaggen zou een kwaliteitsimpuls betekenen (schorverjonging).

1. Inleiding

Waterschap Zeeuwse Eilanden heeft het voornemen de zeedijk langs het Schor van de Emanuëlpolder (ook wel Schor van Waarde genoemd) te versterken. De huidige kleidijk wordt onvoldoende beoordeeld om een storm met een optreden van 1:4000 jaar te doorstaan. Daarom zal de dijkbekleding worden verstrekt, waarschijnlijk door het aanbrengen van een extra kleipakket. Hierbij zal niet alleen de huidige vegetatie van de dijk verdwijnen, maar zal ook de huidige vegetatie van de werkstrook (tot ca. 20 m vanuit de huidige visuele teen van de dijk) verdwijnen. In 2013 werden drie bezoeken gebracht aan het dijktraject om een beeld te krijgen van de eventuele aanwezigheid van plantensoorten die worden beschermd door de Flora- en faunawet. Daarnaast werd een algemeen beeld verkregen van de vegetatie van zeedijk en toekomstige werkstrook.

2. Methode

Het Schor van de Emanuëlpolder werd in 2013 bezocht op 9 mei (oostelijk deel), 8 juli (westelijk deel) en 21 augustus (middendeel). Tijdens ieder bezoek werden de waargenomen plantensoorten genoteerd en van zoutplanten werd een globale schatting gemaakt van de aantallen in de toekomstige werkstrook (tot 20 m uit de visuele teen van de dijk).

Rijkswaterstaat Zee en
Delta
Projectbureau Zeeweringen

Datum
26 augustus 2013

3. Resultaten

De zeedijk werd in het voorjaar gemaaid en daarna intensief begraasd door schapen. Door de begrazing is de begroeiing nauwelijks ontwikkeld. In mei stond er massaal Gevlekte rupsklaver. Daarnaast zijn Veldgerst en Goudhaver (beide schaars) enigszins het vermelden waard. Er werden geen plantensoorten aangetroffen die bescherming genieten onder de Flora en faunawet.

Het grootste deel van het schor is begroeid met een dichte vegetatie waarin Zeekweek domineert. Dit is een successiestadium waarbij andere zoutplanten geen kans meer hebben; spontane verjonging vindt niet plaats. De hoge schorren worden afgewisseld door middelhoog schor, waarin velden Riet (vooral in het oostelijk deel) en Heen (vooral in het westelijk deel) voorkomen. Laag schor met goed ontwikkelde zoutvegetaties komen slechts zeer lokaal voor, met uitzondering van een strook van 20-30 m breed aan de voet van de dijk. Vermoedelijk is hier sprake van een oude werkstrook, waarin bij een vorige dijkverzwaring klei is gewonnen. Opmerkelijk is het massaal optreden van Schorrenzoutgras. Daarnaast komen algemeen voor Melkkruid, Zeekraal, Zilte rus en Zulte. Andere soorten zoutplanten zijn schaars (Tabel 1). Op diverse plaatsen staat Echt lepelblad, een typerende soort voor brakke schorren.

Tabel 1. Voorkomen van enkele zoutplanten in de "werkstrook" van het Schor van de Emanuëlpolder in 2013. + weinig, ++ veel (>500), +++ zeer veel (>5000).

Soort	West	Midden	Oost
Echt lepelblad	+		+
Gewoon kweldergras		+	
Heen	+++	++	++
Lamsoor	+	+	
Melkkruid	++		
Schorrenzoutgras	+++	+++	+++
Zeekraal	+++		
Zeekweek	+++	+++	+++
Zeeweegbree	+	+	+
Zilte rus	+++	++	+
Zulte	+++	+++	+++



Rijkswaterstaat Zee en
Delta
Projectbureau Zeeweringen

Datum
26 augustus 2013

Echt lepelblad, typerend voor brakke schorren.



Kale, door schapen begraasde dijk en zoutvegetatie in voormalige werkstrook, 8 juli 2013



Rijkswaterstaat Zee en
Delta
Projectbureau Zeeweringen

Datum
26 augustus 2013

Kale, door schapen begraasde dijk en zoutvegetatie in voormalige werkstrook,
21 augustus 2013



Schorrenzoutgras, 9 mei 2013

Projectbureau Zeeweringen

www.rijkswaterstaat.nl

Contactpersoon
Conny Buijs

T 0118622523
conny.buijs@rws.nl

Datum
9 september 2013

memo

Landschapsadvies / advies cultuurhistorie Emanuelpolder

Algemeen:

Het project gebied is gelegen ten oosten van Waarde, aan de zuidkant van het smalle deel van Zuid-Beveland, aan de Westerschelde.

Het gebied landinwaarts wordt gekenmerkt door een agrarisch karakter en kent een grote mate van stilte en rust, afgezien van het verkeergeluid van de A58.

Deze dijk langs de Emanuelpolder is voorzien van een kleibekleding. Behalve enkele korte dijkgedeelten, ondermeer bij het Land van Saeftinghe, aan de westelijke zijde en bij de Hellegatpolder zijn alle dijken langs de Westerschelde voorzien van harde bekledingsmaterialen. De Emanuelpolder als een zogenaamde 'groene dijk' is daarmee uniek.

Het buitendijks gebied van schor (Schor van Waarde) en slikken, inclusief de grasdijk kent een sterk natuurlijk karakter. Het buitendijks gebied is in beheer bij Staatsbosbeheer. Het schor is vrij hoog.

De dijk wordt begraasd door schapen.

De schorrand van het schor van Waarde is vrij steil als gevolg van erosie. Op het voorliggend slik zijn in 2003 twee dammen aangelegd als bescherming van het schor, maar vooral als bescherming van het cultuurhistorisch waardevolle object het "Verdronken Dorp van Valkenisse", grotendeels onder het slik gelegen. Daarnaast ligt oostwaarts onder het schor het cultuurhistorisch waardevolle gebied het "Verdronken land van Zuid-Beveland".

Het schor heeft een grote ecologische waarde door de plek en omvang.

De vegetatie is weinig divers door de hoge ligging van het schor. Voor vogels is het schor van belang, bijvoorbeeld als broedgebied voor zilvermeeuwen.

Op de platen in de Westerschelde, zijn diverse zeehonden te aanschouwen, wat de natuurlijke beleving een extra dimensie geeft.

Cultuurhistorie:

Verdronken dorp Valkenisse.

Het ringdorp Valkenisse is in 1233 gesticht door een adellijke Vlaamse familie, die er ook een kasteel liet bouwen. Het dorp had vanaf zijn ontstaansgeschiedenis te maken met veel overstromingen. In 1682 werd het dorp, inclusief kasteel, kerk en kerkhof, door de golven verzwolgen, ondanks de aanleg van een nieuwe dijk.

Tegenwoordig worden de restanten van het dorp bedekt door een dik slibpakket, maar door erosie komen nu en dan delen tevoorschijn.

Het betreft hier een beschermd archeologisch monument.

Delen Verdronken Land van Zuid-Beveland.

Het deel Verdronken Land van Zuid-Beveland is in 1530-1532 overstroomd. Deels is het schor van Waarde op de restanten van dit verdronken land gevormd. De cultuurhistorische restanten zijn niet beschermd.

Landschapsadvies:

Deze locatie heeft een sterk natuurlijk karakter, waarbij de unieke waarde van het schor in de Westerschelde meespeelt. Voortkomend uit dit karakter gaat de voorkeur sterk uit naar het handhaven van een kleidijk. Het terugbrengen van een kleibekleding kan er voor zorgen dat het natuurlijke karakter in stand blijft.

Bij dit natuurlijke karakter pas ook een zo groen mogelijk onderhoudspad aan te gaan leggen.

Wanneer een kleidijk technisch onhaalbaar is, komt in eerste instantie een open verharding (betonzuilen) met een groen onderhoudspad als landschappelijk gewenst aan de orde.

Op de grasgedeelten van de dijk, die terug komen kan weer beweiding met schapen plaatsvinden.

Om afkalving van het schor te voorkomen zouden technische maatregelen overwogen kunnen worden. Momenteel echter neemt na de aanleg van de dammen het slikgebied toe, waardoor gehoopt mag worden, dat op termijn nieuw schor zou kunnen ontstaan. Een hoge schorrandverdediging in de vorm van stortsteen is niet aantrekkelijk, omdat de schorrand nu al 1,5 meter hoog is en dit dus een onnatuurlijk en landschappelijk ongewenst effect zou hebben.

Bij de overgangen moet achterlaten van (zwerf)vuil voorkomen worden door het plaatsen van een onopvallende vuilnisbak, eventueel aan de binnendijkzijde.

Vanwege het natuurlijke karakter van het gebied en de dijk zijn infoborden en bankjes ongewenst. Voor het onderhoudpad is het advies het aanbrengen van een ' zo groen mogelijk onderhoudpad' en ontoegankelijk voor fietsers.

Datum
9 september 2013


Nieuw initiatief:

Momenteel loopt een Initiatief: "*Meer met dijken*", waarin de haalbaarheid van een groene dijk in combinatie met schorbehoud wordt onderzocht. Een mogelijke variant is het verlagen van het schor en de afkomende grond afwerken op het dijktaalud. Dit biedt zowel voor de dijk als voor het schor landschappelijk en ecologisch voordeel op. Wat de gevolgen zijn voor het project is op dit moment nog niet bekend. Bij een groene dijk past ook een zo groen mogelijk onderhoudpad. Hiervoor zijn een aantal technische varianten te bedenken: sporen eventueel afstrooien met puin of plastic platen onder grasbegroeiing. Dit zal nader uitgewerkt moeten worden. Alleen grasbegroeiing voldoet waarschijnlijk niet vanwege de zwaarte van het onderhoudsmaterieel.

Advies cultuurhistorie:

De verdronken resten van cultuurhistorische waarde, worden niet aangetast door dit werk, omdat dit zich op en wellicht een gering deel naast de bestaande dijk zal plaatsvinden. De waardevolle gedeelten bevinden zich verder van de dijk en te diep onder het slik om aangetast te kunnen worden.

Overleg hierover met de Stichting Cultureel Erfgoed is noodzakelijk.


Afdeling Verkenning en Planuitwerking
RWS Zee en Delta

Bijlage 3 **Berekeningen**

Bijlage 3.1: Keuzemodel met invoermodule

Bijlage 3.2: Ontwerpberekeningen betonzuilen

Bijlage 3.3: Ontwerpberekeningen kleidijk

Keuzemodel v2.7 mei 2013

Dijkvak: Emanuelpolder

dp:

Minimaal 2 varianten doorrekenen. De waarden zijn relatief.
Te behalen scores liggen tussen 1 en 3.

Wijzigingen t.o.v. versie 2.6:
kleidijk toegevoegd; C-fix vervallen -> EMVI

Criteria	Constructie	Uitvoering	Hergebruik	Onderhoud	Landschap	Natuur	Totaal (1)	Wegingsfactor
Constructie (flexibiliteit/overgangen)	0	3	3	2	3	2	13	21,7
Uitvoering	1	0	2	1	2	1	7	11,7
Hergebruik	1	2	0	1	2	1	7	11,7
Onderhoud	2	3	3	0	3	2	13	21,7
Landschap	1	2	2	1	0	1	7	11,7
Natuur	2	3	3	2	3	0	13	21,7
Totaal (2)							60	100,0

Criteria > Subcriteria > Weging subcriteria > Scoretabel	Constructie		Uitvoering			Hergebruik		Onderhoud			Landschap	Natuur	
	flexibiliteit	overgangen	tijd	moeilijkheidsgraad	toleranties	hergebruik	LCA	duurzaamheid	zichtbaarheid	tijd		flora	habitat
	50	50	33	33	33	50	50	33	33	33	100	50	50

variant 1	2,0	2,50	2,0	2,0	2,0	1,0	1,3	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0
variant 2	3,0	2,50	2,0	2,0	3,0	1,0	0,4	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0
variant 3	3,0	2,50	2,0	2,0	3,0	1,0	2,1	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0
variant 4													

Gewogen score	Constructie	Uitvoering	Hergebruik	Onderhoud	Landschap	Natuur	Totaal	Kosten	Score/kosten	Rang
variant 1	16,3	7,8	4,4	21,7	7,8	14,4	72,4	1,86	38,90	3
variant 2	19,9	9,1	2,8	12,0	7,8	14,4	66,0	1,57	42,02	2
variant 3	19,9	9,1	6,1	19,3	7,8	14,4	76,5	1,00	76,53	1
variant 4										

Opmerkingen:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AJ	AK	AL	AM	AN	AO
4	STEENTOETS2010 versie 1.10, Deltares, maart 2012; niet voor 3e toetsronde					aanleg-	schade	havendam of	richting	voortland		niveau	niveau	helling	segmentbreedte	TOPLAAG														
5	Westerschelde	vlak-	dwars-	Subvakgrenzen		jaar	in	lage dijk?	normaal	niveau	helling	onder-	boven-		(alleen nodig	toplaag	onderlagen	D	B	L	spleetbreedte		open	gaten in	karakt.	soortelijke	inge-	D15 inwas-	goed	oneffenheden
6	Naam van dijkvak	nummer	profiel	randvw. & vlak			jaar	ja/blanco	op dijk	bij teen		grens	grens		als tan α =0)	(filter, geotex-	(m)	(m)	(m)	stootvoeg	langsvoeg	oppervlak	steen?	opening	massa	wassen	materiaal	geklemd?	havendam	
7		out?		van	tot	[gr tov N]	[m NAP]	tan α_{bodem}	[m NAP]	[m NAP]	tan α	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[%]	ja/nee	[mm]	[kg/m ³]	ja/nee	[mm]	ja/nee/?	[m]						
8	Emanuelpolder	3	1	11,9	12					2	0,01	2	4	0,25		27 st ge kl	0,25						10			2300	j	6	j	
9	Emanuelpolder	4	1	12,15	12,2					2	0,01	2	4	0,25		27 st ge kl	0,25						10			2300	j	6	j	
10	Emanuelpolder	5	1	12,3	12,7					2	0,01	2	4	0,25		27 st ge kl	0,25						10			2300	j	6	j	
11	Emanuelpolder	6	1	12,9	13,4					2	0,01	2	4	0,25		27 st ge kl	0,25						10			2300	j	6	j	
12	Emanuelpolder	7	1	13,6	13,9					2	0,01	2	4	0,25		27 st ge kl	0,25						10			2300	j	6	j	
13	Emanuelpolder	8	1	14,05	14,15					2	0,01	2	4	0,25		27 st ge kl	0,25						10			2300	j	6	j	
14	Emanuelpolder	9	1	14,3	14,7					2	0,01	2	4	0,25		27 st ge kl	0,25						10			2300	j	6	j	

	AP	AQ	AR	AV	AW	AX	AY	AZ	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BW	BX	BY	BZ	CA	CB
4	BOVENSTE FILTERLAAG								GEOTEXTIEL				KLEI					ZAND			type bovenste overgang (-sconstructie)	>150m brede waterkering op NAP+2,5m	ERVARING				Opmerkingen	HYDRA			
5	Ingegoten toplaag	geotextiel	b	D15	D50	porositeit	2e filter laag?	O90	dikte	doorlatendheid	dijkopbouw	b _{klei}	kwaliiteit	D50	D90	D15	D50	D90	a0 ... c1	j/n/?	uit ondergrond	uit granulaire laag	afschuiving	overgang (-sconstructie)	afstandhouders	Golven-tabel		GHW	toetspeil		
6	diepte	VGD	tussen top-laag en filter?	[m]	[mm]	[-]	ja/nee	[mm]	[mm]	debiet/m ²	verval	gk/kl/kk/zs	[m]	c1/c2/c3	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	a0	g/o/?	g/o/?	g/o/?	g/t/o/?	g/t/o	1/2/3	[m+NAP]	+ toeslagen			
7	[m]	[GPa]		[m]	[mm]			[mm]	[mm]	[l/s/m ²]	[mm]		g/m/w	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]													
8				0,1	17							kl	0,8							a0		g	g	g	g			1	2,58	6,90	
9				0,1	17							kl	0,8							a0		g	g	g	g			1	2,57	6,80	
10				0,1	17							kl	0,8							a0		g	g	g	g			1	2,56	6,80	
11				0,1	17							kl	0,8							a0		g	g	g	g			1	2,56	6,75	
12				0,1	17							kl	0,8							a0		g	g	g	g			1	2,56	6,75	
13				0,1	17							kl	0,8							a0		g	g	g	g			1	2,56	6,75	
14				0,1	17							kl	0,8							a0		g	g	g	g			1	2,55	6,75	

	CC	CD	CE	CF	CG	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	
4	HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN					AFSCHUIVING		MATERIAALTRANSPORT		STABILITEIT TOPLAAG										score	EROSIE ONDERLAGEN			EINDSCORE	BEHEERDERS-	Vershil tussen	TOELICHTING
5	maatgevende	Westerschelde		golf- invalshoek	belasting duur	1e stap geavanc.	klei/filter-dikte	vanuit ondergrond	vanuit granulaire laag door toplaag	bermfactor	$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$	ξ_{op}	toetsing op golven				dikte- overschot	bovenste overgangs- constructie	filter- laag	klei- laag	Score	STEENTOETS	BEHEERDERS- OORDEEL	Vershil tussen STEENTOETS en beheerdersoordeel?	TOELICHTING		
6	waterstand	H_s	T_p			Score	overschot			C_{berm}	$H_s/\Delta D$		$F = \xi^{2/3}$	type	kwantitatief	Score											
7	[m+NAP]	[m]	[s]	[gr]	[uur]		[m]			[-]	[-]	[-]	$* H_s/\Delta D$		g/t	t/o		[m]		[uur]	[uur]		[g / t / o]				
8	5,10	1,37	4,88	0	1,2	goed	0,90	goed	goed	1,00	4,40	1,30	5,25	3	1,46	99,00	goed	0,08	goed	2,0	1,6	nvt	goed				
9	4,95	1,13	4,76	0	1,2	goed	0,90	goed	goed	1,00	3,63	1,40	4,54	3	1,73	99,00	goed	0,11	goed	3,0	1,9	nvt	goed				
10	4,95	1,16	4,47	0	1,1	goed	0,90	goed	goed	1,00	3,72	1,30	4,43	3	1,74	99,00	goed	0,11	goed	3,3	1,8	nvt	goed				
11	4,85	1,13	4,08	0	1,0	goed	0,90	goed	goed	1,00	3,63	1,20	4,10	3	1,81	99,00	goed	0,11	goed	4,1	1,9	nvt	goed				
12	4,85	1,11	3,96	0	1,0	goed	0,90	goed	goed	1,00	3,58	1,17	3,98	3	1,85	99,00	goed	0,11	goed	4,4	1,9	nvt	goed				
13	4,80	1,09	3,90	0	1,0	goed	0,90	goed	goed	1,00	3,51	1,16	3,89	3	1,89	99,00	goed	0,11	goed	4,6	1,9	nvt	goed				
14	4,95	1,26	4,12	0	1,1	goed	0,90	goed	goed	1,00	4,05	1,15	4,43	3	1,65	99,00	goed	0,11	goed	3,4	1,7	nvt	goed				

	DG	DH	DI
4	EINDOORDEEL	Foutmeldingen	Waarschuwingen
5			
6			
7			
8	goed		
9	goed		
10	goed		
11	goed		
12	goed		
13	goed		
14	goed		

Spreadsheet Kleidijken (tot Ontwerppeil; geen berm)

10-8-2011 versie 6.1

Na elke wijziging opnieuw laten rekenen via het menu 'Kleidijk'

15-10-2013

Invoer

Dijkvak :
 Randvoorwaardevak
 Gebied :

Teen kleidijk : m tov NAP
 Ontwerppeil : m tov NAP
 GHW : m tov NAP

talud 1:

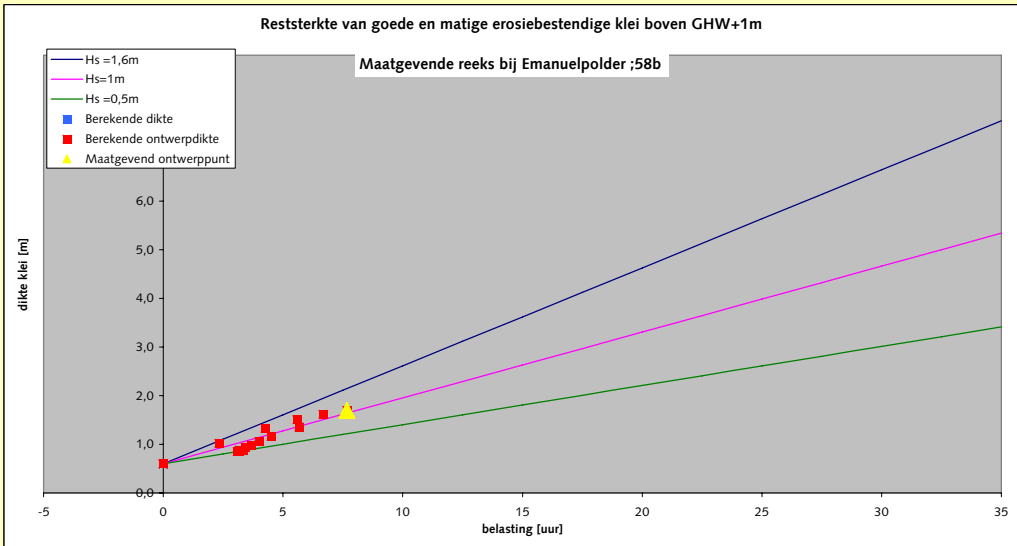
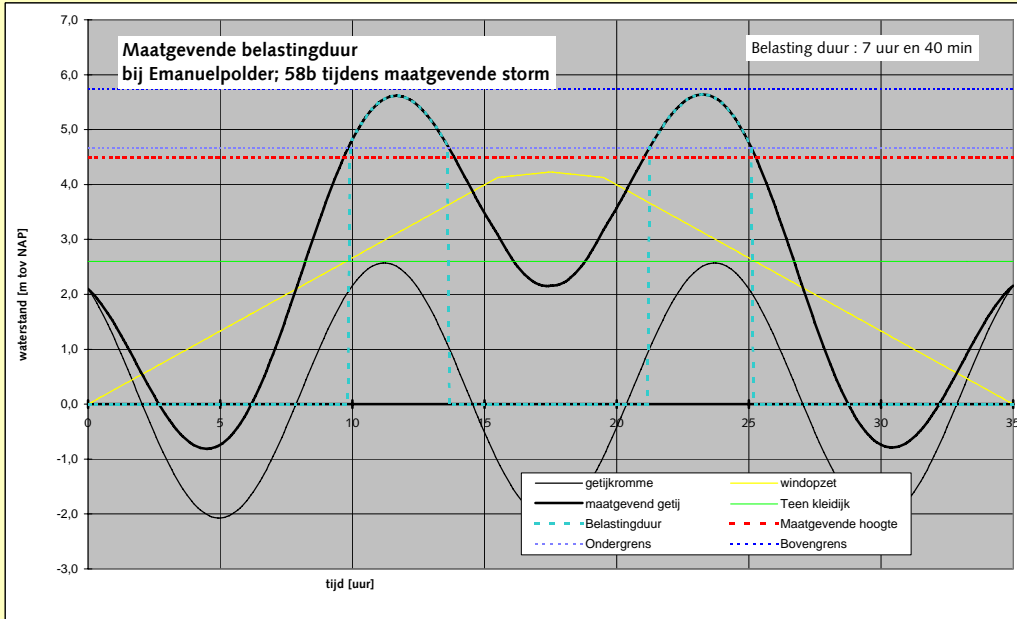
Uitvoer bij de maatgevende hoogte

Maatgevende hoogte : NAP +4,49 m
 Belasting duur : 7 uur en 40 min
 Hs : 1,07 m
 Tp : 4,14 s
 Dikte kleilaag : 1,7 m
 Ontwerpdikte kleilaag : 2,2 m

Randvoorwaarden :	NAP +2m	NAP +4m	NAP +6m
Hs :	0,1	0,87	1,69
Tp :	5	4,17	4,06

Let op Hs >= 2m, som mogelijk niet geldig!!

Getijkromme : Hoogwater gemiddeld getij



Spreadsheet Kleidijken (tot Ontwerppeil; geen berm)

10-8-2011 versie 6.1

Na elke wijziging opnieuw laten rekenen via het menu 'Kleidijk'

15-10-2013

Invoer

Dijkvak : Emanuelpolder
 Randvoorwaardevak : 59
 Gebied : Westerschelde

Teen kleidijk : 2,60 m tov NAP
 Ontwerppeil : 6,80 m tov NAP
 GHW : 2,58 m tov NAP

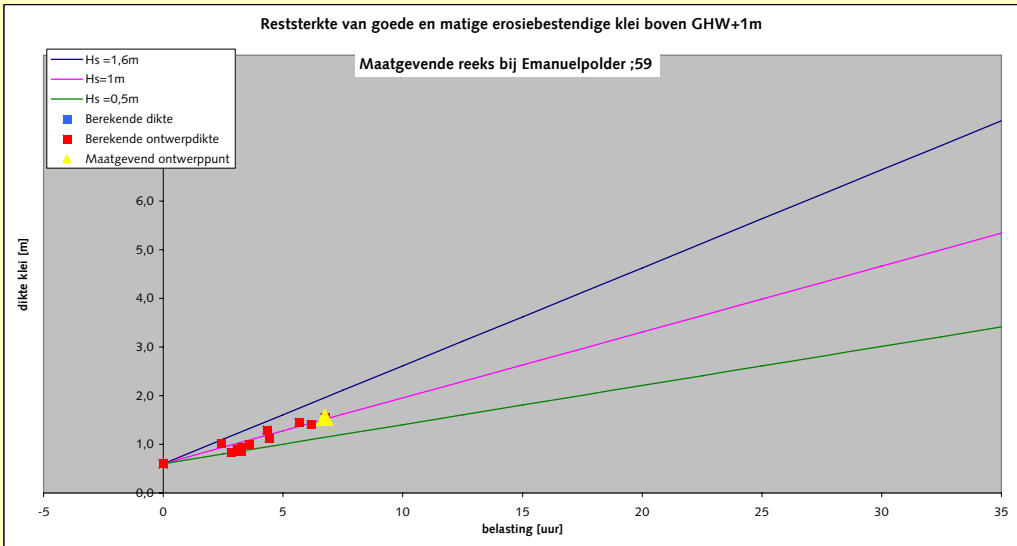
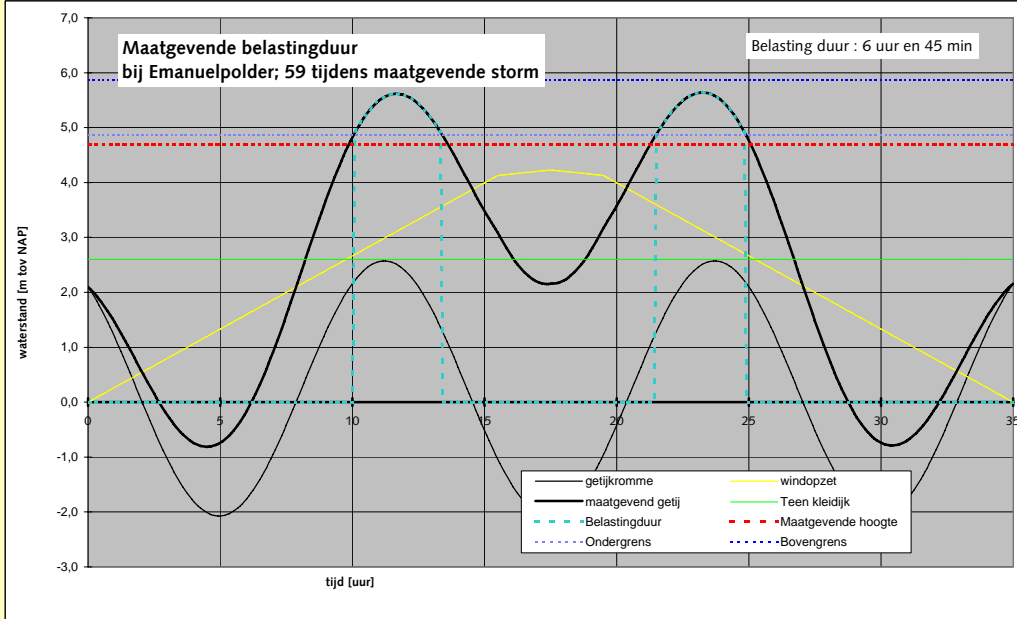
talud 1: 3,00

Uitvoer bij de maatgevende hoogte

Maatgevende hoogte : NAP +4,7 m
 Belasting duur : 6 uur en 45 min
 Hs : 1,05 m
 Tp : 3,87 s
 Dikte kleilaag : 1,55 m
 Ontwerpdikte kleilaag : 2,1 m

Randvoorwaarden :	NAP +2m	NAP +4m	NAP +6m
Hs :	0,1	0,74	1,62
Tp :	5	3,72	4,16

Getijkromme : Hoogwater gemiddeld getij



Spreadsheet Kleidijken (tot Ontwerppeil; geen berm)

10-8-2011 versie 6.1

Na elke wijziging opnieuw laten rekenen via het menu 'Kleidijk'

15-10-2013

Invoer

Dijkvak : Emanuelpolder
 Randvoorwaardevak : 60
 Gebied : Westerschelde

Teen kleidijk : 2,60 m tov NAP
 Ontwerppeil : 6,80 m tov NAP
 GHW : 2,58 m tov NAP

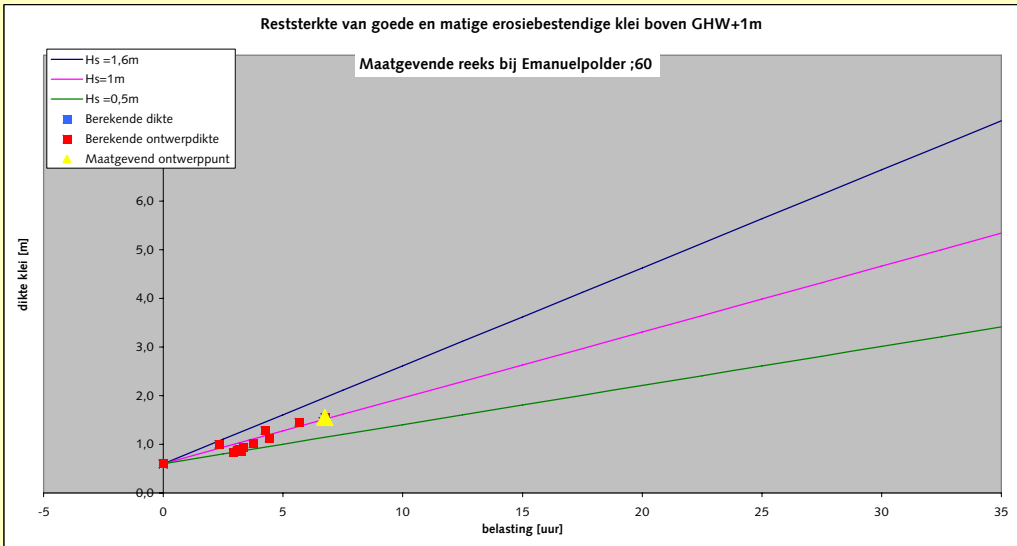
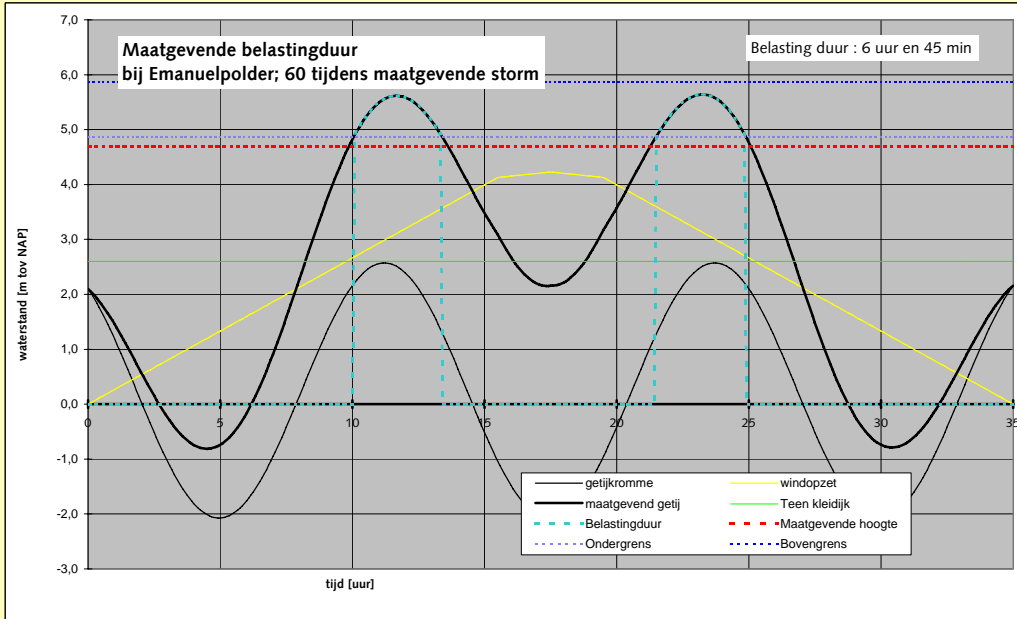
talud 1: 3,00

Uitvoer bij de maatgevende hoogte

Maatgevende hoogte : NAP +4,7 m
 Belasting duur : 6 uur en 45 min
 Hs : 1,05 m
 Tp : 3,94 s
 Dikte kleilaag : 1,55 m
 Ontwerpdikte kleilaag : 2,1 m

Randvoorwaarden :	NAP +2m	NAP +4m	NAP +6m
Hs :	0,1	0,74	1,62
Tp :	5	3,82	4,16

Getijkromme : Hoogwater gemiddeld getij



Spreadsheet Kleidijken (tot Ontwerppeil; geen berm)

10-8-2011 versie 6.1

Na elke wijziging opnieuw laten rekenen via het menu 'Kleidijk'

15-10-2013

Invoer

Dijkvak : Emanuelpolder
 Randvoorwaardevak : 61
 Gebied : Westerschelde

Teen kleidijk : 2,60 m tov NAP
 Ontwerppeil : 6,80 m tov NAP
 GHW : 2,58 m tov NAP

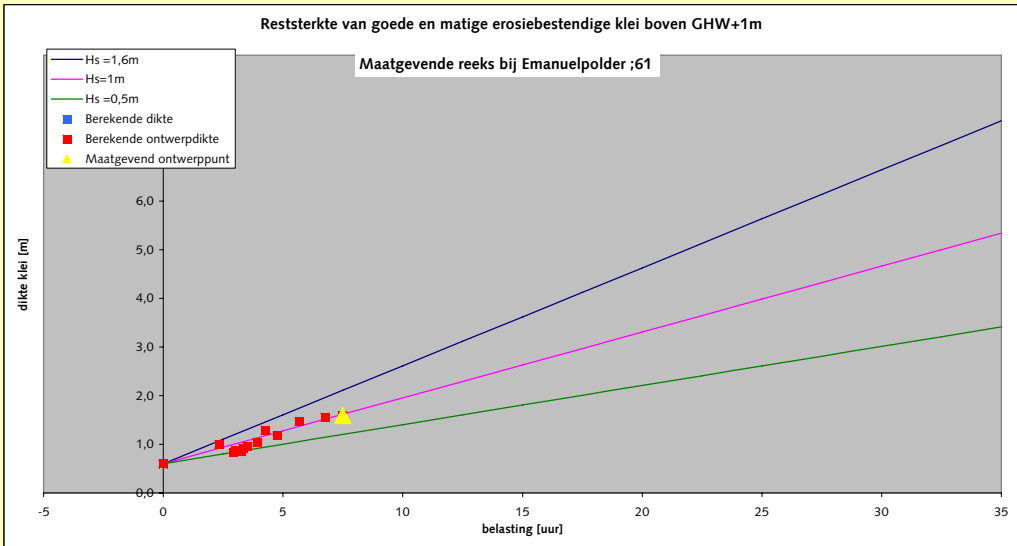
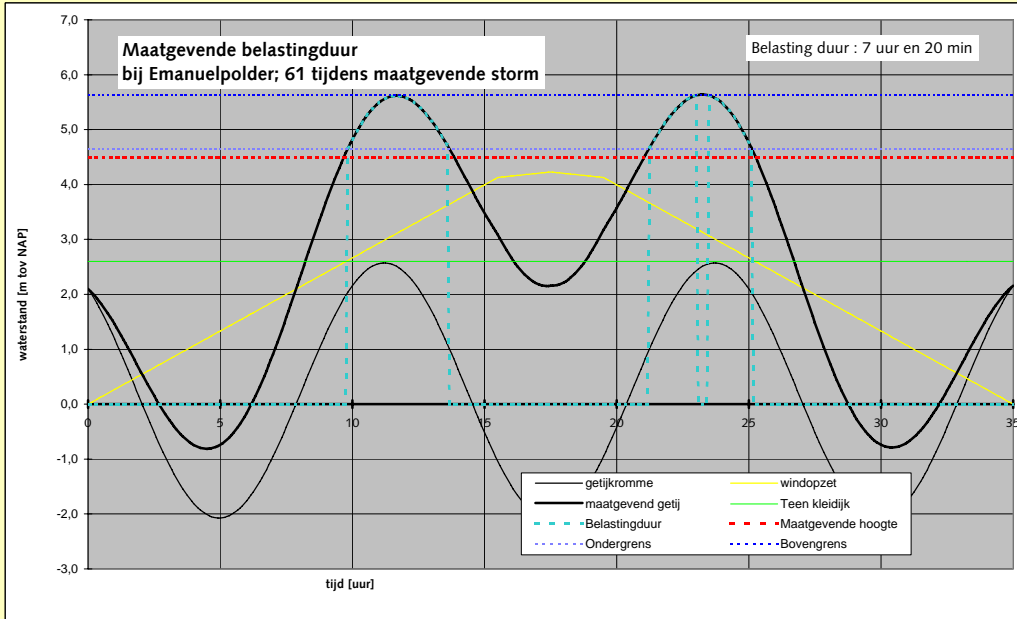
talud 1: 3,00

Uitvoer bij de maatgevende hoogte

Maatgevende hoogte : NAP +4,49 m
 Belasting duur : 7 uur en 20 min
 Hs : 0,97 m
 Tp : 3,98 s
 Dikte kleilaag : 1,59 m
 Ontwerpdikte kleilaag : 2,1 m

Randvoorwaarden :	NAP +2m	NAP +4m	NAP +6m
Hs :	0,1	0,76	1,63
Tp :	5	3,85	4,4

Getijkromme : Hoogwater gemiddeld getij



Spreadsheet Kleidijken (tot Ontwerppeil; geen berm)

10-8-2011 versie 6.1

Na elke wijziging opnieuw laten rekenen via het menu 'Kleidijk'

15-10-2013

Invoer

Dijkvak : Emanuelpolder
 Randvoorwaardevak : 62
 Gebied : Westerschelde

Teen kleidijk : 2,60 m tov NAP
 Ontwerppeil : 6,80 m tov NAP
 GHW : 2,58 m tov NAP

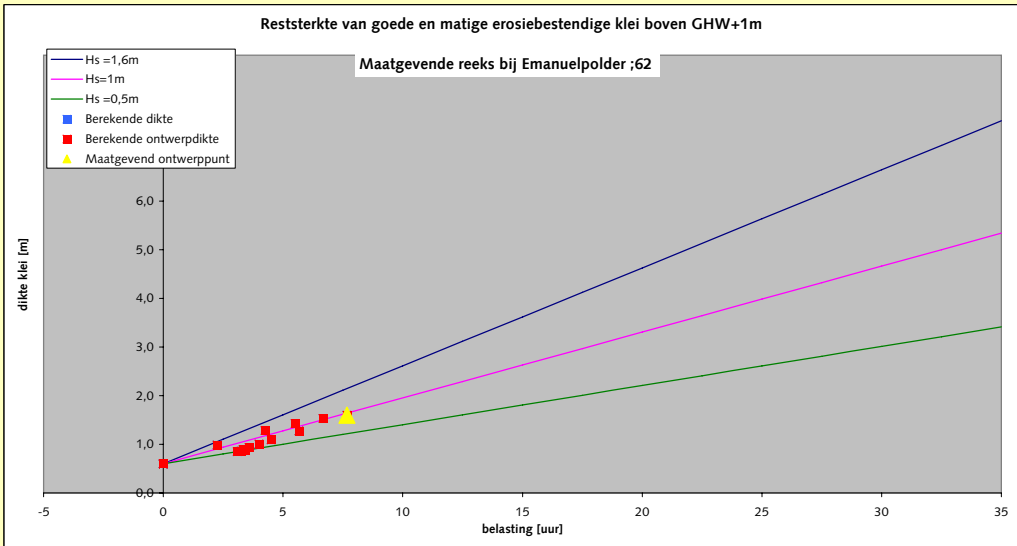
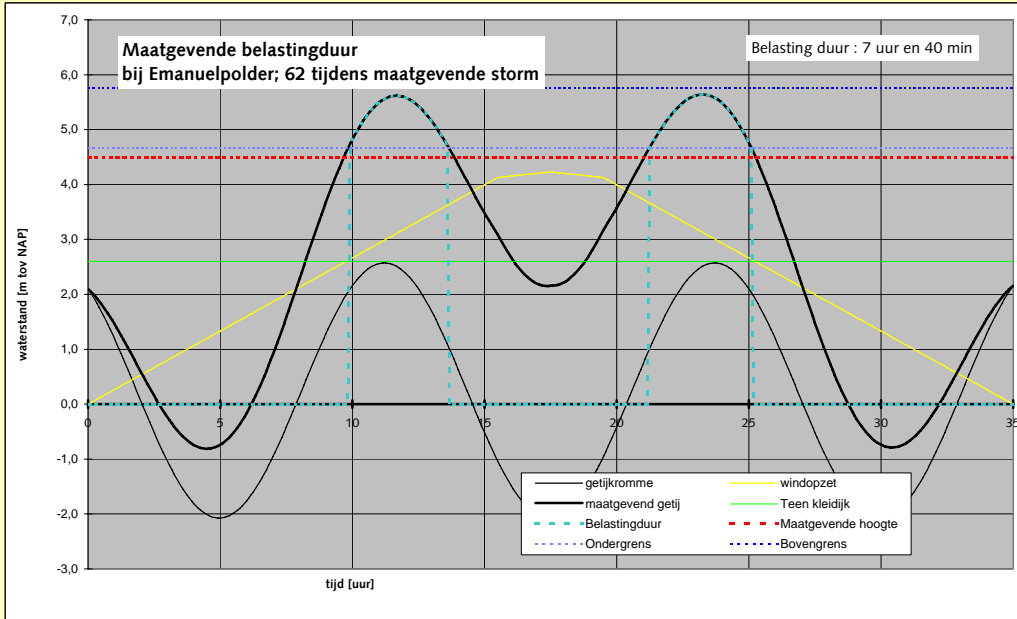
talud 1: 3,00

Uitvoer bij de maatgevende hoogte

Maatgevende hoogte : NAP +4,49 m
 Belasting duur : 7 uur en 40 min
 Hs : 0,95 m
 Tp : 4,47 s
 Dikte kleilaag : 1,6 m
 Ontwerpdikte kleilaag : 2,1 m

Randvoorwaarden :	NAP +2m	NAP +4m	NAP +6m
Hs :	0,1	0,73	1,63
Tp :	5	4,47	4,48

Getijkromme : Hoogwater gemiddeld getij



Spreadsheet Kleidijken (tot Ontwerppeil; geen berm)

10-8-2011 versie 6.1

Na elke wijziging opnieuw laten rekenen via het menu 'Kleidijk'

15-10-2013

Invoer

Dijkvak : Emanuelpolder
 Randvoorwaardevak : 63
 Gebied : Westerschelde

Teen kleidijk : 2,60 m tov NAP
 Ontwerppeil : 6,80 m tov NAP
 GHW : 2,58 m tov NAP

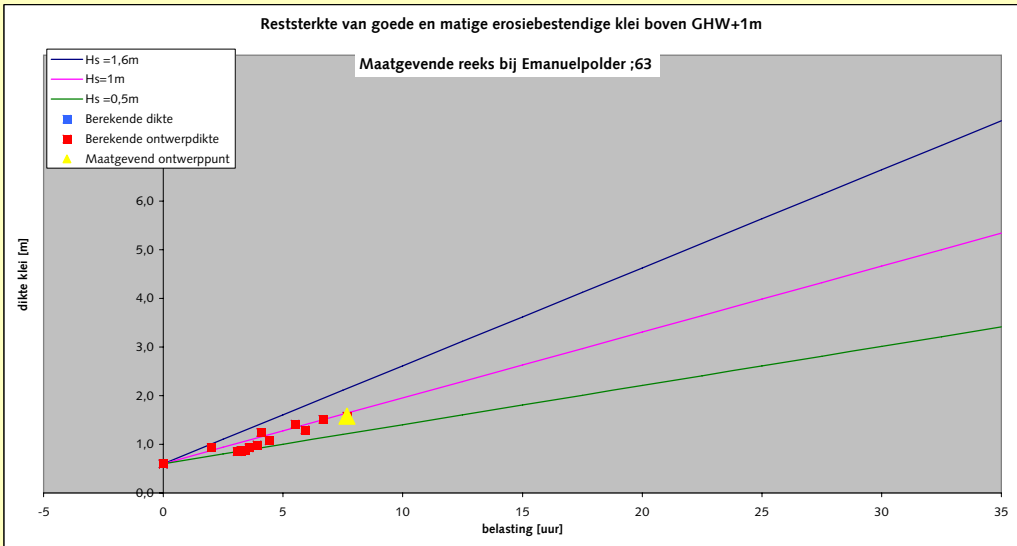
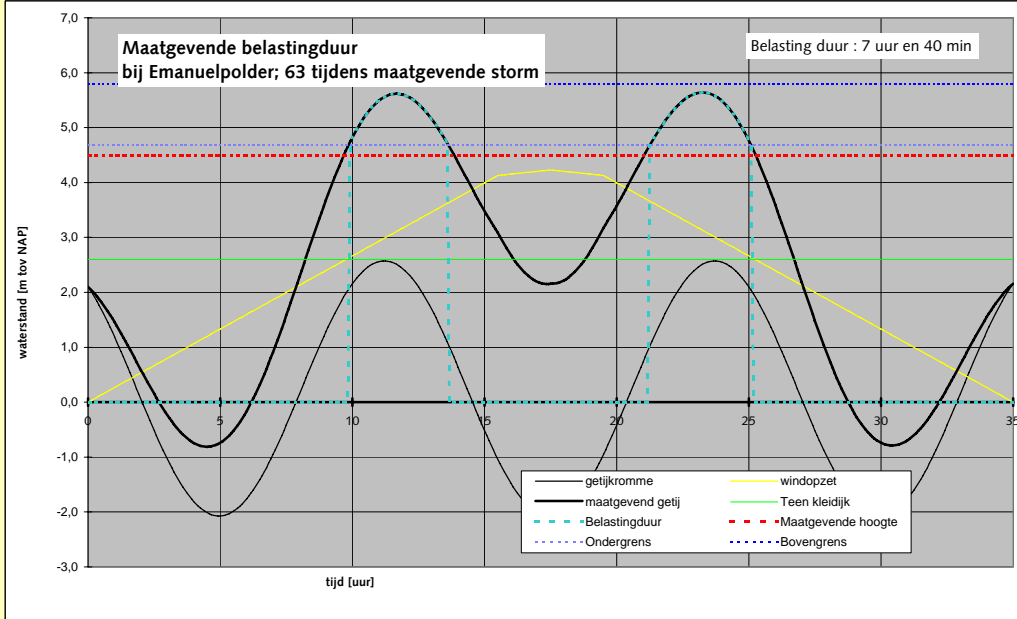
talud 1: 3,00

Uitvoer bij de maatgevende hoogte

Maatgevende hoogte : NAP +4,49 m
 Belasting duur : 7 uur en 40 min
 Hs : 0,93 m
 Tp : 4,63 s
 Dikte kleilaag : 1,58 m
 Ontwerpdikte kleilaag : 2,1 m

Randvoorwaarden :	NAP +2m	NAP +4m	NAP +6m
Hs :	0,1	0,71	1,59
Tp :	5	4,5	5,04

Getijkromme : Hoogwater gemiddeld getij



Spreadsheet Kleidijken (tot Ontwerppeil; geen berm)

10-8-2011 versie 6.1

Na elke wijziging opnieuw laten rekenen via het menu 'Kleidijk'

15-10-2013

Invoer

Dijkvak : Emanuelpolder
 Randvoorwaardevak : 64
 Gebied : Westerschelde

Teen kleidijk : 2,60 m tov NAP
 Ontwerppeil : 6,90 m tov NAP
 GHW : 2,58 m tov NAP

talud 1: 3,00

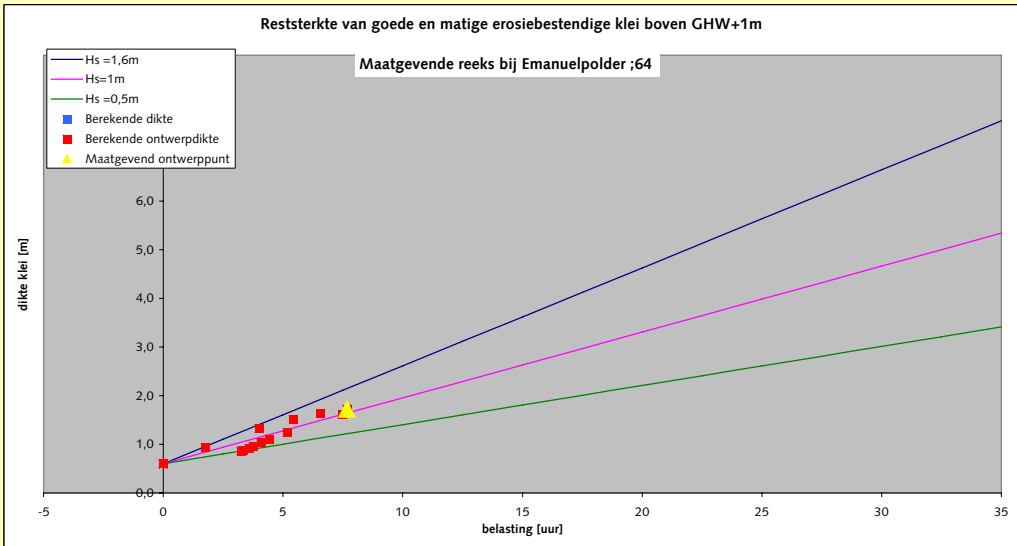
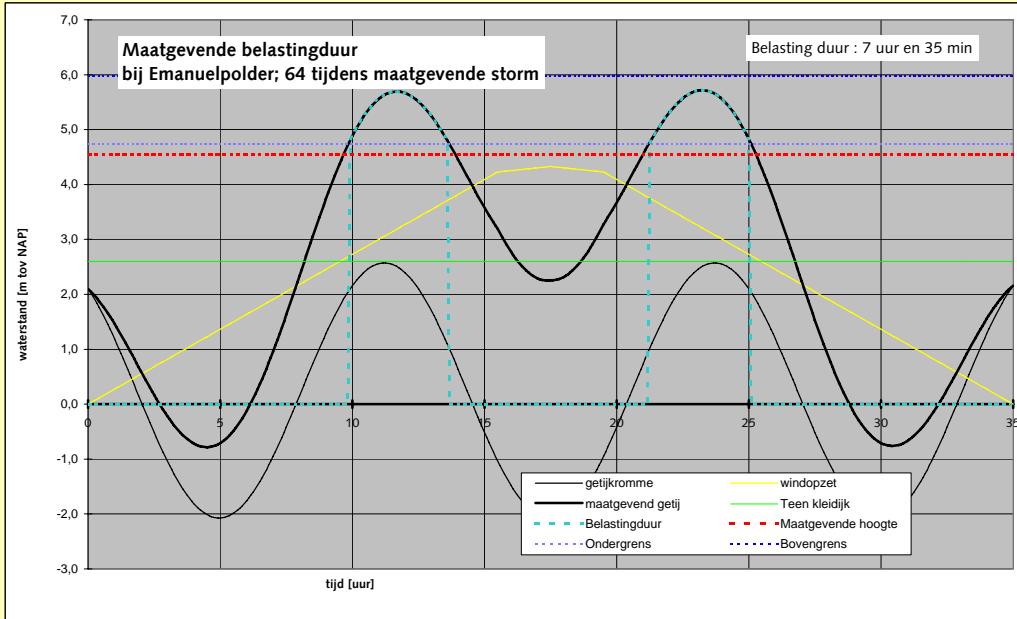
Uitvoer bij de maatgevende hoogte

Maatgevende hoogte : NAP +4,54 m
 Belasting duur : 7 uur en 35 min
 Hs : 1,1 m
 Tp : 4,72 s
 Dikte kleilaag : 1,72 m
 Ontwerpdikte kleilaag : 2,3 m

Randvoorwaarden :	NAP +2m	NAP +4m	NAP +6m
Hs :	0,1	0,85	1,79
Tp :	5	4,57	5,14

Let op Hs >= 2m, som mogelijk niet geldig!!

Getijkromme : Hoogwater gemiddeld getij



Benodigde kleidikte volgens SBW2013 - getijdesituatie

Blauw is invoer, zwart is default invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.

Gewijzigd t.o.v. vorige versie: N.v.t.
 Nog te verbeteren: Profielberekening voor methode 2 als er een berm aanwezig is (berm leidt er toe dat er een 'onthouden' afslagvolume is).

Dijkvak **Emanuelpolder**
 Randvoorwaardenvak **64**
 Randvoorwaardentabel* **1**
 Dwarsprofiel **1**

* Belastingfunctie voor dit erosiemechanisme is $Z = H_s \cdot T_p^2 \cdot t$; Tabel 1 komt daar het dichtste bij in de buurt

Invoer

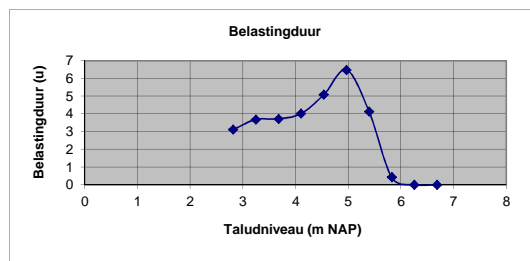
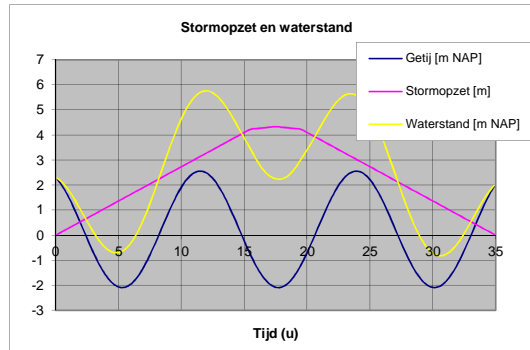
Waterstanden en waterstandsverloop			
TP	[m NAP]	6,90	Toetspeil of Ontwerppeil
HW	[m NAP]	2,56	Hoogwater (gemiddeld tij, springtij of doottij)
LW	[m NAP]	-2,09	Laagwater (gemiddeld tij, springtij of doottij)
ΔT_H	[u]	6,000	Aantal uur dat piek stormopzet na hoogwater valt (kan variëren tussen -6,208 en +6,208)

Golfrandvoorwaarden aan teen van de dijk*						
h	[m NAP]	3	4	6	6,90	Waterstand
H_s	[m]	0,10	0,85	1,79	2,21	Significante golfhoogte
T_p	[s]	1,00	4,57	5,14	5,40	Golfperiode

* Uitvoerpunt ligt op NAP +2,42 m, dit levert geen significante reductie van de golfhoogte aan de teen

Constructie			
cotang	[-]	3,00	Helling dijktaalud
$Z_{klei,bov}$	[m NAP]	6,90	Bovengrens kleibekleding
$Z_{klei,ond}$	[m NAP]	2,60	Ondergrens kleibekleding
N	[-]	10	Aantal door te rekenen taludzones (1 < N ≤ 10)
ΔZ	[m]	0,43	Hoogte taludzones

Default invoer			
T_{tij}	[u]	12,417	Getijperiode (default 12u25' = 12,417)
T_{storm}	[u]	35	Stormduur (default 35)
$H_{s,min}$	[-]	0,1	Minimale H_s (default 0,1)
$T_{p,min}$	[-]	1,00	Minimale T_p (default 1,0)
γ_{str}	[-]	2,0	Verhouding tussen erosievolumen bij ongestructureerde en gestructureerde klei (default 2)

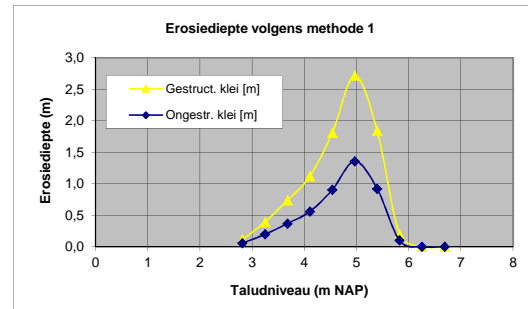


Benodigde kleidikte (loodrecht op talud)

Methode 1: Erosiediepte wordt rechtstreeks berekend en toegekend aan het taludniveau, zonder te beoordelen of dit leidt tot een realistisch erosieprofiel.

Methode 2: Totaal erosievolumen wordt omgerekend naar een erosieprofiel conform SBW, wat wordt geprojecteerd op de zwaarst belaste taludzone. De benodigde kleidikte is de erosiediepte die volgt uit dit erosieprofiel.

		Methode 1		Methode 2	
		Gestructureerde klei	Ongestructureerde klei	Gestructureerde klei	
h_{Emax}	[m NAP]		5,07		Waterstand waarbij meeste erosie optreedt
V_e	[m³/m]		12,15		Erosievolumen per strekkende meter dijk
Erosiefase	[-]	N.v.t.	N.v.t.	2	Ontwikkelingsfase van het erosieprofiel (1 = begin, 2 = midden, 3 = eind)
cotang _e	[-]	N.v.t.	N.v.t.	7,20	Omdat sprake is van erosiefase 2 is geen iteratie nodig en hoeft hier niets ingevuld te worden.
$V_{e,iteratie}$	[m³/m]	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Berekend erosievolumen voor ingevoerde helling erosieterras
$d_{er,max}$	[m]	2,72	1,36	1,86	Maximale erosiediepte (benodigde kleidikte)
$Z_{der,max}$	[m NAP]	4,97	4,97	6,67	Taludniveau waar meeste erosie optreedt, c.q. grootste kleidikte nodig is
$\alpha_{p,min}$	[°]	-15	0	7	Minimale helling erosieprofiel
$\alpha_{p,max}$	[°]	69	50	45	Maximale helling erosieprofiel



Waarschuwingen: Erosieprofiel volgens methode 2 ligt hoger dan kleibekleding

Tussenresultaten

Waterstandsverloop en belaste zone op talud			
h_{gem}	[m NAP]	0,24	Gemiddelde waterstand
A_{getij}	[m]	2,33	Getij-amplitude
H_{opzet}	[m]	4,34	Stormopzet
ΔT_{MHV}	[u]	-11,50	Faseverschil tussen maatgevend hoogwater en aanvang storm
t_{Hmax}	[u]	17,50	Tijdstip maximale stormopzet
H_{knik}	[m]	4,24	Hoogte eerste knik stormopzet
$\delta H / \delta t_{aanloop}$	[m/u]	0,27	Toename stormopzet in aanloopfase
$\delta H / \delta t_{top}$	[m/u]	0,05	Toename stormopzet op hoogtepunt storm
Δt	[u]	0,25	Grootte tijdstap

Hoeken dijktaalud en erosieprofiel methode 2 (SBW)			
α	[rad]	0,32	Hoek dijktaalud
α_k	[rad]	0,79	Hoek erosieklijf ($\tan \alpha_k = 1:1$)
$\alpha_{t,2}$	[rad]	0,12	Hoek erosieterras in erosiefase 2 ($\tan \alpha_t = 1:8$)
β	[rad]	0,46	Hoek tussen erosieklijf en dijktaalud
γ_2	[rad]	0,20	Hoek tussen dijktaalud en erosieterras in erosiefase 2

Erosiefase methode 2 (SBW)			
$V_{e,max}$	[m³/m]	3,70	Maximaal erosievolumen voor een taludzone
$d_{belast,rep}$	[m]	0,10	Diepte onder SWL van zwaarst belaste punt op talud
$H_{s,rep}$	[m]	1,35	Representatieve golfhoogte
$T_{p,rep}$	[s]	4,87	Representatieve golfperiode
d_t	[m]	1,34	Diepte onder SWL van ondergrens erosieterras
$H_s/4$	[m]	0,34	Diepte onder SWL van knik erosieprofiel in erosiefase 1
$d_{k,2}$	[m]	0,16	Diepte onder SWL van knik erosieprofiel als sprake zou zijn van erosiefase 2
$d_{er,2}$	[m]	1,86	Erosiediepte als sprake zou zijn van erosiefase 2

Erosieprofiel methode 2 (SBW)			
α_t	[rad]	0,12	Hoek erosieterras
γ	[rad]	0,20	Hoek tussen dijktaalud en erosieterras
H_t	[m]	1,18	Hoogte erosieterras
l_t	[m]	9,50	Lengte erosieterras
$l_{t,ev}$	[m]	9,32	Lengte erosieterras evenwijdig aan dijktaalud
$l_{k,ev}$	[m]	3,73	Lengte erosieklijf evenwijdig aan dijktaalud
$l_{p,ev}$	[m]	13,04	Lengte erosieprofiel evenwijdig aan dijktaalud

		Oorsprong	Ondergrens	Knik	Bovengrens	
x_{ep}	[m]	0,00	3,37	12,80	15,74	x-coördinaat erosieprofiel
z_{ep}	[m NAP]	2,60	3,72	4,90	7,85	z-coördinaat erosieprofiel

