



Definitief Ontwerp Voorkeursvariant

Natuurcompensatie Perkpolder

Dienst Landelijk Gebied

23 november 2010

Concept rapport

9T9564

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
KUST & RIVIEREN

George Hintzenweg 85
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam
+31 (0)10 443 36 66 Telefoon
+31 (0)10 44 3 36 88 Fax
info@rotterdam.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Definitief Ontwerp Voorkeursvariant
Natuurcompensatie Perkpolder
Verkorte documenttitel Definitief Ontwerp
Status Concept rapport
Datum 23 november 2010
Projectnaam Natuurcompensatie Perkpolder
Projectnummer 9T9564.B0
Opdrachtgever Dienst Landelijk Gebied
Referentie 9T9564.B0/R0005/LMOY/ILAN/Rott

Auteur(s) [Redacted]
Collegiale toets [Redacted]
Datum/paraaf 23 november 2010 ... [Redacted]
Vrijgegeven door [Redacted]
Datum/paraaf 23 november 2010 [Redacted]

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	2
1.3	Werkzaamheden en aanpak	2
1.4	Leeswijzer	3
2	FUNCTIONELE EISEN & RANDVOORWAARDEN	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Functionele eisen	4
2.3	Hydraulische randvoorwaarden	4
2.4	Uitgangspunten	6
3	PRINCIPEDOORSNEDE NATUURGEBIED	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Kruin	7
3.3	Binnentalud	7
3.4	Bovenbeloop	7
3.5	Stormvloedberm	8
3.6	Benedenbeloop	8
3.7	Kreukelberm	10
3.8	Samenvatting bekledingen	10
4	PRINCIPEDOORSNEDE VEERHAVEN	12
4.1	Inleiding	12
4.2	Te behouden	12
4.3	Aan te brengen	13
4.4	Te vervangen	13
5	ONTWERP	14
5.1	Inleiding	14
5.2	Primaire waterkeringen	14
5.3	Natuurgebied	17
5.4	Bres	17
5.5	Infrastructuur	18
5.6	Waterhuishoudkundig systeem	20
5.7	Kabels en leidingen (nutsvoorzieningen)	24
5.8	Uitvoeringaspecten	26
6	KOSTEN	28
7	REFERENTIES	28

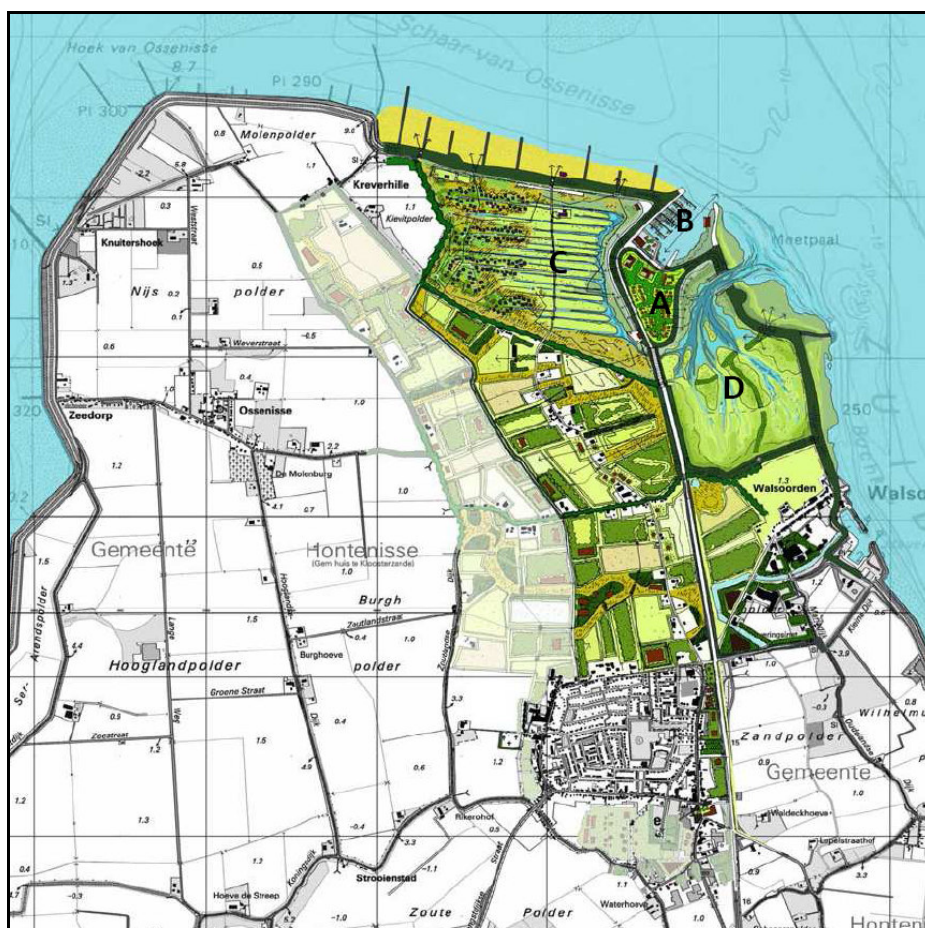
Bijlagen

1. Hydraulische Randvoorwaarden
2. Berekeningen bekledingen en overslag

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Tot de opening van de Westerschelde in 2003 was de haven van Perkpolder vertrek- en aanmeerlocatie voor de veerdienst tussen Perkpolder en Kruijningen. Na het verlies van deze functie is gezocht naar een nieuwe bestemming voor de veerhaven en het omliggende gebied. Een ambitieus plan is bedacht waarbij ruimte is gemaakt voor de ontwikkeling van de lokale economie en de natuur. Dit plan bestaat uit een golfterrein in de Oostelijke perkpolder, een jachthaven op de originele locatie van de veerhaven, maximaal 250 woningen op een terp die zich 10 meter boven gemiddeld zeeniveau bevindt en een slikken- en schorregebied van 75 hectare in ten zuidoosten van de Veerhaven (zie Figuur 1). De natuurontwikkeling is daarbij verplicht vanwege de vereiste natuurcompensatie voor het uitdiepen van de Westerschelde ten behoeve van de scheepvaart naar Antwerpen.



Figuur 1.1 Boven-aanzicht plan gebiedsontwikkeling Perkpolder en omgeving

Nadat in 2004 de Provincie Zeeland, Rijkswaterstaat Zeeland en de gemeente Hulst al een intentieverklaring met het oog op realisatie van een gebiedsontwikkelingsplan voor Perkpolder en omgeving hadden getekend, is eind 2007 een bestuursovereenkomst voor het plan getekend door betrokken partijen. Rijkswaterstaat heeft haar voorbereiding en uitvoering van de natuurcompensatie overgedragen aan de Dienst Landelijk gebied (DLG) in juli 2008, maar is nog wel regiehouder gebleven.

In mei 2009 heeft DLG Royal Haskoning opdracht verleend voor ondersteuning in de planfase van de natuurcompensatie. In het kader van deze ondersteuning is een startnotitie voor een besluit-MER¹ geschreven. In de m.e.r.² worden verschillende varianten - waarvoor een voorontwerp is gemaakt - beoordeeld. Tevens wordt er een keuze gemaakt voor de meest milieuvriendelijke en de voorkeursvariant. Ten behoeve van het op te stellen projectplan dijkversterking wordt op basis van de voorkeursvariant van de besluit-MER een definitief ontwerp gemaakt.

1.2 Doel

In dit rapport worden het definitief ontwerp (D.O.) van de voorkeursvariant toegelicht. Dit geeft enerzijds betrokkenen inzicht in de gemaakte ontwerpkeuzes. Anderzijds kan een uitvoerende partij dit rapport gebruiken voor het maken van een passende aanbieding.

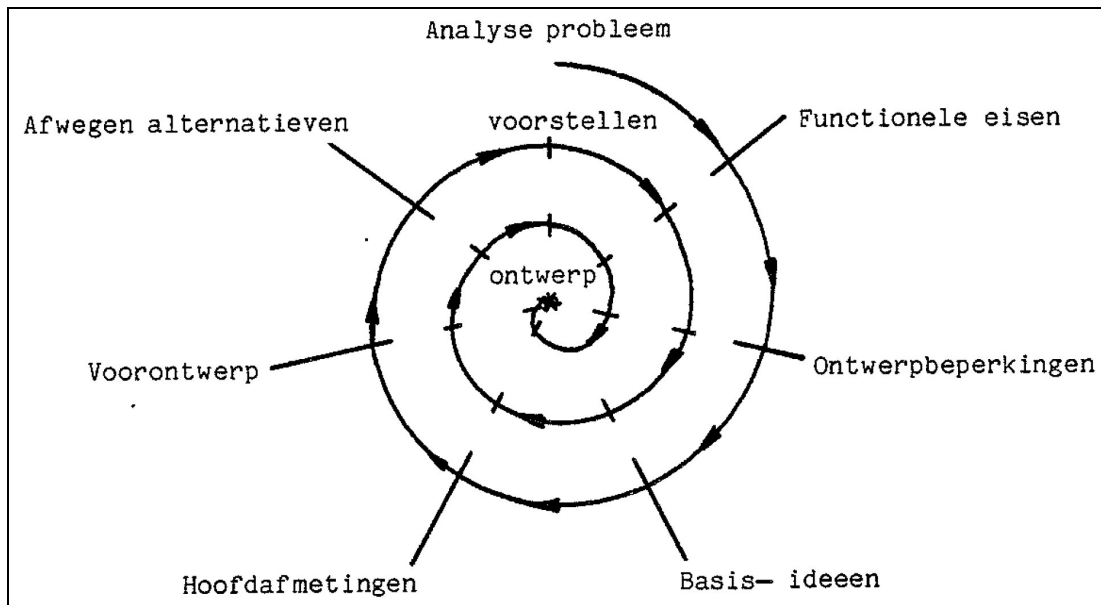
1.3 Werkzaamheden en aanpak

In dit rapport wordt het eindresultaat getoond van een nog niet afgerond ontwerpproces. Dit rapport is namelijk onderdeel van een d&c-contract (design & construct). De afronding van het ontwerpproces zal overgelaten worden aan een aannemende partij.

Het doel van het ontwerpen is om tot de voordeligste oplossing te komen uitgaande van de randvoorwaarden van de natuur en de wensen van de betrokken overheden. Aangezien er vele mogelijkheden zijn om invulling te geven aan het vraagstuk, is het vinden van de optimale oplossing niet eenvoudig. In een goed ontwerpproces wordt daarom gewerkt van grof naar fijn. In dat proces zullen bepaalde stappen meerdere malen doorlopen worden op, maar telkens op een hoger detailniveau. Het ontwerpproces heeft daarom een cyclisch karakter (zie Figuur 1.2). Om bij te dragen aan de keuze voor een optimale oplossing kunnen gedurende het ontwerpproces varianten gedefinieerd worden.

¹ MER staat voor Milieueffect Rapport

² m.e.r. staat voor milieueffectrapportage



Figuur 1.2 Ontwerpproces bij waterbouwkundige werken [TU Delft, 1984]

Sinds 1988 zijn alle landen in de Europese Unie verplicht om een regeling op te stellen voor het uitvoeren van een m.e.r.-procedure. In projecten verloopt steeds vaker een m.e.r.-procedure parallel aan een ontwerpproces. Daarnaast hebben deze procedure en dit proces steeds meer invloed op elkaar. In dit project is dit niet anders.

Voor het Besluit-MER zijn voorontwerpen van een aantal varianten gemaakt. Voor het D.O. is de kennis opgedaan tijdens het ontwikkelen van deze voorontwerpen gebruikt als basis voor verdere uitwerking. De keuzes die in die fase gemaakt zijn en van belang zijn voor het D.O. zullen in dit document worden gepresenteerd. Daar waar het niveau van het voorontwerp nog niet voldoende gedetailleerd was, zijn aanvullende werkzaamheden verricht om te komen tot een hoog genoeg detailniveau voor een projectplan dijkversterking.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de functionele eisen en randvoorwaarden besproken. De uitgangspunten voor deze ontwerpstudie worden genoemd in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 en 5 wordt een technische beschrijving van een typische doorsnede van het dijklichaam van respectievelijk het natuurgebied en de Veerhaven gegeven. Overige aspecten betreffende het ontwerp worden behandeld in hoofdstuk 6.

2 FUNCTIONELE EISEN & RANDVOORWAARDEN

2.1 Inleiding

Op basis van wensen van de opdrachtgever, beheerders en betrokken overheden zijn eisen gespecificeerd. Bij dit D.O. is getracht met een oplossing te komen die voldoet aan de gestelde eisen onder bepaalde randvoorwaarden.

In dit hoofdstuk worden de topeisen (functioneel) en randvoorwaarden beschreven die gebruikt zijn bij het maken van een ontwerp. Overige eisen en randvoorwaarden zullen beschreven worden in een Programma van Eisen (PvE).

De functionele eisen zijn beschreven in paragraaf 2.2. In paragraaf 2.3 zijn de toegepaste hydraulische randvoorwaarden toegelicht. De uitgangspunten zijn beschreven in paragraaf 2.4.

2.2 Functionele eisen

De volgende functionele eisen worden gesteld aan het ontwerp;

- Voor het creëren van buitendijkse natuur dient de huidige primaire waterkering langs de Westerschelde binnenwaarts te worden aangelegd;
- De waterkeringen dienen te voldoen aan de veiligheidsnorm uit de Wet op de Waterkering. Voor dit gebied geldt een norm met een gemiddelde overschrijdingskans per jaar van 1/4000;
- De primaire waterkeringen moeten voor een levensduur van 50 jaar worden ontworpen.

2.3 Hydraulische randvoorwaarden

De hydraulische randvoorwaarden die gebruikt zijn voor het ontwerp zijn getoond in bijlage 1. Deze zijn overgenomen uit [Royal Haskoning, 2007].

Enkele delen van de waterkeringen binnen het plangebied dienen aangepast te worden en andere nieuw aangelegd. Waterkering G is een waterkering die aangepast dient te worden. Bij de randvoorwaarden volgens [Royal Haskoning, 2007] zou de waterkering verhoogd dienen te worden. Er is daarom besloten om voor waterkering G nauwkeurigere randvoorwaarden voor golfoverslag te bepalen door waterstanden en golven aan windrichtingen te koppelen [Royal Haskoning, 2010]. Door de ligging van de waterkering is besloten om deze uitzondering op het robuuste uitgangspunt bij de aanpak van de bepaling van de hydraulische randvoorwaarden toe te staan. Deze speciale hydraulische randvoorwaarden zijn slechts bruikbaar voor overslagberekeningen en tevens getoond in bijlage 1.



Figuur 2.1 Verdeling van waterkering in projectgebied

Het plangebied strekt tot Noorden van de Veerhaven. Een gedeelte van de daar aanwezige dijk wordt aangevallen door golven direct vanuit de Westerschelde. Hiervoor zijn hydraulische randvoorwaarden van Projectbureau Zeeweringen genomen.

2.4 Uitgangspunten

De belangrijkste uitgangspunten voor het ontwerp zijn hieronder genoemd:

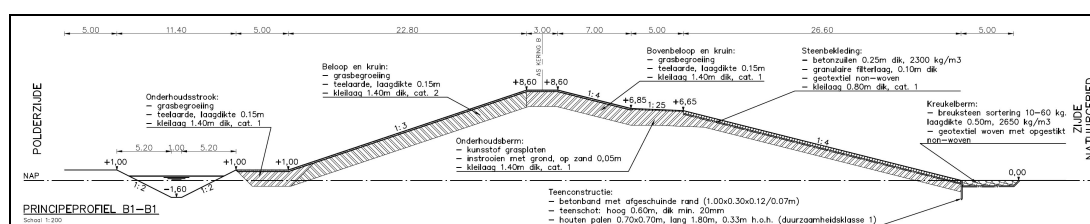
- Bij het ontwerp is uitgegaan van de volgende leidraden en technische rapporten:
 - Leidraad Zee - en Meerdijken;
 - Handleiding ontwerpen Projectbureau Zeeweringen;
 - Technisch rapport Steenzettingen;
 - Technisch rapport Asfalt voor Waterkeren;
 - Rock Manual;
 - CROW Handboek wegontwerp – Erftoegangswegen;
 - CROW Handboek fietspaden;
 - Voorschrift Toetsen op Veiligheid.
- De waterkeringen zijn ontworpen voor een overslagdebiet van 0,1 l/s/m bij de gegeven hydraulische randvoorwaarden. Een uitzondering is gemaakt voor het ontwerp van de waterkeringen bij 't Hart. Hier is een overslagdebiet van 1,0 l/s/m bij de gegeven randvoorwaarden toelaatbaar.
- De waterkeringen bij 't Hart worden zodanig ontworpen dat ze functioneren bij de beschreven hydraulische randvoorwaarden, zowel met als zonder aanwezigheid van het grondlichaam benodigd voor 't Hart van Perkpolder. Op deze wijze komt de veiligheid niet in gevaar tijdens de constructiefase wanneer blijkt dat de waterkering aangelegd wordt voordat 't Hart gebouwd is.
- Voor het ontwerp van de grasbekledingen is uitgegaan van een goede graskwaliteit. De beoordeling van de kwaliteit van het gras wordt in de huidige toetsmethodiek voornamelijk gedaan op basis van het beheer.
- Er wordt getracht om de te ontgraven grond voor het natuurgebied te gebruiken voor de aanleg van de dijken. Om kwalitatief goede grond te gebruiken is het toegestaan om grond op een andere locatie in het gebied te ontgraven en vervolgens met ander grondmateriaal uit het gebied aan te vullen ('omputten'). Het omputten mag maximaal tot een niveau van NAP – 2,0 m uitgevoerd worden.

3 PRINCIPEDOORSNEDE NATUURGEBIED

3.1 Inleiding

Voor het ontwerp van de primaire waterkeringen is uitgegaan van een typische dwarsdoorsnede voor een dijk ('principeddoorsnede'), die vervolgens aan de lokale situaties in de deelgebieden is aangepast.

In dit hoofdstuk wordt ontwerpkeuzes voor de principeddoorsnede voor het natuurgebied (zie Figuur 3.1) toegelicht. De elementen van de principeddoorsnede worden per paragraaf toegelicht.



Figuur 3.1 Dwarsdoorsnede principeddoorsnede (waterkering B), 9T9564.B0_2332_501

3.2 Kruin

Voor het niveau van de kruin is uitgegaan van een toelaatbaar overslagdebiet van 0,1 l/s/m bij de gegeven hydraulische randvoorwaarden (zie bijlage 1). Voor de voorgestelde dwarsdoorsnede leidt dit tot een kruinhoogte van NAP + 8,60 m.

3.3 Binnentalud

Het binnentalud verloopt onder een helling van 1:3 met gras als bekleding. Onder een toplaag van teelaarde met een laagdikte van 0,15 meter, zal een kleilaag worden aangebracht met een laagdikte van 1,4 meter en klei van minimaal erosiebestendigheidsklasse 2. Bij de teen van het binnentalud dient klei met erosiebestendigheidsklasse 1 toegepast te worden, omdat deze zone het sterkst aangevallen wordt tijdens golfoverslag.

Uitgaande van goed beheerde grasmat en een overslagdebiet van 0,1 l/s/m zal erosie als gevolg van de golfoverslag dan voorkomen worden.

3.4 Bovenbeloop

Voor het bovenbeloop is gekozen voor een grasbekleding onder een talud van 1:4. Onder een toplaag van teelaarde met een laagdikte van 0,15 meter, zal een kleilaag worden aangebracht met een laagdikte van 1,4 meter en klei van erosiebestendigheidsklasse 1. In deze zone is golfoploop het maatgevende faalmechanisme.

Voorgesteld ontwerp voldoet bij een talud van 1:3 volgens de in de Leidraad Zee- en Meerdijken gepresenteerde methodiek (zie bijlage 2).

3.5 Stormvloedberm

De breedte van de stormvloedberm is 5 meter. Op deze wijze is er voldoende ruimte voor een onderhoudspad. Het talud van de berm is 1:25.

De sterkte van de berm zal geleverd worden door grasplaten gevuld met grond op een laag van 0,05 meter zand. Hieronder zal zich een kleilaag bevinden met een laagdikte van 0,8 meter en wederom met klei van erosiebestendigheidsklasse 1.

Daar waar de stormvloedberm tevens als fietspad dient, zal de toplaag van de berm bestaan uit een asfaltverharding met een laagdikte van 0,06 meter. Daaronder zal betonpuin (en/of fosforslakken) worden aangebracht met een laagdikte van minimaal 0,4 meter als funderingsmateriaal. Daaronder bevindt zich tevens een kleilaag met een laagdikte van 0,8 meter en erosiebestendigheidsklasse 1.

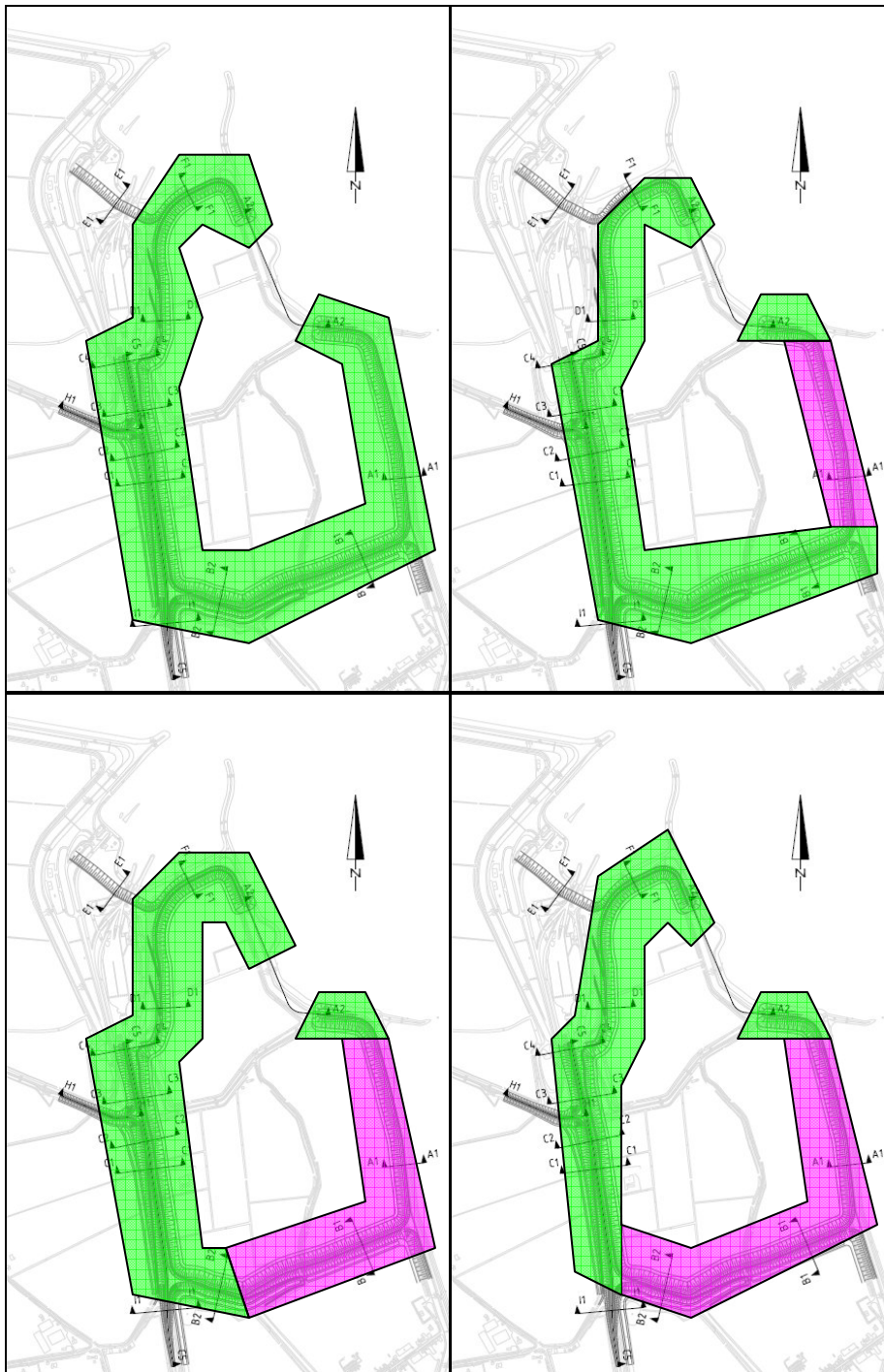
3.6 Benedenbeloop

Het benedenbeloop heeft een talud van 1:4. In principe wordt op het benedenbeloop een steenbekleding toegepast. De laagdikte van deze stenen dient 0,20 meter te zijn bij waterkering A. Bij de andere waterkeringen is de minimaal benodigde laagdikte van de steenbekleding 0,25 meter. Onder de steenbekleding wordt een granulaire laag aangebracht van 0,10 meter. Daaronder bevindt zich een non-woven geotextiel. De onderlaag zal bestaan uit een kleilaag met een laagdikte van 0,8 meter en erosiebestendigheidsklasse 1. Met behulp van de voor het ontwerp van steenbekledingen ontwikkelde computersoftware ANAMOS is bovengenoemd ontwerp getoetst. Voor meer toelichting op de uitgangspunten voor deze berekening, zie bijlage 2.

Bij waterkering A en waterkering B mag op een bepaald traject een grasbekleding met een relatief dikke kleilaag (ca. 2,5 meter) toegepast worden. Deze wordt de 'kleidijk' genoemd. Mocht gekozen worden voor deze optie dan geldt de volgende voorwaarde:

- De grasbekleding met relatief dikke onderlaag dient aan te vangen bij as A – 230 (tek. nr. 9T9564.B0_2332_101);
- De grasbekleding met relatief dikke onderlaag dient te eindigen bij as A – 825, of As B - 560, of As B - 765.

Dit is in Figuur 3.2 visueel en schematisch in bovenaanzicht toegelicht.



Figuur 3.2 **Mogelijkheden voor bekleding (zone groen = steen, zone roze = grasbekleding met relatief dikke kleilaag)**

Bij een kleidijk bestaat de toplaag uit teelaarde met een laagdikte van 0,15 meter. De onderlaag bestaat uit een kleilaag van 2,35 meter. Deze bekleding is getoetst aan de hand van het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) en de Handleiding Ontwerpen van Projectbureau Zeeweringen.

Het onderste gedeelte van het benedenbeloop van teen tot NAP + 2,0 meter (GHW – 0,5m) zal voorzien worden van een gepenetreerde breuksteen bekleding. Er wordt een steensortering van 10 – 60 kg toegepast.

3.7 Kreukelberm

Het ontwerp van een teenbestorting (zoals een kreukelberm) wordt meestal gedaan op basis van ervaring [TAW, 2003]. Het waterschap heeft in samenspraak met projectbureau Zeeweringen aangegeven dat een kreukelberm van 5 meter breedte gebruikelijk is in dit gebied. Daarom is voor het ontwerp uitgegaan van deze breedte voor een kreukelberm. Deze kreukelberm wordt op gemiddeld zeeniveau (NAP) aangelegd. Daardoor is de teen bereikbaar voor onderhoud tijdens laagwater.

De kreukelberm zal bestaan uit een geotextiel met daarop breuksteen met een laagdikte van 0,5 meter en een steensortering 10-60 kg. Een dergelijke steensortering voldoet bij een significante golfhoogte lager dan 2 meter [TAW, 2003]. In dit gebied is de golfhoogte lager dan 2 meter, dus voldoet een steensortering van 10-60 kg. Er dient een wovon met opgestikt non-wovon geotextiel onder de breuksteen aangebracht te worden.

3.8 Samenvatting bekledingen

In Tabel 3.1 is de opbouw van de bekledingen van de principedoorsnede weergegeven.

Tabel 3.1 Opbouw bekledingen principedoorsnede

Laag	Binnentalud	Kruin & Bovenbeloop	Berm	Benedenbeloop	Teen
Toplaag	Teelaarde 0,15 meter dik met grasbegroeiing	Teelaarde 0,15 meter dik met grasbegroeiing	Kunststof grasplaten Instrooien met grond	Betonzuilen, 30 centimeter dik, 2300 kg/m ³	Breuksteen 10 – 60 kg, laagdikte 0,5 meter
Filterlaag	-	-	zand 0,05 meter dik	Granulaire filterlaag 0,10 m dik.	Geotextiel wovon met opgestikt non-wovon
Filterlaag 2	-	-	-	Geotextiel non-wovon	-
Onderlaag	Kleilaag 1.4 meter dik, cat. 2 (cat.1 bij teen)	Kleilaag 1.4 meter dik, cat. 1	Kleilaag 1.4 meter dik, cat. 1	Kleilaag 0,8 m dik, cat. 1	-

Een toelichting op de opbouw van de bekledingen die bij uitzondering gebruikt worden, zijn getoond in Tabel 3.2. Dit is ten eerste de berm die tevens dient als fietspad bij waterkering C en D. Ten tweede mag bij waterkering op het benedenbeloop een kleibekleding worden toegepast.

Tabel 3.2 Alternatieven opbouw bekledingen principedoorsnede

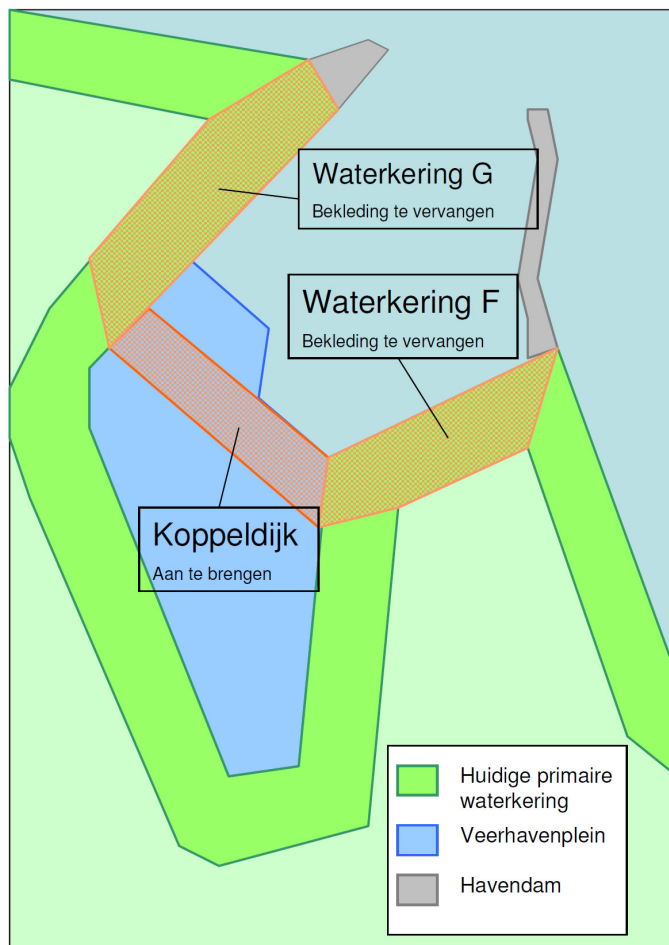
Laag	Berm	Benedenbeloop (vanaf NAP + 2,0)	Benedenbeloop (tot NAP + 2,0)
	<i>Waterkering C en D</i>	<i>waterkering A en B (mogelijk)</i>	<i>waterkering A en B (mogelijk)</i>
Toplaag	Asfaltverharding; 0,06 m dik Kleilaag 0,8 m dik	Teelaarde 0,15 meter dik met grasbegroeiing	Gepenetreerde breuksteen (vol en zat), steensortering 10 – 60 kg. Laagdikte 0,5 meter
Filterlaag	Fosforslak (hydraulisch bindend sortering 0 / 45 mm) /betonpuin; min. 0.4 m dik ³	-	Geotextiel woven
Filterlaag 2	Geotextiel woven	-	-
Onderlaag	Kleilaag 0,8 meter dik, cat. 1	Kleilaag 2,35 meter dik, cat. 1	Kleilaag 0,8 meter dik, cat. 1

³ Feitelijk een funderingslaag en geen filterlaag.

4 PRINCIPEDOORSNEDE VEERHAVEN

4.1 Inleiding

Aan weerszijden van de Veerhaven is al een primaire waterkering aanwezig. De bekledingen van deze dijken voldoen echter niet aan de huidige normen en dienen vervangen te worden. Op het plein van de Veerhaven zal een terp aangebracht worden, genaamd 't Hart. Om deze stormbestendig te maken, wordt een waterkering aan de Noordzijde van 't Hart geplaatst. Deze wordt de Koppeldijk genoemd. In Figuur 4.1 is een schematisch bovenaanzicht gegeven van de veerhaven.



Figuur 4.1 Schetsmatig bovenaanzicht Veerhaven

In deze paragraaf wordt toegelicht welke onderdelen behouden worden, welke vervangen en welke opnieuw aangelegd.

4.2 Te behouden

Het dijkprofiel van waterkering F en G met haar grondlichaam en kruin blijft aan de Veerhavenzijde behouden.

4.3 Aan te brengen

Waterkering E (Koppeldijk) dient aangebracht te worden aan de Noordzijde van het plein van de Veerhaven. Deze krijgt een kruinniveau van NAP + 8,60 meter en sluit daarmee aan op waterkering D. Het buitentalud van deze dijk wordt onder een talud van 1:4 gelegd. Het binnentalud wordt 1:2. De stabiliteit van deze constructie wordt verzekerd wanneer 't Hart wordt aangebracht⁴. Het buitentalud wordt bekleed met gepenetreerde breuksteen (vol en zat). De opbouw van deze bekleding is getoond in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Opbouw bekleding Koppeldijk

Laag	Beschrijving
Toplaag	Gepenetreerde breuksteen (vol en zat), steensortering 10 -60 kg
Filterlaag	Geotextiel woven
Onderlaag	Kleilaag, 0,8 meter dik, cat. 1

4.4 Te vervangen

De steenbekledingen op het benedenbeloop bestaande uit betonblokken van 20 centimeter dikte dienen vervangen te worden voor betonzuilen. Bij waterkering F dienen deze een dikte te hebben van 20 centimeter, bij waterkering E van 25 centimeter dikte en bij waterkering G van 30 centimeter dikte.

De bekleding van het havenplateau – op dit moment voornamelijk gras – is te zwak. Er wordt voorgesteld deze te vervangen voor waterbouwasfaltbeton. De dikte van het waterbouwasfalt bedraagt 0,20 meter.

De grasbekleding op het bovenbeloop bij waterkering F en G dient tot een niveau van respectievelijk NAP + 7,2 m en NAP + 7,3 m vervangen te worden voor een open steenasfaltbekleding. De open steenasfalt wordt vervolgens afgedekt met teelaarde en ingezaaid met gras zodat de dijk zijn groene karakter behoudt.

In Tabel 4.2 zijn de aan te brengen lagen per bekleding aangegeven.

Tabel 4.2 Opbouw te vervangen bekledingen

Laag	Bovenbeloop	Berm / Havenplateau	Benedenbeloop
Toplaag	Open steenasfalt, 35 centimeter dik, steengradering 11/16 met een laag teelaarde 0,15 voor grasbegroeiing	Waterbouwasfaltbeton 0,20 meter dik	Betonzuilen, 20 (F), 25 (E), 30 (G) centimeter dik
Filterlaag	Geotextiel woven	Geotextiel woven	Granulaire filterlaag 0,10 m dik.
Filterlaag (2)			Geotextiel non-woven
Onderlaag	Kleilaag 0,8 m dik, cat. 1	Kleilaag 0,8 m dik, cat. 1	Kleilaag 0,8 m dik, cat. 1

⁴ De Koppeldijk hoeft slechts te functioneren wanneer 't Hart er is, de achterliggende dijken kunnen tot deze tijd het achterland beschermen.

5 ONTWERP

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de onderdelen van het plan toegelicht. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de vorige hoofdstukken en wordt veelvuldig daarnaar verwezen.

Hieronder is aangegeven welk onderdeel in welke paragraaf wordt behandeld.

- Primaire waterkeringen (paragraaf 5.2)
- Natuurgebied (paragraaf 5.3)
- Bres (paragraaf 5.4)
- Infrastructuur (paragraaf 5.5)
- Waterhuishoudkundig systeem (paragraaf 5.6)
- Kabels en leidingen (paragraaf 5.7)
- Uitvoeringsaspecten (paragraaf 5.8)

5.2 Primaire waterkeringen

5.2.1 Zuidoostelijke waterkering (A)

Deze waterkering fungeert nu als primaire waterkering en zal na realisatie van de bres als dam gaan fungeren. In overleg met het Waterschap is besloten dat de steenbekleding en het dijkprofiel aan de Westerschelde niet aangepast dienen te worden.

Aan de zijde van het natuurgebied dient het dijklichaam voorzien te worden van een berm, een bekleding op het benedenbeloop en een kreukelberm. Deze zijn elementen zijn overgenomen van de principedoorsnede (berm, zie paragraaf 3.5; benedenbeloop, zie 3.6; kreukelberm, zie 3.7).

Aanvullend op de toetsing van de stabiliteit van de bekledingen aan de zijde van het natuurgebied, is de stabiliteit van de taluds bij overslag getoetst (zie bijlage 2). Deze blijken te voldoen.

5.2.2 Zuidelijke waterkering (B)

Deze waterkering zal nieuw aangelegd dienen te worden. De dwarsdoorsnede komt voor het grootste deel overeen met de principedoorsnede. Vanaf de Mariadijk⁵ zal een fietspad worden aangebracht richting de provinciale weg. Meer toelichting op het ontwerp van het fietspad wordt gegeven in paragraaf 5.5.3.

5.2.3 Westelijke waterkering (C)

Bovenop deze waterkering zullen een erftoegangsweg en een fietspad aangelegd worden die 't Hart van Perkpolder ontsluit. De kruin van deze dijk is daardoor breder. Nabij 't Hart neemt de kruinhoogte toe van een voldoende waterkerend niveau (NAP + 8,60m) tot de aanleghoogte van 't Hart (NAP + 10 m) ten behoeve van het verkeer. Het dijklichaam wordt hierdoor breder.

⁵ een oude dijk – nu secundaire kering - ten zuiden van deze waterkering B

Meer toelichting op het ontwerp van de erftoegangsweg en het fietspad worden gegeven in respectievelijk paragraaf 5.5.1 en paragraaf 5.5.3. Het ontwerp van het binnen- en buitentalud is overgenomen van de principedoorsnede.

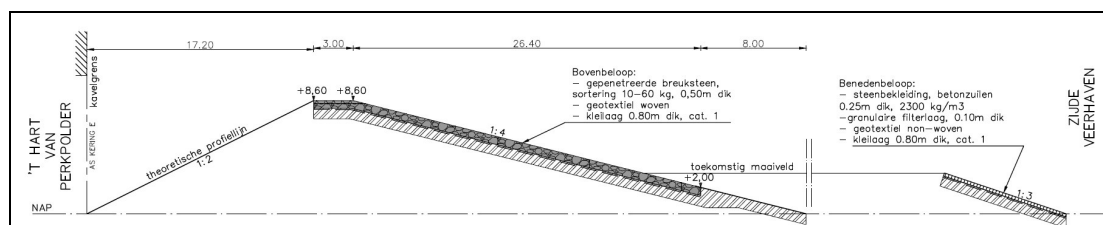
5.2.4 Waterkering 't Hart (D)

Deze waterkering zal na realisatie van het project tegen 't Hart aanliggen. Het ontwerp van de kruin, het bovenbeloop, de stormvloedberm, het benedenbeloop en de kreukelberm zijn overgenomen van de principedoorsnede. In de uiteindelijke situatie zal er geen binnentalud zijn, aangezien het grondlichaam van 't Hart hier ligt. Tevens zal binnenwaarts vanaf de kruin het niveau nog toenemen tot het niveau van 't Hart (NAP + 10m⁽⁶⁾).

Voor toetsing op de mogelijke faalmechanismen van de dijk is uitgegaan van een situatie waarbij het grondlichaam nog niet aanwezig is (zie hoofdstuk 2.4).

5.2.5 Koppeldijk (E)

Om 't Hart stombestendig te maken, zal tussen waterkering F en G een nieuwe waterkering aangelegd worden. Deze waterkering is uitgezet vanaf de kavelgrens voor de nieuw aan te leggen woningen op 't Hart (zie Figuur 5.1). Een beschrijving van deze dijk is gegeven in paragraaf 4.3. De bekleding van het benedenbeloop dient vervangen te worden voor een steenbekleding met betonzuilen van 25 centimeter dikte. Een beschrijving hiervan is te vinden in paragraaf 4.4.



Figuur 5.1 Dwarsdoorsnede Koppeldijk (waterkering E)

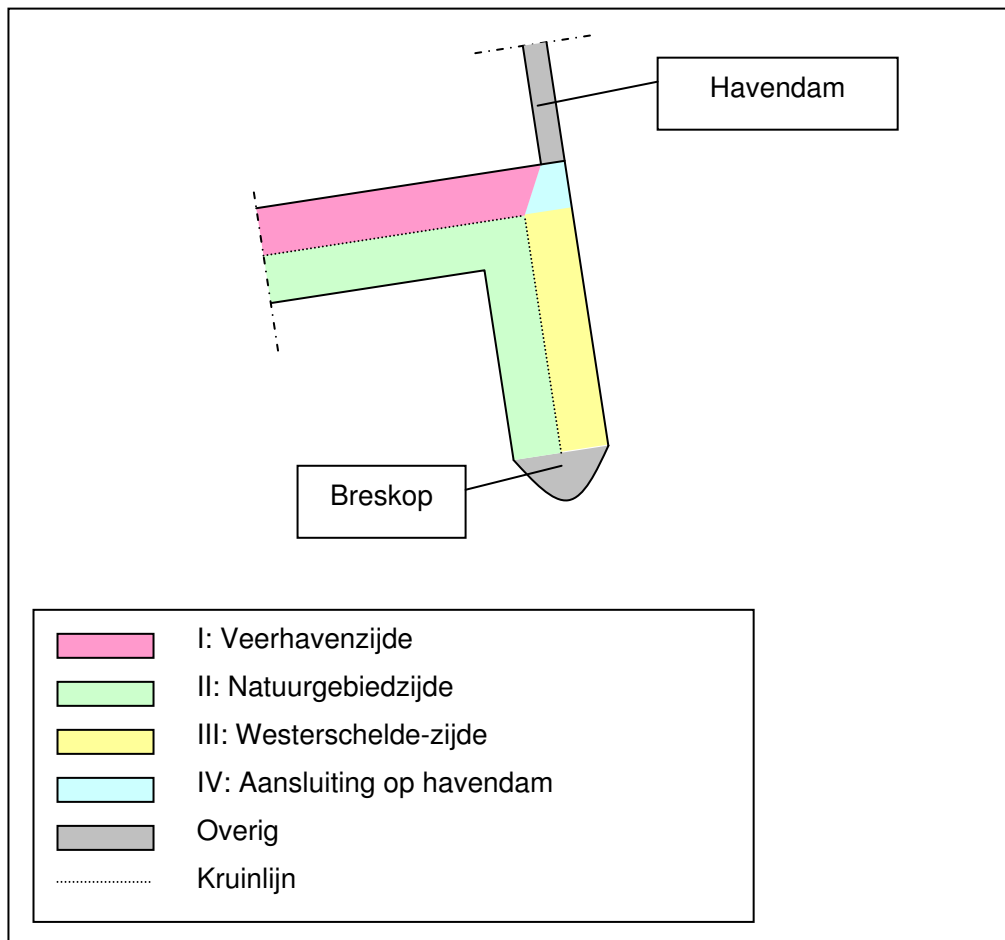
5.2.6 Noordelijke waterkering (F)

Deze waterkering fungeert nu als primaire waterkering en zal na realisatie van de bres als dam gaan fungeren. Dit betekent dat aan alle zijden de waterkering belast zal worden door waterstand en golven. Er worden vier deelgebieden onderscheiden, die verschillen in hydraulische belasting.

- Deelgebied I : Veerhavenzijde
- Deelgebied II : Natuurgebiedzijde
- Deelgebied III : Westerschelde-zijde
- Deelgebied IV : Aansluiting op havendam

De deelgebieden zijn getoond in een schematisch bovenaanzicht in Figuur 5.2.

⁶ Na realisatie zou dit gezien kunnen worden als de kruin. Uitgangspunt is echter dat de waterkering kan functioneren zonder het grondlichaam t.b.v. 't Hart.



Figuur 5.2 Schetsmatig bovenaanzicht waterkering F

Deelgebied I (Veerhaven) heeft een goed dijkprofiel en dit hoeft daarom niet aangepast te worden. De bekledingen dienen echter vervangen te worden. Voor meer toelichting wordt hierop wordt verwezen naar paragraaf 4.4.

Deelgebied II (natuurgebied) is in de huidige situatie binnentalud en zal in de toekomstige situatie ook als buitentalud fungeren. Deze zal daarom voorzien worden van een berm, een bekleding op het benedenbeloop en een kreukelberm. Deze elementen zijn overgenomen van de principeddoorsnede (berm, zie paragraaf 3.5; benedenbeloop, zie 3.6; kreukelberm, zie 3.7).

Deelgebied III (Westerschelde) heeft al een verbeterde bekleding tot dijkpaal 261 (+40m). In overleg met het Waterschap is besloten dat dit gedeelte van de waterkering niet zal worden aangepast.

Deelgebied IV (Aansluiting op havendam) is onderdeel van een scherpe bocht in de primaire waterkering. Veel ontwerp- en toetsregels zijn beschreven niet bedoeld voor de bochten in de primaire waterkering. Hier is daarom gekozen voor een robuuste oplossing. De steenbekledingen en de asfaltbekledingen worden daarom ruim doorgezet.

5.2.7 Waterkering Veerhaven – Westelijk Perkpolder (G)

Deze waterkering fungeert nu als primaire waterkering en behoudt na realisatie van het plan haar functie. Voor deze waterkering worden slechts bekledingen vervangen en blijft het profiel in tact⁷. Voor meer toelichting hierop wordt verwezen naar paragraaf 4.4.

5.3 Natuurgebied

Uitgangspunt voor de bodemligging is dat de geulen dieper en breder worden aangelegd dan van nature te verwachten is. Daardoor zullen de geulen na aanleg allereerst verzanden alvorens ze zullen verplaatsen in horizontale richting. Er worden drie typen geulen aangelegd. De doorsnedenafmetingen van deze geulen zijn weergegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Afmetingen geulen

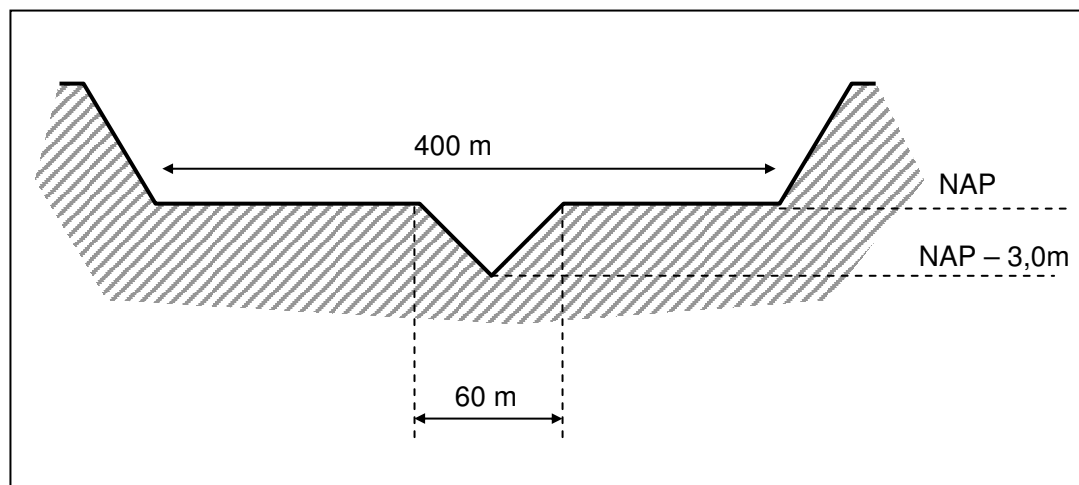
Type	Diepte	Breedte bodem	Talud oever
1	NAP – 1,50 m	10,0	1:10
2	NAP – 1,25 m	5,0	1:10
3	NAP – 1,00 m	2,5	1:10

Het geulenpatroon is ontworpen op basis van andere slikken- en schorregebieden.

5.4 Bres

5.4.1 Doorstroomprofiel

De bres zal tot een niveau van NAP ontgraven worden voor een breedte van 400 meter. In het midden van de bres wordt een getijgeul gegraven tot NAP – 3 m bij het diepste punt en vanuit daar een met 1:10 verlopen talud. De breedte wordt daardoor 60 meter breedte. Het aan te leggen doorstroomprofiel is weergegeven in Figuur 5.3.



Figuur 5.3 Schematisch doorstroomprofiel bres

⁷ In deelgebied II zijn voor het bepalen van de kruinhoogte speciale hydraulische randvoorwaarden gebruikt (zie bijlage 1), die slechts gelden voor bepaling van golfoverslag. Daaruit is geconcludeerd dat de kruin niet verhoogd hoeft te worden. Om de overslag te beperken zal een berm worden aangelegd op het niveau van het ontwerppeil (NAP + 6,65m).

5.4.2 Breskoppen

De breskoppen dienen de dynamiek van de getijgeul beperkt te houden tot binnen de bres. De teenverdediging wordt daarom geplaatst tot een diepte van NAP – 5,0 m. Daarna zal de teenverdediging onder een talud van 1:10 verlopen tot een niveau van NAP – 3,5 meter. Deze 15 meter brede teenverdediging wordt bekleed met breuksteen met een steensortering van 10-60 kg op een geotextiel. Het benedenbeloop zal tot NAP bestaan uit breuksteen met een steensortering van 40 – 200 kg met daaronder een granulaire laag van 40 – 100 mm en daaronder een geotextiel. Het benedenbeloop zal vanaf NAP tot de berm worden bekleed met een steenbekleding met betonzuilen met een dikte van 30 centimeter. De berm zal bestaan uit asfalt met een laagdikte van 0,06 m meter. Op het bovenbeloop zal een grasbekleding worden aangebracht. Een beschrijving van alle bekledingen is gegeven in Tabel 5.2. In tekening 9T9564.B0_2332_501 is een dwarsdoorsnede van de breskop te zien.

Tabel 5.2 Opbouw bekledingen

Laag	Kruin & Bovenbeloop	Berm	Benedenbeloop (Berm tot NAP)	Benedenbeloop (NAP tot teen)	Teen
Toplaag	Teelaarde 0,15 meter dik met grasbegroeiing	Asfalt	Betonzuilen, 30 centimeter dik	Breuksteen 60 - 300 kg, laagdikte 1,0 meter	Breuksteen 10 – 60 kg, laagdikte 0,5 meter
Filterlaag	-	Fosforslak (hydraulisch bindend sortering 0 / 45 mm) /betonpuin; min. 0.4 m dik; ⁸	Granulaire filterlaag 0,10 m dik.	Geotextiel woven met opgestikt non-woven	Geotextiel woven met opgestikt non-woven
Filterlaag 2	-	-	Geotextiel non-woven	-	-
Onderlaag	Kleilaag 1.4 meter dik, cat. 1	Kleilaag 1.4 meter dik, cat. 1	Kleilaag 0,8 m dik, cat. 1	-	-

5.5 Infrastructuur

5.5.1 Erftoegangsweg

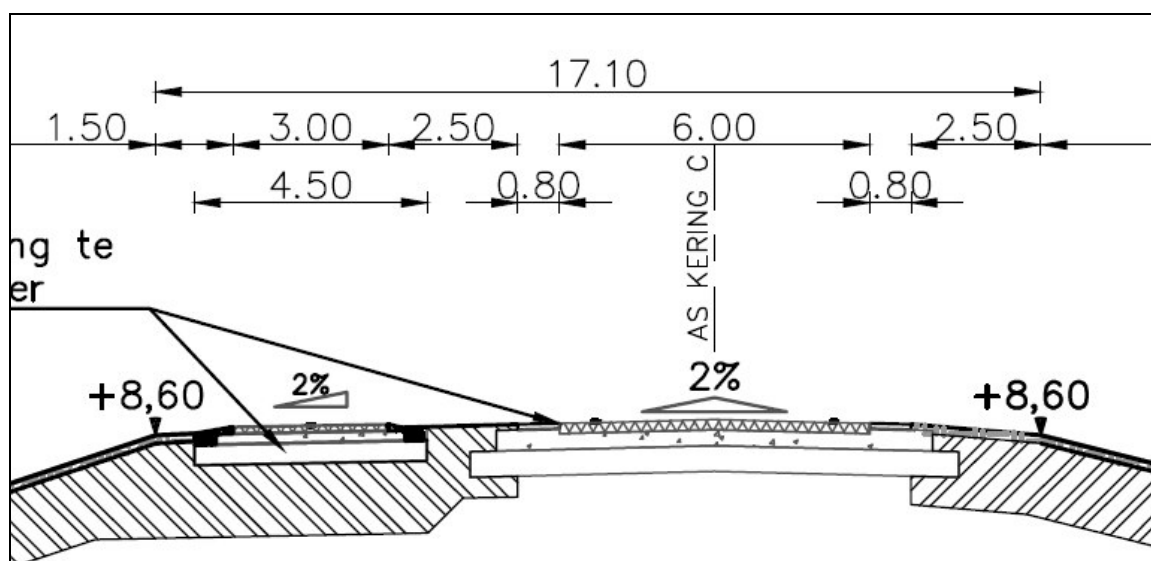
Ter plaatse van de huidige Provinciale weg (N689) zal waterkering C komen te liggen. Dit betekent dat de bestaande infrastructuur hier geheel moet verdwijnen. Op de kruin van waterkering C zal een erftoegangsweg worden aangelegd om 't Hart te ontsluiten. Bij de bepaling van het tracé is rekening gehouden met aansluiting op de westelijke baan van de N689 en een zichtlijn vanuit 't Hart van Perkpolder. Overige uitgangspunten voor het wegontwerp zijn gegeven in Tabel 5.3.

⁸ Feitelijk geen filterlaag, maar een funderingslaag.

Tabel 5.3 Uitgangspunten wegontwerp N689

Beschrijving	Waarde
Voetboog	1250 meter
Topboog	2500 meter
Minimale horizontale boogstraal	500 meter
Maximaal hellingspercentage	4 %

Het profiel van vrije ruimte is in overleg met de Provincie Zeeland afgestemd en weergegeven in Figuur 5.4.


Figuur 5.4 Profiel van vrije ruimte op waterkering C

5.5.2 Kalverdijk West

Om de erftoegangsweg aan te laten sluiten op de Kalverdijk West wordt een nieuwe oprit aangelegd. De wegverharding op deze oprit krijgt een breedte van 6 m (rijbaan van 4,5m breed met aan weerszijden fietssuggestiestroken van 1,25 m breed). Met aan weerszijden bermen van 1,5m breed komt de totale breedte van de kruin op 9 m. Hierbij is rekening gehouden met de toekomstige verbreding van de Kalverdijk West in noordelijke richting (ontwikkeling van Westelijk Perkpolder). De as van de nieuw te bouwen oprit is hier ook op uitgezet.

Tabel 5.4 Uitgangspunten wegontwerp Kalverdijk

Beschrijving	Waarde
Voetboog	1000 meter
Topboog	2000 meter
Minimale horizontale boogstraal	500 meter
Maximaal hellingspercentage	4 %

De constructieopbouw (wegverharding en funderingen) van de wegen wordt niet voorgeschreven, hier wordt in het D&C contract verwezen naar het Handboek Wegontwerp (uitgave van het CROW).

5.5.3 Fietspaden

Er zullen twee fietspaden worden aangelegd. Er komt een utilitair fietspad aan de westzijde van de erftoegangsweg waardoor het Hart wordt aangesloten op de fietsverbinding richting Kloosterzande. Daarnaast komt er een recreatief fietspad dat aansluit op de fietsverbinding vanuit Walsoorden. Dit fietspad loopt vanaf de Mariadijk richting de stormvloedberm van waterkering C en vervolgens naar 't Hart en de westelijke breskop. Beide fietspaden worden 3m breed (ter plaatse van de stormvloedberm 5m breed). De gehanteerde uitgangspunten voor het ontwerp van de fietspaden zijn getoond in Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Uitgangspunten fietspadontwerp

Beschrijving	Waarde
Minimale horizontale boogstraal	6 meter
Maximaal hellingspercentage	2 %
Gedeelte dat vlak aangelegd dient te worden (om 8 meter te overbruggen)	25 meter

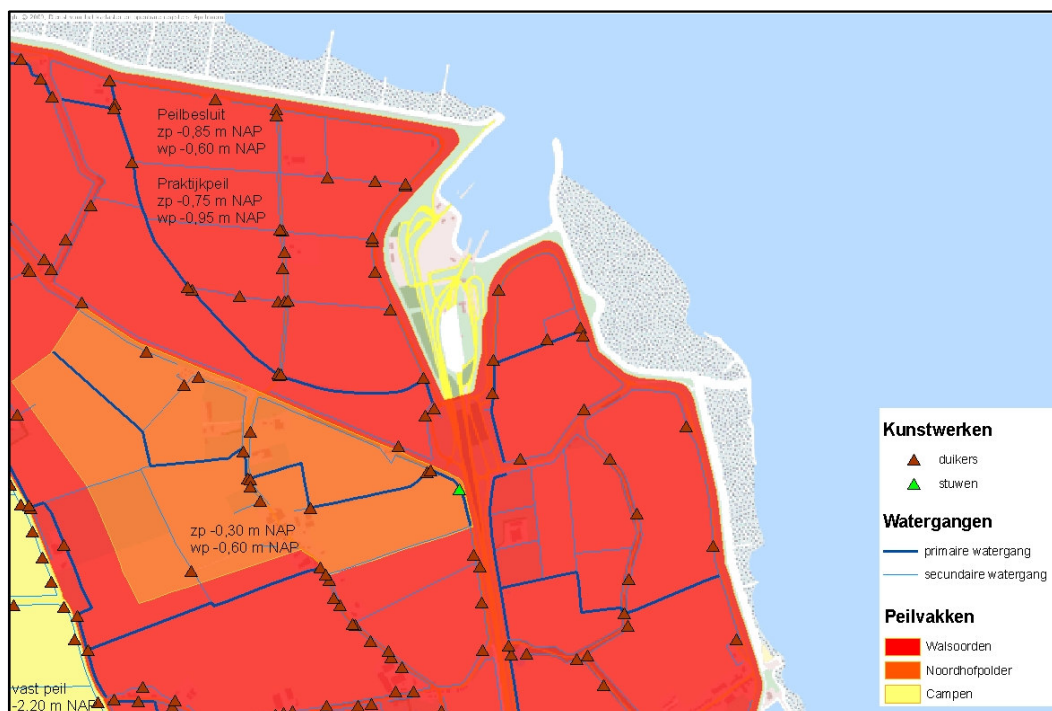
Ook voor de fietspaden geldt dat de constructieopbouw (wegverharding en funderingen) niet wordt voorgeschreven.

5.6 Waterhuishoudkundig systeem

5.6.1 Peilgebieden

Huidige situatie

De Perkpolder ligt in een groot peilgebied (Walsoorden) met streefpeil NAP -0,85/-1,10 m (zomerpeil/ winterpeil). Door de vele duikers die zich in het grote peilvak bevinden, is het praktijkpeil in dit peilgebied ongeveer 35 centimeter hoger dan het streefpeil. Direct ten zuiden van de Perkpolder ligt een klein peilgebied met een hoger peil, NAP -0,30/-0,60 m (zomerpeil/ winterpeil), zie afbeelding Figuur 5.5. Het peil in dit peilvak wordt gehandhaafd door één handmatig bediende klepstuw.



Figuur 5.5 Streefpeilen en waterlopen Perkpolder en omgeving

De Perkpolder ontvangt water van de noordwestelijk gelegen Kievitpolder en de natuurgebieden bovenstrooms. Dat water stroomt het gebied binnen via een duiker door de polderdijk. Via de hoofdwatgang stroomt het water naar het Zuidoosten van de Westelijke Perkpolder, waar het via een duiker onder het veerplein door naar de Oostelijke Perkpolder wordt getransporteerd. Van daaruit stroomt het (samen met de afvoer uit de binnen het plangebied gelegen gedeeltes van de Noordhofpolder en de Noorddijkpolder) door de parallel aan de oostelijk van de N689 gelegen watgang richting het Zuiden. De hoofduitlaat van water is via het gemaal van Campen.

Toekomstige situatie

In de Oostelijke Perkpolder, Noordhofpolder en Noorddijkpolder wordt als gevolg van de aanpassing van de waterkering een buitendijks natuurgebied gerealiseerd. Het toekomstige waterpeil in dit buitendijkse natuurgebied komt onder directe invloed van eb en vloed te staan en zal gemiddeld hoger zijn dan het huidige polderpeil. Dit komt doordat in de toekomstige situatie dit gebied in directe verbinding staat met de Westerschelde. De bestaande watgangen in het nieuwe buitendijkse natuurgebied zullen verdwijnen en er is geen sprake meer van waterafvoer via het gemaal van Campen.

De hoofdwatgang / kwelsloot westelijk van de nieuw aan te leggen waterkering B (t.p.v. de huidige N689) en zuidelijk van de Kalverdijk West wordt gedeeltelijk aangelegd in het bestaande peilgebied Noordhofpolder. Dit betekent dat de rand van het peilgebied Noordhofpolder een lager peil krijgt, namelijk NAP - 0,80 m (toekomstig peil Westelijk Perkpolder). Hiervoor moet een nieuw peilbesluit worden opgesteld en vastgesteld.

De overige watgangen behouden het huidige peil van peilgebied Walsoorden.

5.6.2 Graven nieuwe watergangen

Het zuidelijke deel van de Noorddijkpolder hoort niet tot het nieuwe buitendijkse natuurgebied. Hier zal het waterpeil gelijk blijven aan de huidige situatie en zal de waterafvoer worden aangepast. Deze zal in de toekomstige situatie plaatsvinden via de nieuw aan te leggen hoofdwaterring / kwelsloot aan de teen van de eveneens nieuw aan te leggen waterkering B. Aanpassingen aan het bestaande drainagesysteem in dit gebied zijn benodigd omdat de drainage wordt aangetast bij het graven van de nieuwe watergang.

Ook de afwatering uit de Westelijke Perkpolder, die in de huidige situatie via de watergang ten oosten van de N689 plaatsvindt, zal worden aangepast. In de toekomstige situatie wordt de oostelijk van de N689 gelegen watergang verlegd naar de westzijde van de eveneens nieuw aan te leggen waterkering C (deze waterkering komt ter plaatse van de huidige N689).

Aanpassingen aan het bestaande drainagesysteem in dit gebied zijn benodigd omdat de drainage moet worden doorgetrokken onder de nieuw aan te leggen onderhoudsstrook bij het graven van de nieuwe watergang. Mogelijk is tevens herdrainage benodigd in het peilgebied Noordhofpolder als gevolg van de peildaling bovenstrooms van de stuw.

Toegang tot de aangrenzende percelen zal plaatsvinden middels de aan de watergang aangrenzende 5 meter brede onderhoudsstrook.

De watergangen moeten voldoen aan de minimale ontwerpprofielen voor watergangen volgens de Keur van het Waterschap.

5.6.3 Duikers

Omdat de oostelijk van de N689 gelegen watergang wordt verlegd naar de westzijde van de eveneens nieuw aan te leggen waterkering C, zijn hier twee duikers benodigd.

De eerste duiker wordt aangelegd onder de Kalverdijk West en zorgt voor de afwatering van Westelijk Perkpolder op de nieuw aan te leggen hoofdwaterring / kwelsloot. Deze duiker wordt uitgevoerd in beton. De binnenafmeting is rond 1250 mm en de lengte is 47 meter. Aan de in- en uitstroomzijde wordt respectievelijk een in- en uitstroombak aangebracht. Omdat de Kalverdijk West een regionale kering is en de kade dus ook bestand moet zijn tegen hoogwater in de polder bij een eventuele dijkdoorbraak elders, wordt de duiker voorzien van een tweetal dubbelkerende handbediende spindelschuiten. Door de inlaatkoker te voorzien van (dubbele) schotbalkspanningen aan de in- en uitstroomzijde kan het kunstwerk droog worden gezet voor onderhoud en inspectie.

De tweede duiker wordt aangelegd onder de oprit van de N689 en verbindt de hoofdwaterring / kwelsloot van waterkering C met de hoofdwaterring / kwelsloot van waterkering B. Deze duiker wordt eveneens uitgevoerd in beton (rond 1250 mm) en aan de in- en uitstroomzijde voorzien van een in- en uitstroombak. Deze heeft een lengte van 77 meter. Vanwege de grote lengte wordt halverwege de duiker in de berm van de weg een inspectieput aangelegd.

Naast hiervoor genoemde duikers zijn ter plaatse van de zuidelijke waterkering nog twee duikers benodigd. Dit betreft de kruising van het fietspad met de hoofdwatgang / kwelsloot aan de teen van waterkering B (L=26m) en de kruising van de watgang oostelijk van het Weeltje met de Mariadijk (L=14m). Beide duikers worden uitgevoerd in beton met een binnendiameter van 1250 mm.

Om de bestaande waterhuishoudkundige situatie in stand te kunnen houden zijn op drie locaties nieuwe duikers benodigd die worden aangesloten op de nieuw aan te leggen westelijke hoofdwatgang / kwelsloot. De afmetingen moeten in overleg met het waterschap nog worden vastgesteld.

Alle duikers moeten voldoen de Keur van het Waterschap. Uitgangspunt voor de kostenraming is een fundering op staal (zand / cement stabilisatielaag van 0,5m dik).

De locaties van de duikers is weergegeven op tekening 9T9564.B0_2332_501.

5.6.4 Stuwen

In de huidige situatie wordt het peil in het peilvak Noordhofpolder gehandhaafd door één kantelstuw, zie afbeelding Figuur 5.6. Omdat in de toekomstige situatie een verbinding wordt gemaakt met Westelijk Perkpolder, met een afwijkend peil (NAP -0,80m), is de aanleg van een tweede stuw benodigd. Deze stuw wordt aangelegd tussen de hoofdwatgang van de Noordhofpolder en de nieuw aan te leggen afvoerwatgang zuidelijk van de Kalverdijk West. Het peil bovenstrooms van deze stuw is NAP -0,30/-0,60 m (zomerpeil/ winterpeil) en het peil benedenstrooms is NAP -0,80m (vast peil).



Figuur 5.6 Peilregulerende stuw deel Noordhofpolder

Ter hoogte van de bestaande kantelstuw wordt in de nieuwe aan te leggen afvoerwatergang / kwelsloot ook een (kantel)stuw aangebracht. Mogelijk kan de bestaande stuw in het nieuwe ontwerp geïntegreerd worden. Voor de kostenraming is hier niet van uit gegaan. Het peil bovenstrooms van deze stuw is NAP -0,80m (vast peil) en het peil benedenstrooms is NAP -0,85/-1,10 m (zomerpeil/ winterpeil).

De stuwen worden handbediend uitgevoerd. Voor de fundering van de stuwen is voor de kostenraming uitgegaan van een houten damwand. Deze doet tevens dienst als kwelscherm. Direct achter de stuw wordt een bodembescherming aangebracht.

De breedte van de stuwen (en overige eisen) moeten in overleg met het Waterschap nog worden vastgesteld. De stuwen moeten voldoen de Keur van het Waterschap.

De locaties van de stuwen is weergegeven op tekening 9T9564.B0_2332_501.

5.6.5 Kwel

Als gevolg van de aanpassing van de waterkering komt het nieuwe natuurgebied in directe verbinding te staan met de Westerschelde. Het toekomstige gemiddelde waterpeil in het buitendijkse natuurgebied (gemiddeld peil Westerschelde NAP + 0,12 meter) zal hoger zijn dan het huidige polderpeil (zomer -0,75 meter NAP, winter -0,95 meter NAP). Dit is van invloed op de grondwaterstroming en de brakke kwel ter plaatse.

Er wordt voorzien in een brede kwelsloot met zandpalen langs de nieuwe waterkering ten westen van de huidige N689 en ten zuiden van het nieuwe natuurgebied, waarmee de brakke kwel wordt afgevangen. Daarmee worden negatieve effecten door brakke kwel voor aangrenzende landbouwgronden nagenoeg volledig tegengegaan (bron: analyse watersysteem Perkpolder, Witteveen+Bos, 2 juni 2010). De zandpalen moeten nog nader gedetailleerd worden en zijn derhalve nog niet weergegeven op tekening.

De westelijke kwelsloot krijgt een bodembreedte van 2 meter met taluds van 1 op 2. Het bodemniveau van de westelijke kwelsloot bedraagt NAP -1,6 m. De zuidelijke kwelsloot krijgt een bodembreedte van 1 meter met taluds van 1 op 2. Het bodemniveau van de zuidelijke kwelsloot bedraagt eveneens NAP - 1,6 meter.

De locaties van de kwel sloten zijn weergegeven op tekening 9T9564.B0_2332_501.

5.7 Kabels en leidingen (nutsvoorzieningen)

Op basis van een zogenaamde voormelding is een kabels- en leidingeninventarisatie gedaan. De resultaten hiervan zijn weergegeven op tekening 9T9564.B0_2332_401.

5.7.1 Te verwijderen kabels en leidingen

Een groot deel van de binnen het plangebied aanwezige kabel en leidingen is na realisatie van de plannen overbodig. Dit betreft onder andere de aanwezige nutsvoorzieningen voor openbare verlichting langs de huidige provinciale weg N689 en de nog aanwezige huisaansluitingen van de reeds geamoveerde panden in het projectgebied. Met de verschillende nutsbedrijven worden afspraken gemaakt voor de locatie en tijdstip van de beëindiging (knip) van de desbetreffende kabels en leidingen. Deze afspraken worden vastgelegd in een zogenaamde projectovereenstemming (Pos).

Het verwijderen van de buiten werking gestelde kabels en leidingen zelf wordt meegenomen in het D&C contract van de aannemer.

De aanwezige kabels en leidingen op het veerplein zullen in opdracht van de PPS worden verwijderd (functievrij maken van het veerplein). De werkgrenzen uit dit bestek zullen worden toegevoegd aan de contractstukken voor de aannemer van het D&C contract.

5.7.2 Te verleggen / te vervangen kabels en leidingen

Als gevolg van de nieuw aan te leggen waterkeringen zullen enkele kabels en leidingen verlegd moeten worden dan wel moeten worden vervangen. Het betreft hier de volgende kabels en leidingen:

- Een bestaande persleiding van het waterschap welke de huidige provinciale weg N689 en hiermee de toekomstige westelijke waterkering (waterkering C) kruist. Het waterschap heeft aangegeven voorkeur te hebben voor een nieuw tracé op particulier terrein (zakelijk recht), wat betekent dat deze leiding buiten de werkgrenzen van het project kan worden aangelegd. In de nog op te stellen Projectovereenstemming zal het moment waarop de leiding verlegd moet zijn, worden opgenomen;
- Een bestaande elektraleiding (middenspanning) van Delta die westelijk van de huidige provinciale weg N689 vanaf de Noordstraat naar het Hart van Perkpolder loopt. In overleg met de netbeheerder wordt gezocht naar de voor alle partijen meest optimale oplossing. Deze kan bestaan uit een mogelijke alternatieve route, ofwel het zogenaamd (al dan niet tijdelijk) inkorten van de ring. Een andere mogelijk kan bestaan uit het verleggen / vervangen van de bestaande leiding. De definitieve keuze zal worden vastgelegd in een op te stellen Projectovereenstemming;
- Een bestaande elektraleiding (middenspanning) van Delta die juist ten noordwesten van het weeltje de huidige provinciale weg N689 kruist. Overeengekomen is dat deze leiding enkele dagen buiten bedrijf kan worden gesteld en ten tijde van de werkzaamheden aan de oprit van de nieuw aan te leggen erftoegangsweg zal worden vervangen. Het mogelijk combineren van deze leiding met de nieuw aan te leggen duiker (kabelgoot) is een mogelijke oplossing voor de relatief grote bovenbelasting. Dit wordt nader afgestemd met Delta en vastgelegd in een Projectovereenstemming;
- Een telecommunicatiekabel van KPN die westelijk van de huidige provinciale weg N689 over de Kalverdijk west naar de woning Kalverdijkwest 3 loopt. Deze kabel zal geheel vervangen moeten worden.

5.7.3 Nieuw aan te leggen kabels en leidingen.

In het nieuwe plan is alleen openbare verlichting benodigd ter plaatse van de kruising van de Kalverdijk West met de westelijke waterkering (waterkering C). Overeengekomen is dat deze tijdelijk kan worden gevoed vanaf de woning Kalverdijk 3. De definitieve aansluiting komt vanaf het Hart (zodra hier de nutsvoorzieningen zijn aangelegd).

Tevens zullen nieuwe kabels en leidingen moeten worden aangelegd als gevolg van de gebiedsontwikkeling (woningbouw op 't Hart en in westelijk Perkpolder). De definitieve tracés moeten nog worden vastgesteld. Zodra hier overeenstemming over is worden deze tracés (d.m.v. zogenaamde kabels en leidingenstroken) op tekening weergegeven.

5.8 Uitvoeringaspecten

5.8.1 Bouwfasering

In verband met de geplande ontwikkelingen op het Veerplein is met de PPS afgesproken om te starten met de aanleg van de Koppeldijk (waterkering E). Aangenomen is dat het haventerrein vrijgemaakt is van aanwezige constructies zoals funderingen van gebouwen en wegen en leidingwerk, voordat begonnen wordt met werkzaamheden aan de primaire waterkering. Het verwijderen van waterkeringvreemde elementen in waterkering E, mogen alleen in het open seizoen leiden tot een afname van het waterkerend vermogen van de huidige waterkering D en G.

De bouwvolgorde kan behoudens de hiervoor genoemde beperking (starten met de aanleg van de Koppeldijk) vrij door de aannemer worden bepaald mist deze voldoet aan de volgende voorwaarden:

- Werkzaamheden aan de bestaande waterkeringen die een negatieve invloed hebben op het waterkerend vermogen, mogen alleen uitgevoerd worden in het seizoen van 1 april tot 1 oktober;
- De koppeldijk (waterkering E) voldoet aan de wettelijke veiligheidsnorm, voordat gewerkt wordt aan waterkering D of de aansluiting van waterkering C op D. Waterkering C en D liggen in dat geval volledig binnendijks. Ervan uitgaande dat er geen diepe ontgravingen dicht achter de koppeldijk plaats zullen vinden, zijn er geen verdere restricties en er kan in het gesloten seizoen doorgewerkt worden;
- Er wordt vanuit gegaan dat de Koppeldijk in den droge kan worden aangesloten op waterkering D en G zonder rekening te hoeven houden met de getijbeweging. Indien dit niet het geval is dan dient deze aansluiting nader te worden gedetailleerd;
- Waterkering A en F hebben ook na herinrichting de status van primaire waterkering. Binnendijkse werkzaamheden aan A en F vinden derhalve plaats in het seizoen van 1 april tot 1 oktober;
- Waterkering A dient daarom in het seizoen van 1 april tot 1 oktober te worden doorgestoken en worden voorzien van een nieuwe bekleding;
- Waterkeringen B, C, D en de huidige binnendijkse zijde van waterkering A en F voldoen op 1 oktober na het doorsteken van waterkering A, aan de wettelijke veiligheidsnorm;
- De aansluiting van waterkering B op A vindt in het open seizoen plaats.

5.8.2 Ontsluiting

Voor de ontsluiting van het bouwverkeer kan gebruik worden gemaakt van de bestaande wegen van en naar het Veerplein. Hierbij is het de insteek om de ontsluiting van de bewoners zo veel mogelijk te scheiden van het bouwverkeer. Een mogelijkheid is om de bewoners via de westelijk van het Hart gelegen zeedijk over de Kalverdijk West te leiden. Hiertoe moet (door de PPS) een nieuwe afrit aangelegd worden over waterkering G. Zodra begonnen wordt met de westelijke waterkering (waterkering C) is het niet meer mogelijk om gebruik te maken van de N689. Op dit moment kan gebruik worden gemaakt van de westelijk van de N689 gelegen parallelweg (de Mariadijk). In het toekomstige natuurgebied zullen tijdelijke bouwwegen aangelegd moeten worden en / of gebruik worden gemaakt van de reeds bestaande (te amoveren) infrastructuur.

5.8.3 Planning

De marktbenadering kan starten nadat het uitvoeringsbesluit (SNIP 5) is genomen. Dit moment staat gepland voor het voorjaar van 2011. De marktbenadering begint met een selectie van de aannemers. Deze selectiefase wordt gevolgd door de aanbiedings- en gunningsfase. De start van de aanbiedingsfase (het moment dat de contractstukken de markt op gaan) staat gepland voor het najaar van 2011. Op dit moment moeten dus ook de definitieve vergunningsvoorwaarden van de door de opdrachtgever aan te vragen (belangrijkste) vergunningen gereed zijn. Gunning aan de aannemer staat gepland voor het voorjaar van 2012. Na een voorbereidingsfase van de aannemer van circa een half jaar (o.a. aanvragen van uitvoeringsgerelateerde vergunningen en het uitvoeren van aanvullend onderzoek) kan de daadwerkelijke realisatie in het najaar van 2012 starten. De totale uitvoeringsduur zal dan nog circa 2 à 2,5 jaar bedragen (oplevering januari 2015).

Onderstaande aan de planning gerelateerde aandachtspunten vergen nadere afstemming:

- De infrastructuur op waterkering B zal als gevolg van zettingen van het dijklichaam (en ondergrond) na oplevering nog aanzienlijke restzettingen vertonen. Vooral ter plaatse van overgangen op bestaand maaiveld kan dit resulteren in schade aan de infrastructuur als gevolg van verschilzettingen. Het ligt daarom voor de hand om de eerste jaren na oplevering (bijv 3 jaar) uit te gaan van een asfalt bouwweg. Op 't moment dat het Hart is ontwikkeld, kan dan de definitieve infrastructuur worden aangebracht;
- Op het moment dat de waterkering A wordt doorgestoken (aanleg bres), moeten de overige waterkeringen de status van primaire waterkering hebben. De kans bestaat dat het doorsteken van waterkering A vertraging oploopt. Gezien de relatief korte beschikbare bouwtijd vergt dit immers een strakke procedurele afstemming. Daarnaast stelt de korte bouwtijd ook eisen aan de stabiliteit van de waterkeringen. De kans bestaat dat het ophogen moeilijk realiseerbaar is binnen beschikbare tijd vanwege te trage consolidatie (toepassen klei uit het gebied). Ook de benodigde status van de grasmat (groei- en ontwikkelperiode van het gras) speelt hierin een belangrijke rol. Nadere afstemming moet hierover nog plaatsvinden;
- Raakvlakken met de werkzaamheden van de PPS. Hoewel alle raakvlakken zorgvuldig worden afgestemd, is de kans groot op vertraging of conflicten. Dit enerzijds door gelijktijdige werkzaamheden (bijv. aan 't Hart van Perkpolder) en anderzijds doordat de planning van de PPS erg onderhevig is aan de ontwikkelingen op de woningmarkt (conjunctuurgevoelig).

6 KOSTEN

PM

7 REFERENTIES

[Royal Haskoning, 2007]

Royal Haskoning, 2007, Hydraulische ontwerpwaarden gebiedsontwikkeling Perkpolder, ref: 9S7587.A0/R0003/SJAC/SSOM/Rott1

[Royal Haskoning, 2010]

Royal Haskoning, 2010, Notitie Hydraulische ontwerpvoorwaarden voor golfoploop en –overslag haven Perkpolder (definitief), ref: 9T9564.A0/N0025/EARN/SSOM/Rott

[TAW, 2003]

Technische adviescommissie waterkeringen, 2003, Technisch rapport steenzettingen

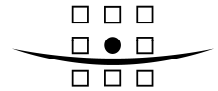
[TAW, 2002]

Technische adviescommissie waterkering, 2002, Technisch rapport asfalt voor waterkeringen

=0=0=0=

Bijlage 1

Hydraulische Randvoorwaarden

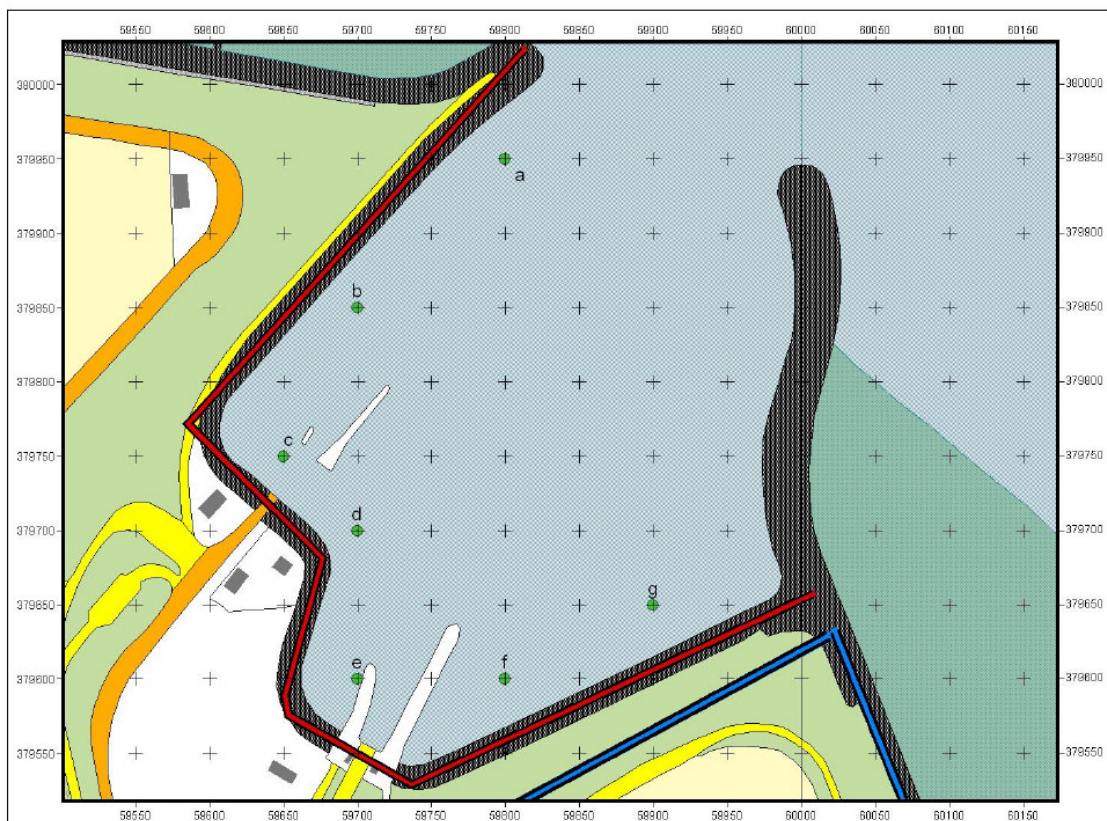


Notitie

Aan : Dienst Landelijk Gebied
 Van :
 Datum : 19 november 2010
 Kopie :
 Onze referentie : 9T9564.B0/N0010/LMOY/SSOM/Rott

Betreft : Hydraulische randvoorwaarden

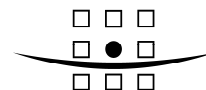
Veerhaven



Figuur 4-1 Contour veerhaven in VTV methode (rode lijn) en positie uitvoerpunten

Tabel 4-1 Exacte ligging uitvoerpunten

Uitvoerpunt []	X- coördinaat [m. RD stelsel]	Y- coördinaat [m. RD stelsel]
a	59800	379950
b	59700	379850
c	59650	379750
d	59700	379700
e	59700	379600
f	59800	379600
g	59900	379650



Tabel 4-2 Ontwerpwaarden 2060 belastingfunctie Z1 = $H_s \cdot T_{pm}$

Dijkvak vak nr.	Uitv punt nr.	Coördinaten [RD-stelsel in m.]				Poldernaam	Hs [m]				Tpm [s]				Wind- richting			
		van		tot			Wst t.o.v. NAP				Wst t.o.v. NAP							
		x	y	x	y		2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP
93		59633	379983	60027	379565	Voormalige veerhaven Perkpolder				6,65								6,65
	a	59800	379950				1.2	1.3	1.5	1.6	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	b	59700	379850				1.1	1.2	1.4	1.5	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	c	59650	379750				1.0	1.0	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	d	59700	379700				0.9	0.9	1.1	1.2	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	e	59700	379600				0.7	0.8	0.9	1.0	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	f	59800	379600				0.8	0.9	1.0	1.1	3.5	4.3	4.8	5.0	360	330	330	330
	g	59900	379650				0.8	1.1	1.1	1.1	4.3	4.3	4.8	5.0	90	330	330	330

Tabel 4-3 Ontwerpwaarden 2060 belastingfunctie Z2 = $H_s \cdot T_{pm}^2$

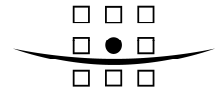
Dijkvak vak nr.	Uitv punt nr.	Coördinaten [RD-stelsel in m.]				Poldernaam	Hs [m]				Tpm [s]				Wind- richting			
		van		tot			Wst t.o.v. NAP				Wst t.o.v. NAP							
		x	y	x	y		2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP
93		59633	379983	60027	379565	Voormalige veerhaven Perkpolder				6,65								6,65
	a	59800	379950				1.2	1.3	1.5	1.6	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	b	59700	379850				1.1	1.2	1.4	1.5	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	c	59650	379750				1.0	1.0	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	d	59700	379700				1.0	1.1	1.1	1.1	3.5	3.9	4.8	5.1	60	60	90	100
	e	59700	379600				0.8	1.0	0.9	0.9	3.5	3.5	4.8	5.3	30	30	90	110
	f	59800	379600				0.8	1.0	1.0	1.0	3.5	3.5	4.8	5.3	360	30	330	330
	g	59900	379650				0.9	1.1	1.1	1.1	3.5	4.3	4.8	5.0	30	330	330	330

Tabel 4-4 Ontwerpwaarden 2060 belastingfunctie Z3 = $H_s^2 \cdot T_{pm}$

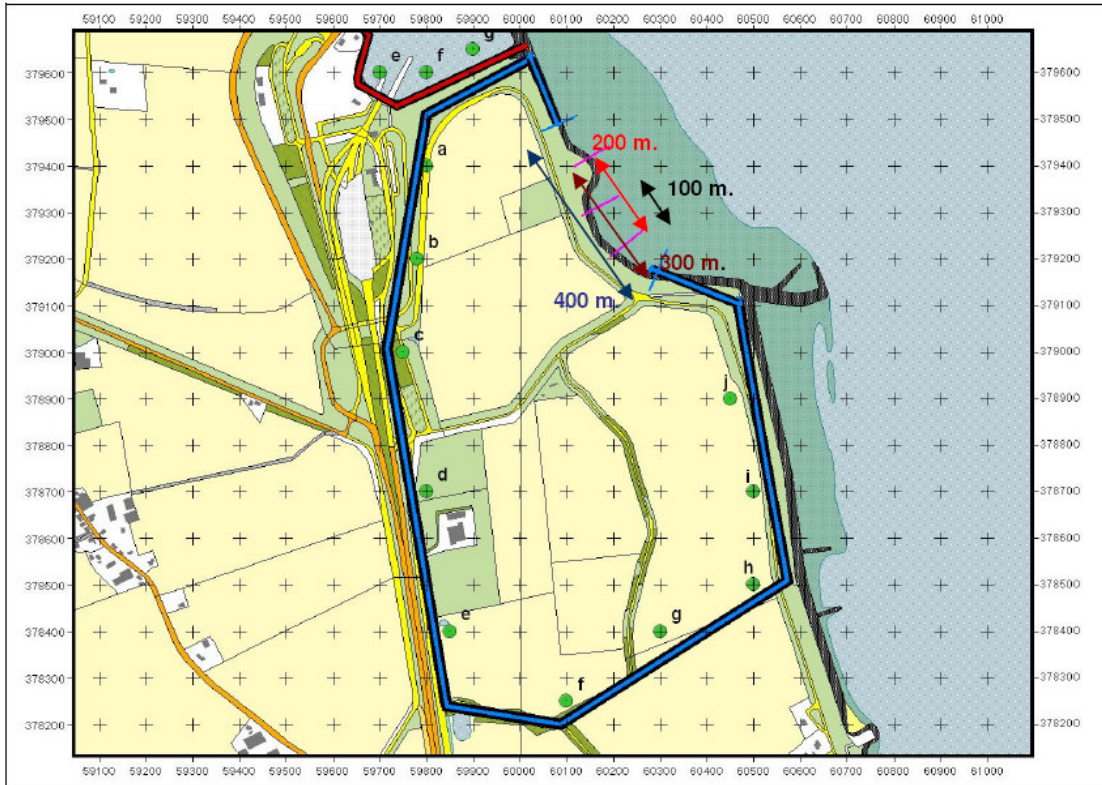
Dijkvak vak nr.	Uitv punt nr.	Coördinaten [RD-stelsel in m.]				Poldernaam	Hs [m]				Tpm [s]				Wind- richting			
		van		tot			Wst t.o.v. NAP				Wst t.o.v. NAP							
		x	y	x	y		2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP
93		59633	379983	60027	379565	Voormalige veerhaven Perkpolder				6,65								6,65
	a	59800	379950				1.2	1.3	1.5	1.6	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	b	59700	379850				1.1	1.2	1.4	1.5	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	c	59650	379750				1.0	1.0	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	d	59700	379700				0.9	0.9	1.1	1.2	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	e	59700	379600				0.7	0.8	0.9	1.0	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	f	59800	379600				0.6	0.9	1.0	1.1	4.3	4.3	4.8	5.0	90	330	330	330
	g	59900	379650				0.8	1.1	1.1	1.1	4.3	4.3	4.8	5.0	90	330	330	330

Tabel 1 Hydraulische randvoorwaarden voor criterium golfoverslag bij waterkering G [Royal Haskoning, 2010]

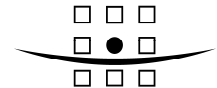
Uitvoerpunt	Windrichting	Waterstand	Golfhoogte	Golfperiode
[-]	[-]	[m. t.o.v. NAP]	[m]	[s]
a	315	6,65	0,8	5,0
b	315	6,65	0,6	5,0
c	315	6,65	0,8	4,8
d	315	6,65	0,9	4,8
e	315	6,65	0,8	4,8



Natuurgebied



Figuur 5-1 Contour Perkpolder Oost in VTV methode (blauwe lijn) en positie uitvoerpunten en bres



Tabel 5-2 Ontwerpwaarden 2060 belastingfunctie Z1 = Hs*Tpm bresbreedte 400 meter

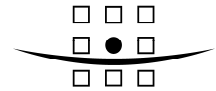
Dijkvak vak nr.	Uitv punt nr.	Coördinaten [RD-stelsel in m.]				Poldernaam	Hs [m] Wst t.o.v. NAP				Tpm [s] Wst t.o.v. NAP				Wind- richting			
		van x	y	tot x	y		2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP
bresgrootte							400 meter											
92		60027	379565	60272	379142	Inlaag Perkpolder Oost				6.65				6.65				6.65
	a	59800	379400				0.8	1.1	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	b	59780	379200				0.8	1.1	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	c	59750	379000				0.6	0.8	0.9	1.0	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	d	59800	378700				0.7	0.7	0.6	0.6	3.5	3.9	4.8	5.1	360	360	330	320
	e	59850	378400				0.3	0.8	0.8	0.8	3.5	3.9	3.9	3.9	360	360	360	360
	f	60100	378250				0.3	0.9	0.9	0.9	3.5	3.9	3.9	3.9	360	360	360	360
	g	60300	378400				0.3	1.0	1.0	1.0	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	h	60500	378500				0.3	0.9	1.0	1.1	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	i	60500	378700				0.9	1.0	1.0	1.0	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	j	60450	378900				0.7	0.8	0.8	0.8	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330

Tabel 5-3 Ontwerpwaarden 2060 belastingfunctie Z2 = Hs*Tpm² bresbreedte 400 meter

Dijkvak vak nr.	Uitv punt nr.	Coördinaten [RD-stelsel in m.]				Poldernaam	Hs [m] Wst t.o.v. NAP				Tpm [s] Wst t.o.v. NAP				Wind- richting			
		van x	y	tot x	y		2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP
bresgrootte							400 meter											
92		60027	379565	60272	379142	Inlaag Perkpolder Oost				6.65				6.65				6.65
	a	59800	379400				0.8	1.1	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	b	59780	379200				0.8	1.1	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	c	59750	379000				0.7	0.8	0.9	1.0	3.5	4.8	4.8	4.8	30	90	90	90
	d	59800	378700				0.7	0.7	0.7	0.7	3.5	3.9	3.9	3.9	360	360	360	360
	e	59850	378400				0.3	0.8	0.8	0.8	3.5	3.9	3.9	3.9	360	360	360	360
	f	60100	378250				0.3	0.9	0.9	0.9	3.5	3.9	3.9	3.9	360	360	360	360
	g	60300	378400				0.3	1.0	1.0	1.0	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	h	60500	378500				0.3	0.9	1.0	1.1	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	i	60500	378700				0.9	1.0	1.0	1.0	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	j	60450	378900				0.7	0.8	0.8	0.8	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330

Tabel 5-4 Ontwerpwaarden 2060 belastingfunctie Z3 = Hs²*Tpm bresbreedte 400 meter

Dijkvak vak nr.	Uitv punt nr.	Coördinaten [RD-stelsel in m.]				Poldernaam	Hs [m] Wst t.o.v. NAP				Tpm [s] Wst t.o.v. NAP				Wind- richting			
		van x	y	tot x	y		2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP	2m+	4m+	6m+	OWP
bresgrootte							400 meter											
92		60027	379565	60272	379142	Inlaag Perkpolder Oost				6.65				6.65				6.65
	a	59800	379400				0.8	1.1	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	b	59780	379200				0.8	1.1	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	c	59750	379000				0.6	0.8	0.9	1.0	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	d	59800	378700				0.5	0.5	0.6	0.7	4.3	4.8	4.8	4.8	330	90	330	408
	e	59850	378400				0.3	0.8	0.6	0.6	3.5	3.9	4.8	5.1	360	360	330	320
	f	60100	378250				0.3	0.8	0.7	0.7	3.5	4.3	4.8	5.0	360	330	330	330
	g	60300	378400				0.3	1.0	1.0	1.0	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	h	60500	378500				0.3	0.9	1.0	1.1	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	i	60500	378700				0.9	1.0	1.0	1.0	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	j	60450	378900				0.7	0.8	0.8	0.8	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330



Westerscheldezijde

Naam	H _s [m]				T _{pm} [s]			
	Wst. t.o.v. NAP				Wst. t.o.v. NAP			
	2m+	4m+	6m+	OWP*** 6,65+	2m+	4m+	6m+	OWP*** 6,65+
Veerhaven Perkpolder*	1,2	1,4	1,6	1,7	4,9	5,2	5,6	5,7
Breskop**	1,5	1,7	1,8	1,8	3,4	4,3	4,8	5,0

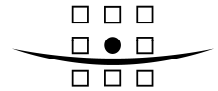
* Op basis van aangeleverde gegevens Projectbureau Zeeweringen voor dijkvak 93

** Op basis van [Haskoning, 2007]

***Golfrandvoorwaarden bij Ontwerpeil (OWP) zijn bepaald door middel van extrapolatie.

Bijlage 2

Berekeningen bekledingen en overslag



Notitie

Aan : Dienst Landelijk Gebied
 Van : [REDACTED]
 Datum : 19 november 2010
 Kopie : [REDACTED]
 Onze referentie : 9T9564.A0/N0046/LMOY/ILAN/Rott

Betreft : Berekeningen dijkprofiel en bekledingen

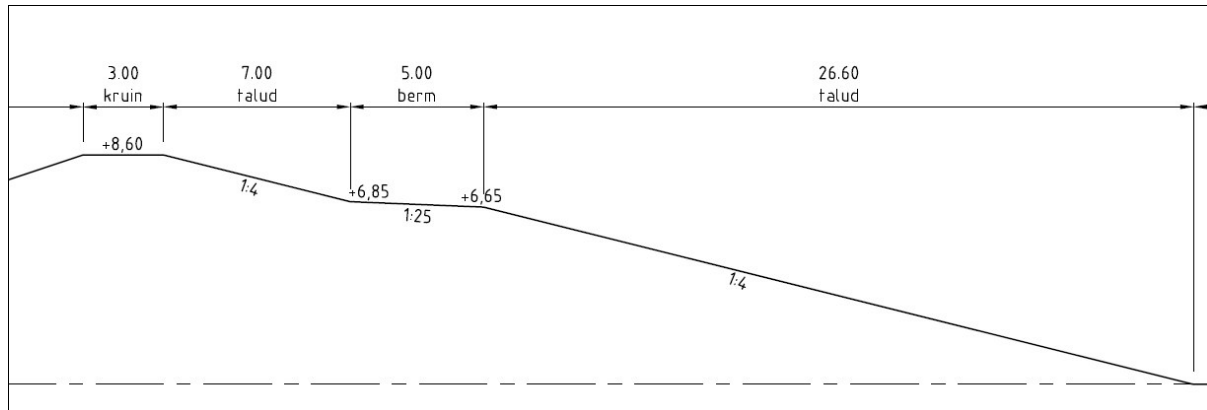
Inhoudsopgave

Overslaggebiet	2
Natuurgebied (B, C, D)	2
Koppeldijk (E).....	3
Veerhaven (G)	3
Steenbekleding.....	4
Natuurgebied (A, B, C, D, F).....	4
Veerhaven (E, F, G).....	4
Breskop (A, F).....	5
Kleibekleding	6
Natuurgebied (A, B)	6
Glasbekleding bovenbeloop	12
Natuurgebied (A, B, C, D, F).....	12
Veerhaven (F, G)	13
Stabiliteit binnentalud waterkering A	14
Bekleding waterkering E.....	18
Bekleding onderzijde benedenbeloop breskop.....	18
Bekleding onderzijde kleidijk	19



Overslagdebiet

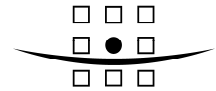
Natuurgebied (B, C, D)



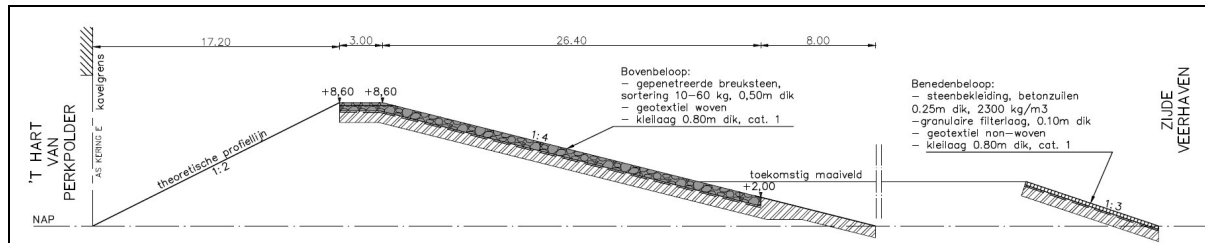
Uitgangspunten:

- Hoogteligging teen NAP + 0 meter
- Helling benedenbeloop 1:4
- Ruwheid benedenbeloop (B) 1,0 (Gras)
- Ruwheid benedenbeloop (C, D) 0,9 (Hydroblocks)
- Hoogteligging buitenkant berm NAP + 6,65 meter (ontwerppeil)
- Hoogteligging binnenkant berm NAP + 6,85 meter
- Breedte berm 5 meter
- Helling bovenbeloop 1:4
- Ruwheid bovenbeloop 1,0 (Gras)
- Overslagscenario's 0,1; 1,0 l/s/m
- Belastingfunctie Z1 (zie Hydraulische Randvoorwaarden [Haskoning, 2007])

Deelgebied	Ruwheid benedenbeloop [-]	Significante golfhoogte [m]	Piekperiode [s]	Benodigde kruinhoogte bij overslagdebiet 0,1 l/s/m	Benodigde kruinhoogte bij overslagdebiet 1,0 l/s/m
B	1,0	1,1	5,0	8,6	8,1
C	0,9	1,0	4,8	8,4	7,9
D	0,9	1,3	4,8	8,9	8,3



Koppeldijk (E)



Uitgangspunten:

- Hoogteligging teen NAP + 0 meter
- Helling buitenbeloop 1:4
- Ruwheid benedenbeloop 0,8 (Breuksteen, gepenetreerd met asfalt (vol en zat))
- Overslagscenario's 0,1; 1,0 l/s/m

Hydraulische randvoorwaarden, zie notitie 'Hydraulische ontwerprandvoorwaarden voor golfploop en overslag haven Perkpolder (definitief)'.

Deelgebied	Ruwheid benedenbeloop [-]	Significante golfhoogte [m]	Piekperiode [s]	Benodigde kruinhoogte bij overslagdebiet 0,1 l/s/m	Benodigde kruinhoogte bij overslagdebiet 1,0 l/s/m
E	0,8	0,8	4,8	8,6	8,0

Veerhaven (G)

Zie notitie 'Hydraulische ontwerprandvoorwaarden voor golfploop en overslag haven Perkpolder (definitief)'.

Referentie Haskoning: 9T9564.A0/N0025/EARN/SSOM/Rott

Steenbekleding

Natuurgebied (A, B, C, D, F)

Uitgangspunten:

- Ontwerppeil NAP + 6,65 meter
- Rekenwaarde talud 1:3,6
- Bodemniveau op 50 meter afstand NAP – 10,00 (geen voorland)
- Rekenwaarde soortelijke massa 2,231 kg/m³
- Dikte onderlaag klei 0,80 m
- Dikte filterlaag 0,15 m
- Belastingfunctie Z1 (zie Hydraulische Randvoorwaarden [Haskoning, 2007])

Tabel 1 Resultaten ANAMOS

Waterkering	Benodigde steendikte
A	0,20 m
B	0,25 m
C	0,25 m
D	0,25 m
F	0,25 m

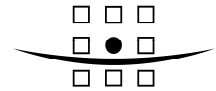
Veerhaven (E, F, G)

Uitgangspunten:

- Bodemniveau op 50 meter afstand NAP – 10,00 (geen voorland)
- Rekenwaarde soortelijke massa 2,231 kg/m³
- Dikte onderlaag klei 0,80 m
- Dikte filterlaag 0,15 m
- Belastingfunctie Z1 (zie Hydraulische Randvoorwaarden [Haskoning, 2007])

Tabel 2 Resultaten ANAMOS

Waterkering	Bovenkant steenbekleding (rekenwaarde)	Talud	Rekenwaarde talud	Benodigde steendikte
E	NAP + 4,0	1:3,2	1:2,8	0,25 m
F	NAP + 4,0	1:4	1:3,6	0,20 m
G	NAP + 4,0	1:3,2	1:2,8	0,30 m



Breskop (A, F)

Uitgangspunten:

- Bodemniveau op 50 meter afstand NAP – 10,00 (geen voorland)
- Rekenwaarde soortelijke massa 2,231 kg/m³
- Dikte onderlaag klei 0,80 m
- Dikte filterlaag 0,15 m
- Golfhoogte (H_s)¹ 1,83 m
- Golfperiode (T_p) 4,95 m

Tabel 3 Resultaten ANAMOS

Waterkering	Bovenkant steenbekleding (rekenwaarde)	Talud	Rekenwaarde talud	Benodigde steendikte
A, F	NAP + 6,65	1:4	1:3,6	0,35 m

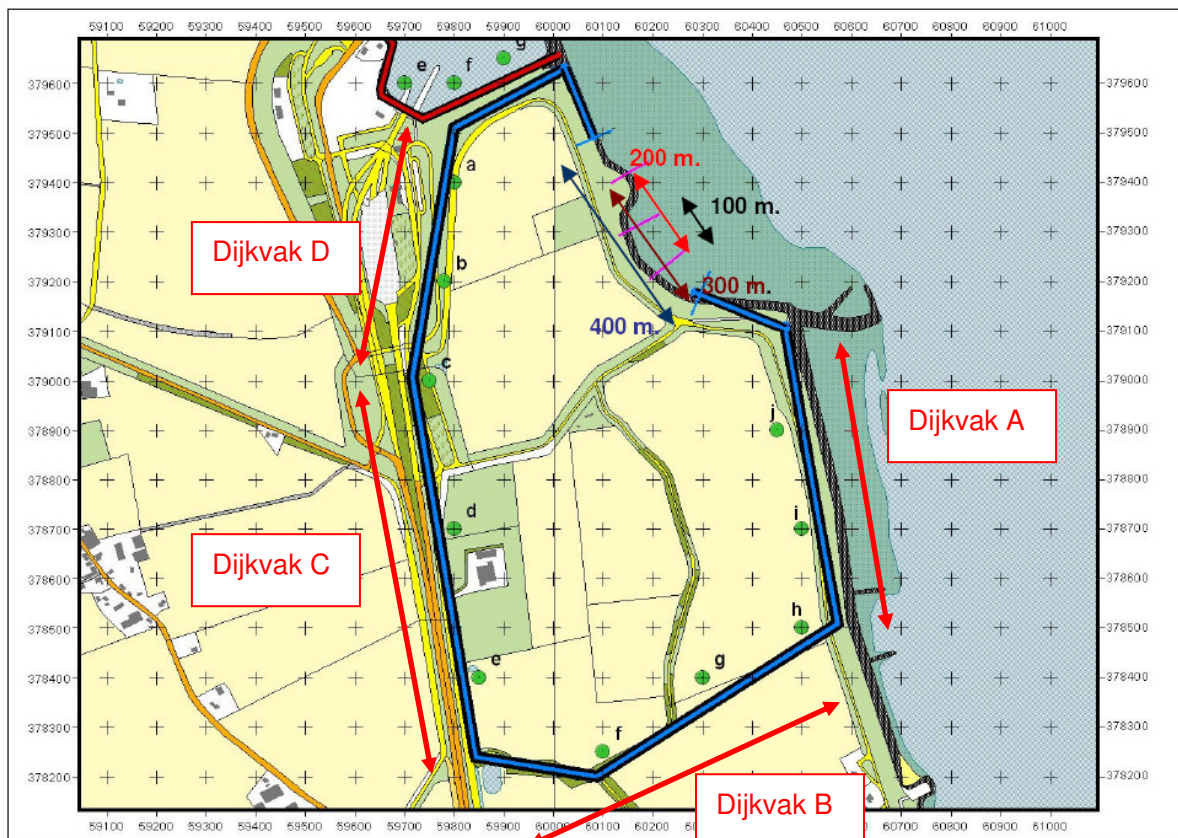
¹ Deze golfrandvoorwaarden (H_s , T_p) zijn gebaseerd op golfrandvoorwaarden uit [Haskoning, 2007] geldig voor dijkvak 92 met toegangseu. De getoonde waarden zijn geëxtrapoleerd van golfrandvoorwaarden bij waterstanden NAP + 2m, NAP + 4m en NAP + 6m.

Kleibekleding

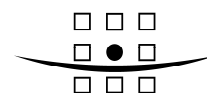
Natuurgebied (A, B)

Hydraulische randvoorwaarden

Hydraulische randvoorwaarden zijn bepaald voor het te ontwikkelen natuurgebied [Royal Haskoning, 2007]. Deze zijn in Figuur 1 weergegeven.



Figuur 1 Punten van hydraulische randvoorwaarden [Royal Haskoning, 2007] met dijkvakken ingetekend



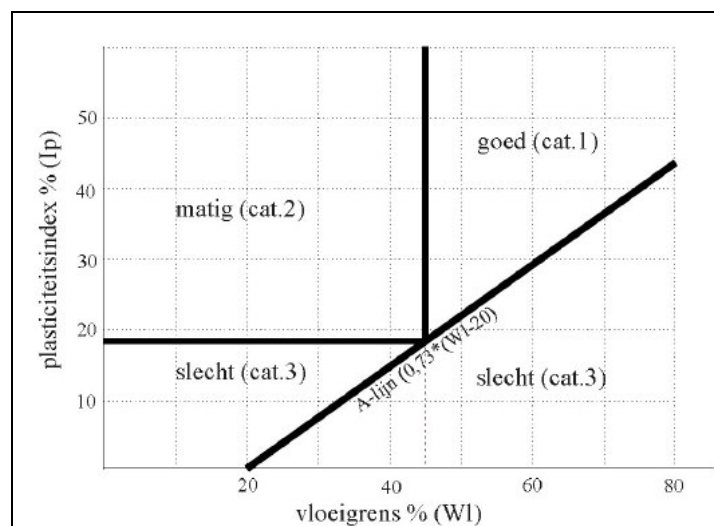
Tabel 4 Hydraulische randvoorwaarden, faalfunctie Z² [Royal Haskoning, 2007]

Dijkvak vak nr.	Uitv punt nr.	Coördinaten [RD-stelsel in m.]				Poldernaam	Hs [m]				Tpm [s]				Wind-richting			
		van		tot			Wst t.o.v. NAP		Wst t.o.v. NAP		2m+		4m+		6m+		OWP	
bresgrootte							400 meter											
92		60027	379565	60272	379142	Inlaag Perkpolder Oost				6.65				6.65				6.65
	a	59800	379400				0.8	1.1	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	b	59780	379200				0.8	1.1	1.2	1.3	4.3	4.8	4.8	4.8	90	90	90	90
	c	59750	379000				0.7	0.8	0.9	1.0	3.5	4.8	4.8	4.8	30	90	90	90
	d	59800	378700				0.7	0.7	0.7	0.7	3.5	3.9	3.9	3.9	360	360	360	360
	e	59850	378400				0.3	0.8	0.8	0.8	3.5	3.9	3.9	3.9	360	360	360	360
	f	60100	378250				0.3	0.9	0.9	0.9	3.5	3.9	3.9	3.9	360	360	360	360
	g	60300	378400				0.3	1.0	1.0	1.0	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	h	60500	378500				0.3	0.9	1.0	1.1	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	i	60500	378700				0.9	1.0	1.0	1.0	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330
	j	60450	378900				0.7	0.8	0.8	0.8	3.5	4.3	4.8	5.0	330	330	330	330

Uitgangspunten

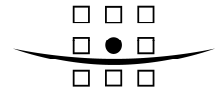
Voor het ontwerp van de kleidijk zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd:

- Hydraulische randvoorwaarden bepaald voor verschillende hoogte (2+, 4+, 6+, toetspeil) worden gebruikt in de berekening;
- De toegepaste kleisoort is goed erosiebestendig (zie Figuur 2);
- Vanwege onzekerheden wordt het ontwerp van de berekende kleilaagdikte met 0,5 meter opgehoogd (Dit wordt voorgeschreven door de ontwerphandleiding van het projectbureau Zeeweringen);
- De dikte van de kleilaag wordt bepaald voor een talud van 1:4;
- De dikte van de kleilaag wordt bepaald per dijkvak (A, B).



Figuur 2 Plasticiteitsdiagram voor bepaling erosiebestendigheid [Projectbureau Zeeweringen, 2008]

² Hydraulische randvoorwaarden zijn bepaald voor drie verschillende faalfuncties. Voor steenbekledingen is faalfunctie Z² = H_s * T_{pm}² maatgevend. Deze zijn daarom hier getoond.

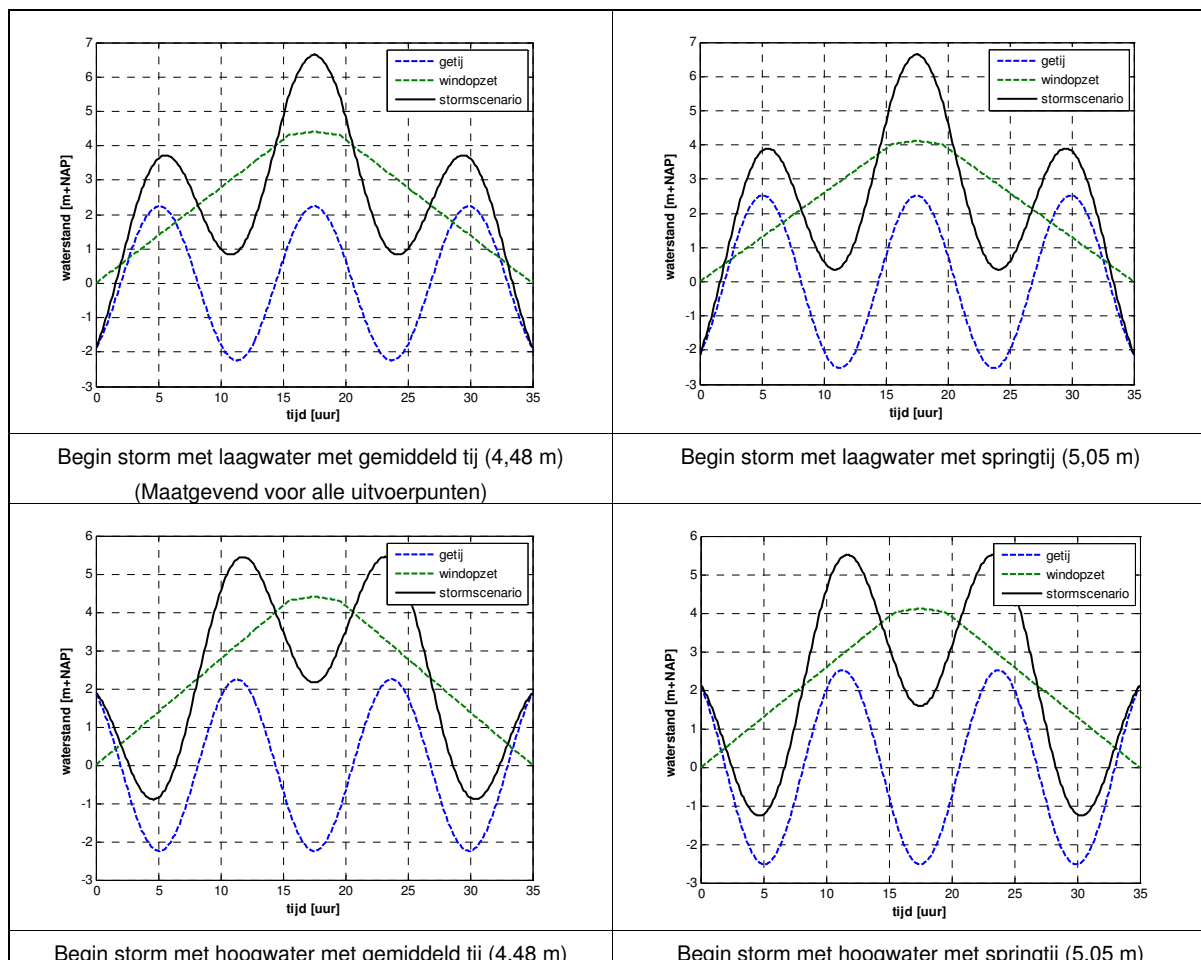


Aanpak

Om de kleilaagdikte te bepalen worden de volgende stappen doorlopen:

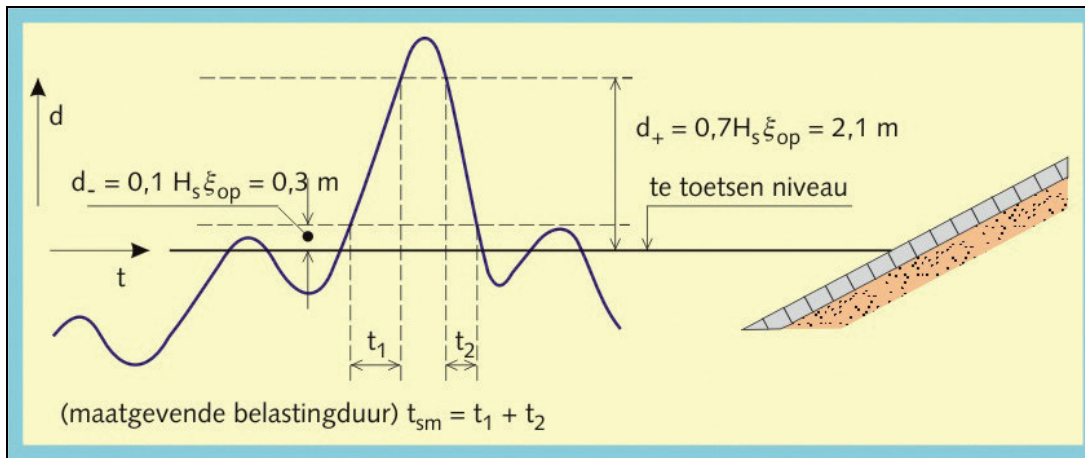
1. Bepaling van waterstandsverlopen bij extreme condities.
2. Berekening van stormduur per te toetsen punt.
3. Bepaling van maximale stormduur per te toetsen punt en per waterstandsverloop.
4. Bepaling van kleilaagdikte (op basis van maximale stormduur en golfhoogte).

De hydraulische randvoorwaarden 2006 schrijven een waterstandsverloop voor dat bestaat uit een gemiddeld getij en windopzet. Daarbij wordt een periode van windopzet van 35 uur aangehouden. Naast dit waterstandsverloop is door het projectbureau zeekeringen voorgesteld om ook te kijken naar springtij en een ander getijverloop bij dezelfde windopzet. Al deze waterstandsverlopen zijn hieronder weergegeven.



In de VTV wordt voorgeschreven hoe de stormduur voor een punt langs de dijk bepaald kan worden³. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 3.

³ Deze methode is geldig voor steenbekledingen en reststerkte van klei onder een steenbekleding volgens het VTV. Deze methode voor de bepaling van de stormduur is overgenomen door [Projectbureau Zeeweringen, 2008]. Voor een grasbekleding wordt in dit voorschrift (VTV) een andere methode gebruikt om de stormduur te bepalen.



Figuur 3 Bepaling van stormduur bij steenbekleding/reststerkte klei [VTV-2006]

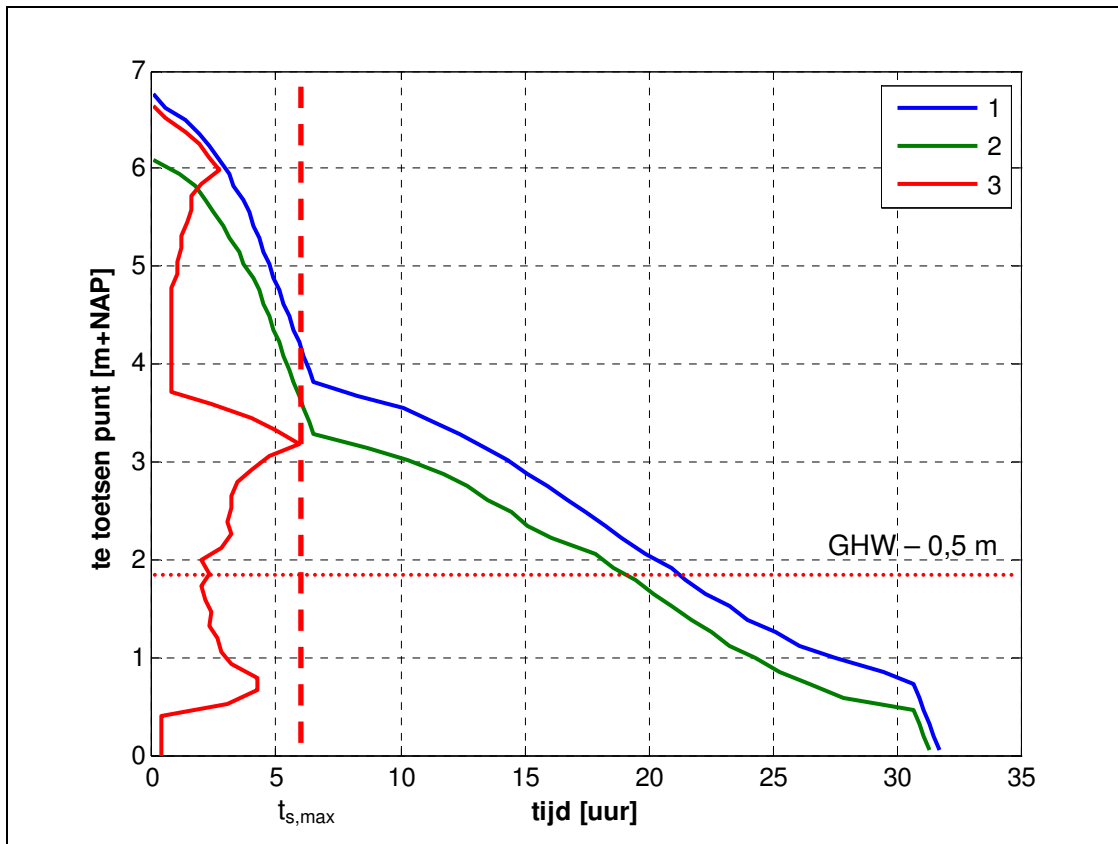
De golfhoogte en de golfperiode⁴ zijn gebruikt om per punt de boven- (d_+) en ondergrens (d_-) te berekenen. In Tabel 5 is weergegeven welke randvoorwaarden tussen welke te toetsen niveaus zijn gebruikt.

Tabel 5 Toegepaste randvoorwaarden voor bepaling boven- en ondergrens

Van	Tot	Toegepaste randvoorwaarden uit Tabel 4
NAP	NAP + 2,0 m	2+
NAP + 2,0 m	NAP + 4,0 m	4+
NAP + 4,0 m	NAP + 6,0 m	6+
NAP + 6,0 m	Toetspeil	OWP (NAP + 6,65 m)

Vervolgens is per te toetsen niveau de maatgevende belastingduur bepaald. Daarbij is opgemerkt dat deze lokaal sterk kan verschillen voor de vier waterstandsverlopen. Daarom is de maximale stormduur langs het buitenbeloop aangehouden voor het ontwerp van de kleidikte (zie Figuur 4). Tevens lijkt een variërende dikte langs het buitenbeloop weinig winst op te leveren en mogelijk de uitvoering onnodig complex te maken.

⁴ Golfperiode zit indirect in de formules voor onder- en bovengrens. Brekerparameter ξ_{op} wordt namelijk beschreven met de formule ($\xi_{op} = \tan(\alpha) / \sqrt{H_s * 2 * \pi / (g * T_{pm} / 1,1)}$). Daarin is voor $\tan(\alpha)$ de taludhelling van het benedenbeloop aangehouden.

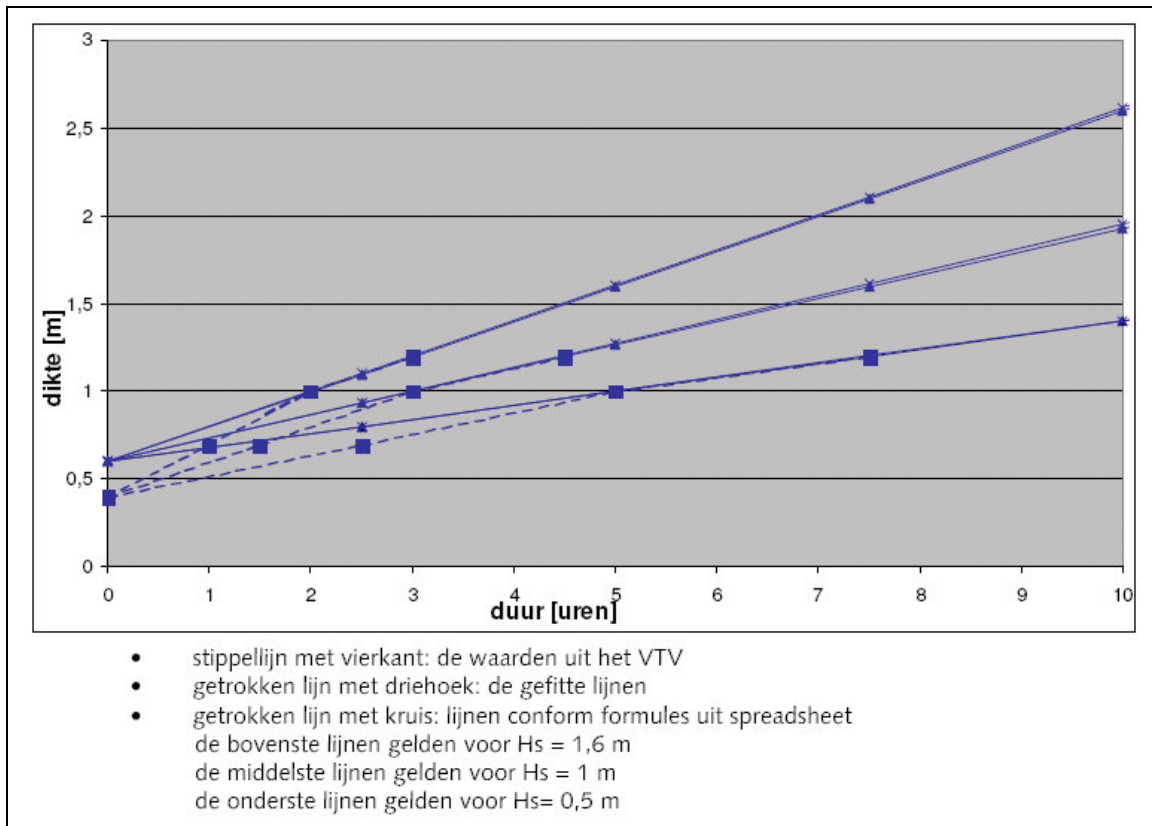
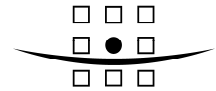


Figuur 4 Voorbeeld stormduur voor te toetsen punten langs het buitenbeloop (punt j, talud 1:6)

- 1 = duur dat waterstand zich boven d. (zie Figuur 3) bevindt
- 2 = duur dat waterstand zich boven d₊ bevindt
- 3 = duur dat waterstand zich tussen d. en d₊ bevindt (lijn 3 = lijn 1 – lijn 2)

De maximale stormduur is op deze wijze bepaald voor elk uitvoerpunt en elk talud. Met deze maximale stormduur en een significante golfhoogte, kan met ontwerpfiguur (Figuur 5) de minimaal benodigde dikte voor de kleilaag per geval bepaald worden. Dit wordt gedaan door de significante golfhoogte geldig voor boven NAP + 6 meter ⁽⁵⁾ te gebruiken. Daarmee kan door middel van interpolatie tussen de lijnen weergegeven in de figuur een kleilaagdikte afgelezen worden.

⁵ Dit is een conservatieve aanname, aangezien de maximale stormduur gevonden wordt bij te toetsen punten onder NAP + 6 meter en de golfcondities onder dit niveau lichter zijn.



Figuur 5 Dikte kleilaag versus stormduur

Met deze aanpak en met de uitgangspunten is vervolgens een ontwerp te maken.

Ontwerp

Voor de verschillende uitvoerpunten is de stormduur berekend. Daarmee is de benodigde dikte voor de kleilaag bepaald. De resultaten hiervan zijn te zien in Tabel 6.

Tabel 6 Minimaal benodigde kleidikte per dijkvak

Waterkering	Uitvoerpunt hydraulische randvoorwaarden	H_s (6*)	1:4	
			$t_{s,max}$ [uur]	d_{min} [m]
B	f	0,9	7,4	1,55
B	g	1,0	7,4	1,60
B	h	0,9	7,4	1,55
A	i	1,0	7,4	1,60
A	j	0,8	7,4	1,45
	Dijkvak A; $Max(i, j) + 0,5$			2,10
	Dijkvak B; $Max(f, g, h) + 0,5$			2,10

Daarbij dient vermeld te worden dat alle berekende kleilaagdiktes groter zijn dan 1,20 meter en daardoor geëxtrapoleerd zijn uit de originele tabel van het VTV. Er wordt verwacht dat de methode minder nauwkeurig wordt naarmate verder geëxtrapoleerd wordt.

Conclusies

Met de ontwerprichtlijnen van Projectbureau Zeeweringen is een ontwerp te maken voor een kleidijk. Deze leidt tot een minimaal benodigde kleidikte van 2,1 meter voor waterkering A en B. Daarbij is rekening gehouden met een extra dikte van 0,5 meter. Voor het ontwerp is uitgegaan van een toplaag met teelaarde met een laagdikte van 0,15 en een kleilaag daaronder met een laagdikte van 2,35 m.

Glasbekleding bovenbeloop

Natuurgebied (A, B, C, D, F)

Uitgangspunten

Er wordt voor de berekening uitgegaan van een grasbekleding van goede kwaliteit.

Aanpak

Aangezien voor het bovenbeloop erosie door golfoploop maatgevend is, wordt in deze memo slechts dit faalmechanisme getoetst. Daarvoor wordt eerst de oploopsnelheid berekend. Daarna is bekeken welke stormduur een grasmat met de berekende stroomsnelheid aan zou moeten kunnen. Ten slotte wordt bepaald of deze stormduur zal optreden en of een grasmat van goede kwaliteit zou voldoen.

De volgende formule wordt gebruikt voor de berekening van de oploopsnelheid.

$$v_r = 700 \cdot \frac{H_s}{T_p} \cdot \left(0,085 - \frac{H_s}{L_{0p}} \right) \cdot \left(1 - \frac{z}{z_q} \right)^{0,5} \cdot \tan(\alpha_0)$$

Waarin:

- z = hoogte van het te toetsen punt op het buitentalud ten opzichte van Ontwerppeil + toeslagen
- z_q = golfoploophoogte behorende bij een olopdebiet q van 0,1 l/s/m op een oneindig lang talud met een helling gelijk aan het buitentalud
- L_{0p} = golflengte op diep water die behoort bij de piekperiode T_p
- α₀ = gemiddelde hellingshoek over het gedeelte van het buitentalud tussen Ontwerppeil + toeslagen – 1,5 H_s en Toetspeil + toeslagen + 1,5 H_s, rekening houdend met teen, berm en kruin.

Met de onderstaande formule wordt de maximaal geaccepteerde stormduur bij een bepaalde stroomsnelheid bepaald.

$$t_{s,max} = 1560 \cdot v_r^{-4,8}$$

t_{s,max} = maximaal toelaatbare stormduur [uur]

Doordat de oploophoogte kleiner is dan de gemiddelde getijslag kan op vereenvoudigde wijze de effectieve optredende stormduur in maatgevende situaties bepaald worden op 6 uur.

Resultaten

De besproken aanpak is uitgevoerd voor de hydraulische randvoorwaarden in het natuurgebied. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Resultaten analyse grasbekleding bovenbeloop

Punt	H _s [m]	T _p [m]	α ₀ [-]	v _r [m/s]	t _{s,max} [uur]	t _{s,max} > 6
a	1,30	4,80	1:3	2,87	9,9	Ja
b	1,30	4,80	1:3	2,87	9,9	Ja
c	1,00	4,80	1:3	2,61	15,6	Ja
d	0,70	4,80	1:3	2,04	50,9	Ja
e	0,80	3,90	1:3	2,21	35,0	Ja
f	0,90	3,90	1:3	2,28	29,6	Ja
g	1,00	5,00	1:3	2,59	16,1	Ja
h	1,10	5,00	1:3	2,75	12,2	Ja
i	1,00	5,00	1:3	2,61	15,6	Ja
j	0,80	5,00	1:3	2,23	33,1	Ja

Conclusie

Wanneer uitgegaan wordt van een goede graskwaliteit, is gras een mogelijkheid als bekleding voor het bovenbeloop bij het steilste toelaatbare talud (1:3). Doordat onder de grasbekleding zich een kleilaag van 1,4 meter bevindt mag de toelaatbare stormduur verhoogd worden met 3 uur. Daarmee is het bovenbeloop voldoende robuust gedimensioneerd.

Veerhaven (F, G)

Voor de veerhaven is een soortgelijke analyse uitgevoerd. De resultaten zijn getoond in Tabel 8.

Tabel 8 Resultaten analyse grasbekleding bovenbeloop

Punt	H _s [m]	T _p [m]	α ₀ [-]	z [m]	z _q [m]	v _r [m/s]	t _{s,max} [uur]	t _{s,max} > 6
a	1,60	4,80	1:3	0,65	2,78	2,76	12,0	Ja
b	1,50	4,80	1:3	0,65	2,78	2,76	11,9	Ja
f	1,10	5,00	1:3	0,55	3,00	2,63	14,9	Ja
g	1,10	5,00	1:3	0,55	3,00	2,63	14,9	Ja

Conclusie

Wanneer uitgegaan wordt van een goede graskwaliteit, is gras een mogelijkheid als bekleding voor het bovenbeloop. Deze bekleding hoeft daarom niet vervangen te worden.

Stabiliteit binnentalud waterkering A

Hydraulische randvoorwaarden

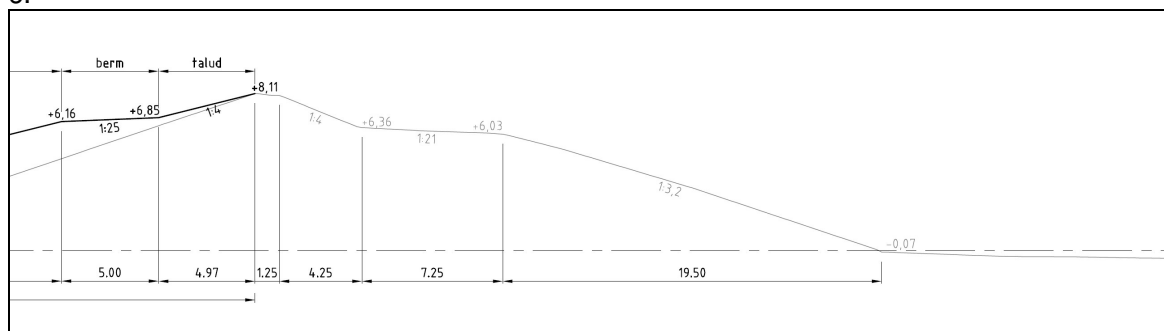
De hydraulische randvoorwaarden gegeven in Tabel 9 zijn geldig voor de Westerscheldezijde van Waterkering A voor 2060. De waterstand is overgenomen uit de hydraulische randvoorwaarden voor het natuurgebied. Golfhoogte en piekperiode zijn geëxtrapoleerd uit door projectbureau zeekeringen aangeleverde golfgegevens welke gebruikt worden voor het ontwerp van bekledingen.

Tabel 9 Hydraulische randvoorwaarden

Parameter	Waarde
Waterstand (h)	NAP + 6,65 m
Significante golfhoogte (H_s)	1,5 m
Piekperiode (T_p)	5,7 s

Dwarsprofiel

Het dwarsprofiel aan de Westerschelde-zijde is gebaseerd op het door het Waterschap aangeleverde 3D GIS-bestand van primaire waterkeringen. Dit dwarsprofiel is getoond in Figuur 6.



Figuur 6 Dwarsdoorsnede waterkering A

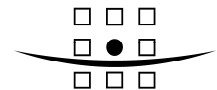
Methode

De golfoverslag brengt water op het binnentalud. De mate van erosie van dit binnentalud hangt af van de stroomsnelheid en de duur van de belasting. De methode om de rekenwaarde voor de stroomsnelheid te berekenen is getoond in formule 1 [VTV, 2006].

$$v_r = 700 \cdot \frac{H_s}{T_p} \cdot \left(0,085 - \frac{H_s}{L_{0p}} \right) \cdot \left(1 - \frac{z}{z_q} \right)^{0,5} \cdot \tan(\alpha_0) \quad (1)$$

Waarin:

- z = hoogte van het te toetsen punt op het buitentalud ten opzichte van Ontwerppeil + toeslagen.
- z_q = golfoploophoogte behorende bij een olopdebiet q van 0,1 l/s/m op een oneindig lang talud met een helling gelijk aan het buitentalud.
- L_{0p} = golflengte op diep water die behoort bij de piekperiode T_p .
- α_0 = gemiddelde hellingshoek over het gedeelte van het buitentalud tussen Ontwerppeil + toeslagen – 1,5 H_s en Toetspeil + toeslagen + 1,5 H_s , rekening houdend met teen, berm en kruin.



Golfgegevens en taluds zijn bekend uit paragraaf 2 en 3. De golfploophoogte behorende bij een oploopdebiet van 0,1 l/s/m dient berekend te worden met PC-overslag. Naast de golfgegevens zijn daarvoor afmetingen van het dwarsprofiel en ruwheden van bekledingen ingevoerd. Deze getallen zijn gegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Invoer PC-overslag

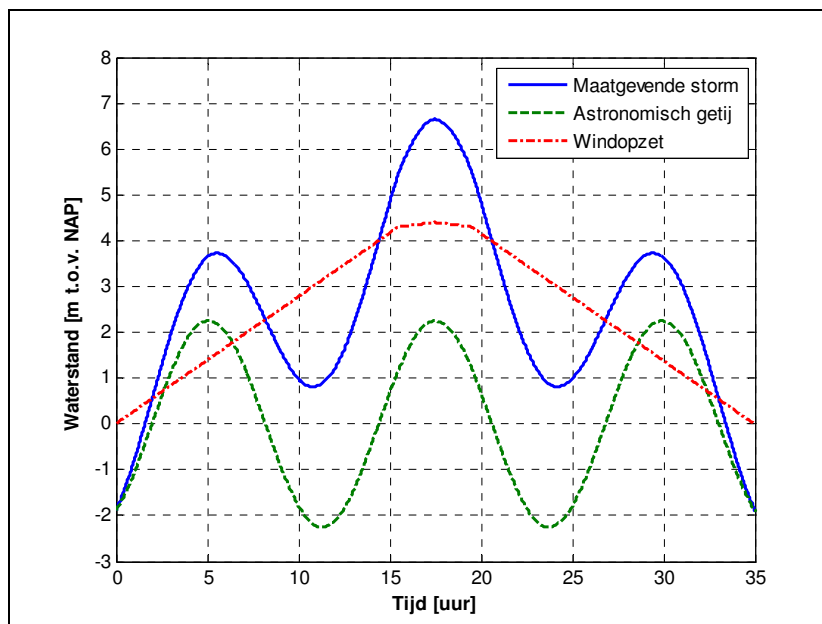
X ₁	Z ₁	X ₂	Z ₂	Ruwheid (γ)
0,00	-0,07	19,50	6,03	1
19,50	6,03	26,75	6,36	1
26,75	6,36	31,00	8,11	1

Met de stroomsnelheid is vervolgens te bepalen hoe lang de bekleding een dergelijke belasting aankan. Daarvoor wordt formule 2 gebruikt welke geldig is voor een goede grasmat.

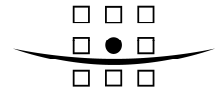
$$t_{s,max} = 1560 \cdot v_r^{-4,8} \tag{2}$$

t_{s,max} = maximaal toelaatbare stormduur [uur]

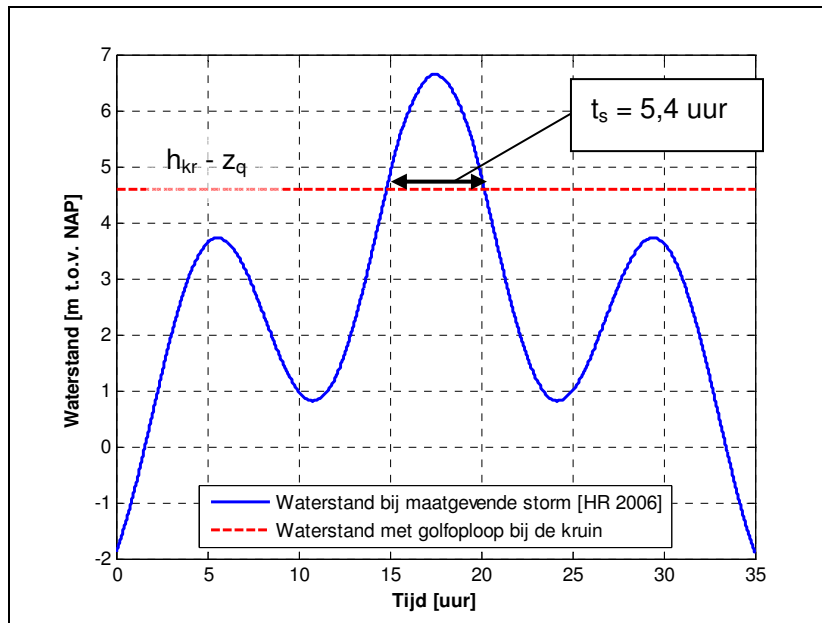
Voor de berekening van de periode dat het binnentalud gedurende een storm belast wordt, dient het waterstandsverloop bepaald te worden. Dit is gedaan met behulp van de methodiek voorgeschreven door het ministerie van Verkeer en Waterstaat [HR, 2006]. Daarvoor wordt een windopzet berekend die samen met een gemiddeld astronomisch tij leidt tot het optreden van een maatgevend hoogwater. Dit is getoond in Figuur 7. Er wordt in dit document [HR, 2006] opgemerkt dat het voorgestelde waterstandsverloop gebruikt mag worden voor toetsing, echter niet voor ontwerp. Dit omdat de stormduur in enkele gebieden (bijv. IJsselmeer) enkele uren langer kan zijn. Er wordt daarom bekeken of er voldoende marge is tussen de sterkte en de belastingsparameters.



Figuur 7 Bepaling maatgevende storm



Het binnentalud wordt belast gedurende dat gedeelte van de storm dat de waterstand hoger is dan de kruinhoogte verminderd met de golfoploophoogte (zie Figuur 8).



Figuur 8 Waterstandsverloop gedurende storm en de waterstand waarbij overslag optreedt

Omdat gedurende deze periode het binnentalud een tijd 'droog' zal zijn, mag een correctie worden toegepast (zie formule 3).

$$t_{sr} = \left(1 - \frac{z}{z_q}\right) \cdot t_s \quad (3)$$

Resultaten

In Tabel 11 staat de invoer en de uitvoer voor de in de vorige paragraaf gepresenteerde methode gegeven.

Tabel 11 Invoer en uitvoer van gepresenteerde methode

INVOER		UITVOER		
Parameter	Waarde	Parameter	Methode	Waarde
H_s	1,5 m	Z_q	PC-overslag	3,52 m
T_p	5,7 s	v_r	Formule 1	2,2 m/s
L_{op}	50,7 m	$t_{s,max}$	Formule 2	35,8 uur
h_{kruin}	NAP + 8,11 m	t_s	Figuur 3	5,4 uur
Z	1,46 m	t_{sr}	Formule 3	3,2 uur
Tan (α_0)	0,28 (=1/3,6)			

De maximaal toelaatbare stormduur is 35,8 uur. De optredende belastingsduur is 3,2 uur.

Conclusie

De grasbekleding op het bovenbeloop aan de zijde van het natuurgebied voldoet ook als binnentalud met golfoverslag van de andere zijde. Er is een zeer ruime marge tussen de sterkte en de belastingsparameters en daarom mag het bovenbeloop gezien worden als een zeer robuust binnentalud. De kruin hoeft daarom niet verhoogd te worden.

Bekleding waterkering E

Met onderstaande formule wordt getoetst of gepenetreerde breuksteen voldoet aan de eis voor waterdrukken:

$$d > 0,21 \cdot Q_n \cdot (a + v) \cdot \left(\frac{\rho_w}{\rho_a - \rho_w} \right) \cdot R_w = 0,21 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot \left(\frac{1025}{2450 - 1025} \right) \cdot 1 = 0,19m$$

Waarin;

- d benodigde laagdikte [m];
- Q_n factor voor taludhelling [-];
- ρ_w dichtheid water [kg/m³];
- ρ_a dichtheid bekleding [kg/m³];
- R_w reductiefactor in verband met de ligging van de buitenwaterstand [-]

De laagdikte is 0,5 meter (steensortering 10 – 60 kg), dus voldoet de bekleding.

Bekleding onderzijde benedenbeloop breskop

De onderzijde van het benedenbeloop tussen NAP en de teen (NAP – 3,5 m) zal voorzien worden van een bekleding in breuksteen. In deze zone is golfaanval maatgevend voor het benodigde steendiameter. De benodigde steendiameter kan dan met de formule van Van Der Meer (Rock Manual) worden uitgerekend. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Schadegetal (S) = 2
- Aantal golven (N) = 2000
- Permeabiliteit onderlaag (P) = 0,6
- Dichtheid steen = 2650 kg/m³
- Dichtheid water = 1025 kg/m³
- Cotangens talud = 4
- Golfhoogte (H_s) = 1,5 m
- Golfperiode (T_m) = 3,45 s

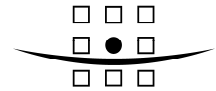
De volgende formules worden gebruikt om de benodigde steendiameter te berekenen (Van Der Meer).

$$\frac{H_s}{\Delta d_{n50}} = 6,2 \cdot P^{0,18} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \xi_m^{-0,5}$$

Met;

$$\xi_m = \frac{\tan(\alpha)}{\sqrt{s_0}} = \frac{\tan(\alpha)}{\sqrt{\frac{H_s \cdot 2 \cdot \pi}{g \cdot T_m^2}}}$$

De benodigde steendiameter is dan 0,29 meter. Er wordt daarom gekozen voor een steensortering 40 – 200 kg. De laagdikte wordt dan 0,70 meter.



Bekleding onderzijde kleidijk

De kleidijk dient van de teen tot een niveau van NAP + 2,0 voorzien te worden van gepenetreerde breuksteen (vol en zat).

$$d > 0,21 \cdot Q_n \cdot (a + v) \cdot \left(\frac{\rho_w}{\rho_a - \rho_w} \right) \cdot R_w = 0,21 \cdot 1 \cdot 2,0 \cdot \left(\frac{1025}{2450 - 1025} \right) \cdot 1 = 0,30m$$

Waarin;

d benodigde laagdikte [m];

Q_n factor voor taludhelling [-];

ρ_w dichtheid water [kg/m³];

ρ_a dichtheid bekleding [kg/m³];

R_w reductiefactor in verband met de ligging van de buitenwaterstand [-]

De laagdikte is 0,5 meter (steensortering 10 – 60 kg), dus voldoet de bekleding.