



Ontwerpnota Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolder [30]

Geplande jaar van uitvoering: 2014

PZDT-R-12117 ontw.

Projectbureau Zeeweringen		Status: Concept		
Dijkverbetering: Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolder		Versie: 1		
Ontwerpnota		Datum: 1 mei 2012		
controle	Auteur	Intern	Toetsgroep	Projectbureau Zeeweringen
Naam:	██████████	██████████	██████████	██████████
Paraaf:				
Datum:				
Documentnummer: PZDT-R-12117 ontw				

Inhoudsopgave

	Samenvatting	
1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doel ontwerpnota	1
1.3	Het ontwerpproces	1
1.4	Leeswijzer	2
2	Bestaande situatie	3
2.1	Projectgebied	3
2.2	Bestaande bekledingen	3
3	Randvoorwaarden	5
3.1	Veiligheidsniveau	5
3.2	Hydraulische randvoorwaarden	5
3.3	Ecologische randvoorwaarden	7
3.4	Landschapsvisie	8
3.5	Archeologie en cultuurhistorie	9
3.6	Recreatie	9
3.7	Steenbekleding aangrenzende dijkvakken	10
3.8	Kruinhoogte, bovenbeloop	10
3.9	Overige randvoorwaarden en uitgangspunten	10
4	Toetsing	11
4.1	Algemeen	11
4.2	Toetsing toplaag	11
4.3	Conclusies	11
5	Keuze bekleding	12
5.1	Inleiding	12
5.2	Beschikbaarheid	12
5.3	Mogelijk toepasbare materialen	12
5.4	Technische toepasbaarheid	15
5.5	Deelgebieden	17
5.6	Keuze voor bekleding	17
5.7	Onderhoudsstrook	19
5.8	Bekleding tussen ontwerppeil en berm	20
5.9	Golfoploop	20
6	Dimensionering	21
6.1	Kreukelberm en teenconstructie	21
6.2	Zetsteenbekleding	22
6.3	Ingegoten breuksteen	25
6.4	Overgangsconstructies	26
6.5	Overgang tussen boventafel en berm	26
6.6	Berm	26
6.7	Naastliggende dijkvakken	27
7	Aandachtspunten voor contract en uitvoering	28
7.1	Bekledingstypen	28

7.2	Natuur	29
7.3	Archeologie en cultuurhistorie De trefkans buiten de werkstrook is aanwezig, maar in de werkstrook van de beide dijktrajecten kan ervan uit worden gegaan dat er geen archeologische restanten van verdronken dorpen worden aangetroffen. Dit item is aan de orde geweest en bevestigd in het RPO van begin juli 2011 door SCEZ en provincie Zeeland.	29
7.4	Transportroutes en depotlocaties	29
7.5	Overig	29
Literatuur		31
Bijlage 1	Figuren	
Bijlage 2	Detailadviezen	
Bijlage 3	Berekeningen	

Lijst met tabellen

Tabel 0.1	Beschrijving alternatieven voor nieuwe bekleding	
Tabel 0.2	Voorkeursbekleding per deelgebied	
Tabel 0.3	Nieuwe kreukelberm	
Tabel 3.1	Eigenschappen randvoorwaardenvakken	6
Tabel 3.2	Karakteristieke waterstanden	6
Tabel 3.3	Hydraulische randvoorwaarden (voor betonzuilen)	7
Tabel 3.4	Golfrandvoorwaarden bij ontwerppeil 2010-2060 (betonzuilen)	7
Tabel 3.5	Ecologische randvoorwaarden getijdenzone (wieren)	8
Tabel 3.6	Ecologische randvoorwaarden zone boven GHW (zoutplanten)	8
Tabel 5.1	Vrijkomende hoeveelheden betonblokken en basaltzuilen (exclusief verliezen)	12
Tabel 5.2	Voorkeuren uit het Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de voorselectie, de getijdenzone	14
Tabel 5.3	Voorkeuren uit het Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de voorselectie, boven GHW	14
Tabel 5.4	Nieuwe taludhelling, teenniveau en teenverschuiving	15
Tabel 5.5	Bekledingsalternatieven	18
Tabel 5.6	Variant 1	18
Tabel 5.7	Variant 2	18
Tabel 5.8	Samenvatting keuzemodel	19
Tabel 5.9	Effect op golfoploop	20
Tabel 6.1	Nieuwe kreukelberm	21
Tabel 6.2	Eisen geotextiel weefsel	21
Tabel 6.3	Mogelijke typen betonzuilen	22
Tabel 6.4	Gekozen typen betonzuilen	23
Tabel 6.5	Benodigde Basaltzuilen	23
Tabel 6.6	Eisen vlies	24
Tabel 6.7	Minimale diktes kleilaag (of mijnsteenlaag)	25
Tabel 6.8	Hoogte onderkant overlaging	26
Tabel 6.9	Nieuwe berm	27

Samenvatting

Deze ontwerpnota, opgesteld in het kader van Project Zeeweringen van Rijkswaterstaat, betreft het ontwerp van de nieuwe dijkbekledingen voor het dijkvak langs de Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolder. Dit dijkvak ligt aan de noordkant van de het voormalig eiland Tholen ten westen van het dorp Sint Annaland. Het gedeelte dat is geselecteerd voor verbetering ligt tussen dp803 en dp836, heeft een lengte van ongeveer 3,3 km en valt onder het beheer van het waterschap Scheldestromen. Direct voor het dijkvak is echter een uitgebreid slikkengebied aanwezig.

Bestaande situatie:

De steenbekleding op de dijk bestaat in vrijwel de gehele ondertafel uit basaltzuilen. Plaatselijk zijn kleine vlakken of een smalle strook bij de teen voorzien van vilvoordse steen en Petit Granit. De boventafel bestaat deels uit basaltzuilen en deels uit Petit graniet. In het middel van het traject ligt een klein vlak Haringmanbetonblokken.

De bovengrens van de steenbekleding varieert van NAP +2,5m tot NAP +3,7m. De delen van het onderbeloop die daarboven liggen, het grootste deel van de berm en het bovenbeloop zijn met klei en gras bekleed. Lokaal zijn op de berm stroken van vlakke betonblokken aangebracht.

Hydraulische randvoorwaarden:

De ontwerpwaterstand (Ontwerppeil 2010-2060) van de dijk varieert van een niveau van NAP +3,6m tot NAP +3,7m. De bijbehorende ontwerpwaarden voor de golfhoogte H_s en de golfperiode T_p variëren van 1,58m tot 2,11m en van 4,87s tot 5,68s.

Toetsresultaat:

Conclusie van de toetsing van de bekleding is dat op het traject tussen dp820+70m tot dp836 de basaltbekleding is goedgekeurd en behouden kan blijven. Alle overige bekledingen zijn afgekeurd. De kreukelberm scoort voldoende tussen dp810+50m en dp816+25m dp826+40m en dp829+40m en tussen dp830 en dp833. Op de overige trajecten is de kreukelberm afgekeurd.

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 per deelgebied weergegeven in Tabel 0.1.

Tabel 0.1 *Bekledingsalternatieven*

Alternatief	Beschrijving
1	Ondertafel: nieuw te leveren betonzuilen Boventafel: nieuw te leveren betonzuilen
2	Ondertafel: overlagen met gepenetreerde breuksteen +lavasteen Boventafel: nieuw te leveren betonzuilen
3	Ondertafel: overlagen met gepenetreerde breuksteen +lavasteen Boventafel: Basaltzuilen

In Tabel 0.2 wordt een overzicht gegeven van de nieuwe bekledingstypen per deelgebied. Tabel 0.3 geeft vervolgens de steensorteringen voor de nieuwe kreukelberm per deelgebied.

Tabel 0.2 Voorkeursbekleding per deelgebied

Deel gebied	Locatie		Alternatief	Bekleding ondertafel [hoogte/dichtheid]	Bekleding boventafel [hoogte/dichtheid]
	Van [dp]	Tot [dp]			
I	803	820+70m	2	Overlaging gep. breuksteen	Betonzuilen 35/2300 en 35/2500
II	820+70m	836	3	Overlaging gep. Breuksteen ¹⁾ Bestaande basalt	Basaltzuilen 0,28/2900 - 0,31/2900

¹⁾ overlaging alleen ter plaatse van afgekeurde bekleding

Tabel 0.3 Nieuwe kreukelberm

RVW vak	Dwars profiel	Locatie van [dp]	Locatie tot [dp]	Hoogte t.o.v. NAP [m]	Sortering [kg]	Laagdikte [m]
121	1	803	806+50m	0,35	10-60	0,5
120	2	806+50m	816+50m	0,35	10-60	0,5
119	3	816+50m	820+70m	0,35	10-60	0,5
119	4	820+70m	825	1,00	10-60	0,5
118	5	825	833	0,35	10-60	0,5
117	6	833	836	0,35	10-60	0,5

Op de stormvloedberm wordt een nieuwe onderhoudstrook aangelegd. De onderhoudstrook wordt opengesteld voor fietsers. De toplaag wordt uitgevoerd in dichtasfaltbeton.

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 van de 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 deze problemen op te lossen. In samenwerking met het Waterschap Scheldestromen en de Provincie Zeeland worden binnen dit project de taludbekledingen van de primaire waterkeringen in Zeeland verbeterd, zodanig dat ze voldoen aan de wettelijke eisen.

Voor de uitvoering in 2014 zijn meerdere dijkvakken langs de Oosterschelde uitgekozen, waaronder het traject van de Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolder. Het dijkvak ligt tussen dp803 en dp836 en heeft een totale lengte van ongeveer 3,3 km. In de voorliggende nota worden van dit traject de ontwerpen van de nieuwe bekledingen uitgewerkt. In de ontwerpen wordt alleen de bekleding van het onderbeloop beschouwd en van het bovenbeloop, voor zover dit onder het ontwerppeil (+ ½ H_z) ligt. Het overige deel van het bovenbeloop, de kruin en het binnentalud worden in het algemeen niet meegenomen. In het algemeen, wanneer de buitenberm beneden het ontwerppeil ligt, wordt deze opgehoogd tot aan het ontwerppeil.

De aangrenzende dijkvakken zijn ten westen de Oud Kempenshofstedepolder welke in 2008 is versterkt en ten oosten het dijkvak Suzannapolder welke in 2015 zal worden versterkt.

1.2 Doel ontwerpnota

De ontwerpen worden vastgelegd in ontwerpnota's, met de beschrijving van:

- 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 ontwerpberoeeningen;
- Het ontwerp (dwarsprofielen).

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 Het ontwerpproces

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

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. Omdat de waterstand op de Oosterschelde bij een gesloten stormvloedkering minder varieert dan op de Westerschelde resulteert dat in een langere belastingduur en daardoor zwaardere betonzuilen [2].

In het ontwerp wordt vervolgens één veiligheidsfactor op de bekledingsdikte toegepast. Deze factor is 1,2. De ontwerpen worden berekend met het nieuwe 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 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 dijkvak van de Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolder ligt aan de noordkant van het voormalig eiland Tholen, ten westen van het dorp Sint Annaland. Het beheer is in handen van het waterschap Scheldestromen. De gehele dijk is in particulier bezit. 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 dp803 en dp836 en heeft een lengte van ongeveer 3,3 km. Het traject ligt in de randvoorwaardenvakken 117 t/m 121. In deze nota wordt het dijkvak behandeld in oplopende volgorde van de dijkpaalnummering, van noord-oost naar zuid-west.

Het onderhavige dijkvak wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van de "Grote Nol" bij dp817, een restant van een dijk welke in 1532 voor het grootste deel in zee is verdwenen. De nol is geen onderdeel van de primaire waterkering en zal niet worden versterkt.

Ten westen van het dijkvak ter hoogte van dp836 – dp840 liggen de campings Irenehoeve en 't Oude Dorp. Beide campings liggen buiten het projectgebied.

Het gehele dijkvak heeft een hoog voorland. Daarvoor bevindt zich de geul Mastgat. Verwacht wordt dat de slikken de komende 50 jaar zullen afnemen.

Ter hoogte van dp803, dp820 en dp836 bevinden zich dijkovergangen.

In het gehele dijkvak is de buitenberm onverhard maar wel toegankelijk voor recreanten. Ter hoogte van dp820 bevindt zich een parkeerterrein achter de dijk waarvan recreanten veel gebruik maken.

Aan de westzijde van dp826 grenst het projectgebied aan een gebied van archeologische betekenis. Hier liggen mogelijk resten van het verdronken dorp Moggershil.

2.2 Bestaande bekledingen

Bij het ontwerpen van een dijkbekleding is informatie nodig over de bestaande toplaag, de filterconstructie en het basismateriaal (kern). Het profiel 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 op het niveau van het gemiddelde hoogwater (GHW).

De huidige bekleding van het dijkvak Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolder is gevarieerd. De bestaande bekledingen van het dijktraject zijn schematisch weergegeven in Figuur 3 in Bijlage 1. De karakteristieke dwarsprofielen zijn weergegeven in Figuur 7 t/m Figuur 12 in Bijlage 1.

Tussen dp803 en dp818+80m is het talud te verdelen in drie zones. De boventafel van het talud is voorzien van een bekleding van petit granit. Deze bekleding is aangebracht op twee vlijlagen, waaronder een kleipakket aanwezig is.

Op het talud onder de petit granit is een strook basalt aanwezig. De bovengrens wordt gevormd door een met beton gepenetreerde palenrij. De hoogte hiervan is ca. NAP +2,5m.

Direct boven de teenconstructie is een smalle strook natuursteen aanwezig, welke deels bestaat uit Vilvoordse steen en deels uit Petit granit. De bovengrens varieert van NAP +0,5m tot NAP +1,3m. In het deel 816+50m tot 818+80m ontbreekt deze strook en sluit de basalt aan op de kreukelberm.

De teenhoogte van de bekleding in dit traject varieert van NAP +0,0m tot NAP +0,8m. Op de berm is een smalle strook vlakke betonblokken aanwezig. De bermhoogte en de bovengrens van de bestaande bekleding ligt rond NAP +3,7m.

Van dp818+80m tot dp820+70m is over de gehele hoogte een vak Haringmanblokken aanwezig. De dikte van deze blokken bedraagt 0,20m. De blokken liggen op een filterlaag van grind met daaronder een ondergrond van mijnsteen. De teenhoogte is hier NAP+0,9m, de bermhoogte is hier ca NAP +3,7m en verloopt naar NAP +2,7m in verband met de aanwezigheid van een dijkovergang.

Van dp820+70m tot dp836 is vrijwel het gehele talud voorzien van basaltzuilen. De enige uitzonderingen hierop zijn een aantal kleine vakken Vilvoordse steen op de ondertafel direct boven de teenconstructie. De teen varieert van NAP 0,0m tot NAP +1,0m, de berm ligt op NAP +3,10m. Op de berm is een smalle strook Vilvoordse steen aanwezig.

De gemiddelde helling van het dijktalud varieert van 1:2,6 tot 1:3,5. De kern van de dijk bestaat uit zand.

3 Randvoorwaarden

3.1 Veiligheidsniveau

De dijken in de primaire waterkeringen in Zeeland dienen overstromingen te voorkomen tot aan de ontwerpstorm met een gemiddelde overschrijdingskans van 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 planperiode van de verbeterde dijkbekledingen bedraagt 50 jaar.

3.2 Hydraulische randvoorwaarden

Bij het ontwerpen van de nieuwe bekledingen kan de juiste correlatie tussen de golven en de waterstanden nog niet meegenomen worden. Voor de stabiliteit van de bekledingen is de nauwkeurigheid van de golven meer bepalend dan die van de waterstanden. Daarom zijn de golfrandvoorwaarden berekend voor een maatgevend windveld met een overschrijdingskans van 1/4000 per jaar, bij waterstanden van NAP + 0 m, NAP + 2 m, NAP + 3 m en NAP + 4 m. De significante golfhoogte H_s en de piekperiode T_p of T_{pm} zijn berekend voor alle windrichtingen. Vervolgens is voor elke hiervoor genoemde waterstand de maatgevende combinatie van significante golfhoogte en piekperiode bepaald. Voor de golfrandvoorwaarden bij tussenliggende waterstanden wordt lineair geïnterpoleerd. Bij lagere 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.

Rekening is gehouden met de verwachte ongunstigste bodemligging 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 erosie.

Tijdens de maatgevende stormen variëren de waterstanden op de Oosterschelde minder dan op de Westerschelde. Wanneer wordt verwacht dat het hoogwater op de Noordzee hoger zal zijn dan NAP + 3 m, dan wordt de Oosterscheldekering gesloten. Hierbij wordt gestreefd naar een waterpeil van NAP + 1 m op de Oosterschelde. Dit waterpeil wordt circa 12 uur gehandhaafd, aangezien de kering pas bij het eerstvolgende laagwater weer kan worden geopend. Indien wordt voorspeld dat ook het volgende hoogwater hoger zal zijn dan NAP + 3 m, is het streven het waterpeil op de Oosterschelde voor de tweede sluiting van de kering op NAP + 2 m te brengen. Dit alles om de waterstands- en golfbelastingen op de dijken over het talud te spreiden. In de ontwerpberoeeningen wordt voor het geval van een noodsluiting van de Oosterscheldekering rekening gehouden met een waterstand gelijk aan het ontwerppeil, met een duur van 5 uur. In 2004 is een onderzoek gestart naar de effecten van de langer durende belastingen op de sterkte van de gezette bekledingen. Hieruit is gebleken dat evenals bij breuksteenbekledingen een zwaardere bekleding nodig is naarmate het aantal golven wat gedurende de storm de bekleding belast groter is [2].

De toetspeilen en ontwerppeilen van de Oosterschelde zijn gebaseerd op een noodsluiting van de Oosterscheldekering. Aangezien de Oosterscheldekering een vast sluitregime heeft, hoeft geen rekening gehouden te worden met een waterstandverhoging als gevolg van de zeespiegelrijzing. Daarom zijn op iedere locatie

achter de Oosterscheldekering het toetspeil en het ontwerppeil gelijk aan elkaar en constant in de tijd (Ontwerppeil 2010-2060).

3.2.1 Randvoorwaardenvakken

De basis van de ontwerpcondities is gelegd in het rapport "Update detailadvies Moggershilpolder, Anna Vosdijkpolder" [12]. De golfrandvoorwaarden zoals gegeven in het detailadvies zijn de rekenwaarden. Voor doorgevoerde correcties wordt verwezen naar het detailadvies. Met name de indeling in zogenaamde randvoorwaardenvakken is hierin van belang. De gemaakte indeling is weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Eigenschappen randvoorwaardenvakken

RVW-vak	Locatie	
	Van [dp]	Tot [dp]
121	803	806+50m
120	806+50m	816+50m
119	816+50m	825
118	825	833
117	833	836

RVW-vak = randvoorwaardenvak

Naast de ligging van de randvoorwaardenvakken wordt ook kort ingegaan op enkele obstakels per RVW-vak.

- Bij het bepalen van de golfcondities met het golfgroeimodel SWAN is rekening gehouden met een afnemende bodemhoogte van de slikken.
- De strekdam ter hoogte van dp817 maakt geen onderdeel uit van de primaire waterkering en wordt daarom bij maatgevende storm als 'verloren' beschouwd. Er wordt dan ook geen reductie op de ontwerpwaarden voor de achterliggende primaire waterkering toegepast [12].

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]
121	1,60	-1,40	3,70
120	1,60	-1,40	3,60
119	1,60	-1,40	3,60
118	1,60	-1,40	3,60
117	1,60	-1,40	3,60

3.2.3 Golven

Svasek Hydraulics / Royal Haskoning heeft in opdracht van Deltares vier verschillende sets golfrandvoorwaarden berekend, die zijn opgenomen in vier randvoorwaardentabellen [12]. Op locaties waar dit van toepassing is, is voor het bepalen van de golfrandvoorwaarden rekening gehouden met afname van aanwezig schor. In de onderstaande tabel zijn voor ieder randvoorwaardenvak de maatgevende

randvoorwaarden opgenomen, voor het constructietype betonzuilen bij vier waterstanden.

Tabel 3.3 *Hydraulische randvoorwaarden (voor betonzuilen)*

RVW- vak	Dijkpaal		H _s [m]				T _{pm} [s]			
	van	tot	bij waterstand t.o.v. NAP				Bij waterstand t.o.v. NAP			
			+0	+2	+3	+4	+0	+2	+3	+4
121	803	806+50m	0,77	1,21	1,43	1,64	2,67	3,85	4,39	5,08
120	806+50m	816+50m	0,26	1,13	1,39	1,79	2,55	4,19	4,91	5,23
119	816+50m	825	0,25	1,24	1,55	1,87	2,80	5,25	5,48	5,29
118	825	833	0,27	1,21	1,56	1,94	2,91	5,25	5,51	5,31
117	833	836	1,22	1,89	2,03	2,16	5,05	5,46	5,64	5,71

Wanneer een bekleding anders dan betonzuilen, bijvoorbeeld gekantelde betonblokken, ontworpen dient te worden, wordt met de bijbehorende set van golfrandvoorwaarden gerekend. Voor elk type bekleding kan zo een tabel met maatgevende golfrandvoorwaarden voor die bekleding worden opgesteld. 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 3.4 de golfrandvoorwaarden behorend bij het Ontwerppeil 2010-2060 gegeven.

Tabel 3.4 *Golfrandvoorwaarden bij ontwerppeil 2010-2060 (betonzuilen)*

RVW-vak	Ontwerppeil [NAP + m]	H _s [m]	T _{pm} [s]
121	3,70	1,58	5,56
120	3,60	1,63	5,10
119	3,60	1,74	5,48
118	3,60	1,79	5,51
117	3,60	2,11	5,68

3.3 Ecologische randvoorwaarden

Voor Project Zeeweringen geldt in beginsel 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 [10].

In juni en juli van 2009 heeft de Meetadviesdienst Zeeland een gedetailleerde onderzoek laten uitvoeren naar de vegetatie op het onderhavige dijkvak. De resultaten van dit onderzoek zijn verwoord in het Detailadvies, dat is opgenomen in Bijlage 2.2. De toe te passen categorieën, die hieruit volgen, zijn samengevat in Tabel 3.5 en Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Ecologische randvoorwaarden getijdenzone (wieren)

Dijkpaal		Getijdenzone	
van	tot	Herstel	Verbetering
803	816+50m	Voldoende	Voldoende
816+50m	821+80m	Geen Voorkeur	Geen Voorkeur
821+80m	836	Redelijk goed	Redelijk goed

Tabel 3.6 Ecologische randvoorwaarden zone boven GHW (zoutplanten)

Dijkpaal		Boven GHW	
van	tot	Herstel	Verbetering
803	836	Redelijk goed	Redelijk goed

3.3.1 Flora en Faunawet

Tussen circa dp817 en circa dp822 is op de slikken die grenzen aan de dijk klein zeegras aangetroffen, in Nederland een bedreigde plantensoort. Dit betreft vooral groepen van enkele planten, dat wil zeggen geen aaneengesloten zeegrasvelden.

3.3.2 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 deze soortengroepen aangetroffen op de glooiing en in het voorland. Geen van de aangetroffen soorten wordt genoemd in het NB-wetbesluit voor de Oosterschelde.

3.3.3 Natura 2000 (EU-Habitatrichtlijn)

Het voorland van het dijkvak Moggershilpolder, Anna Vosdijkpolder bestaat grotendeels uit onbegroeid slik, met verspreid schelpenbanken (habitatype 1160,). Tussen dijkpaal 817 en 822 komen enkele slijkgraspollen en klein zeegras voor. In 2007 kwam het zeegras nog binnen de toekomstige werkstrook voor. Er zal nog nader moeten worden gekeken hoe met het zeegras om te gaan (verplaatsen). De aanwezige slijkgraspollen dienen zoveel mogelijk gespaard te worden.

Bij de dijkwerkzaamheden zal een gedeelte van het voorland worden vergraven. Op het voorland dat bestaat uit water en slik (habitatype 1160) zullen beperkte effecten optreden welke zich snel zullen herstellen. Als het slik na de werkzaamheden weer op de oude hoogte wordt afgewerkt en er voor gezorgd wordt dat er buiten de kreukelberm geen stenen achter blijven, zal het slik zich weer herstellen. Hierbij kan er het beste gebruik worden gemaakt van de mitigerende maatregelen genoemd in het rapport Effecten werkstroken dijkverbetering op kwalificerende habitats [11]

3.4 Landschapsvisie

In het ontwerp moet rekening worden gehouden met de wensen uit de landschapsvisie voor de Oosterschelde [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 landschapsadvies van afdeling Planvorming en Advies van Rijkswaterstaat Zeeland, dat is opgenomen in Bijlage 2.3. De belangrijkste punten uit dit advies zijn:

Een verbetering van de glooiing door het toepassen van betonzuilen is acceptabel en overeenkomstig de landschapsvisie Oosterschelde. Esthetisch bezien, bestaat een lichte voorkeur voor het toepassen van basalt in de ondertafel en boventafel. Ook het asfaltpad is acceptabel, omdat het voorland hier niet uit schorren bestaat. Bij de nol wordt achterlangs gewerkt met een verborgen glooiing. Nader uitgezocht moet worden of het de moeite waard is op de nol een oude of nieuwe palenrij terug te zetten.

De gekozen bekleding voor het onderhavige dijkvak moet, vanuit een landschappelijk oogpunt, aansluiten op de aangrenzende dijkvakken.

3.5 Archeologie en cultuurhistorie

Op basis van de Archeologische Monumentenkaart Zeeland en Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden ligt er een hoge trefkans voor de aanwezigheid van resten van het verdronken dorp Moggershil.

Op basis van het rapport Cultuurhistorie aan de Oosterscheldedijken (PZDB-R-08064) valt het dijktraject binnen geen enkel cultuurhistorisch cluster. Er bevinden zich in dit traject wel een aantal 'losse' elementen:

- Bij eb droogvallend gebied, vlak naast verdronken dorp Moggershil ter hoogte van dp825. Dijkbekleding: basalt, gras op kruin. (waardering hoog)
- Strekdam nabij dp826, een smalle strekdam van stenen. Bekleding: basalt met oestergroei. Bekleding dijk ter hoogte van de strekdam: basalt aan teen. Palenrij en weg van gras aanwezig. (waardering hoog)
- Grote Nol, bij dp 816+50m onderaan bekleed met stenen, de bovenkant is begroeid met gras. Bekleding zeer divers: basalt en basalt overgoten met beton aan teen. Daarboven vlakke betonblokken en natuursteen overgroeid met gras op kruin. Aan de kop: steen aan de voet met basalt en natuursteen overgoten met beton. Houten palenrij aanwezig. (waardering hoog)
- Strekdam dp809, lange dam van basaltblokken. Basaltkern met grote brokken. Dijk ter hoogte van de dam: basalt aan teen; oude, geknotte palenrij volgestort met beton; daarboven petit graniet. Palenrij en weg van gras aanwezig. (waardering hoog)

3.6 Recreatie

Bij het verbeteren van de steenbekleding, geldt als uitgangspunt het herstel van aanwezige objecten of voorzieningen ten aanzien van recreatief medegebruik van het dijktraject. Binnen dit dijktraject zijn geen voorzieningen aanwezig voor recreanten.

Bij dijkpaal 836 ligt binnendijs een camping. Dit is aan de westzijde van het dijkvak.

In de bestaande situatie is de buitenberm onverhard en daardoor ongeschikt voor fietsers. Volgens de huidige afspraken met betrekking tot openstelling wordt dit dijkvak geheel opengesteld voor fietsers.

3.7 Steenbekleding aangrenzende dijkvakken

Het gedeelte aan de westzijde is de Oud Kempenshofstedepolder welke in 2008 is versterkt. Hier bestaat de verbeterde glooiing uit een talud welke geheel is voorzien van betonzuilen.

Het deel ten oosten is het dijkvak Suzannapolder welke in 2015 zal worden versterkt. Hiervan is nog geen ontwerp beschikbaar.

3.8 Kruinhoogte, bovenbeloop

De beheerder waterschap Scheldestromen heeft een toets uitgevoerd op de kruinhoogte van het onderhavige dijkvak. Hieruit is geconcludeerd dat de kruinhoogte voldoende is. De kleilaagdikte op het bovenbeloop is plaatselijk te dun.

3.9 Overige randvoorwaarden en uitgangspunten

Het grootste deel van de dijk in dit traject is in particulier eigendom. Verwacht wordt dat dit geen invloed heeft op de uitvoering van het werk.

Aandachtspunt is dat direct ten westen van de Grote Nol een visvak aanwezig is.

4 Toetsing

4.1 Algemeen

In 1996 heeft Grondmechanica Delft (GeoDelft) gerapporteerd over de toestand van de dijkbekledingen in Zeeland [5]. Daarna is een globale toetsing uitgevoerd aan de hand van de 'Leidraad toetsen op veiligheid, 1999' [6]. Aangezien uit de toetsresultaten is gebleken dat een groot aantal van de bekledingen niet voldoende sterk is, is Project Zeeweringen gestart. Binnen dit project worden de bekledingen opnieuw getoetst volgens het Voorschrift Toetsen Op Veiligheid (VTV) [7], met verbeterde gegevens en golfrandvoorwaarden.

4.2 Toetsing toplaag

Het waterschap Scheldestromen heeft de gezette bekledingen langs het gehele dijkvak geïntroduceerd, en globale en gedetailleerde toetsingen uitgevoerd [14]. Bij deze toetsingen is een deel van de bekledingen als 'onvoldoende' beoordeeld.

Het Projectbureau heeft de toetsingen gecontroleerd en vrijgegeven voor het ontwerp [13]. Het eindoordeel van de toetsingen, weergegeven in Figuur 4 in Bijlage 1.

- Alle bekledingen op het traject tussen dp803 tot dp818+80m zijn afgekeurd
- Op het traject tussen dp818+80m en dp820+70m is de bekleding van Haringmanblokken op het talud geheel afgekeurd.
- Op het traject tussen dp820+70m tot dp836 is de basaltbekleding goedgetoetst en kan behouden blijven. Alle overige bekledingen zijn in dit traject afgekeurd.
- De kreukelberm scoort voldoende tussen dp810+50m en dp816+25m dp826+40m en dp829+40m en tussen dp830 en dp833. Op de overige trajecten is de kreukelberm afgekeurd. Mogelijk kan hier wel dezelfde sortering worden hergebruikt in de nieuwe kreukelberm

4.3 Conclusies

De gehele gezette steenbekleding moet worden verbeterd, uitgezonderd de basaltbekleding van dp820+70m tot dp836.

5 Keuze bekleding

5.1 Inleiding

Uit de toetsing is gebleken dat een groot deel van de bestaande bekleding moet worden verbeterd. 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

In Tabel 5.1 zijn de hoeveelheden materiaal, zoals bijvoorbeeld betonblokken en basaltzuilen, weergegeven die vrijkomen bij het vernieuwen van de bekleding en die eventueel kunnen worden hergebruikt. 'Zeewaarts spreiden' van de vrijkomende bekledingen is op de Oosterschelde niet toegestaan. Niet herbruikbare hoeveelheden dienen te worden afgevoerd.

Tabel 5.1 Vrijkomende hoeveelheden betonblokken en basaltzuilen (exclusief verliezen)

Toplaag	Afmetingen	Oppervlakte [m ²]	Oppervlakte gekanteld [m ²]
Haringmanblokken	0,50m x 0,50m x 0,20 m	2.400	960
Basaltzuilen	0,20m - 0,30 m	10.200	n.v.t.

Materialen uit bestaande depots of uit andere dijkverbeteringen

De dijkverbetering van de Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolder wordt in 2014 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 [2]:

- 1) zetsteen op uitvullaag:
 - a) (gekantelde) betonblokken,
 - b) (gekantelde) granietblokken,
 - c) (gekantelde) koperslakblokken,
 - d) basaltzuilen,
 - e) Betonzuilen;
- 2) Breuksteen op filter of geotextiel:

-
- a) losse breuksteen,
 - b) patroon- of vol-en-zat gepenetreerde breuksteen of vrijkomend materiaal (eventueel gebroken) met asfalt of dicht colloïdaal beton; de vol-en-zat-variant kan ook in de categorie 'plaatconstructie' vallen;
- 3) Plaatconstructie:
 - a) waterbouwasfaltbeton boven GHW;
 - b) open steen asfalt (osa)
 - 4) Overlaagconstructies:
 - a) losse breuksteen,
 - b) vol-en-zat gepenetreerde breuksteen of vrijkomend materiaal (eventueel gebroken) met asfalt of dicht colloïdaal beton; de vol-en-zat-variant kan ook in de categorie 'plaatconstructie' vallen;
 - 5) Kleidijk.

Ad 1.

Koperslabblokken komen bij dit dijkvak niet vrij en worden buiten beschouwing gelaten. De afgekeurde granietblokken zijn bij de toetsing te licht bevonden en kunnen daarom in het dijkvak niet worden hergebruikt.

Voor hergebruik van vrijkomende basaltzuilen moet onderscheid worden gemaakt tussen zuilen met een hoogte groter dan 30 cm en kleiner. Basaltzuilen kleiner dan 30cm kunnen worden opgemengd met breuksteen 10-60kg en als overlaging breuksteen 10-60kg worden toegepast. Om een goede gradering te waarborgen mag maximaal 50% basalt worden bijgemengd, e.e.a. wordt in het contract verder uitgewerkt. Indien de overlaging wordt ingegoten is het belangrijk dat het materiaal schoon is. De grotere basaltzuilen, die bij dit dijkvak vrijkomen, kunnen worden hergebruikt in het onderhavige dijkvak om het vlak goedgetoetste basalt uit te breiden en aan te sluiten op de nieuwe onderhoudsstrook.

Haringmanblokken en vlakke blokken zijn in dusdanig kleine hoeveelheden beschikbaar, dat deze niet worden hergebruikt in het werk. De vlakke betonblokken hebben plaatselijk een slechte kwaliteit, voor het contract dient dit te worden geïnventariseerd.

Ad 2./4.

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

Bij een gepenetreerde bekleding in de getijdenzone wordt asfalt als penetratiemateriaal gebruikt, omdat een penetratie met colloïdaal beton moeilijker is uit te voeren en meer onderhoud vraagt.

Ad 3.

Het toepassen van open steenasfalt in de getijdenzone, blootgesteld aan dagelijkse golfaanval, wordt op verzoek van de beheerder niet in de afweging meegenomen. Hoger op het talud, boven de goedgekeurde basalt kan open steenasfalt worden toegepast, maar voldoet deze niet aan het detailadvies milieu. Open steenasfalt wordt daarom in de afweging niet verder meegenomen.

Volgens het detailadvies milieu is een bekleding van waterbouwasfaltbeton niet gewenst. Deze bekleding wordt daarom niet in de mogelijk toepasbare bekledingen meegenomen.

Ad 4.

Een overlaging wordt veelal toegepast wanneer een lager liggend deel van de ondertafel onvoldoende sterk is en een hoger liggend, aanmerkelijk groot deel kan worden gehandhaafd, of wanneer het deel, dat onvoldoende is, relatief diep ligt en moeilijk bereikbaar is of in het geval van steile taluds waarbij weinig ruimte beschikbaar is waardoor andere materialen niet toepasbaar zijn. Voor het dijkvak van deze nota zijn de taluds aan de steile kant. Met een overlaging wordt tevens het grondverzet aanzienlijk beperkt omdat uit de boringen blijkt dat er op de ondertafel plaatselijk een kleidiktetekort is.

In het traject dp820+70m tot dp836 is de basaltbekleding goedgekeurd. De kleine vakken vilvoordse steen direct boven de teenconstructie zijn met behoud van bovenliggende bekleding alleen te verbeteren door deze te overlagen.

Ad 5.

Aangezien de dijk geen voldoende hoog en stabiel voorland heeft en onderhevig is aan vrij forse golfaanval in combinatie met de lange duurbelasting, komt deze niet voor de toepassing van een kleidijk in aanmerking.

Tabel 5.2 geeft de voorkeuren voor de bekledingstypen, die volgen uit het Detailadvies, dat is opgenomen in Bijlage 2.2. In deze tabel is ook rekening gehouden met de beschikbaarheid en de voorselectie. Indien noodzakelijk mag van de voorkeuren worden afgeweken. Dit laatste dient wel duidelijk te worden onderbouwd.

Tabel 5.2 Voorkeuren uit het Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de voorselectie, de getijdenzone

Dijkpaal	Getijdenzone	
	Herstel	Verbetering
803 – 816+50m	Betonzuilen	Betonzuilen
	Gepenetreerde breuksteen + lavasteen	Gepenetreerde breuksteen + lavasteen
816+50m – 821+80m	Betonzuilen	Betonzuilen
	Gepenetreerde breuksteen	Gepenetreerde breuksteen
821+80m - 836	Gepenetreerde breuksteen + lavasteen	Gepenetreerde breuksteen + lavasteen

Tabel 5.3 Voorkeuren uit het Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de voorselectie, boven GHW

Dijkpaal	Boven GHW	
	Herstel	Verbetering
803 – 820+70m	Betonzuilen	Betonzuilen
820+70m - 836	Betonzuilen	Betonzuilen
	Basaltzuilen	Basaltzuilen

Uit Tabel 5.2 wordt geconcludeerd dat de nieuwe bekledingen in de ondertafel moeten worden uitgevoerd in betonzuilen en/of ingegoten breuksteen afgestrooid met lavasteen.

Uit Tabel 5.3 wordt geconcludeerd dat de nieuwe bekledingen in de boventafel moeten worden uitgevoerd in betonzuilen. In het traject boven de goedgekeurde basalt kan verder basalt worden aangebracht.

In de volgende paragraaf wordt bepaald of de bovengenoemde bekledingen technisch toepasbaar zijn.

5.4 Technische toepasbaarheid

De technische toepasbaarheid van een bekleding met zetsteen moet worden aangetoond met het rekenprogramma steentoets versie 1.10, met inachtneming van het Technisch Rapport Steenzettingen [8], en uitgaande van de representatieve waarden voor de constructie en de randvoorwaarden. De rekenmethodiek wordt beschreven in de Handleiding Toetsing en Ontwerp [2].

De berekeningen betreffen alleen het bezwijkmechanisme 'Instabiliteit van de topklaag'. Met het bezwijkmechanisme 'Afschuiving' wordt 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 gegeven in hoofdstuk 6. Met het bezwijkmechanisme 'Materiaaltransport' wordt rekening gehouden bij het ontwerp van het geotextiel (hoofdstuk 6).

Bij het ontwerp van de bekleding is rekening gehouden met de belastingduur. Door het sluiten van de Oosterscheldekering zijn de waterstanden in de Oosterschelde lager dan in de Westerschelde, maar is de belastingduur op bepaalde zones van het talud groter omdat de waterstanden tijdens de storm min of meer constant zijn [2].

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. In het algemeen moet een nieuwe bekleding worden aangelegd tussen de bestaande teen en de bestaande berm, en zoveel mogelijk worden aangepast aan de bestaande taludhelling, ter beperking van het benodigde grondverzet. Daarnaast kan worden geëist dat een bepaalde dikte van de kleilaag wordt gehandhaafd, met name als het een kleilaag op zand betreft. Ook dit kan de keuze van de taludhelling beïnvloeden. Wanneer de bestaande kleilaag moet worden afgegraven en opnieuw opgebouwd, om te voldoen aan een minimale laagdikte, kan de taludhelling worden gewijzigd.

De taludhellingen en de teenniveaus van de dijk langs de Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolder zijn gegeven in Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Nieuwe taludhelling, teenniveau en teenverschuiving

Dijkpaal	Talud helling oud [1:]	Talud helling nieuw [1:]	Niveau teen oud [NAP + m]	Niveau teen nieuw [NAP + m]	Verschuiving teen [m]	Habitat verlies [ha]
806	3,1	3,1	-0,05	0,35	0	0
814	2,6	2,6	0,72	0,35	2,0	0,2
818	4,0/3,5	3,8	0,84	0,35	3,2	-
822	3,2	3,2	0,87	bestaand	-	-
828	3,1	3,1	0,41	bestaand	-	-
835	3,2	3,2	0,30	bestaand	-	--

De nieuwe taludhelling in Tabel 5.4 is de gemiddelde taludhelling. Door het aanbrengen van tonrondte is de taludhelling op de ondertafel wat steiler en op de boventafel wat flauwer. Hiermee is rekening gehouden in het ontwerp door conform het Technisch Rapport Steenzettingen steeds te rekenen met de gemiddelde helling over een diepte van $1,5 \cdot H_s$ onder de beschouwde waterstand.

Aangezien de slikken en de schorren de komende 50 jaar zullen afnemen, liggen de nieuwe teenniveaus beneden het voorland.

De maximale verschuiving van de teen, in de richting van het voorland, bedraagt 3,2m en bevindt zich tussen dp816+50m tot dp820+70m. Omdat de teenconstructie ver onder het voorland reikt en het voorland na aanbrengen van de kreukelberm weer zal worden teruggebracht zal de teenverschuiving geen vermindering van ecologisch waardevol gebied tot gevolg hebben. Het totale habitatverlies van de teenverschuiving is 0,2ha. De gemiddelde teenverschuiving is opgenomen in Tabel 5.4.

Tussen dp803 en dp820 ligt de buitenknik van de berm op circa NAP + 3,4m à NAP +3,8m, dat wil zeggen tot 0,20m onder het ontwerppeil. Ten westen van dp820 zakt het niveau van de berm tot lokaal circa NAP + 2,7m, dat wil zeggen tot 1,0m beneden het ontwerppeil. Vanaf dp822 tot aan dp836 ligt de bestaande berm op ca. NAP +3,1m. Voor zover de berm boven het ontwerppeil ligt, wordt deze gehandhaafd. Voor zover de berm beneden het ontwerppeil ligt, wordt deze opgehoogd tot aan het ontwerppeil.

Aangezien de berm niet meer dan 0,5 m boven het ontwerppeil + ½Hs ligt, wordt de steenbekleding van de boventafel overal doorgezet tot op de berm en tot aan de onderhoudsstrook op de berm.

5.4.2 Betonzuilen

De stabiliteit van betonzuilen is berekend bij de zwaarste randvoorwaarden uit de drie sets met golfrandvoorwaarden en de representatieve taludhelling van het betreffende deelgebied. De berekening is opgenomen in Bijlage 3.2. Indien betonzuilen worden toegepast wordt het optimale zuiltype bepaald in Hoofdstuk 6. Betonzuilen kunnen indien gewenst worden toegepast als overlaging, waarbij de zuilen op de filterlaag, om een zelfde stabiliteit te garanderen, worden geplaatst op een hydraulisch dichte uitvullaag op de bestaande bekleding.

5.4.3 Basalt

In een groot deel van het dijkvak ligt de basalt zodanig hoog dat tot Ontwerppeil slechts een smalle strook nieuwe bekleding nodig is. Uit praktische overwegingen is de voorkeur dan om deze nieuwe strook eveneens uit te voeren in basalt. Nagegaan is waar dit van toepassing is, welke zuildikte en hoeveel m² basalt hiervoor nodig is en of deze basalt binnen het dijkvak vrijkomt of van elders aangevoerd moet worden. Extra basalt met voldoende zuilhoogte wordt beschikbaar gesteld uit de dijkvak Borrendamme, Polder Schouwen, Cauwersinlaag, Havenkanaal west en dijkvak Nieuwe- Annex Stavenissepolder Noordpolder.

De stabiliteit van basaltzuilen is berekend. Hieruit blijkt dat toepassing van basaltzuilen langs het dijkvak mogelijk is. Het optimale zuiltype wordt bepaald in Hoofdstuk 6. De berekening is opgenomen in Bijlage 3.2.

5.4.4 Breuksteen

Volgens het Detailadvies kunnen de afgekeurde bekledingen in de ondertafel worden vervangen door, of worden overlaagd met, ingegoten breuksteen.

Een ingegoten bekleding wordt standaard uitgevoerd met breuksteen van de sortering 10-60 kg, die in een laag met een minimale dikte van 0,40 m dient te worden aangebracht. Deze minimale laag breuksteen moet over de volledige hoogte worden ingegoten (vol-en-zat uit de Milieu-inventarisatie). Deze ingegoten laag kan de golfklappen goed weerstaan.

Wanneer het gewenst is dat de koppen van de stenen aan het oppervlak schoon zijn (niet vol-en-zat uit de Milieu-inventarisatie), dan worden direct na het ingieten lavasteen van de sortering 60/150mm over het oppervlak uitgestrooid, die gedeeltelijk in het asfalt dienen weg te zakken. Dit zijn de zogenaamde schone koppen. In het Detailadvies milieu van dit dijkvak zijn schone koppen voorgeschreven op het gehele traject, uitgezonderd het deel tussen dp816+50m en dp821+80m.

5.5 Deelgebieden

Op basis van de geometrie, technische toepasbaarheid, hydraulische en ecologische randvoorwaardenvakken is het dijkvak opgedeeld in 2 deelgebieden. Zie voor een schematische weergave van de bestaande bekleding Figuur 2 in Bijlage 1. De deelgebieden zijn:

Deelgebied I, Anna Vosdijkpolder: dp803 – dp820+70m:

Vanaf de teen bestaat de bekleding uit een smalle strook natuursteen, welke deels bestaat uit Vilvoordse steen en deels uit Lessinische steen. Hierboven is een strook basalt aanwezig. In de bovenste strook van het talud is een bekleding aanwezig van Petit graniet. Representatieve dwarsprofielen voor dit deelgebied zijn dp806, dp814 en dp818. De dijknormaal is georiënteerd op 340° (ca. NNW). De taludhelling van de ondertafel en de boventafel varieert van ca. 1:2,6 tot 1:3,8. Dit deelgebied sluit aan op het dijkvak Suzannapolder, dat in 2015 wordt uitgevoerd.

Deelgebied II, Moggershilpolder: dp820+70m – dp836:

Het dijkprofiel voor dit deelgebied is voorzien van een taludbekleding van goedgetoetste basaltzuilen, welke behouden zullen blijven. De berm zal worden verhoogd tot ontwerppeil. Doordat de nieuwe onderhoudsstrook op de nieuwe berm wordt aangebracht dient een smalle strook basalt te worden aangebracht om de bestaande bekleding aan te sluiten op de asfaltverharding op de berm. Representatieve dwarsprofielen voor dit deelgebied zijn dp822, dp828 en dp835. De dijknormaal is georiënteerd op 315° (NW). De taludhelling van de ondertafel en de boventafel ca. 1:3,2.

5.6 Keuze voor bekleding

In deze ontwerpnota wordt onderscheid gemaakt tussen bekledingsalternatieven en varianten. Met een bekledingsalternatief wordt bedoeld een type bekleding dat op een deelgebied van een dijkvak kan worden toegepast. Een variant is een combinatie van alternatieven voor de verschillende deelgebieden van het gehele dijkvak.

5.6.1 Bekledingsalternatieven

In Tabel 5.5 zijn op basis van het Detailadvies en de technische toepasbaarheid drie alternatieven gegeven voor de nieuwe bekledingen voor de deelgebieden van het onderhavige dijkvak.

Bij Alternatief 1 wordt de bekleding in de ondertafel en boventafel vervangen door nieuwe betonzuilen. Bij alternatief 2 wordt de ondertafel overlaagd met breuksteen, die volledig wordt ingegoten met asfalt en afgestrooid met lavasteen. In de boventafel worden hier betonzuilen toegepast. Alternatief 3 gaat uit van een ondertafel overlaagd met gepenetreerde breuksteen en een boventafel waarvan boven de goedgetoetste basalt eveneens basaltzuilen worden geplaatst.

Tabel 5.5 Bekledingsalternatieven

Alternatief	Beschrijving
1	Ondertafel: nieuw te leveren betonzuilen Boventafel: nieuw te leveren betonzuilen
2	Ondertafel: overlagen met gepenetreerde breuksteen +lavasteen Boventafel: nieuw te leveren betonzuilen
3	Ondertafel: overlagen met gepenetreerde breuksteen +lavasteen Boventafel: Basaltzuilen

5.6.2 Afweging en keuze

Op basis van bovenstaande bekledingsalternatieven per deelgebied zijn 2 varianten opgesteld voor het onderhavige dijkvak. Variant 1 is weergegeven in Tabel 5.6 en variant 2 is weergegeven in Tabel 5.7. Vooraanzichten van de varianten zijn gegeven in de Figuren 5 en 6 in Bijlage 1.

Tabel 5.6 Variant 1

Deelgebied	Ondertafel	Boventafel
I	Overlagen met Betonzuilen	Overlagen met Betonzuilen
II	Gep. Breuksteen, basalt (bestaand)	Basalt (bestaand), Betonzuilen

Tabel 5.7 Variant 2

Deelgebied	Ondertafel	Boventafel
I	Gep. Breuksteen	Betonzuilen
II	Gep. Breuksteen, basalt (bestaand)	Basaltzuilen

De varianten zijn op de volgende aspecten tegen elkaar afgewogen:

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

De aspecten constructie-eigenschappen, uitvoering, hergebruik en onderhoud zijn in de meeste gevallen afhankelijk van de gekozen bekledingsmaterialen. Een beschrijving van deze aspecten en de verhoudingen tussen de verschillende bekledingstypen is opgenomen in de Handleiding Toetsing en Ontwerpen [2]. De aspecten landschap, natuur en kosten worden nader toegelicht. Het keuzemodel en de invoermodule van het keuzemodel zijn opgenomen in Bijlage 3.1.

Landschap

Bij variant 1 heeft de ondertafel de eerste tijd een lichte kleur, als gevolg van de nieuwe zuilen. Later, ervan uitgaande dat de zuilen in de loop van een aantal jaren begroeid raken, krijgt de ondertafel de gewenste donkere kleur. Een overlaging van de ondertafel in het eerste deelgebied heeft de voorkeur omdat dit direct tot een donkere ondertafel leidt.

Een verbetering van de glooiing door toepassen van betonzuilen in de boventafel is acceptabel en overeenkomstig de landschapsvisie Oosterschelde. Esthetisch bezien,

bestaat een lichte voorkeur voor de variant met basalt in de boventafel aansluitend aan het nieuw aan te brengen onderhoudsstrook.

Natuur

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

Het dijkvak grenst aan de speciale beschermingszone 'Oosterschelde', 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 Habitatrichtlijngebied, waaronder slikken en/of schorren. Het verschuiven van de teen van de dijk in zeewaartse richting betekent verlies van kwalificerend habitat. Conform de EU-habitatrichtlijn 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.

Het dwingende karakter van de EU-Habitatrichtlijn en de Natuurbeschermingswet is niet als alles overstijgende randvoorwaarde meegenomen maar als onderdeel van het beoordelingscriterium 'natuur'.

Indien er varianten mogelijk zijn zonder significante gevolgen, dan is de initiatiefnemer conform de richtlijn gedwongen één van deze varianten uit te voeren. Echter de teenverschuiving tussen dp806+50m en dp816+50m vindt in alle varianten plaats en kan niet worden voorkomen door de noodzakelijke verlaging van het niveau van de teen van de dijk.

Kosten

Het toepassen van betonzuilen op de ondertafel en boventafel is het duurste alternatief. De kostenverschillen worden beperkt doordat bij alternatief 2 en 3 is uitgegaan om betonzuilen in deelgebied I op de boventafel aan te brengen op de bestaande bekleding. Hierdoor wordt een grondverbetering voorkomen en kan de uitvoeringstijd worden beperkt.

In Tabel 5.8 is de afweging samengevat. Hieruit blijkt dat voor variant 1 (betonzuilen) de totaalscore het hoogst is maar door grotere kosten toch variant 2 een betere score/kostenverhouding heeft. Het verschil met variant 1 is significant.

Tabel 5.8 Samenvatting keuzemodel

Variant	Totaalscore	Kosten	Score/kosten
1	76,60	1,13	67,82
2	75,00	1,04	72,15

Gelet op bovengenoemde nadelen van variant 1 en het gedeeltelijke hergebruik van basaltzuilen in de bovenrand bij variant 2, is variant 2 de voorkeursvariant die in Hoofdstuk 6 verder wordt uitgewerkt.

5.7 Onderhoudsstrook

Op de stormvloedberm wordt een nieuwe onderhoudsstrook aangelegd. De toplaa wordt uitgevoerd in dichtasfaltbeton.

In de bestaande situatie is de buitenberm onverhard en daardoor ongeschikt voor fietsers. Volgens de huidige afspraken met betrekking tot openstelling wordt dit dijkvak geheel opengesteld voor fietsers.

5.8 Bekleding tussen ontwerppeil en berm

De hoogte van de berm is over het gehele dijkvak gelijk aan ontwerppeil of kleiner dan ontwerppeil ($+\frac{1}{2}H_s$).

5.9 Golfoploop

De golfoploop van de voorkeursvariant, tijdens ontwerpcondities, is vergeleken met de golfoploop in de oude situatie. In Tabel 5.9 is voor een aantal dwarsprofielen het effect van het gewijzigde talud en de gewijzigde berm op de golfoploop gegeven. De berekening van de golfoploop is opgenomen in Bijlage 3.4. Hieruit wordt geconcludeerd de golfoploop in het grootste deel van het dijkvak afneemt. Bij een dwarsprofiel wordt een heel beperkte toename berekend. Deze toename in golfoploop is minder dan 10% en is daarmee als acceptabel beoordeeld.

Tabel 5.9 *Effect op golfoploop*

Dwarsprofiel (dijkpaal)	Vergrotingsfactor golfoploop
1 (dp 806)	0,94
2 (dp 814)	1,00
3 (dp 818)	1,01
4 (dp 822)	0,99
5 (dp 828)	0,99
6 (dp 835)	1,00

Aangenomen wordt dat een eventuele toekomstige dijkverzwaring aan de binnenzijde van de dijk kan worden aangebracht, zodat de dijkverbetering van deze nota niet opnieuw hoeft te worden uitgevoerd.

6 Dimensionering

In dit hoofdstuk wordt de voorkeursvariant van het ontwerp, dat is weergegeven in Tabel 5.7 en Figuur 6 van Bijlage 1, nader uitgewerkt. De bijbehorende dwarsprofielen zijn weergegeven in Figuur 7 t/m Figuur 12 in Bijlage 1.

De dimensionering wordt beschreven per constructieonderdeel, van de kreukelberm tot het bovenbeloop. Voor achtergrondinformatie wordt verwezen naar de Handleiding Toetsing en Ontwerp [2].

6.1 Kreukelberm en teenconstructie

In het algemeen bestaat de kreukelberm uit breuksteen, die wordt aangebracht op een geotextiel. De kreukelberm moet de teen van de bekleding tegen erosie beschermen en de bekleding ondersteunen.

Aangezien voor het grootste deel van de huidige dijk geen goede kreukelberm aanwezig is, moet een nieuwe kreukelberm worden aangebracht. De benodigde sortering van de toplaag, die is bepaald volgens de Handleiding Toetsing en Ontwerp [2], bedraagt 10-60 kg. Hierbij is uitgegaan van een voorland welke in de planperiode met 0,5m in hoogte zal afnemen. In Bijlage 3.3 is een berekening opgenomen. In Tabel 6.1 zijn de steensortering voor de verschillende randvoorwaardenvakken weergegeven. De nieuwe kreukelberm heeft een breedte van 5 m.

Tabel 6.1 Nieuwe kreukelberm

RVW vak	Dwars profiel	Locatie van [dp]	Locatie van [dp]	Hoogte t.o.v. NAP [m]	Sortering [kg]	Laagdikte [m]
121	1	803	806+50	0,35	10-60	0,5
120	2	806+50	816+50	0,35	10-60	0,5
119	3	816+50	820+70	0,35	10-60	0,5
119	4	820+70	825	1,00	10-60	0,5
118	5	825	833	0,35	10-60	0,5
117	6	833	836	0,35	10-60	0,5

Het geotextiel onder de kreukelberm is een polypropeen weefsel waarop een vlies is gestikt voor extra bescherming tijdens het storten van de steen. Hetzelfde weefsel wordt toegepast onder de geasfalteerde onderhoudsstrook. De contracteisen voor dit weefsel zijn vermeld in Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Eisen geotextiel weefsel

Eigenschap	Waarde
Treksterkte	≥ 50 kN/m (ketting en inslag)
Rek bij breuk	≤ 20 % (ketting en inslag)
Doorstromingsweerstand	VI _{H50} -index ≥ 15 mm/s
Poriegrootte O ₉₀	≤ 350 μm
Levensduurverwachting	type B (NEN 5132)
Overlap	Banen geotextiel leggen met een overlap van ten minste 0,50 m

6.2 Zetsteenbekleding

In hoofdstuk 5 is vastgesteld welke bekledingstypen zullen worden aangebracht. De zetsteenbekleding moet voldoen aan de eisen ten aanzien van top laagstabiliteit, afschuiving en materiaaltransport. De eisen ten aanzien van top laagstabiliteit bepalen de dimensionering van de top laag en de uitvullaag. Voor afschuiving is het van belang dat de dikte van de gehele bekleding, inclusief de onderliggende kleilaag, voldoende groot is. Het transport van klei door de bekleding moet worden voorkomen door op de klei een geotextiel aan te brengen.

Bij de dimensionering van de diverse constructie-onderdelen is er een bepaalde onzekerheid over de grootte van de belasting en de sterkte van de gerealiseerde constructie. De belasting kan groter zijn dan verwacht en de sterkte kan kleiner zijn dan verwacht. Dit komt doordat de gebruikte rekenmodellen geen exacte weergave van de werkelijkheid zijn en doordat de invoerparameters onderhevig zijn aan een bepaalde spreiding.

Om deze onzekerheid van uitvoeringstoleranties af te dekken is bij de dimensionering van de gezette steenbekleding in de berekening per parameter uitgegaan van de verwachtingswaarde zonder veiligheidsmarge, waarna een overall veiligheidsfactor van 1,2 wordt toegepast op de steendikte. Deze factor is gebaseerd op een interne studie in 2009 en een aanvullend advies van Deltares [2].

6.2.1 Top laag van betonzuilen

In paragraaf 5.4.2 is vastgesteld dat betonzuilen technisch toepasbaar zijn langs het gehele dijkvak. Voor die delen waar betonzuilen worden aangebracht zijn de dimensies nader bepaald. Het resultaat van de berekeningen is een aantal praktische combinaties van dikte en dichtheid. De dikte wordt daarbij afgerond op 5 cm en de dichtheid op 100 kg/m³. De uiteindelijke keuze wordt bepaald na afweging van kosten, uitvoeringstechniek en beheersaspecten. Daarom mag de dichtheid van de zuilen niet te veel afwijken van de meest gangbare betonsamenstelling.

De top laagdikten zijn gedimensioneerd met Steentoets2010. Daarbij is het hele bekledingsprofiel ingevoerd, incl. een eventueel gehandhaafde ondertafel of overlaging. Deze berekening heeft uitgewezen dat de genoemde typen betonzuilen stabiel zijn en dat er ook volgens Steentoets2010 een veiligheidsfactor van 1,2 aanwezig is. De resultaten zijn vermeld in Tabel 6.3.

Indien de betonzuilen worden aangebracht op de bestaande bekleding als zogenaamde overlaging, dan wordt onder de filterlaag een waterremmende onderlaag aangebracht. Voor de betonzuilen is het noodzakelijk dat deze uitvullaag hydraulisch dicht is, zodat de onderliggende bekleding geen negatieve invloed heeft op de stabiliteit van de betonzuilen.

Tabel 6.3 Mogelijke typen betonzuilen

RVW vak	Dwars profiel	Deel gebied	Type Betonzuil [cm] / [kg/m ³] onderste deel talud	Type Betonzuil [cm] / [kg/m ³] bovenste deel talud	Niveau overgang typen betonzuil [+m NAP]
121	1	I	30/2300	35/2300 30/2700	2,0
120	2	I	35/2300 30/2500	35/2500 30/2900	2,0
119	3	I	35/2300 30/2400	35/2300 30/2700	2,5

Rekening houdend met beheer, is het ongewenst dat zuilen met dezelfde hoogte en verschillende dichtheden in één profiel (onder elkaar) worden toegepast. Deze zuilen kunnen naast elkaar worden toegepast, indien dit betekent dat de dikte van de uitvullaag niet hoeft te worden gewijzigd (gelijke constructiehoogte). Het aantal type zuilen per dijkvak wordt zoveel mogelijk beperkt gehouden. Aangezien de overgangsconstructie op NAP+1,6m zit, is het in profiel 1 en 2 niet zinvol een extra overgang in zuiltypen op NAP +2,0m aan te brengen. De uiteindelijk gekozen zuiltypen zijn vermeld in tabel 6.4. Vanuit het oogpunt van beheer en onderhoud is het niet gewenst om zuilen kleiner dan 0,30 m toe te passen, omdat bij deze zuilen het inwas- en filtermateriaal gemakkelijk kan uitspoelen.

Tabel 6.4 Gekozen typen betonzuilen

RVW vak	Dwars profiel	Deel gebied	Type betonzuil [cm] / [kg/m ³]		Niveau overgang typen betonzuil [+m NAP]
			onderste deel talud	bovenste deel talud	
121	1	I	35/2300	35/2300	-
120	2	I	35/2500	35/2500	-
119	3	I	35/2300	35/2300	-

De toplaag van de betonzuilen zal worden ingewassen met maximaal 50 kg/m² (bij zuilen van 0,35m) van gebroken materiaal. De standaard sortering van dit inwasmateriaal is 4/32 mm. Meer informatie over de uitgevoerde stabiliteitsberekeningen is opgenomen in Bijlage 3.2

6.2.2 Toplaag van Basaltzuilen

In deelgebied II tussen dp820+70m en dp836 is de aanwezige basalt goedgekeurd. Hier ligt de basalt zodanig hoog dat tot Ontwerpeil slechts een smalle strook nieuwe bekleding nodig is. Uit praktische overwegingen is de voorkeur dan om deze nieuwe strook eveneens uit te voeren in basalt.

De toplaagdicken zijn gedimensioneerd met Steentoets2010. Daarbij is het hele bekledingsprofiel ingevoerd, incl. een eventueel gehandhaafde ondertafel of overlaging. In de ontwerpberekeningen is uitgegaan van plaatsing tegen elkaar aan op een fijnkorrelige uitvullaag van 4/32 mm.

De berekening heeft uitgewezen dat de genoemde typen basaltzuilen stabiel zijn. De resultaten zijn vermeld in Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Benodigde Basaltzuilen

RVW vak	Dwars profiel	Deel gebied	Minimaal benodigde zuilhoogte basalt [m]
119	4	II	0,28
118	5	II	0,29
117	6	II	0,31

6.2.3 Filterlaag

De granulaire filterlaaglaag onder de toplaag is voornamelijk van belang voor de uitvoering. Gelet op stabiliteit en uitvoering, moet het materiaal in deze uitvullaag zo fijn mogelijk zijn. Het materiaal mag echter niet zo fijn zijn dat het tussen de elementen van de toplaag door kan wegspoelen. De fijnste sortering die uit dat oogpunt voor betonzuilen mogelijk is, bedraagt 14/32 mm. In de ontwerpberekeningen wordt uitgegaan van een bijbehorende D15 van 17 mm.

De kleinste laagdikte, waarin steenslag van bovengenoemde sorteringen kan worden aangebracht, is 0,10m. Deze waarde voor de dikte wordt gebruikt in ontwerpberkening en ook voorgeschreven in het contract.

6.2.4 Geotextiel

Onder de gezette bekleding dient een vlies van geotextiel aangebracht te worden. De belangrijkste functie van dit vlies is het voorkomen van uitspoeling van materiaal uit de onderlaag door de toplaag heen. Maatgevend hiervoor is de openingsgrootte O_{90} . Gelijk aan de eerder uitgevoerde dijkvakken van 1997-2011 wordt gekozen voor een polypropeen vlies met een gegarandeerd maximum openingsgrootte (O_{90}) van 100 μm , omdat een nog grotere grond dichtheid niet goed te testen is en niet standaard leverbaar is. Bovendien is met proeven aangetoond dat de werkelijke openingsgrootte van het gekozen materiaal kleiner is dan 64 μm . Het vlies moet voldoen aan de eisen uit Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Eisen vlies

Eigenschap	Waarde
Treksterkte	≥ 20 kN/m
rek bij breuk	≤ 60 %
Duurzaamheid conform NEN EN ISO 13438	reststerkte r_f 70%
Overlap	Banen geotextiel leggen met een overlap van ten minste 0,50 m
Poriegrootte O_{90}	≤ 100 μm

De levensduur van het vlies moet minimaal 50 jaar bedragen. Om dit aan te tonen schrijft het contract een verouderingsonderzoek voor en stelt eisen aan de resultaten hiervan.

Aan de onderzijde van de gezette bekleding wordt het vlies opgevouwen tegen de betonband die op stelspecie op de bestaande glooiing wordt aangebracht. van het vlies minimaal 0,5 m breed zijn. Aan de bovenzijde wordt het vlies doorgetrokken tot onder de onderhoudsstrook op de berm, waarna het weefsel van de onderhoudsstrook er overheen gelegd wordt met een overlapping van minimaal 1m. Als er geen onderhoudsstrook aangelegd wordt kan het geotextiel aan de bovenzijde van de steenzetting opgesloten worden door het om te vouwen en er een betonband tegenaan te zetten als afwerking van de bekledingsconstructie.

6.2.5 Basismateriaal

De totale dikte van het pakket, bestaande uit de toplaag, de uitvullaag en de waterremmende onderlaag moet voldoende groot zijn om lokale afschuiving van dit pakket te voorkomen. Als onderlaag wordt gebruik gemaakt van water remmend materiaal, bijvoorbeeld van klei, mijnsteen, fosforslak, hoogovenslak of hydraulisch granulaat van open steenasfalt.

De slecht doorlatende en niet verwekingsgevoelige laag dient om de intreding van water in het dijklichaam te beperken en grondmechanische instabiliteit van de bekleding te voorkomen. De erosiebestendigheid van klei dient categorie C1 of C2 te zijn.

De vereiste dikte wordt onder meer bepaald door de taludhelling. Wanneer de taludhelling flauwer is dan 1:5, is de weerstand tegen afschuiving voldoende [2].

De aanwezige laagdikte moet in de praktijk groter zijn dan 0,6m (afhankelijk van beheersoordeel). In steentoets wordt bepaald welke top laagdikte benodigd is, als de aanwezige dikte onvoldoende is wordt een nieuwe onderlaag met berekende dikte aangebracht met een minimum van 0,8m.

Omdat in het eerste deelgebied een overlaging wordt uitgevoerd op zowel de onder- als de boventafel wordt de bestaande bekleding niet verwijderd. Een grondverbetering wordt voorkomen door een hydraulische uitvullaag op de bestaande bekleding aan te brengen.

In Tabel 6.7 zijn de minimale onderlaagdiktes gegeven evenals de aanwezige laagdiktes voor het tweede deelgebied. De kleilaagdiktes alsmede de erosiebestendigheid van de onderlagen variëren sterk.

Tabel 6.7 Minimale diktes kleilaag (of mijnsteenlaag)

Locatie		Minimale dikte onderlaag [m]	Aanwezige dikte onderlaag [m]	Tekort [m]
Van [dp]	Tot [dp]			
820+70	825	0,8	0,35	0,55
825	833	0,8	0,25	0,45
833	836	0,8	0,45	0,45

Aangezien de onderlaag in de huidige situatie niet overal voldoende dik is, moet deze worden aangevuld, of de bestaande kleilaag en een beperkt deel van het onderliggend zand eerst worden afgegraven, om ruimte te maken voor de nieuwe onderlaag. Onder de goed getoetste bekleding wordt geen grondverbetering toegepast. Alleen onder de nieuw aan te brengen basalt wordt, waar nodig, een grondverbetering aangebracht.

In het algemeen wordt beneden gemiddeld hoogwater, in plaats van een nieuwe of een aanvullende kleilaag, een pakket fosforslakken (0/45 mm, hydraulisch bindend) van dezelfde dikte aangebracht. Dit omdat de klei onder water moeilijk is aan te brengen.

6.3 Ingegoten breuksteen

De overlagingen worden uitgevoerd met breuksteen van 10-60 kg, die met een minimale laagdikte van 0,40 m aangebracht dient te worden. Deze minimale laag moet over de volledige hoogte met gietasfalt worden ingegoten en worden afgestrooid met lavasteen.

Wateroverdrukken onder de ingegoten bekleding dienen te worden beperkt door aan de bovenrand (en aan de verticale randen) van deze nieuwe bekleding een afdichting aan te brengen, die het van bovenaf vollopen van de oude bekleding en de onderliggende filterconstructie moet voorkomen. Als overgangsconstructie zal een keerwand gesteld op stelspecie worden aangebracht waarop de gepenetreerde breuksteen wordt aangebracht. Aan de horizontale bovenrand van de ingegoten bekleding dient de overgang te worden voorzien van gietasfalt. De verticale randen dienen op dezelfde wijze te worden uitgevoerd. De horizontale bovenrand ter plaatse van de beëindiging onder de goedgetoetste basalt dient afwaterend te worden aangelegd.

De betonblokken, die worden overlaagd, moeten worden gebroken, voordat de overlaging wordt aangebracht. Zo wordt voorkomen, dat een eventuele holte onder de blokken, die is ontstaan door de uitspoeling van klei, onopgemerkt blijft en niet wordt opgevuld.

De onderkant van de overlaging zal plaatselijk lager beginnen dan de teen van de oude bekleding. In Tabel 6.8 zijn de hoogtes gegeven waarop de onderkant van het laagste deel van de overlaging dient te worden aangebracht.

Tabel 6.8 Hoogte onderkant overlaging

Dwarsprofiel	Dijkpaal	Onderkant overlaging [NAP + m]
1	806	-0,05
2	814	-0,05
3	818	-0,05
4	822	-
5	828	-0,05
6	835	-

6.4 Overgangsconstructies

Er dienen horizontale overgangsconstructies te worden geplaatst op de overgangen van de overlagingen van ingegoten breuksteen naar betonzuilen. Omdat de betonzuilen als overlaging worden aangebracht en de bestaande glooiing intact gehouden dient te worden, zal als overgangsconstructie een betonnen keerwand worden gebruikt die op de bestaande glooiing wordt geplaatst. De betonzuilen dienen zo goed mogelijk aan te sluiten op de bekledingen van de aangrenzende dijkvakken. Kieren moeten worden gepenetreerd met gietasfalt of asfaltmastiek.

Voor het aanbrengen van de nieuwe basaltzuilen wordt geen overgangsconstructie toegepast. Wel dient de bovenste rand van de bestaande basalt (over een breedte van 1m) te worden herzet teneinde een goede tonrondte en een doorlopend filter te verkrijgen.

6.5 Overgang tussen boventafel en berm

De overgang tussen de boventafel en de berm wordt uitgevoerd door de betonzuilen aan te brengen met een afronding, waarvan de kromtestraal $R = 10$ m bedraagt. De betonzuilen worden over een lengte van 1 m op de berm doorgezet. Met betrekking tot de uitvullaag en het geotextiel wordt aangesloten bij de constructie volgens paragraaf 6.2.3 en 6.2.4.

6.6 Berm

Tussen dp803 en dp820 ligt de buitenknik van de berm op circa NAP + 3,4 à 3,8m, dat wil zeggen tot 0,30m onder het ontwerppeil. Ten westen van dp820 zakt het niveau van de berm tot circa NAP + 2,7m, dat wil zeggen tot 1,0m beneden het ontwerppeil. Vanaf dp822 tot aan dp836 ligt de bestaande berm op ca. 3,1m. Voor zover de berm boven het ontwerppeil ligt, wordt deze gehandhaafd. Voor zover de berm beneden het ontwerppeil ligt, wordt deze opgehoogd tot aan het ontwerppeil of door toepassen van de overlaging plaatselijk hoger. De bermbreedte varieert van 4,25m tot 6,0m. De nieuwe bermhoogtes en breedte zijn opgenomen in Tabel 6.9.

Tabel 6.9 *Nieuwe berm*

Locatie	Bestaande bermhoogte ¹⁾		Nieuwe bermhoogte ¹⁾	Breedte berm [m]
	Van [dp]	Tot [dp]		
803	806+50	3,6	4,0	4,25
806+50	816+50	3,8	4,0	6,0
816+50	820+70	3,7	4,0	5,0
820+70	825	3,1	3,6	5,0
825	833	3,0	3,6	5,0
833	836	3,2	3,6	5,0

¹⁾ Hoogte bij buitenknik berm

Op de berm wordt een nieuwe onderhoudsstrook aangelegd, die over het gehele traject wordt opengesteld voor fietsers. De toplaag van het toegankelijke deel wordt uitgevoerd in grindasfaltbeton AC22base of dicht asfaltbeton AC22surf, en voorzien van een lichtgrijze slijtlaag. De breedte van de nieuwe onderhoudsstrook is 3,0m.

Tijdens de uitvoering wordt de berm gebruikt als werkweg bestaande uit een 0,3 m dikke laag fosforslakken, van de sortering 0/45mm (hydraulisch bindend), op een weefsel. De eigenschappen van dit standaardweefsel zijn vermeld in Tabel 6.2. De strook van fosforslakken wordt na de uitvoering niet verwijderd, maar afgewerkt tot de gewenste laagdikte van 0,4m en afgedekt met asfalt. Gegeven een verdichte fundering van fosforslakken, stelt het toekomstige gebruik van de onderhoudsstrook geen aanvullende sterkte-eisen.

6.7 Naastliggende dijkvakken

Het gedeelte aan de westzijde is de Oud Kempenshofstedepolder welke in 2008 is versterkt. Hier bestaat de verbeterde glooiing uit een talud welke geheel is voorzien van betonzuilen met een dikte van 0,45m en een dichtheid van 2600 kg/m³. In het aansluitende deel van deze nota blijft de basaltbekleding gehandhaafd. Het in deze nota ontworpen oostelijke deel krijgt een zuildikte van 0,35m en dichtheid van 2300 kg/m³ of 2500 kg/m³. Het verschil met de Kempenshofstedepolder is te verklaren doordat de golfbelasting in dit dijkvak iets lager is. De berm ligt in het aansluitende dijkvak ca. 0,4m lager dan de in het huidig dijkvak voorgeschreven hoogte. De kreukelbermen zijn van eenzelfde sortering 10-60kg.

Het deel ten oosten is het dijkvak Suzannapolder welke in 2015 zal worden versterkt. Hiervan is nog geen ontwerp beschikbaar.

7 Aandachtspunten voor contract en uitvoering

7.1 Bekledingstypen

Voorafgaande aan het aanbrengen van de overlagingen van ingegoten breuksteen moeten de onderliggende lagen worden schoongemaakt. Er mogen geen algen, en geen zand - en slibresten aanwezig zijn. Er moet rekening gehouden worden met de invloed van de getijbeweging op de kwaliteit van het ingieten. Aanvoer van sediment heeft, indien voorafgaand aan het ingieten, een verminderde sterkte tot gevolg door de slechtere hechting van de ingegoten asfalt aan de breuksteen en de onderlaag. Het heeft de voorkeur de breuksteen aan te brengen en in te gieten tijdens hetzelfde laagwater. Wanneer dit niet mogelijk is, dient een pomp met spuitlans aanwezig te zijn, zodat de breuksteen voorafgaand aan het ingieten schoon kan worden gespoten.

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

Direct na het ingieten van de breuksteen dient een sortering lavasteen 60/150mm te worden uitgestrooid over het warme asfalt.

Aan de bovenrand en aan de verticale randen dient een afdichting te worden aangebracht.

Bij de verticale rand waar de overlaging met betonzuilen aansluit op de goedgetoetste basaltzuilen dient een verloop te worden aangebracht om het hoogteverschil te kunnen overbruggen.

Aandacht dient te worden besteed aan de overgang(en). Indien een bekleding van betonzuilen aansluit op reeds geplaatste zuilen dient een stukje van de bestaande zuilen te worden herzet om een naadloze aansluiting te verkrijgen.

Bij het werken aan de overlagingen moet de kwaliteit van de te handhaven basaltbekledingen worden gewaarborgd.

Betonblokken, die worden overlaagd, moeten worden gebroken, voordat de overlaging wordt aangebracht. Zo wordt voorkomen, dat een eventuele holte onder de blokken, ontstaan door de uitspoeling van klei, onopgemerkt blijft en niet wordt opgevuld.

Als overgangsconstructie tussen de overlaging met gepenetreerde breuksteen en de overlaging met betonzuilen wordt een betonnen keermuur (0,35mx0,5m) aangebracht, welke wordt gesteld op de bestaande glooiing op een laag stelspecie, dik 0,10m. De voet van de keermuur wordt afgedekt met gepenetreerde breuksteen.

Tussen circa dp820+70m en dp836 is een onderlaag van te zanderige klei of zand aangetroffen. Hier moet een nieuwe onderlaag van klei worden aangebracht, met een minimale dikte van 0,8 m. De horizontale afmetingen van de laag kunnen met behulp van een aantal extra kleiboringen nauwkeuriger worden vastgesteld.

Op de plaats waar de Grote Nol aansluit op de dijk, dient de nieuwe bekledingen onder de nol te worden doorgezet, dat wil zeggen dient een verborgen bekledingen van ingegoten breuksteen te worden aangelegd.

7.2 Natuur

Het traject grenst aan Natura 2000-gebied 'Oosterschelde' met direct voor het dijktraject een gebied met droogvallende slikken (H1160) met een relatief hoog beschermingsniveau. Vóór het dijktraject komt tussen dp817 en dp822 het klein zeegras (enkele pollen, 2007) mogelijk tot in de werkstrook voor. Zeegras is aanwezig in een dusdanig geringe hoeveelheid dat verplaatsen niet zinvol is. Dit is reeds afgestemd met de provincie Zeeland. Ook een schelpenlaag in de werkstrook is niet nodig. Wel is het zinvol ter hoogte van de zeegrasvelden de werkstrook zo smal mogelijk te houden. Mocht er door omstandigheden opeens veel zeegras staan één jaar voor uitvoering (de Radboud Universiteit voert jaarlijks en controle uit) dan wijzigt dit. De verwachting is echter van niet.

Er zijn in 2009 nabij het traject 52 broedvogelsoorten waargenomen, waaronder één kwalificerende soort, te weten de bontbekplevier.

Het bij laagwater droogvallende slik direct voor het dijktraject wordt door grote aantallen vogels gebruikt om naar voedsel te zoeken. Daaronder zijn redelijke aantallen van voor de Oosterschelde kwalificerende niet-broedvogels. Rotganzen gebruiken de achterliggende polders om te overtijen en naar voedsel te zoeken. Scholeksters zijn op één locatie op het dijktraject in relatief grotere aantallen overtijend aangetroffen. Het belang van het traject als HVP lijkt niet groot. Er zal nader onderzocht worden of de aanwezigheid van de bontbekplevier of overtijende vogels gevolg heeft voor de fasering.

Verzocht wordt het zand ter plaatse van de verborgen glooiing (Grote Nol) apart in depot te zetten en deze als toplaag weer terug te plaatsen ten behoeve van de daar aanwezige zoutplanten.

7.3 Archeologie en cultuurhistorie

De trefkans buiten de werkstrook is aanwezig, maar in de werkstrook van de beide dijktrajecten kan ervan uit worden gegaan dat er geen archeologische restanten van verdronken dorpen worden aangetroffen. Dit item is aan de orde geweest en bevestigd in het RPO van begin juli 2011 door SCEZ en provincie Zeeland.

7.4 Transportroutes en depotlocaties

In de contractfase dient overleg plaats te vinden aangezien de dijk in particulier bezit is en mogelijk als transportroute zal dienen. Bij de vaststelling van transportroutes is rekening gehouden te worden met broedlocaties of hoogwatervluchtplaatsen van bepaalde vogelsoorten. Voor de transportroutes, zie Figuur 13 in Bijlage 1.

De beheerder geeft aan dat met de particuliere eigenaar gesprekken lopen over het realiseren van een depotlocatie. Het depot wordt eveneens geschikt gemaakt voor het dijkvak Suzannapolder voor 2015. Voor de locatie van het depot, zie Figuur 13 in Bijlage 1.

7.5 Overig

Steen van kreukelbermen welke te hoog liggen kan hergebruikt te worden.

Het grootste deel van de dijk in dit traject is in particulier eigendom. Verwacht wordt dat dit geen invloed heeft op de uitvoering van het werk.

De beheerder geeft aan dat ter hoogte van dp826 een hoogspanningskabel over de dijk door loopt. Door het aanbrengen van een overlaging heeft deze aanwezigheid geen groot gevolg voor de uitvoering van het werk.

Aandachtspunt is dat direct ten westen van de Grote Nol een visvak aanwezig is. Omdat het voorland uit slik bestaat is aanvoer van materiaal via het water niet mogelijk en zal daarom ook geen overlast veroorzaken op de visvakken.

Op verzoek van de beheerder worden er in het contract onderhoudswerkzaamheden meegenomen aan de "grote Nol". Vrijkomende basaltzuilen uit de Nieuw-, Annex-, Stavenissepolder, Noordpolder zal worden toegepast als overlaging aan de oostzijde en westzijde van de nol.

De beheerder geeft aan dat de kleidikte in het bovenbeloop mogelijk te dun is. Ter hoogte van dp814 en dp820-dp824 is besloten in de contractfase extra onderzoek te verrichten naar de kwaliteit en laagdikte van de klei.

Literatuur

- [1] Kwaliteitshandboek Project Zeeweringen, Digitale versie 2006
- [2] Handleiding toetsing en ontwerp; Technische werkwijze van projectbureau Zeeweringen: 23 april 2012; R. Bosters; PZDT-R-12093 ken
- [3] Visie Oosterschelde, Dienst Landelijk Gebied, Zeeland, 2002
- [4] Cultuurhistorie aan de Oosterscheldedijken, Stichting dorp, stad & land, februari 2008, PZDB-R-08064.
- [5] Inventarisatie sterkte gezette taludbekledingen in Zeeland, Grondmechanica Delft, Delft, januari 1997, Kenmerk 362070/46
- [6] Leidraad toetsen op veiligheid, LTV, augustus 1999
- [7] De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Voorschrift Toetsen op Veiligheid voor de tweede toetsronde 2001-2006 (VTV), januari 2004
- [8] Technisch Rapport Steenzettingen, TAW-rapport, december 2003, DWW-2003-097
- [9] Bedreiging van zeegras door dijkverbeteringen, Jentink, R., Meetinformatiedienst Zeeland, 18-11-2004, ZLMID-04.N.008 (interne notitie, concept)
- [10] 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.b.v. Flora en wieren, Jentink, R., 19-02-2009
- [11] Effecten werkstroken dijkverbetering op kwalificerende habitats, verkennend onderzoek op slikken en schorren langs Westerschelde en Oosterschelde; Stikvoort, E.C.; Middelburg : Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, 2004
- [12] Update detailadvies Moggershilpolder, Anna Vosdijkpolder, P. van de Rest, Svasek Hydraulics, 1 november 2010, 1605/U10281/C/PvdR
- [13] Vrijgave toetsing dijkvak Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolde, R. van de Voort, Projectbureau Zeeweringen, 27-01-2011, PZDT-R-11023
- [14] Actualisatie toetsing bekleding Anna Vosdijkpolder, Moggershilpolde, Waterschap Scheldestromen, 24-01-2011, PZDT-R-11022
- [15] Memo tijdelijke rekenregel voor gekantelde blokken, Y.M. Provoost, Projectbureau Zeeweringen, 15-12-2006, K-06-12-24
- [16] Validatie Steentoets 2008, M. Klein Breteler, Delft Hydraulics, onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen, H4846, november 2008

Bijlage 1 Figuren

Figuur 1	Situatie
Figuur 2	Projectgebied
Figuur 3	Glooiingskaart toplaag huidige situatie
Figuur 4	Glooiingskaart eindscore toetsing
Figuur 5	Glooiingskaart Variant 1
Figuur 6	Glooiingskaart Variant 2 (voorkeursvariant)
Figuur 7	Dwarsprofiel 1 dp806
Figuur 8	Dwarsprofiel 2 dp814
Figuur 9	Dwarsprofiel 3 dp818
Figuur 10	Dwarsprofiel 4 dp822
Figuur 11	Dwarsprofiel 5 dp828
Figuur 12	Dwarsprofiel 6 dp835
Figuur 13	Transportroute

Bijlage 2 Detailadviezen

Bijlage 2.1: Samenvatting hydraulische randvoorwaarden

Bijlage 2.2: Ecologisch detailadvies

Bijlage 2.3: Detailadvies landschap

Bijlage 2.4: Aandachtspunten ecologie ontwerpnota Anna Vosdijkpolder,
Moggershilpolder

Bijlage 3 Berekeningen

Bijlage 3.1: Keuzemodel met invoermodule

Bijlage 3.2: Ontwerpberekeningen bekleding

Bijlage 3.3: Ontwerpberekeningen kreukelberm

Bijlage 3.4: Berekening vergrotingsfactor golfoploop