

Boskalis

**Eerste fase Marker Wadden
Realisatiefase**

**Ontwerpnota UO harde rand (RA1)
MW-UO-WP-OW02-1**

Boskalis

Project **Eerste fase Marker Wadden**
Fase: Realisatie
Titel: Ontwerpnota UO harde rand (RA1)
Documentnummer: MW-UO-WP-OW02-1
Datum: 18-03-2016
Versie: 1.0

Revisiegeschiedenis

versie	opgesteld door	datum	wijzigingen
1.0		18-03-2016	n.v.t.

Controle status

actie	naam	datum	paraaf
auteur		21 maart 2016	
geverifieerd			
geverifieerd		21 maart 2016	
goedgekeurd			

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Doel	1
1.2. Object en functie	1
1.3. Leeswijzer	2
2. ONTWERPBESCHRIJVING	3
2.1. Algemene beschrijving	3
2.1.1. Doorlopende rand bij Eiland A	3
2.1.2. Doorlopende rand bij Compartment Dun Slib	3
2.1.3. Zuidelijke kop	4
2.1.4. Noordelijke kop	4
2.1.5. Overwash zones	4
2.2. Hoeveelheden	5
2.3. Uitvoeringsfasering	5
2.4. Uitvoeringseisen	5
2.5. Raakvlakken	7
2.6. Risico's	7
3. EISEN EN UITGANGSPUNTEN	8
3.1. Eisen	8
3.2. Geometrische uitgangspunten	11
3.3. Hydraulische uitgangspunten	11
3.3.1. Golfbelasting	11
3.3.2. Stromingsbelasting	12
3.3.3. Ijsbelasting	12
3.4. Materialen	13
3.4.1. Stortsteen	13
3.4.2. Blokkenmatten	13
3.4.3. Kernmateriaal	13
3.4.4. Geotextielen	14
4. ONTWERPMETHODIEK	15
4.1. Faalmechanismen	15
4.2. Overslag	16
4.3. Stabiliteit bekleding	17
4.3.1. Toplaag buitentalud	17
4.3.2. Toplaag kruin en binnentalud	18
4.3.3. Teenconstructie	19
4.3.4. Kopconstructies	19
4.3.5. Filterconstructie	20
5. HARDE RAND BIJ EILAND A	22
5.1. Overslag	22
5.2. Stabiliteit bekleding	22
5.2.1. Toplaag buitentalud	22
5.2.2. Toplaag kruin en binnentalud	22
5.2.3. Teenconstructie	22
5.2.4. Filterconstructie	23
6. HARDE RAND BIJ COMPARTIMENT DUN SLIB	24
6.1. Overslag	24

6.2.	Stabiliteit bekleding	24
6.2.1.	Toplaag buitentalud	24
6.2.2.	Toplaag kruin en binnentalud	24
6.2.3.	Teenconstructie	24
6.2.4.	Filterconstructie	25
7.	ZUIDELIJKE KOP	26
7.1.	Overslag	26
7.2.	Stabiliteit bekleding	26
7.2.1.	Toplaag buitentalud	26
7.2.2.	Toplaag kruin en binnentalud	26
7.2.3.	Teenconstructie	27
7.2.4.	Filterconstructie	27
8.	NOORDELIJKE KOP	28
8.1.	Overslag	28
8.2.	Stabiliteit bekleding	28
8.2.1.	Toplaag buitentalud	28
8.2.2.	Toplaag kruin en binnentalud	28
8.2.3.	Teenconstructie	28
8.2.4.	Filterconstructie	29
9.	OVERWASH ZONES	30
9.1.	Overslag	30
9.2.	Stabiliteit bekleding	30
9.2.1.	Toplaag buitentalud	30
9.2.2.	Toplaag kruin en binnentalud	30
9.2.3.	Toplaag wandel- en beheerpaden	30
9.2.4.	Teenconstructie	30
9.2.5.	Filterconstructie	31
9.2.6.	Effect overwashes	31
10.	REFERENTIES	32

BIJLAGEN

I	Risico's
II	Eisenverificatie
III	Stroomsnelheden overwash zones
IV	Overslag
V	Toplaagstabiliteit
VI	Kernmateriaal en filterconstructie
VII	Ontwerptekening UO

Gebruikte afkortingen

afkorting	omschrijving
CDS	Compartiment Dun Slib
NAP	Normaal Amsterdams Peil
UO	Uitvoeringsontwerp
VSE	Vraagspecificatie Eisen
VSP	Vraagspecificatie Processen

1. INLEIDING

1.1. Doel

Project

De Eerste fase Marker Wadden omvat het aanleggen van in eerste instantie één natuureiland (modules A en B) in het Markermeer. Als meer financiële middelen beschikbaar komen, wordt dit uitgebreid met meer natuureilanden (module C en verder). De natuureilanden worden een vogelparadijs. Daarnaast wordt op de Marker Wadden recreatie ontwikkeld in de vorm van een haven, zandstrand, wandelpaden, uitkijktoren, vogelkijkhutten en een speelvallei.

Ontwerp

De algemene ontwerpdoelstelling is het realiseren van een uitvoeringsgereed ontwerp (UO) voor de Eerste fase Marker Wadden welke de modules A, B en C omvat. Belangrijke succesfactoren daarbij zijn:

- Het UO is afgestemd met en akkoord bevonden door uitvoering.
- Het ontwerp is gevalideerd met de opdrachtgever, voordat het UO ter acceptatie wordt ingediend.
- De ruimtelijke kwaliteit van het is UO is minimaal gelijk aan de hoge ruimtelijke kwaliteit in het voorontwerp zonder overschrijding van de projectkosten.
- Het ontwerp voldoet expliciet aantoonbaar aan de gestelde eisen voordat wordt begonnen met de uitvoeringswerkzaamheden.

Ontwerpnota

Het natuureiland wordt beschermd door harde en zachte randen. Voorliggende ontwerpnota gaat in op de harde rand en heeft de volgende doelen:

- vastleggen van de technische onderbouwing van het ontwerp;
- vastleggen van de raakvlakken en risico's ten behoeve van de registers;
- vastleggen van de eisenverificatie voor het object.

1.2. Object en functie

De rapportage heeft betrekking op object RA1, inclusief eventuele onderliggende objecten (Tabel 1-1). Het object heeft als hoofddoel het beschermen van achterliggende objecten tegen erosieprocessen als gevolg van wind, golfoverslag en kruierend ijs (eis RA-01).

Tabel 1-1. Objectenboom

objectcode	omschrijving
MW	Eerste fase Marker Wadden
RA	Randen
RA1	Harde rand
RA1.1	Zuidelijke kop
RA1.2	Harde rand bij Compartiment Dun Slib
RA1.3	Harde rand bij Eiland A
RA1.4	Overwash zones
RA1.5	Noordelijke kop

Naast het bieden van bescherming fungeert de harde rand als een habitat voor mosselen, macrofauna en vis en als foerageergebied voor vogels. Mosselen zullen zich hechten aan de stortstenen, draadalgen en macrofauna groeien op de stenen. Openingen in de dam tussen de stenen bieden ruimte voor kreeftachtigen en jonge vis als de rivierdonderpad. Dit

trekt diverse kustvogels als meeuwen en sterns, eenden en zwanen foerageren tussen de draadalgen.

In de harde rand worden enkele verlagingen aangebracht, waardoor golven naar binnen kunnen spoelen bij wat sterkere wind. Dit zorgt voor een meer natuurlijk proces in het gebied. Het water zal zich achter de dam verzamelen en zich via het achtergelegen moerasgebied licht stromend een weg terug naar het open water banen.

1.3. Leeswijzer

Relatie tussen rapporten

De voorliggende rapportage maakt integraal onderdeel uit van een set rapporten ten behoeve van de technische onderbouwing van het object Eerste fase Marker Wadden. Een overzicht van de meest relevante documenten voor voorliggende ontwerpnota is gegeven in Tabel 1-2.

Tabel 1-2. Overzicht relevante documenten

titel	documentnummer	inhoud
Ontwerpnota UO harde rand (RA1)	MW-UO-WP-OW02-1 (voorliggend)	beschrijving van het UO en rekenkundige onderbouwing
Overzichtstekening harde rand	52812492-TEK-UO-0004 rev 1.0	overzichtstekening van de harde rand met dwarsprofielen.
Geotechnisch ontwerp Marker Wadden: Zettings- en stabiliteitsberekeningen	13084-04-R01-XX-PTUR ¹	geotechnische beoordeling van het UO
Ontwerpnota UO zachte rand (RA2)	MW-UO-WP-OW04-1	beschrijving van het UO en onderbouwing
Risicoregister	MW-REG-007	register van de risico's
Raakvlakkenregister	MW-REG-004	register van de raakvlakken
Hoeveelhedenstaat	MW-HGG-001	toegepaste hoeveelheden Marker Wadden
Verificatierapport harde rand (RA1)	MW-VER-018	plan voor verificatie en validatie van de ontwerp-eisen

Ontwerpnota

Hoofdstuk 2 van voorliggende ontwerpnota betreft een beschrijving van het ontwerp en kan gezien worden als een samenvatting van de uitgevoerde analyses. Naast een algemene beschrijving gaat het hoofdstuk in op de uitvoeringsfasering, eisen voor uitvoering vanuit het ontwerp, risico's en raakvlakken.

De objectspecifieke eisen en uitgangspunten voor de harde rand zijn gegeven in hoofdstuk 3. De aangehouden ontwerpmethodiek is uiteengezet in hoofdstuk 4. De rekenkundige beoordeling van de deelobjecten (RA1.1 tot en met RA1.5) is opgenomen in hoofdstukken 5 tot en met 9. De hoofdstukken verwijzen geregeld naar de bijlagen, waarin de belangrijkste uitvoer van de berekeningen zijn opgenomen. Het rapport wordt afgesloten met een lijst van geraadpleegde documenten in hoofdstuk 10.

De objectgerelateerde risico's zijn opgelijst in bijlage I. In bijlage II is de verificatie van de eisen gegeven. De berekeningsresultaten, ten behoeve van de rekenkundige beoordeling, zijn opgenomen in bijlage III tot en met bijlage VI. In bijlage VII zijn de UO tekeningen bijgevoegd.

¹ XX verwijst naar de laatste versie van het document. Omdat de geotechniek tot nieuwe inzichten m.b.t. bouwfaseringsfasering kan leiden, is het van belang dat het laatste rapport wordt geraadpleegd.

2. ONTWERPBESCHRIJVING

2.1. Algemene beschrijving

De harde rand van de Marker Wadden bestaat uit een doorlopende rand van zo'n 1,6 km en twee koppen. Op een drietal plaatsen in de doorlopende rand zijn overwash zones aangebracht. Het object harde rand is opgedeeld in vijf deelobjecten. Hieronder is per deelobject een beschrijving gegeven van het ontwerp. Het betreft een omschrijving van het UO. De UO tekening is gegeven in bijlage VII. Het betreft de overzichtstekening van de harde rand 52812492-TEK-UO-0004 rev 1.0 [ref. 6.]

2.1.1. Doorlopende rand bij Eiland A

Het noordelijke deel van de doorlopende rand beschermt het daarachter gelegen Eiland A. De rand heeft hier overwegende Noord-Zuid oriëntatie. In dwarsprofiel DP04 en DP06 van bijlage VII is de doorsnede van het profiel getoond. Op de binnenberm is ruimte voor het wandel- en beheerpad.

De belangrijkste aspecten van dit profiel zijn:

- bodemniveau: NAP - 4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- buitentaludhelling: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 2,00 m;
- lengte beschermde kruin: 2,00 m;
- toegepast geotextiel: conform specificaties gegeven in paragraaf 3.4.4;
- toegepaste gradering toplaag: 40-200 kg direct op geotextiel.

Op een drietal locaties in deze rand zijn overwash zones toegepast, waardoor van het hier beschreven profiel wordt afgeweken. De beschrijving van de profielen bij de overwash zijn behandeld in paragraaf 2.1.5.

2.1.2. Doorlopende rand bij Compartiment Dun Slib

Het zuidelijke deel van de doorlopende rand beschermt het daarachter gelegen Compartiment Dun Slib (CDS). De rand heeft hier overwegende Noord-Zuid oriëntatie. In dwarsprofiel DP03 van bijlage VII is de doorsnede van het profiel getoond.

De belangrijkste aspecten van dit profiel zijn:

- bodemniveau: NAP - 4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- buitentaludhelling: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 2,60 m;
- lengte beschermde kruin: 2,00 m;
- toegepast geotextiel: conform specificaties gegeven in paragraaf 3.4.4;
- toegepaste gradering toplaag: 40-200 kg direct op geotextiel.

2.1.3. Zuidelijke kop

Aan de zuidkant van de doorlopende rand bevindt zich de zuidelijke kop. Deze kop staat haaks op de harde rand bij Compartiment Dun Slib. In dwarsprofiel DP02 van bijlage VII is de doorsnede van het profiel getoond.

De belangrijkste aspecten van dit profiel zijn:

- bodemniveau: NAP - 4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- buitentaludhelling: 1:5;
- kruinhoogte: NAP + 2,00 m;
- volledige bestorte kruin;
- toegepast geotextiel: conform specificaties gegeven in paragraaf 3.4.4;
- toegepaste gradering toplaag: 60-300 kg;
- toegepaste gradering filterlaag: 45/125 mm.

Achter de kop loopt het profiel verder richting het strand. Hier wordt hetzelfde profiel toegepast als de doorlopende rand bij CDS (zoals beschreven in paragraaf 2.1.2). Het profiel versterft in het strand. Dwarsprofiel DP01 van bijlage VII toont de doorsnede van dit profiel.

2.1.4. Noordelijke kop

Aan de noordkant van de doorlopende rand bevindt zich de noordelijke kop. Deze kop staat in het verlengde van de harde rand bij Eiland A. In dwarsprofiel DP08 van bijlage VII is de doorsnede van het profiel getoond.

De belangrijkste aspecten van dit profiel zijn:

- bodemniveau: NAP - 4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- buitentaludhelling: 1:5;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- volledig bestorte kruin;
- toegepast geotextiel: conform specificaties gegeven in paragraaf 3.4.4;
- toegepaste gradering toplaag: 60-300 kg;
- toegepaste gradering filterlaag: 45/125 mm.

Achter de kop loopt het profiel verder richting de doorlopende rand bij Eiland A. Hier gaan de taludhellingen naar 1:4 en wordt de gradering 40-200 kg toegepast. In dwarsprofiel DP07 van bijlage VII is de doorsnede van de overgang naar dit profiel getoond.

2.1.5. Overwash zones

In de doorlopende rand bij Eiland A, is op drie locaties een overwash zone aanwezig. Door deze overwash kan het water het achterliggende gebied binnen. Het doel hiervan is om dynamiek in het achterliggende gebied te veroorzaken. In dwarsprofiel DP05 van bijlage VII is de doorsnede van het profiel getoond. Het wandel- en beheerpad loopt ook door de overwash zone.

De belangrijkste aspecten van dit profiel zijn:

- bodemniveau: NAP - 4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;

- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- buitentaludhelling: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 0,00 m;
- volledig bestorte kruin;
- toegepast geotextiel: conform specificaties gegeven in paragraaf 3.4.4;
- toegepaste gradering toplaag: 40-200 kg direct op geotextiel
- toegepaste dikte blokkenmat: 0,15 m
- binnentaludhelling 1:7 tot NAP - 1.50 m.

De drie overwash zones hebben elk een andere breedte. Van noord naar zuid zijn ze 34,2 m, 17,2 m en 8,6 m breed op het kruinniveau van NAP + 0,00 m. Vanaf de zijkanten van de overwash gaat het buitentalud met een helling van 1:10 terug naar de kruinhoogte van NAP + 2,00 m van de doorlopende rand. Het talud van het wandel- en beheerpad gaat met een helling van 1:10 van NAP + 0,00 m naar NAP + 1,00 m. Het wandel- en beheerpad bestaat uit blokkenmatten, waarlangs het stortsteen is aangelegd. Een detaildoorsnede van de aansluiting van het wandel- en beheerpad op het stortsteen is getoond in Detail 1 van bijlage VII.

2.2. Hoeveelheden

De benodigde hoeveelheden zijn opgenomen in Hoeveelhedenstaat [ref. 4.].

2.3. Uitvoeringsfasering

De uitvoeringsfasering van de harde rand hangt nauw samen met de geotechnische beschouwing. Om deze reden is de uitvoeringsfasering van de harde rand opgenomen in het rapport van geotechnisch rapport [ref. 3.].

2.4. Uitvoeringseisen

Vanuit ontwerp is een aantal eisen gedefinieerd voor uitvoering, welke zijn opgenomen in het verificatierapport harde rand (RA1) [ref. 8.]. In Tabel 2-1 zijn de uitvoeringseisen beknopt weergegeven.

Tabel 2-1. Uitvoeringseisen

Eisnummer: RA1-UA-18	Titel: Minimale laagdikte stortsteen
	Eistekst: De minimale laagdikte van stortsteen is groter of gelijk aan $1,5 \cdot D_{n50}$ van de toegepaste steen. De streefaanlegdikte van de gehele harde rand is $2,0 \cdot D_{n50}$ van de toegepaste steen.
	Toelichting: In het ontwerp wordt een laagdikte van $2 \cdot D_{n50}$ gehanteerd, in deze eis is de ondergrens van de laagdikte beschreven. De gehanteerde waarden voor D_{n50} zijn: 40-200 kg: $D_{n50} = 0,36$ m 60-300 kg: $D_{n50} = 0,42$ m
	Methode: Om de 20 m worden de dwarsprofielen opgemeten en de laagdiktes bepaald.
	Verantwoordelijke: Uitvoerder
Eisnummer: RA1-UA-19	Titel: Dichtheid stortsteen
	Eistekst: De dichtheid van het toegepaste stortsteen is groter of gelijk aan 2650 kg/m^3
	Toelichting: In de ontwerpnota is van deze dichtheid uitgegaan.
	Methode: Keuringsrapport of certificaat
Eisnummer: RA1-UA-20	Titel: Aanlegtolerantie zandtalud
	Eistekst: De ligging van het zandtalud dient gelijk te zijn aan het theoretische profiel, met maximale absolute afwijking van 0,2 m
	Methode: Om de 20 m worden de dwarsprofielen opgemeten.
	Verantwoordelijke: Uitvoerder
Eisnummer: RA1-UA-21	Titel: Aanlegtolerantie stortsteen
	Eistekst: De ligging van het steentalud dient gelijk te zijn aan het theoretische profiel, met maximale absolute afwijking van 0,2 m
	Methode: Om de 20 m worden de dwarsprofielen opgemeten.
	Verantwoordelijke: Uitvoerder
Eisnummer: RA1-UA-22	Titel: Specificaties geotextiel
	Eistekst: Het toegepaste geotextiel dient te voldoen aan de volgende eisen: <ul style="list-style-type: none"> - openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27 \text{ mm}$ (= $270\mu\text{m}$); - permittiviteit $> 0,1$ [1/s]; - treksterkte bij breuk (in twee richtingen) $\geq 35 \text{ kN/m}$ (bij toepassen van een vlies $\geq 15 \text{ kN/m}$); - reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹ - In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld; - In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m^2 te wegen; - bij toepassing van een gradering groter dan 40-200 kg, dient een geometrisch gesloten filterlaag te worden toegepast tussen de breuksteen en het geotextiel.
	Methode: Certificering geotextiel
	Verantwoordelijke: Uitvoerder
Eisnummer: RA1-UA-23	Titel: Plaatsing en afwerking geotextiel
	Eistekst: Voor de plaatsing en afwerking van het geotextiel dient: <ul style="list-style-type: none"> - De overlap tussen twee geotextielen dient ten minste 0,5 m te bedragen - Bij de kruin het geotextiel verticaal te worden opgezet tot het maaiveld om een fysieke scheiding tussen het zand en het stortsteen te vormen. Overtollig geotextiel dient te worden afgesneden - De valhoogte van de stenen kleiner te zijn dan 1 m
	Methode: Inspectie
	Verantwoordelijke: Uitvoerder

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

Eisnummer: RA1-UA-24	Titel: Initieel aanlegprofiel
	Eistekst: Het initieel aanlegprofiel voor de harde rand dient te worden aangelegd met een taludhelling van 1:4 boven water en 1:7 onder water. De kruin mag in combinatie met genoemde taludhellingen initieel worden aangelegd op NAP + 2 m. Het aanbrengen van de zanddam met steilere taluds dient vooraf ter toetsing te worden voorgelegd aan de geotechnisch adviseur en dient te worden onderbouwd met aanvullende geotechnische informatie.
	Toelichting: De stabiliteit van de Harde Rand is in de DO/VO fase berekend op basis van sterkteparameters uit tabel 2b. uit NEN 9997-1+C1 (nl), april 2012. De sterkteparameters uit deze tabel zijn zeer conservatief en vormen een absolute ondergrens van de werkelijk te verwachten sterkte. Ervaring op verschillende projectlocaties door Nederland leert dat reële verwachtingswaarden voor de sterkte van klei en veen hoger zijn dan de waarden uit tabel 2.b. Het in rekening brengen van onderbouwde hogere sterktewaarden kan resulteren in steiler te realiseren taluds.
	Methode: Op de VO tekening wordt het initieel aanlegprofiel gecontroleerd. Indien steilere taluds dan 1:4 en 1:7 voor respectievelijk boven water en onder water worden toegepast, dient de geotechnisch adviseur hier goedkeuring voor te geven.
	Verantwoordelijke: Uitvoerder
Eisnummer: RA1-UA-25	Titel: Uitvoeringsfasering
	Eistekst: Tijdens de uitvoeringsfase dient de conceptuele fasering uit het Geotechnisch Uitvoeringsontwerp (13084-04-R02-xx-PTUR) te worden verwerkt in werktekeningen/werkplannen. De werktekeningen/werkplannen dienen ter toetsing te worden voorgelegd aan een geotechnisch adviseur.
	Methode: De werktekeningen/werkplannen worden door de geotechnisch adviseur getoetst op geotechnische stabiliteit
	Verantwoordelijke: Uitvoerder

2.5. Raakvlakken

De harde rand heeft raakvlakken met:

- wingebieden (slibgeul en/of winput): macrostabiliteit van de oevers en morfologische dynamiek ter plaatse van de teen;
- eiland1-zachte rand: aansluiting op zachte rand;
- (A) compartiment 1: beschermen tegen erosieprocessen;
- eiland1-binnendijk2-zand: twee keer aansluiten op binnendijk;
- Compartiment Dun Slib: beschermen tegen erosieprocessen;
- strand-fase1-zand: aansluiten op strand;
- wandel- en beheerpaden op de harde rand.

2.6. Risico's

De risico's en bijbehorende maatregelen volgende uit deze ontwerpnota voor de harde rand zijn gegeven in bijlage I.

3. EISEN EN UITGANGSPUNTEN

De relevante eisen en uitgangspunten voor het object harde rand zijn in voorliggend hoofdstuk opgenomen.

3.1. Eisen

De eisen en het verificatieplan, geldend voor het object harde rand, zijn opgenomen in bijlage II. In Tabel 3-1 is per eis de eistekst en het criterium herhaald hierin zijn de uitvoeringseisen benoemd in paragraaf 2.4 niet herhaald.

Tabel 3-1. Eisen harde rand

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
MW-04	Secundaire bouwstoffen 2	Secundaire bouwstoffen zijn toegestaan in de bekleding van een harde rand en als functionele funderingslaag in eventuele (bouw)wegen waarbij wordt aangetoond dat aan de bijbehorende wettelijke zorgplicht wordt voldaan.	Niet van toepassing. In de harde rand worden geen secundaire bouwstoffen toegepast.
MW-05	Secundaire bouwstoffen 3 (industrie-klasse)	Grond en/of baggerspecie met kwaliteitsklasse Industrie / B mag uitsluitend als kernmateriaal toegepast worden in een harde rand, vooroeverdam of in het zandplateau waarbij wordt aangetoond dat aan de bijbehorende wettelijke zorgplicht wordt voldaan.	Niet van toepassing. In de harde rand worden geen secundaire bouwstoffen toegepast.
MJO-01	Onderhoud aan randen en vooroeverdam (indien aangeboden)	Harde en zachte randen en (indien aangeboden) vooroeverdammen dienen zodanig onderhouden te worden dat deze aan de eisen gesteld aan deze objecten voldoen.	In het beheer- en onderhoudsplan zijn de volgende beheer- en onderhoudseisen uitgewerkt: RA1-UA-04 RA1-UA-06
RA-01	Beschermen tegen weersinvloeden	Randen/dammen dienen de te realiseren objecten te beschermen tegen erosieprocessen als gevolg van wind, golfoverslag en kruierend ijs.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). RA1-A-10
RA-03	Erosie bij compartiment dun slib	Materiaal/korstvorming in het compartiment dun slib mag bij een storm die eens in de 50 jaar voorkomt, niet verloren gaan door overwash/golfoverslag of uitspoeling.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). RA1-A-11
RA-04	Verhouding harde-zachte rand	Verhouding harde-zachte rand is ter keuze Opdrachtnemer mits minimaal 500m zachte rand aanwezig is.	Lengte zachte rand is \geq 500 m.
RA-06	Stabiliteit harde randen en eventuele vooroeverdammen	De stabiliteit van de harde randen en eventuele vooroeverdammen van stortsteen dient te voldoen aan de hiervoor geldende ontwerp- en uitvoeringspraktijk voor wat betreft grensvlak stabiliteit, interne stabiliteit en topaagstabiliteit, voor een periode van mini-	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). RA1-A-07; RA1-A-08; RA1-A-14.

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
		maal 50 jaar. (Nvl 3, MUT 4) DF2, Nvl3, MUT4: Eis gewijzigd	
RA-07	Levensduur houten constructie	Een houten beschermingsconstructie dient een ontwerplevensduur te hebben van minimaal 20 jaar. DF2, Nvl3, MUT5: Eis gewijzigd	Niet van toepassing. In de harde rand worden geen houten beschermingsconstructies toegepast.
RA-08	Zichtbaarheid onderwaterobjecten	Een object/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min waterpeil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, dient voor scheepvaart/ waterrecreanten met betoning gemarkeerd te zijn.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). RA1-A-09
RA1-01	Natuurlijke uitstraling van toe te passen materialen	Een harde rand dient een natuurlijke uitstraling te hebben.	De harde rand heeft een natuurlijke uitstraling, te beoordelen door de landschapsarchitect.
RA1-02	Maximaal gewicht breuksteen (indien toegepast)	Eventueel toe te passen breuksteen dient niet zwaarder te zijn dan de sortering 60/300 kg.	Toegepaste bestorting heeft een standaard gradering lichter of gelijk aan 60-300 kg.
RA1-03	Schade aan bestorting	De bestorting dient bij een maatgevende storm van eens in de 50 jaar een schade te vertonen die niet groter is dan: S=5 bij een helling 1 op 1,5 of S=6 bij een helling 1 op 2 of S=9 bij een helling 1 op 3 of S=12 bij een helling 1 op 4 of flauwer, conform de formule Van Der Meer.	Het schadegetal S in de rekenkundige beoordeling van de top laag is ≤ 12 . De hydraulische randvoorwaarden zijn gelijk aan eis RA1-A-07
RA1-UA-04	Onderhoud m.b.t. kruinhoogte	Gedurende de onderhoudsperiode van 10 jaar dient herstellend onderhoud te worden uitgevoerd, wanneer de kruinhoogte onder het minimaal benodigde niveau komt.	i) kruinhoogte doorlopende harde rand \geq minimaal kruinhoogte doorlopende harde rand (RA1-A-10) ii) kruinhoogte harde rand compartiment dun slib \geq minimaal kruinhoogte compartiment dun slib (RA1-A-11)
RA1-UA-06	Onderhoud aan harde rand	Gedurende de onderhoudsperiode van 10 jaar dient herstellend onderhoud te worden uitgevoerd aan de steenbestorting, wanneer het schadegetal aan het einde van het stormseizoen groter dan 7 is.	Schadegetal S ≤ 7 .
RA1-A-07	Ontwerpperiode stabiliteit harde rand	De stabiliteit van de harde randen van stortsteen dient ontworpen te worden voor een periode van minimaal 50 jaar.	i) Te gebruiken materialen hebben een minimale levensduur van 50 jaar. ii) De hydraulische randvoorwaarden uit Bijlage I van de VSE met een herhalingsstijd van 50 jaar zijn gebruikt.
RA1-A-08	Ontwerpmethodiek en uitvoeringspraktijk harde rand	De stabiliteit van de harde randen van stortsteen dient te voldoen aan de	(i) toplaagstabiliteit conform eis RA1-03

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
		hiervoor geldende ontwerp- en uitvoeringspraktijk voor wat betreft grensvlak stabiliteit (iii), interne stabiliteit (ii) en toplaagstabiliteit (i).	(ii) interne stabiliteit toplaag: toepassen standaard steengraderingen (iii) grensvlakstabiliteit tussen geotextiel en kernmateriaal van harde rand: conform CUR 205
RA1-A-09	zichtbaarheid onderwaterobjecten	Een object/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min waterpeil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, dient voor scheepvaart/ waterrecreanten met betonning gemarkeerd te zijn.	Een object/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min waterpeil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, is voor scheepvaart/ waterrecreanten met betonning gemarkeerd.
RA1-A-10	Beschermen tegen weersinvloeden	De harde rand dient compartiment 1 (A), compartiment dun slib en daarin gelegen objecten te beschermen tegen golfklappen, golfoverslag en kruierend ijs.	Aan deze eis is voldaan indien: (i) voldaan is aan eis RA1-03; (ii) gemiddeld golfoverslagdebiet $q \leq 2$ l/s/m. De hydraulische randvoorwaarden zijn gelijk aan eis RA1-A-07. (iii) horizontale afstand van objecten tot de teen van de achterzijde van de harde rand ≥ 10 m
RA1-A-11	Erosie bij compartiment dun slib	Het ontwerp van de harde rand bij het compartiment dun slib dient zodanig te zijn dat bij een storm die eens in de 50 jaar voorkomt de bovengrens voor overslag 0,1 liter per seconde per meter is bij de binnenkruinlijn.	Het gemiddeld overslagdebiet q over de binnenkruinlijn is $\leq 0,1$ l/s/m. De hydraulische randvoorwaarden zijn gelijk aan eis RA1-A-07.
RA1-E-13	Overwash zones in de harde rand	In de harde rand worden drie verlagingen toegepast. Door de overwashes zal water het gebied in slaan en stromen, wat dynamiek in het achterliggende gebied veroorzaakt. Wel dient de overwash voldoende bescherming te bieden om grootschalige afslag in het achterliggende gebied te voorkomen.	De overwashes zijn dusdanig gedimensioneerd dat ze dynamiek in het achterliggende gebied veroorzaken, maar grootschalige afslag voorkomen.
RA1-A-14	Geotechnische stabiliteit harde rand	De veiligheid tegen instabiliteit van de harde rand dient groter of gelijk te zijn aan 0,85, gebruik makend van partiële materiaalfactoren conform NEN-EN 9997-1+C1 (nl). De harde rand dient te zijn ingedeeld in Reliability Class 1.	Veiligheid tegen instabiliteit van de harde rand $\geq 0,85$
RA1-UA-15	Proceseis m.b.t. aanleghoogte	De definitieve aanleghoogte dient tijdens de uitvoeringsfase door een geotechnisch adviseur te worden bepaald op basis van meetresultaten van de zetting tijdens de uitvoering.	Kruinhoogte harde rand minimaal NAP + 2 m gedurende de levensduur.
RA1-UA-16	Proceseis m.b.t. geotech-	Tijdens het uitvoeringsproces dient per	Veiligheid tegen instabiliteit van

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
	nische stabiliteit	ophoogfase door een geotechnisch adviseur bepaald te worden of een volgende fase stabiel kan worden aangebracht. De geotechnische analyse vindt plaats op basis van waterspannings- en zettingsmetingen	de harde rand $\geq 0,85$
RA1-UA-17	Proceseis m.b.t. aanpassingen in dwarsprofielen	Bij veranderingen in het dwarsprofiel van de harde rand, dient de waterbouwkundige stabiliteit van de harde rand beoordeeld te worden door een waterbouwkundig adviseur.	Indien er een aanpassing in het dwarsprofiel van de harde rand is doorgevoerd, is deze waterbouwkundig goed bevonden door een waterbouwkundig adviseur. Hierbij dient aan de eisen die van toepassing zijn op de harde rand te zijn voldaan.
RA1-UA-26	Monitoren teenbestorting	De staat van de teenbestorting van de harde rand dient jaarlijks te worden gemonitord. Wanneer de teenbestorting te ver is gezakt tijdens de onderhoudsfase, dienen herstelwerkzaamheden te worden uitgevoerd.	Lokale zakking van de teenbestorting op 1,3 m vanaf het buitentalud $\leq 0,1$ m.

3.2. Geometrische uitgangspunten

In het ontwerp is het volgende principeprofiel aangehouden voor de doorlopende randen (zie ook dwarsprofiel DP04 en DP06 van bijlage VII):

- oorspronkelijk bodemniveau: NAP -4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- helling buitentalud: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 2,00 m;
- kruinbreedte: 3 m (2 m steen, 1 m gras);
- helling naar platberm: 1:3;
- breedte platberm: 3,5 m;
- helling binnentalud tot oorspronkelijk bodemniveau: 1:7.

3.3. Hydraulische uitgangspunten

Voor water is uitgegaan van een dichtheid van $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$.

3.3.1. Golfbelasting

De golfcondities op de projectlocatie zijn gegeven in Bijlage I van 'Eerste fase Marker Wadden, Vraagspecificatie Eisen' (VSE) [ref.15.]. Een 1/50 jaar storm met een stormduur van 6 uur is aangenomen. De golfrandvoorwaarden zijn weergegeven in Tabel 3-2.

Tabel 3-2. Hydraulische golfrandvoorwaarden 1/50 jaar storm [bron VSE]

Windrichting	1/50 jaar ⁻¹		
	d* [m]	H _i [m]	T _p ** [s]
NNO(30)	-0,9	0,6	2,7
ONO(60)	-1,1	0,6	2,6
O(90)	-1,0	0,6	2,6
OZO(120)	-0,8	0,6	2,7
ZZO (150)	-0,7	0,7	3,0
Z(180)	-0,4	1,0	3,7
ZZW (210)	0,3	1,3	4,5
WZW(240)	0,8	1,5	4,9
W (270)	0,8	1,5	4,9
WNW(300)	0,3	1,3	4,6
NNW(330)	-0,2	1,1	4,0
N(360)	-0,6	0,8	3,3
Omni	0,8	1,5	5,0

¹⁾ Waterstand inclusief windopzet, stille water diepte is 4,6 m (uitgaande van 5m diepte -0,4 m winterpeil).

²⁾ Relatie tussen piek en gemiddelde golfperiode: $T_m = T_p * 0,8$

In toevoeging op de informatie uit de VSE zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- d [m + NAP];
- $H_i = H_s$;
- $T_p = 1,1 T_{m-1,0}$.

3.3.2. Stromingsbelasting

In het Markermeer is er niet tot nauwelijks stroming. Daarnaast is de stromingsbelasting door passerende schepen langs de harde rand naar verwachting verwaarloosbaar ten opzichte van de golfbelasting. Derhalve is stromingsbelasting niet meegenomen in het ontwerp van de harde rand.

Bij de overwash zones kan het water het moeras in slaan/stromen. Voor het bepalen van de stabiliteit van de blokkenmatten is op deze locatie de stromingsbelasting meegenomen. Op basis van de 1/50 jaar storm is een analytische berekening gemaakt om inzicht te krijgen in de stroomsnelheden op de bodem van de overwash ter hoogte van het beheerpad. In bijlage V is de berekening getoond, hieruit volgt een stroomsnelheid van 1,50 m/s.

3.3.3. Ijsbelasting

Belasting op de harde rand door opkruierend is niet meegenomen, conform eis RA-01. De objecten achter deze rand dienen echter niet door ijs beschadigd te worden. Op basis van een beoordeling van een ice-engineer is als uitgangspunt genomen dat kruierend ijs niet verder dan 10 m achter de kruin van de harde rand zal komen. Hierbij is aangenomen dat de harde rand niet volledig is weggeschoven. De te beschermen objecten dienen daarom minimaal 10 m van de harde rand verwijderd te zijn.

3.4. Materialen

3.4.1. Stortsteen

Het overgrote deel van de harde rand is bekleed met stortsteen met een maximale gradering van 60-300 kg. Voor het stortsteen is een dichtheid van 2650 kg/m³ gehanteerd. In Tabel 3-3 zijn de in het ontwerp aangehouden eigenschappen (conform NEN-EN 13383-1:2002) van standaard steengraderingen opgenomen.

Tabel 3-3. Nominale steendiameters standaard steensorteringen

	10-60 kg	40-200 kg	60-300 kg
M₅₀ [kg]	37	126,5	192,5
D_{n50} [m]	0,24	0,36	0,42

Als uitgangspunt geldt dat de D_{n50} van de toegepaste gradering groter dient te zijn dan de berekende D_{n50}, oftewel: D_{n50,toegepast} ≥ D_{n50,berekend}. Voor de laagdikte wordt 2 · D_{n50} gehanteerd, met een minimum van 1,5 · D_{n50}.

Voor het bepalen van een geometrisch gesloten filterlaag onder de 60-300 kg gradering, is er aanvullende informatie over de gebruikte stenen nodig. Deze informatie is weergegeven in Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Zeefdiameters filtermateriaal

Gradering	D ₁₀ [m]	D ₁₅ [m]	D ₆₀ [m]	D ₈₅ [m]
45/125 mm	0,047	0,059	0,095	0,114
60-300 kg	n.v.t.	0,400	n.v.t.	n.v.t.

Voor zowel stortsteen als het filtermateriaal is de verwachte levensduur > 50 jaar

3.4.2. Blokkenmatten

De blokkenmatten die worden toegepast als wandel- en beheerpad in de overwash zones dienen aan de volgende specificaties te voldoen:

- dikte blokkenmat: 0,15 m;
- porositeit blokkenmat: ≤ 30%;
- dichtheid beton: ≥ 2400 kg/m³;
- levensduur: ≥ 50 jaar.

3.4.3. Kernmateriaal

Voor de kern van de harde rand wordt zand toegepast dat wordt gewonnen in het projectgebied. De eigenschappen van dit zand zijn beschreven in 'Rapportage geotechnisch veldwerk betreffende Onderzoek Marker Wadden' van Fugro [ref. 12.], in bijlage VI zijn de eigenschappen van de relevante boringen weergegeven. In Tabel 3-5 zijn de gehanteerde eigenschappen van het zand weergegeven.

Tabel 3-5 Eigenschappen kernmateriaal

	D ₁₀ [mm]	D ₄₀ [mm]	D ₅₀ [mm]	D ₉₀ [mm]	C _u [-]
Mediaan van boringen	0,13	0,24	0,27	0,59	2,3
Grofste zandgradering	0,25	0,46	0,57	14,00	3,0

3.4.4. Geotextielen

In bijlage VI.2 zijn op basis van het kernmateriaal de specificaties voor het geotextiel afgeleid. Het te gebruiken geotextiel dient aan de volgende eisen te voldoen:

- openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27 \text{ mm} (= 270\mu\text{m})$;
- permittiviteit $> 0,1 [1/\text{s}]$;
- treksterkte bij breuk (in twee richtingen) $\geq 35 \text{ kN/m}$ (bij toepassen van een vlies $\geq 15 \text{ kN/m}$);
- reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m^2 te wegen;
- bij toepassing van een gradering groter dan 40-200 kg, dient een geometrisch gesloten filterlaag te worden toegepast tussen de breuksteen en het geotextiel.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

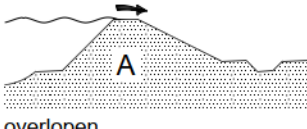
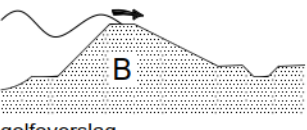
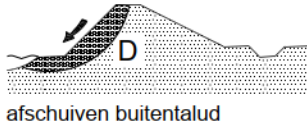
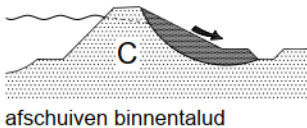
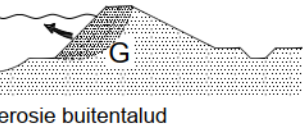
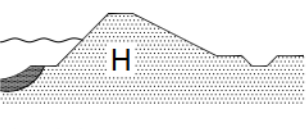
RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

4. ONTWERPMETHODIEK

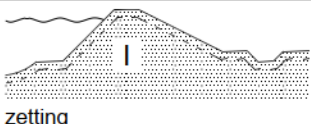
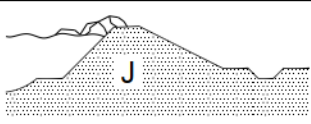
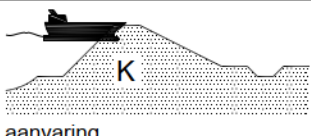
4.1. Faalmechanismen

Het ontwerp van de harde rand is beoordeeld op verschillende faalmechanismen. Een korte beschrijving van de verschillende faalmechanismen is gegeven in Tabel 4-1. De beoordeling is per faalmechanisme gebundeld in een bijlage of separaat rapport. Verwijzingen naar de betreffende bijlage en/of rapport is opgenomen in de laatste kolom van de tabel.

Tabel 4-1. Omschrijving faalmechanismen¹

faalmechanisme	omschrijving	verwijzing
 <p>overlopen</p>	Zonder dat de oever bezwijkt, kan er schade aan achterliggende objecten ontstaan door het overlopen van water. Het faalmechanisme is alleen relevant als de ontwerpwaterstand hoger is dan de kruin. Dit is van toepassing op de overwash zones. Hier treedt echter geen falen op door overloop, omdat de binnenwaterstand de buitenwaterstand mag volgen.	-
 <p>golfoverslag</p>	Erosie van het binnentalud of schade aan achterliggende objecten door stromend water ten gevolge van golfoverslag.	paragraaf 4.2
 <p>afschuiven buitentalud</p>	De kans op instabiliteit (afschuiven) van het buitentalud is met name relevant tijdens de realisatie (ongeconsolideerd gedrag) of na een snelle daling van de buitenwaterstand. De taluds zijn op dit mechanisme gecontroleerd in een separaat rapport.	rapport Geotechnisch ontwerp Marker Waddens [ref. 3].
 <p>afschuiven binnentalud</p>	Het binnentalud (indien aanwezig) is beoordeeld op instabiliteit ten gevolge van infiltratie van instromend water of door de waterdruk tegen de rand en verhoogde waterspanningen in de ondergrond. De taluds zijn op dit mechanisme gecontroleerd in een separaat rapport.	rapport Geotechnisch ontwerp Marker Waddens [ref. 3].
 <p>erosie buitentalud</p>	Erosie van het buitentalud door golfbelasting is beoordeeld. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de volgende deelmechanismen: <ul style="list-style-type: none"> - stabiliteit toplaag: <ul style="list-style-type: none"> - buitentalud - kruin - binnentalud - stabiliteit filterlagen - stabiliteit teenconstructie 	paragraaf 4.3
	De erosie van het ondertalud (beneden NAP -2,7 m) is niet beoordeeld in voorliggende rapportage. Dit onderdeel is meegenomen in de beschouwing van de zachte rand.	ontwerpnota zachte rand [ref. 5]
 <p>instabiliteit vooroever</p>	Instabiliteit vooroever als gevolg van afschuiving en zettingvloeiing is beoordeeld indien er in de nabijheid van de oever een wingebied aanwezig is. De taluds zijn op dit mechanisme gecontroleerd in een separaat rapport.	rapport Geotechnisch ontwerp Marker Waddens [ref. 3].

¹ Vrij naar: TAW, Grondslagen voor Waterkeren [ref. 21].

faalmechanisme	omschrijving	verwijzing
 zetting	De kruindaling als gevolg van zettingen van de natuurlijke ondergrond en klink van het aangebrachte materiaal is beoordeeld in een separaat rapport.	rapport Geotechnisch ontwerp Marker Wadden [ref. 3].
 kruie ijs	Mechanische bedreiging ten gevolge van kruie ijs is conform eis RA-01 niet beoordeeld.	-
 aanvaring	Mechanische bedreiging ten gevolge van een aanvaring door scheepvaart is niet beoordeeld. In het geval van een aanvaring kan, afhankelijk van de scheepskarakteristieken, hoek van aanvaren en vaarsnelheid, schade aan de harde rand ontstaan. In dat geval dient de schade hersteld te worden.	-

4.2. Overslag

Om schade aan het binnentalud van de harde rand te voorkomen, dient de golfoverslag beperkt te worden. In Tabel 4-2 zijn de relevante criteria voor de harde rand opgenomen, conform The Rock Manual [ref.9].

Tabel 4-2. Golfoverslagcriteria

onderdeel	gemiddeld overslagdebiet [l/s/m]	schade
Harde rand	$q < 2$	geen schade indien onbeschermd
	$2 < q < 20$	schade bij onbeschermd kruin
	$20 < q < 50$	schade bij onbeschermd achtertalud

Voor de harde rand geldt doorgaans dat de kruin na 2 m onbeschermd is. Ook het binnentalud is onbeschermd. Derhalve geldt voor het overslagcriterium bij de harde rand $q < 2$ l/s/m. Het punt waarop de overslag wordt bekeken is aan het einde van de bestorting op de kruin.

Bij de ronding van de Noordelijke kop is de volledige kruin en achtertalud beschermd en derhalve wordt een maximaal overslagdebiet van 50 l/s/m toegestaan.

Bij de harde rand van het slibdepot (Object RA1.1) stelt eis IE5-06 een maximaal overslagdebiet van 0,1 l/s/m. Het punt waarop de overslag wordt bekeken is aan het einde van de bestorting op de kruin.

Het gemiddeld overslagdebiet (q) wordt bepaald met de TAW methode zoals beschreven in The Rock Manual. Voor brekende golven ($\gamma_b \xi_{m-1,0} \leq 2$) geldt:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = \frac{0,067}{\sqrt{\tan \alpha}} \gamma_b \cdot \xi_{m-1,0} \cdot \exp\left(-4,3 \frac{R_c}{H_{m0}} \frac{1}{\xi_{m-1,0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$

met maximaal:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0,2 \cdot \exp\left(-2,3 \frac{R_c}{H_{m0}} \frac{1}{\gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$

waarin:

- $H_{m0} = H_s$ [m]

golfhoogte;

- α [-]

taludhelling;

- $\xi_{m-1,0}$ [-]

getal van Iribarren bepaald met $\xi_{m-1,0} = \tan \alpha / \sqrt{2\pi/g \cdot H_s/T_{m-1,0}^2}$;

- $RC = [m]$

vrijboord;

- $\gamma_b = 1$ [-]

coëfficiënt voor de aanwezigheid van een berm. Omdat er geen berm aanwezig is, geldt een waarde van 1;

- $\gamma_f = 0,55$ [-]

coëfficiënt voor de ruwheid van de toplaag. Voor stortsteen geldt een waarde van 0,55;

- γ_β [-]

coëfficiënt voor de hoek van golfval bepaald met $\gamma_\beta = 1 - 0,0033|\beta|$. Voor invalshoeken $|\beta| > 80^\circ$, wordt een invalshoek van 80° gehanteerd.

Een reductiefactor (zoals benoemd in The Rock Manual) is toegepast, indien de bekleding op de kruin doorloopt. Hierbij wordt verwezen naar het rapport van Besley [ref. 2.], waarin voor breuksteenconstructies de volgende reductiefactor C_f wordt gegeven voor de beschermde kruinbreedte:

$$C_f = 3,06 \exp\left(-1,5 \frac{C_w}{H_s}\right)$$

waarin:

- $C_w = [m]$

beschermde kruinbreedte.

Het gereduceerde gemiddelde overslagdebiet aan het einde van de bestorting wordt dan bepaald met:

$$q_{red} = C_f \cdot q$$

4.3. Stabiliteit bekleding

4.3.1. Toplaag buitentalud

Voor de dimensionering van het stortsteen op het buitentalud van de harde rand is gebruik gemaakt van de Van der Meer formules 3.26 en 3.27 uit het PhD rapport van Van der Meer [ref.24.]:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_{pl} P^{0,18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \xi_m^{-0,5} \frac{H_s}{H_{2\%}} \quad \text{als: } \xi_m < \xi_{cr}$$

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_s P^{-0,13} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P \frac{H_s}{H_{2\%}} \quad \text{als: } \xi_m \geq \xi_{cr}$$

$$\xi_{cr} = \left[\frac{c_{pl}}{c_s} P^{0,31} \sqrt{\tan \alpha} \right]^{\frac{1}{P+0,5}}$$

waarin:

- $\Delta = 1,65$ [-]

relatieve dichtheid stortsteen. Gebaseerd op de dichtheden van stortsteen en water zoals beschreven in de uitgangspunten;

- $c_{pl} = 7,78$ [-] en $c_s = 1,22$ [-]

coëfficiënten voor 'plunging' en 'surging' golven. Hiervoor zijn de waardes gekozen met 5% overschrijdingskans, volgend uit de BREAKWAT manual [ref. 12.];

- $P = 0,1$ [-]

permeabiliteitsfactor. Voor constructies met een geotextiel is de waarde 0,1 aangehouden conform The Rock Manual [ref. 9.];

- $S_d = 12$ [-]

schadegetal. Conform de eisen is bij een buitentalud van 1:4 of flauwer een schadegetal van 12 gehanteerd. Hiermee wordt schade aan de constructie toegestaan, omdat bij een 1:4 talud een schadegetal tussen de 8 en 12 staat voor 'intermediate damage' conform The Rock Manual;

- $N \leq 7500$ [-]

aantal golven. Het aantal golven is bepaald door de maatgevende stormduur (6 uur) te delen door de golfperiode. Een maximaal aantal van 7500 golven is gehanteerd, conform The Rock Manual;

- H_s [m]

significante golfhoogte: Voor de significante golfhoogte zijn de opgegeven golfhoogtes bij een 1/50 jaar storm, zoals beschreven in Tabel 3-2;

- $H_{2\%}$ [m]

golfhoogte met overschrijdingskans van 2%: Deze golfhoogte is bepaald met de methode van Battjes en Groenendijk [ref. 1.];

- $\cot(\alpha)$ [-]

taludhelling. taludhelling 1:4 geeft $\cot(\alpha)=0,25$, taludhelling 1:5 geeft $\cot(\alpha)=0,20$;

- ξ_m [-]

getal van Iribarren bepaald met $\xi_m = \tan \alpha / \sqrt{2\pi/g \cdot H_s/T_m^2}$.

4.3.2. Toplaag kruin en binnentalud

Kruin boven water

Op de kruin van de harde rand dient het stortsteen minimaal over een breedte van 3-4 D_{n50} doorgelegd, zoals beschreven in The Rock Manual [ref. 9.]. In dit rapport wordt een breedte van 4 D_{n50} gehanteerd.

Kruin onder water (overwash zones)

Bij de overwash zones zal de kruin bij hoogwater onder water liggen. Voor dit type constructies kan de toplaagstabiliteit op dezelfde wijze worden bepaald als voor het normale buitentalud (paragraaf 4.3.1). Er kan echter een reductiefactor worden toegepast, zoals beschreven in The Rock Manual [ref. 9.]. Deze reductiefactor wordt hier niet gebruikt, zodat dezelfde gradering wordt gebruikt als bij de 'normale' harde rand. Dit leidt tot een robuust en praktisch uitvoerbaar ontwerp.

Blokkenmatten overwashzone

De wandel- en beheerpaden van de Marker Wadden lopen ook door de overwash zones. Voor de paden in de overwash zones zijn blokkenmatten voorzien. De stabiliteit ten aanzien van stroming van deze matten is beoordeeld middels de methode van Pilarczyk, zoals beschreven in formule 5.219 van The Rock Manual [ref. 9.].

$$D = \frac{\varphi_{sc}}{\Delta} \frac{0.035 K_t^2 K_h u^2}{\psi_{cr} K_{sl} 2g}$$

waarin:

- D [m]

dikte van de blokkenmat;

- $\varphi_{sc} = 0,5$ [-]

stabiliteitsfactor. Voor blokkenmatten gelijk aan 0,5;

- $\Delta = 1,4$ [-]

relatieve dichtheid stortsteen. Gebaseerd op de dichtheden van beton en water zoals beschreven in de uitgangspunten;

- $\Psi_{cr} = 0,070$ [-]

mobilitateitsparameter. Voor blokkenmatten gelijk aan 0,070;

- $K_t = 2$ [-]

turbulentiefactor. Voor sterke lokale verstoringen gelijk aan 2 conform Dikes and Revetments [ref. 18.];

- $K_{sl} = 1$ [-]

hellingsfactor. Voor een vlakke bodem gelijk aan 1;

- K_h [-]

snelheidsprofielfactor. Voor een niet volledig ontwikkeld stroomprofiel te bepalen met

$K_h = \left(1 + h/D\right)^{-0,2}$, waarin h [m] de waterdiepte is;

- u [m/s]

dieptegemiddelde stroomsnelheid;

- $g = 9,81$ [m/s²]

gravitatieconstante.

Binnentalud

Het binnentalud van de harde rand is niet beschermd met stortsteen. Om erosie van het binnentalud te voorkomen, is het gemiddelde overslagdebiet gelimiteerd, zoals beschreven in paragraaf 4.2. De overwash zones zijn wel met stortsteen uitgevoerd, zoals in deze paragraaf eerder is beschreven.

4.3.3. Teenconstructie

De toegepaste steengradering in de teenconstructie is gelijk aan de gradering van de top-laag op het buitentalud. Aangezien de golven niet direct de teenconstructie aanvallen, zal de belasting hier lager zijn. Door op de teen dezelfde gradering als het buitentalud toe te passen, is een robuuste en praktisch uitvoerbare teen ontworpen.

De teenbestorting dient, conform The Rock Manual [ref. 9.], minimaal 3 D_{n50} breed te zijn.

4.3.4. Kopconstructies

De kopconstructies worden zwaarder belast dan het doorlopende deel van de harde rand. Om deze reden is een factor 1,25 op de D_{n50} toegepast. Deze factor volgt uit de verhouding tussen de coëfficiënten voor doorlopende secties en kopconstructies zoals gebruikt in de Hudson stabiliteitsvergelijking en beschreven in tabel 5.52a van The Rock Manual [ref. 9.]

Voor het bepalen van de benodigde $D_{n50,kop}$ is eerst de benodigde $D_{n50,doorlopend}$ bepaald met de methode Van der Meer, zoals beschreven in paragraaf 4.3.1. Vervolgens is de $D_{n50,doorlopend}$ vermenigvuldigd met de factor 1,25.

4.3.5. Filterconstructie

De specificaties voor het geotextiel zijn gebaseerd een combinatie van eisen die volgen uit CUR 205 'Ontwerprichtlijn voor geotextielen onder steenbekledingen' (conceptversie) [ref. 11.] en eisen uit de uitvoering. De CUR 205 is een nadere specificatie van de CUR 174 [ref. 10.] en geeft meer specifiek eisen ten aanzien van geotextielen onder steenbekledingen. De CUR 205 is gebruikt om de minimale eigenschappen van het geotextiel te bepalen voor de volgende parameters:

- openingsgrootte O_{90} ;
- permittiviteit;
- sterkte;
- levensduur.

De eisen van het geotextiel volgen uit de randvoorwaarden die komen uit het ontwerp en de uitvoering. De belangrijkste parameters zijn:

- basismateriaal;
- levensduur;
- steengradering;
- extra robuustheid van het geotextiel voor de uitvoeringsfase.

Openingsgrootte van het geotextiel

Voor dynamische belasting (golven) en een korreldiameter van het basismateriaal van $D_{40} > 0,06$ mm geldt:

- $O_{90} < 1,5 * D_{10} * C_u^{0,5}$;
- $O_{90} < D_{50}$;
- $O_{90} < 0,5$ mm.

Permittiviteit

Om drukopbouw te voorkomen, dient de doorlatendheid van het geotextiel groter te zijn dan die van de onderliggende laag. Deze doorlatendheid hangt samen met de permittiviteit Ψ , waarvoor de CUR 205 [ref. 11.] minimale waarden geeft per grondsoort (Tabel 4-3). Wanneer de aanwezige grondsoort zich tussen de twee klassen bevindt, wordt de meest doorlatende soort aangenomen. Dit is een conservatieve benadering.

Tabel 4-3 Eisen ten aanzien van permittiviteitseisen

Grondsoort	D_{50} [mm]	minimale Ψ [1/s]
Zand	0,17	0,01
Zandig grind	3	0,1

Sterkte en levensduur

Voor de sterkte van het geotextiel wordt in CUR 205 [ref. 11.] het volgende voorgeschreven:

- De treksterkte bij breuk, zowel in de lengte- als dwarsrichting, dient in geval van een weefsel minimaal 35 kN/m te zijn. In geval een vlies toegepast wordt, dient de treksterkte bij breuk in 2 richtingen minimaal 15 kN/m te zijn;
- De reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, dient minimaal 50% te zijn van de korte duursterkte (indexwaarde).

Daarnaast wordt in CUR 205 [ref. 11.] een rek bij breuk van 60% voorgeschreven. Dit betekent dat een vlies moet worden toegepast. Vanuit de uitvoering is de wens om tot een robuuste oplossing (grotere treksterkte) te komen en daarom is de wens vanuit de uitvoering om een combinatie van een weefsel met daarop een vlies toe te passen. Het vlies be-

scherm hierbij het weefsel tijdens de installatie. Voor dit gecombineerde product (composiet) geldt conform CUR 205 [ref. 11.]:

- In geval van een combinatieproduct zal het toe te passen vlies minimaal 200 gr/m² moeten wegen, of er zal d.m.v. performance testen moeten worden aangetoond dat een ander vlies ook voldoet;
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld.

De combinatie van een geotextiel met een vlies voldoet niet aan de eisen ten aanzien van minimale rek bij breuk. Voor project Maasvlakte 2 zijn praktijkproeven uitgevoerd voor een situatie voor het geotextiel die goed overeenkomt met de situatie van Markerwadden [ref. 20.]. De resultaten laten zien dat bij valtesten van zwaardere graderingen (40-200kg) en een valhoogte van > 1,0 m schade kan ontstaan als alleen een weefsel wordt toegepast. Bij de situatie waarbij een combinatie van een vlies (170 gr/m²) bovenop het weefsel is toegepast, zijn geen schades geconstateerd aan het weefsel. Een vlies van tenminste 170 gr/m² wordt daarom voorgeschreven als een composiet wordt toegepast.

Filterlaag

Wanneer steengraderingen groter dan 40-200 kg worden toegepast, kunnen deze niet direct op het geotextiel worden geplaatst. Tussen de toplaag en het geotextiel is dan een geometrisch gesloten filterlaag toegepast. Deze filterlaag is ontworpen conform paragraaf 5.4.3.6 van The Rock Manual [ref. 9.].

Voor een geometrisch gesloten filter (waardoor uitspoeling wordt voorkomen) dienen de grootste korrels van het filtermateriaal ($D_{85,f}$) vast komen te zitten in de kleine ruimtes van de toplaag (gerepresenteerd door $D_{15,t}$). Dit leidt tot het volgende criterium volgens formule 5.272 van The Rock Manual:

$$\frac{D_{15,t}}{D_{85,f}} < 5$$

Om drukopbouw tussen de lagen te voorkomen, dient de permeabiliteit van de bovenliggende laag groter te zijn. Formule 5.275 van The Rock Manual [ref. 9.] geeft hiervoor het volgende criterium:

$$\frac{D_{15,t}}{D_{15,f}} > 5$$

Daarnaast dient het filtermateriaal zelf ook intern stabiel te zijn, hiervoor dient te worden voldaan aan:

$$\frac{D_{60,f}}{D_{10,f}} < 10$$

In deze relaties is:

$D_{15,t}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 15% van de stenen van de toplaag;
$D_{85,f}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 85% van de stenen van de filterlaag;
$D_{15,f}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 15% van de stenen van de filterlaag;
$D_{60,f}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 60% van de stenen van de filterlaag;
$D_{10,f}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 10% van de stenen van de filterlaag.

5. HARDE RAND BIJ EILAND A

De belangrijkste uitgangspunten voor de doorlopende rand bij Eiland A zijn:

- taludhelling: 1:4;
- toegepaste nominale steendiameter D_{n50} : 0,36 m (40-200 kg);
- kruinhoogte: NAP + 2,00 m;
- lengte beschermde kruin: 2 m.

5.1. Overslag

Conform eis RA1-A-10 is een gemiddeld overslagdebiet van maximaal 2 l/s/m aangehouden, gemeten op aan het einde van de bestorting op de kruin (na 2 m). De ontwerpmethodiek is weergegeven in paragraaf 4.2. Gezien de noord-zuid oriëntatie van de harde rand bij Eiland A loodrecht op de maatgevende golfrichting staat (WZW-W), is gerekend met loodrechte golfval.

De berekening is getoond in bijlage IV. Hieruit volgt dat het gemiddelde overslagdebiet achter de beschermde kruin gelijk is aan 1,47 l/s/m, waarmee aan de overslageis is voldaan.

5.2. Stabiliteit bekleding

De stabiliteit van de bekleding is getoetst op vier vlakken: de toplaag van het buitentalud, de toplaag van de kruin en binnentalud, de teenconstructie en de filterconstructie.

5.2.1. Toplaag buitentalud

De toplaag van het buitentalud is getoetst met de Van der Meer methode, zoals beschreven in paragraaf 4.3.1. Conform eis RA1-03 is een maximaal schadegetal 12 toegestaan voor een 1:4 talud. De berekening is getoond in bijlage V. Hieruit volgt een schadegetal van 9,3, waarmee de toplaag van het buitentalud voldoet.

5.2.2. Toplaag kruin en binnentalud

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.2 dient het stortsteen op de kruin minimaal over een breedte van $4 D_{n50}$ doorgelegd te worden. Met een D_{n50} van 0,36 m komt dit neer op 1,44 m. In het ontwerp is de beschermde kruin 2 m breed, waarmee deze voldoet.

Het verdere deel van de kruin en het binnentalud van de harde rand bij Eiland A wordt niet beschermd. Om erosie te voorkomen is een overslageis ingesteld, die in paragraaf 5.1 is aangetoond. Hiermee is de stabiliteit van de onbeschermden kruin en het binnentalud gewaarborgd.

5.2.3. Teenconstructie

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 is de toplaag van de teenconstructie stabiel, wanneer de toegepaste steengradering gelijk is aan die van de toplaag van het buitentalud. Aangezien dit het geval is in dit ontwerp, wordt de teenconstructie stabiel geacht.

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 dient de minimale breedte van de teen gelijk te zijn aan $3 D_{n50}$. Met een D_{n50} van 0,36 m komt dit neer op 1,08 m. In het ontwerp is de teen 3 m breed, waarmee deze voldoet.

5.2.4. Filterconstructie

Op basis van het kernmateriaal en de steengradering van de toplaag, zijn in bijlage VI de eisen voor de filterconstructie opgesteld. Daarnaast zijn in paragraaf 4.3.5 een aantal uitgangspunten benoemd. Hieruit volgen de volgende eisen:

- openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27 \text{ mm}$ (= $270\mu\text{m}$);
- permittiviteit $> 0,1$ [1/s];
- treksterkte bij breuk (in twee richtingen) $\geq 35 \text{ kN/m}$ (bij toepassen van een vlies $\geq 15 \text{ kN/m}$);
- reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m^2 te wegen.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

6. HARDE RAND BIJ COMPARTIMENT DUN SLIB

De belangrijkste uitgangspunten voor de doorlopende rand bij CDS zijn:

- taludhelling: 1:4;
- toegepaste nominale steendiameter D_{n50} : 0,36 m (40-200 kg);
- kruinhoogte: NAP + 2,60 m;
- lengte beschermde kruin: 2 m.

6.1. Overslag

Conform eis RA1-A-11 geldt een gemiddeld overslagdebiet van maximaal 0,1 l/s/m op de binnenkruinlijn (einde kruin). Deze strengere eis is ingesteld om de korstvorming in het compartiment dun slib te beschermen. In voorliggende berekening is de overslag op het punt achter de beschermde kruin bepaald (na 2 m). De ontwerpmethodiek is weergegeven in paragraaf 4.2 en de berekening is getoond in bijlage IV. Gezien de noord-zuid oriëntatie van de harde rand bij CDS loodrecht op de maatgevende golfrichting staat (WZW-W), is gerekend met loodrechte golfval.

De berekening is getoond in bijlage IV. Hieruit volgt dat het gemiddelde overslagdebiet achter de beschermde kruin gelijk is aan 0,09 l/s/m. De overslag aan de binnenkruinlijn is dus lager dan 0,1 l/s/m, waarmee aan de overslageis is voldaan.

6.2. Stabiliteit bekleding

De stabiliteit van de bekleding is getoetst op vier vlakken: de toplaag van het buitentalud, de toplaag van de kruin en binnentalud, de teenconstructie en de filterconstructie.

6.2.1. Toplaag buitentalud

De toplaag van het buitentalud is getoetst met de Van der Meer methode, zoals beschreven in paragraaf 4.3.1. Conform eis RA1-03 is een maximaal schadegetal 12 toegestaan voor een 1:4 talud. De berekening is getoond in bijlage V. Hieruit volgt een schadegetal van 9,3, waarmee de toplaag van het buitentalud voldoet.

6.2.2. Toplaag kruin en binnentalud

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.2 dient het stortsteen op de kruin minimaal over een breedte van 4 D_{n50} doorgelegd te worden. Met een D_{n50} van 0,36 m komt dit neer op 1,44 m. In het ontwerp is de beschermde kruin 2 m breed, waarmee deze voldoet.

Het verdere deel van de kruin en het binnentalud van de harde rand bij het compartiment dun slib wordt niet beschermd. Om erosie te voorkomen, is een overslageis van 2 l/s/m ingesteld, die in paragraaf 6.1 is aangetoond. Hiermee is de stabiliteit van de onbeschermd kruin en het binnentalud gewaarborgd.

6.2.3. Teenconstructie

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 is de toplaag van de teenconstructie stabiel, wanneer de toegepaste steengradering gelijk is aan die van de toplaag van het buitentalud. Aangezien dit het geval is in dit ontwerp, wordt de teenconstructie stabiel geacht.

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 dient de minimale breedte van de teen gelijk te zijn aan $3 D_{n50}$. Met een D_{n50} van 0,36 m komt dit neer op 1,08 m. In het ontwerp is de teen 3 m breed, waarmee deze voldoet.

6.2.4. Filterconstructie

Op basis van het kernmateriaal en de steengradering van de toplaag, zijn in bijlage VI de eisen voor de filterconstructie opgesteld. Daarnaast zijn in paragraaf 4.3.5 een aantal uitgangspunten benoemd. Hieruit volgen de volgende eisen:

- openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27$ mm (= 270 μ m);
- permittiviteit $> 0,1$ [1/s];
- treksterkte bij breuk (in twee richtingen) ≥ 35 kN/m (bij toepassen van een vlies ≥ 15 kN/m);
- reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m² te wegen.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

7. ZUIDELIJKE KOP

De belangrijkste uitgangspunten voor de zuidelijke kop zijn:

- taludhelling: 1:5;
- toegepaste nominale steendiameter D_{n50} : 0,42 m (60-300 kg);
- toegepaste filterlaag tussen toplaag en geotextiel: 45/125 mm;
- kruinhoogte: NAP +2,00 m;
- kruin van de ronding volledig bestort.

Na de ronding is een 40-200 kg gradering toegepast met een helling 1:4, met een beschermde kruinbreedte van 2 m op NAP + 2,0 m. Hier is de extra filterlaag niet meer noodzakelijk. Bij de aansluiting op object strand-fase1-zand versterft de rand in het strand. Hierbij wordt het talud doorgetrokken tot 1 m onder het strandprofiel.

7.1. Overslag

Conform eis RA1-A-11 is een gemiddeld overslagdebiet van maximaal 0,1 l/s/m aan het einde van de bestorting op de kruin toegestaan. Deze strengere eis is ingesteld om de korstvorming in het CDS te beschermen. Aangezien de zuidelijke kop aan het CDS grenst, is deze overslageis ook hier van toepassing.

De ronding van de zuidelijke kop heeft op de kruin een volledige bestorting tot aan de aansluiting met de harde rand bij het CDS (RA1.2). De overslageis is beoordeeld voor de maatgevende golfrichting (WZW-W) en loodrechte golfval. De berekening is getoond in bijlage IV. Hieruit volgt dat het gemiddelde overslagdebiet gelijk is aan 0,04 l/s/m, indien er minimaal 4 m beschermde kruin aanwezig is. Aangezien de kruin van zuidelijke kop volledig is bestort, wordt aan de overslageis voldaan.

Het doorlopende deel van de zuidelijke kop heeft een dijknormaal van 135°. De maatgevende situatie voor golfoverslag is de storm uit de richting WZW (240°), waardoor de golven onder een hoek van 105° aankomen. De berekening is getoond in bijlage IV. Hieruit volgt dat het gemiddelde overslagdebiet gelijk is aan 0,01 l/s/m, waarmee aan de overslageis wordt voldaan.

7.2. Stabiliteit bekleding

De stabiliteit van de bekleding is getoetst op vier vlakken: de toplaag van het buitentalud, de toplaag van de kruin en binnentalud, de teenconstructie en de filterconstructie.

7.2.1. Toplaag buitentalud

De toplaag van het buitentaluds van koppen is getoetst met de methode beschreven in paragraaf 4.3.4. De berekening is getoond in bijlage V. Hieruit volgt een benodigde steendiameter voor de kop van 0,39 m, waarmee de toegepaste $D_{n50,kop}$ van 0,42 m (gradering 60-300 kg) voldoet.

7.2.2. Toplaag kruin en binnentalud

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.2 dient het stortsteen op de kruin minimaal over een breedte van $4 D_{n50}$ doorgelegd te worden. Met een D_{n50} van 0,42 m komt dit neer op 1,68 m. In het ontwerp is de beschermde kruin minimaal 2 m breed, waarmee deze voldoet.

Na de ronding van de zuidelijke kop wordt de kruin na 2 m en het binnentalud niet beschermd. Om erosie te voorkomen, is een overslageis van 2 l/s/m ingesteld, die in paragraaf 7.1 is aangetoond. Hiermee is de stabiliteit van de onbeschermden kruin en het binnentalud gewaarborgd.

7.2.3. Teenconstructie

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 is de toplaag van de teenconstructie stabiel, wanneer de toegepaste steengradering gelijk is aan die van de toplaag van het buitentalud. Aangezien dit het geval is in dit ontwerp, wordt de teenconstructie stabiel geacht.

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 dient de minimale breedte van de teen gelijk te zijn aan 3 D_{n50} . Met een D_{n50} van 0,36 m (na de ronding) komt dit neer op 1,08 m en met een D_{n50} van 0,42 m (kop) komt dit neer op 1,26 m. In het ontwerp is de teen 3 m breed, waarmee de teenbreedte voldoet.

7.2.4. Filterconstructie

Op basis van het kernmateriaal en de steengradering van de toplaag, zijn in bijlage VI de eisen voor de filterconstructie opgesteld. Daarnaast zijn in paragraaf 4.3.5 een aantal uitgangspunten benoemd. Hieruit volgen de volgende eisen:

- openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27$ mm (= 270 μ m);
- permittiviteit $> 0,1$ [1/s];
- treksterkte bij breuk (in twee richtingen) ≥ 35 kN/m (bij toepassen van een vlies ≥ 15 kN/m);
- reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m² te wegen;
- bij toepassing van een gradering groter dan 40-200 kg, dient een geometrisch gesloten filterlaag te worden toegepast tussen de breuksteen en het geotextiel.

De steengradering 60-300 kg kan niet direct op het geotextiel worden geplaatst, waardoor tussen het geotextiel en de toplaag een filterlaag van 0,20 m van steengradering 45/125 mm is toegepast. In bijlage VI is aangetoond dat hiermee een geometrisch gesloten filter is ontworpen.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

8. NOORDELIJKE KOP

De belangrijkste uitgangspunten voor de noordelijke kop zijn:

- taludhelling: 1:5;
- toegepaste nominale steendiameter D_{n50} : 0,42 m (60-300 kg);
- toegepaste filterlaag tussen toplaag 60-300 kg en geotextiel: 45/125 mm;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- kruinbreedte: volledig bestort.

Na de ronding van de kop is weer de 40-200 kg gradering toegepast met een helling 1:4. Hier is de extra filterlaag niet meer noodzakelijk. De kruinhoogte gaat hier weer naar NAP + 2,0 m om aan te sluiten op de harde rand bij Eiland A. De bekleding is over de gehele kruin aanwezig. Bij de aansluiting op object eiland1-zachte rand versterft de achterkant in het strand. Hierbij wordt het talud doorgetrokken tot 1 m onder het strandprofiel.

8.1. Overslag

Bij de noordelijke kop wordt een overslagdebiet van 50 l/s/m gehanteerd op het einde van de bestorting op de kruin (na 3 m). De ontwerpmethodiek is weergegeven in paragraaf 4.2. Gezien delen van de noordelijke kop loodrecht op de maatgevende golfrichting staan (WZW-W), is gerekend met loodrechte golfval.

De berekening is getoond in bijlage IV. Hieruit volgt dat het gemiddelde overslagdebiet achter de beschermde kruin gelijk is aan 2,15 l/s/m, waarmee aan de overslagdebiet is voldaan.

8.2. Stabiliteit bekleding

8.2.1. Toplaag buitentalud

De toplaag van het buitentaluds van koppen is getoetst met de methode beschreven in paragraaf 4.3.4. De berekening is getoond in bijlage V. Hieruit volgt een benodigde steendiameter voor de kop van 0,39 m, waarmee de toegepaste $D_{n50,kop}$ van 0,42 m (gradering 60-300 kg) voldoet.

8.2.2. Toplaag kruin en binnentalud

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.2 dient het stortsteen op de kruin minimaal over een breedte van 4 D_{n50} doorgelegd te worden. Met een D_{n50} van 0,42 m komt dit neer op 1,68 m. In het ontwerp is de beschermde kruin 3 m breed, waarmee deze voldoet. Ook de achterzijde van de kop is bekleed tot aan de overgang met object eiland1-zachte rand.

8.2.3. Teenconstructie

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 is de toplaag van de teenconstructie stabiel, wanneer de toegepaste steengradering gelijk is aan die van de toplaag van het buitentalud. Aangezien dit het geval is in dit ontwerp, wordt de teenconstructie stabiel geacht.

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 dient de minimale breedte van de teen gelijk te zijn aan 3 D_{n50} . Met een D_{n50} van 0,36 m (na de ronding) komt dit neer op 1,08 m en met een D_{n50} van 0,42 m (kop) komt dit neer op 1,26 m. In het ontwerp is de teen 3 m breed, waarmee de teenbreedte voldoet.

8.2.4. Filterconstructie

Op basis van het kernmateriaal en de steengradering van de toplaag, zijn in bijlage VI de eisen voor de filterconstructie opgesteld. Daarnaast zijn in paragraaf 4.3.5 een aantal uitgangspunten benoemd. Hieruit volgen de volgende eisen:

- openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27 \text{ mm}$ (= $270\mu\text{m}$);
- permittiviteit $> 0,1 \text{ [1/s]}$;
- treksterkte bij breuk (in twee richtingen) $\geq 35 \text{ kN/m}$ (bij toepassen van een vlies $\geq 15 \text{ kN/m}$);
- reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m^2 te wegen;
- bij toepassing van een gradering groter dan 40-200 kg, dient een geometrisch gesloten filterlaag te worden toegepast tussen de breuksteen en het geotextiel.

De steengradering 60-300 kg kan niet direct op het geotextiel worden geplaatst, waardoor tussen het geotextiel en de toplaag een filterlaag van 0,20 m van steengradering 45/125 mm is toegepast. In bijlage VI is aangetoond dat hiermee een geometrisch gesloten filter is ontworpen.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

9. OVERWASH ZONES

De belangrijkste uitgangspunten voor de overwash zones zijn:

- taludhelling van kruin buitentalud naar overwash-niveau: 1:10;
- taludhelling platberm naar overwash-niveau: 1:10;
- toegepaste nominale steendiameter D_{n50} : 0,36 m (40-200 kg);
- toegepaste dikte blokkenmat voor wandel- en beheerpad: 0,15 m;
- kruinniveau: NAP + 0,00 m
- achtertalud bekleed tot: NAP + 1,00 m.

9.1. Overslag

Overslag speelt bij de overwashes geen rol. Bij stormcondities staat het waterpeil al 0,8 m boven het kruinniveau.

9.2. Stabiliteit bekleding

9.2.1. Toplaag buitentalud

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.2 kunnen de overwashes worden beschouwd als submerged breakwaters. Hierdoor zou er een reductiefactor kunnen worden toegepast ten opzichte van de bekleding van het buitentalud bij de doorlopende harde rand (RA1.2 harde rand bij CDS en RA1.3 harde rand bij Eiland A). Aangezien bij de overwash zones dezelfde gradering (40-200 kg) is toegepast op het buitentalud als bij object RA1.2 en RA1.3, zoals bepaald in bijlage V, wordt de toplaag bij de overwash zones stabiel geacht.

9.2.2. Toplaag kruin en binnentalud

De overwash zones bevatten veel detailafwerkingen. Om deze reden is gekozen om de bestorting in de doorstroomopening gelijk te stellen aan de bestorting van het buitentalud. De beschouwing van de stabiliteit van de bestorting op de kruin en op de binnenzijde van de overwashzones is behandeld in bijlage V.

De bestorting is aan de binnenkant (moeraskant) van de rand doorgelegd tot NAP + 1,00 m. Stroming en diffractie van golven valt dit deel namelijk nog aan.

9.2.3. Toplaag wandel- en beheerpaden

In de overwash zone bestaan de wandel- en beheerpaden uit blokkenmatten. In bijlage V is de stabiliteit van blokkenmatten geanalyseerd. De toegepaste blokkenmat, met een dikte van 0,15 m, kan stroomsnelheden tot 2,04 m/s weerstaan. De optredende stroomsnelheid is bepaald als 1,50 m/s, waarmee de toegepaste blokkenmat voldoet.

9.2.4. Teenconstructie

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 is de toplaag van de teenconstructie stabiel, wanneer de toegepaste steengradering gelijk is aan die van de toplaag van het buitentalud. Aangezien dit het geval is in dit ontwerp, wordt de teenconstructie stabiel geacht.

Zoals beschreven in paragraaf 4.3.3 dient de minimale breedte van de teen gelijk te zijn aan $3 D_{n50}$. Met een D_{n50} van 0,36 m komt dit neer op 1,08 m. In het ontwerp is de teen 3 m breed, waarmee deze voldoet.

9.2.5. Filterconstructie

Op basis van het kernmateriaal en de steengradering van de toplaag, zijn in bijlage VI de eisen voor de filterconstructie opgesteld. Daarnaast zijn in paragraaf 4.3.5 een aantal uitgangspunten benoemd. Hieruit volgen de volgende eisen:

- openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27 \text{ mm}$ (= $270\mu\text{m}$);
- permittiviteit $> 0,1$ [1/s];
- treksterkte bij breuk (in twee richtingen) $\geq 35 \text{ kN/m}$ (bij toepassen van een vlies $\geq 15 \text{ kN/m}$);
- reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m^2 te wegen.

9.2.6. Effect overwashes

Het doel van de overwashes is om dynamiek in het achtergelegen gebied te creëren. Dit wordt bereikt door instroming van water door middel van golven en scheefstand tijdens een storm toe te staan, waarvoor de kruin van de harde rand plaatselijk wordt verlaagd. Groot-schalige afslag dient echter te worden voorkomen.

Door het kruinniveau van de overwashes op een hoogte van NAP + 0,00 m te leggen, zal de overwash bij vaak terugkerende condities slechts beperkt overstromen (het stormpeil van de 1/1 jaar storm ligt op NAP + 0,20 m). Bij zwaardere stormen zal 0,5 tot 0,9 m water boven de kruin van de overwash staan, waardoor meer golfenergie het achterliggende gebied bereikt en erosie veroorzaakt. Door de nog steeds relatief lage waterdiepte bij zwaardere stormen, zal de golfenergie van de inkomende golven sterk verminderd worden door het breken van de golven over de overwash. Hierdoor is de verwachting dat grootschalige afslag in het achterliggende gebied wordt voorkomen.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

10. REFERENTIES

1. Battjes, J.A. & Groenendijk, H.W. (2000). Wave height distributions on shallow foreshores;
2. Besley, P. (1999). Overtopping of seawalls Research and Development project Record W5/006/5, Environment Agency;
3. Boskalis (2016). Marker Wadden Geotechnisch uitvoeringsontwerp: Zettings- en stabiliteitsberekeningen, 13084-04-R02-0-PTUR;
4. Boskalis (2016). Hoeveelhedenstaat, MW-HGG-001;
5. Boskalis (2016). Ontwerpnota UO zachte rand (RA2), MW-UO-WP-OW04-1;
6. Boskalis (2016). Overzichtstekening harde rand, 52812492-TEK-UO-0004 rev 1.0;
7. Boskalis (2016). Tekening Ruimtelijke Kwaliteit Marker Wadden DO 1op5000 18 januari 2016, DO 001-1523-MAR;
8. Boskalis (2016). Verificatierapport harde rand (RA1), MW-VER-018;
9. CIRIA/CUR/CETMEF (2007). The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering;
10. CUR (2009). CUR174, Geokunststoffen in de waterbouw, Tweede, herziene uitgave;
11. CUR (2016). CUR205, Ontwerprichtlijn voor geotextielen onder steenbekledingen, conceptversie;
12. Deltares (2014). Delft3D-Flow User Manual; hydro-morphodynamics. Version 3.15.333641, 28 April 2014;
13. Deltares (2010). BREAKWAT 3.3, March 2010 User & Technical Manual;
14. Fugro (2013). Rapportage geotechnisch veldwerk betreffende Onderzoek Marker Wadden, 1013-0294-000_21.KR01;
15. Holthuijsen (2007), L.H. Waves in Oceanic and Coastal Waters. Cambridge University Press;
16. Natuurmonumenten (2014). Eerste fase Marker Wadden, Vraagspecificatie eisen, definitief, BA8757-107-101/R005/501063/402505/Nijm;
17. NNI (2002). NEN-EN 13383: Waterbouwsteen;
18. Nortier, I.W., en P. de Koning (2000). Toegepaste vloeistofmechanica; hydraulica voor waterbouwkundigen;
19. Pilarczyk, K.W. (1998). Dikes and Revetments, Design, Maintenance and Safety Assessment;
20. PUMA (2012). Memo bepalen maximale valhoogte, memo-k&o-tasp-003;
21. Rijkswaterstaat (2012). Technical documentation WAQUA / TRIWAQ - two- and three-dimensional shallow water flow model. Technical documentation. SIMONA report number 99-01 version 3.16, March 2012;
22. Soulsby, R.L., L. Hamm, G. Klopman, D. Myrhaug, R.R. Simons and G.P. Thomas (1993). Wave-current interaction within and outside the bottom boundary layer. Coastal Engineering, vol. 21, no. 1, pp. 41-69, DOI:10.1016/0378-3839(93)90045-A;
23. TAW (1998). Grondslagen voor waterkeren;
24. Van der Meer, J.W. (1988). Rock slopes and gravel beaches under wave attack, PhD thesis, Delft University of Technology;
25. Wu, J. (1980). Wind-stress coefficients over sea surface near neutral conditions - a revisit. Journal of Physical Oceanography, volume 10, p. 727-740.

BIJLAGE I RISICO'S

In Tabel I.1 zijn de geobserveerde risico's voor het uitvoeringsontwerp van de harde rand genoteerd. De maatregelen zijn gekoppeld aan de oorzaken: bij O1 hoort PM1, bij O2 PM2 enzovoort. Onderstaande tabel geeft de mogelijke maatregelen, zonder te specificeren wie deze uit dient te voeren.

Tabel I.1 Risico's uitvoeringsontwerp harde rand (RA1)

ID	gebeurtenis	oorzaak	gevolgen	maatregelen
1	Schade aan de teenbestorting	<p>Meerdere oorzaken aan te wijzen:</p> <p>O1: Aangehouden steensortering blijkt te licht</p> <p>O2: Er treedt meer erosie aan de vooroever op dan voorspeld</p> <p>O3: Er treedt een hogere belasting op dan voorspeld</p> <p>O4: Teenconstructie is niet goed aangelegd</p> <p>O5: Teenconstructie en vooroever zijn onvoldoende geïnspecteerd</p>	Herstelkosten aan teenconstructie en vooroever	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM1: In het ontwerp is voor de teenbestorting dezelfde steengradering als de toplaag gehanteerd</p> <p>PM2: De teenbestorting is dusdanig gedimensioneerd dat de teen kan meezakken</p> <p>PM4: In de uitvoeringseisen zijn toleranties voor de verschillen met het theoretische profiel opgesteld. Daarnaast is hier vastgelegd het toegepaste materiaal aan de specificaties moet voldoen</p> <p>PM5: Opstellen van een monitoringsplan</p> <p><u>Correctief</u></p> <p>CM1,2,3,4,5: Erosiekuilen en schade herstellen door het bijstorten van stortsteen</p>
2	Grotere schade aan de toplaag dan toegestaan	<p>Meerdere oorzaken aan te wijzen:</p> <p>O1: Aangehouden steensortering blijkt te licht</p> <p>O2: Er treedt meer schade aan toplaag op dan voorspeld</p> <p>O3: Er treedt een hogere belasting op dan voorspeld</p> <p>O4: Toplaag is niet goed aangelegd</p> <p>O5: Toplaag is onvoldoende geïnspecteerd</p>	Herstelkosten aan de toplaag	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM1: In het ontwerp zijn de waarden behorend bij de 5 % overschrijdingskans toegepast in de Van der Meer formule i.p.v. de 50% waarden</p> <p>PM4: In de uitvoeringseisen zijn toleranties voor de verschillen met het theoretische profiel opgesteld. Daarnaast is in de eisen vastgelegd dat het toegepaste materiaal aan de specificaties moet voldoen</p> <p>PM5: Opstellen van een monitoringsplan</p> <p><u>Correctief</u></p>

ID	gebeurtenis	oorzaak	gevolgen	maatregelen
				CM1,2,3,4,5: Schade herstellen door middel van herprofileren en/of bijstorten van stortsteen
3	Te veel water stroomt door de overwash zone(s)	<p>Meerdere oorzaken aan te wijzen:</p> <p>O1: Te licht ontwerp, waardoor de overwash niet voldoende beschermd</p> <p>O2: Er treedt een hogere belasting op dan voorspeld</p> <p>O3: De overwash zone is niet goed aangelegd</p> <p>O4: De overwash ligt lager dan het beoogde niveau</p>	G1: Grootschalige afslag in het moeras achter de harde rand. Opgebouwde vegetatie en moerasgebied gaat verloren	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM1: In het ontwerp is de bestorting van de overwash zones gelijk aan die van de toplaag bij de doorlopende secties</p> <p>PM3: In de uitvoeringseisen zijn toleranties voor de verschillen met het theoretische profiel opgesteld. Daarnaast is in de eisen vastgelegd dat het toegepaste materiaal aan de specificaties moet voldoen.</p> <p><u>Correctief</u></p> <p>CM1,2: Steenbestorting herstellen en eventueel verzwaren</p> <p>CM1,4: Ophogen van het niveau van de overwash zones</p>
			G2: Schade of letsel aan eigendommen en personen op het wandel- en beheerpad	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM-G2: Sluiten van het wandel- en beheerpad over de harde rand bij storm en/of wanneer de overwash onder water staat</p>
4	Te veel overslag over de harde rand	<p>Meerdere oorzaken aan te wijzen:</p> <p>O1: Te licht ontwerp</p> <p>O2: De harde rand is onvoldoende onderhouden, waardoor de golfoploopweerstand verlaagd is</p> <p>O3: De kruinhoogte is sneller gezakt dan voorspeld</p> <p>O4: Er treedt een hogere belasting op dan voorspeld</p>	Schade aan de kruin, het binnentalud en achtergelegde gebieden.	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM1: Het ontwerp is gedimensioneerd op overslag op basis van deterministische berekeningen</p> <p>PM2-a: Beheer- en onderhoudsplan opstellen om de harde rand vrij te houden van begroeiing</p> <p>PM2-b: Het geotextiel wordt op de kruin verticaal opgetrokken tot het maaiveld, waardoor zand-infiltratie wordt beperkt</p> <p>PM3: Kruinhoogte monitoren om verschillen met de voorspellingen te de-</p>

ID	gebeurtenis	oorzaak	gevolgen	maatregelen
				<p>tecteren</p> <p><u>Correctief</u> CM1,3,4: Toepassen van kruinverhoging, bredere bestorting of verticale elementen om de overslag te reduceren CM2: Herstel van de harde rand door bijvoorbeeld verwijderen vegetatie</p>
5	<p>Ontwerp voldoet niet (aantoonbaar) aan de eisen</p>	<p>Meerdere oorzaken aan te wijzen: O1: Aangehouden eiseninterpretaties blijken niet juist O2: Aangehouden uitgangspunten/rekenmethodieken blijken niet juist O3: Uitgevoerd verificatieproces voldoet niet O4: (Onderliggende) eisen in het contract zijn niet in beeld</p>	<p>Meerdere gevolgen aan te wijzen: G1: Vertraging, ontwerpproces duurt langer dan voorzien G2: Ontwerpkosten hoger dan begroot G3: Herstelkosten door te lichte constructie G4: Onderhoudskosten vallen hoger uit</p>	<p><u>Preventief</u> PM1: De verificatieplannen zijn vooraf met de Opdrachtgever besproken PM2-a: Alle berekeningen zijn door minimaal 1 tweede lezer beoordeeld PM2-b: De gebruikte methodes zijn inzichtelijk met duidelijke referenties PM3: Het verificatieproces is bewaakt door een Systems Engineer PM4: Alle eisen en onderliggende eisen zijn opgenomen in Relatics en worden bewaakt door de Systems Engineer</p> <p><u>Correctief</u> CM1: Eisen opnieuw afstemmen met de Opdrachtgever CM2-a: Onderbouwing toegepaste methode opstellen CM2-b: Wijzigen rekenmethode CM3: Verificatieproces herzien CM4: Aanvullen van relevante eisen in Relatics</p>
6	<p>Ontwerp is niet uitvoerbaar</p>	<p>O1: Ontwerp sluit niet aan op wensen/capaciteiten uitvoering</p>	<p>Meerdere gevolgen aan te wijzen: G1: Vertraging, ontwerpproces duurt langer dan voorzien G2: Ontwerpkosten hoger dan begroot</p>	<p><u>Preventief</u> PM1: Integraal ontwerpproces, waarbij uitvoering steeds betrokken is</p> <p><u>Correctief</u> CM1: In overleg met uitvoering het ontwerp aan-</p>

ID	gebeurtenis	oorzaak	gevolgen	maatregelen
				passen om de uitvoerbaarheid te vergroten
7	Ontwerp is niet beheerbaar	O1: Ontwerp sluit niet aan bij wensen /capaciteiten beheer- en onderhoudsorganisatie	Beheerkosten zijn groter dan voorzien	<u>Preventief</u> PM1: Overleg met beheerders over de beheerbaarheid van het ontwerp <u>Correctief</u> CM1: Wijzigen gerealiseerde ontwerp om de beheerbaarheid te vergroten

BIJLAGE II EISENVERIFICATIE

In Tabel II.1 zijn de aan de harde rand gestelde eisen weergegeven. In de laatste kolom is aangegeven waar in de ontwerpnota deze eis geverifieerd is. Het complete verificatierapport (waarin onder andere ook de methode beschrijvingen zijn weergegeven) is te raadplegen in Verificatierapport harde rand (RA1) [ref. 8.]

Tabel II.1 Eisenverificatie

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
MW-04	Secundaire bouwstoffen 2	Secundaire bouwstoffen zijn toegestaan in de bekleding van een harde rand en als functionele funderingslaag in eventuele (bouw)wegen waarbij wordt aangetoond dat aan de bijbehorende wettelijke zorgplicht wordt voldaan.	Niet van toepassing. In het ontwerp van de harde rand worden geen secundaire bouwstoffen toegepast.	n.v.t.
MW-05	Secundaire bouwstoffen 3 (industrie-klasse)	Grond en/of baggerspecie met kwaliteitsklasse Industrie / B mag uitsluitend als kernmateriaal toegepast worden in een harde rand, vooroeverdam of in het zandplateau waarbij wordt aangetoond dat aan de bijbehorende wettelijke zorgplicht wordt voldaan.	Niet van toepassing. In het ontwerp van de harde rand worden geen secundaire bouwstoffen toegepast.	n.v.t.
MJO-01	Onderhoud aan randen en vooroeverdam (indien aangeboden)	Harde en zachte randen en (indien aangeboden) vooroeverdammen dienen zodanig onderhouden te worden dat deze aan de eisen gesteld aan deze objecten voldoen.	In het beheer- en onderhoudsplan zijn de volgende beheer- en onderhoudseisen uitgewerkt: RA1-UA-04 RA1-UA-06	zie onderliggende eis(en)
RA-01	Beschermen tegen weersinvloeden	Randen/dammen dienen de te realiseren objecten te beschermen tegen erosieprocessen als gevolg van wind, golfoverslag en kruierend ijs.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). RA1-A-10	zie onderliggende eis(en)
RA-03	Erosie bij compartiment dun slib	Materiaal/korstvorming in het compartiment dun slib mag bij een storm die eens in de 50 jaar voorkomt, niet verloren gaan door overwash/golfoverslag of uitspoeling.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). RA1-A-11	zie onderliggende eis(en)
RA-04	Verhouding harde-zachte rand	Verhouding harde-zachte rand is ter keuze Opdrachtnemer mits minimaal 500m zachte rand aanwezig is.	Lengte zachte rand is \geq 500 m.	n.v.t. deze eis wordt in het ontwerp rapport zachte rand [ref. 5.] behandeld.
RA-06	Stabiliteit harde randen en eventuele vooroeverdammen	De stabiliteit van de harde randen en eventuele vooroeverdammen van stortsteen dient te voldoen aan de hiervoor geldende ontwerp- en uitvoeringspraktijk voor wat	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). RA1-A-07; RA1-A-08; RA1-A-14.	zie onderliggende eis(en)

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
		betreft grensvlak stabiliteit, interne stabiliteit en toplaagstabiliteit, voor een periode van minimaal 50 jaar. (Nvl 3, MUT 4) DF2, Nvl3, MUT4: Eis gewijzigd		
RA-07	Levensduur houten constructie	Een houten beschermingsconstructie dient een ontwerplevensduur te hebben van minimaal 20 jaar. DF2, Nvl3, MUT5: Eis gewijzigd	Niet van toepassing. In de harde rand worden geen houten beschermingsconstructies toegepast.	n.v.t.
RA-08	Zichtbaarheid onderwaterobjecten	Een object/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min waterpeil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, dient voor scheepvaart/ waterrecreanten met betoning gemarkeerd te zijn.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). RA1-A-09	zie onderliggende eis(en)
RA1-01	Natuurlijke uitstraling van toe te passen materialen	Een harde rand dient een natuurlijke uitstraling te hebben.	De harde rand heeft een natuurlijke uitstraling, te beoordelen door de landschapsarchitect.	n.v.t. eis voor landschapsarchitect
RA1-02	Maximaal gewicht breuksteen (indien toegepast)	Eventueel toe te passen breuksteen dient niet zwaarder te zijn dan de sortering 60/300 kg.	Toegepaste bestorting heeft een standaard gradering lichter of gelijk aan 60-300 kg.	aangetoond in 2.1
RA1-03	Schade aan bestorting	De bestorting dient bij een maatgevende storm van eens in de 50 jaar een schade te vertonen die niet groter is dan: S=5 bij een helling 1 op 1,5 of S=6 bij een helling 1 op 2 of S=9 bij een helling 1 op 3 of S=12 bij een helling 1 op 4 of flauwer, conform de formule Van Der Meer.	Het schadegetal S in de rekenkundige beoordeling van de toplaag is ≤ 12 . De hydraulische randvoorwaarden zijn gelijk aan eis RA1-A-07	aangetoond in 5.2.1 6.2.1 7.2.1 8.2.1 9.2.1
RA1-UA-04	Onderhoud m.b.t. kruinhoogte	Gedurende de onderhoudsperiode van 10 jaar dient herstellend onderhoud te worden uitgevoerd, wanneer de kruinhoogte onder het minimaal benodigde niveau komt.	i) kruinhoogte doorlopende harde rand \geq minimaal kruinhoogte doorlopende harde rand (RA1-A-10) ii) kruinhoogte harde rand compartiment dun slib \geq minimaal kruinhoogte compartiment dun slib (RA1-A-11)	n.v.t., onderhoudseis
RA1-UA-06	Onderhoud aan	Gedurende de onderhouds-	Schadegetal S ≤ 7 .	n.v.t., onderhoudseis

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
	harde rand	periode van 10 jaar dient herstellend onderhoud te worden uitgevoerd aan de steenbestorting, wanneer het schadegetal aan het einde van het stormseizoen groter dan 7 is.		
RA1-A-07	Ontwerperperiode stabiliteit harde rand	De stabiliteit van de harde randen van stortsteen dient ontworpen te worden voor een periode van minimaal 50 jaar.	i) Te gebruiken materialen hebben een minimale levensduur van 50 jaar. ii) De hydraulische randvoorwaarden uit Bijlage I van de VSE met een herhalingstijd van 50 jaar zijn gebruikt.	aangetoond in i) 3.4 ii) 3.3
RA1-A-08	Ontwerpmethodiek en uitvoeringspraktijk harde rand	De stabiliteit van de harde randen van stortsteen dient te voldoen aan de hiervoor geldende ontwerp- en uitvoeringspraktijk voor wat betreft grensvlak stabiliteit (iii), interne stabiliteit (ii) en toplaagstabiliteit (i).	(i) toplaagstabiliteit conform eis RA1-03 (ii) interne stabiliteit toplaag: toepassen standaard steengraderingen (iii) grensvlakstabiliteit tussen geotextiel en kernmateriaal van harde randen: conform CUR 205	aangetoond in i) zie eis RA1-03 ii) 3.4.1 iii) 5.2.4 6.2.4 7.2.4 8.2.4 9.2.5
RA1-A-09	zichtbaarheid onderwaterobjecten	Een object/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min waterpeil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, dient voor scheepvaart/ waterrecreanten met betoning gemarkeerd te zijn.	Een object/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min waterpeil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, is voor scheepvaart/ waterrecreanten met betoning gemarkeerd.	Ontwerptekening UO 52812492-TEK-UO-0004 rev 1.0 Overzicht Harde Rand
RA1-A-10	Beschermen tegen weersinvloeden	De harde rand dient compartiment 1 (A), compartiment dun slib en daarin gelegen objecten te beschermen tegen golfklappen, golfoverslag en kruisend ijs.	Aan deze eis is voldaan indien: (i) voldaan is aan eis RA1-03; (ii) gemiddeld golfoverslagdebiet $q \leq 2$ l/s/m. De hydraulische randvoorwaarden zijn gelijk aan eis RA1-A-07. (iii) horizontale afstand van objecten tot de teen van de achterzijde van de harde rand ≥ 10 m	aangetoond in i) zie eis RA1-03 ii) 5.1 8.1 iii) Tekening Ruimtelijke Kwaliteit DO 001-1523-MAR Marker Wadden DO 1op5000 18 januari 2016
RA1-A-11	Erosie bij com-	Het ontwerp van de harde	Het gemiddeld overslag-	aangetoond in

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
	partiment dun slib	rand bij het compartiment dun slib dient zodanig te zijn dat bij een storm die eens in de 50 jaar voorkomt de bovengrens voor overslag 0,1 liter per seconde per meter is bij de binnenkruinlijn.	debiet q over de binnenkruinlijn is $\leq 0,1$ l/s/m. De hydraulische randvoorwaarden zijn gelijk aan eis RA1-A-07.	6.1 7.1
RA1-E-13	Overwash zones in de harde rand	In de harde rand worden drie verlageningen toegepast. Door de overwashes zal water het gebied in slaan en stromen, wat dynamiek in het achterliggende gebied veroorzaakt. Wel dient de overwash voldoende bescherming te bieden om grootschalige afslag in het achterliggende gebied te voorkomen.	De overwashes zijn dusdanig gedimensioneerd dat ze dynamiek in het achterliggende gebied veroorzaken, maar grootschalige afslag voorkomen.	aangetoond in 9.2.6
RA1-A-14	Geotechnische stabiliteit harde rand	De veiligheid tegen instabiliteit van de harde rand dient in de bouw- en eindfase groter of gelijk te zijn aan 0,85, gebruik makend van partiële materiaalfactoren conform NEN-EN 9997-1+C1 (nl). De harde rand dient te zijn ingedeeld in Reliability Class 1.	Veiligheid tegen instabiliteit van de harde rand $\geq 0,85$ gedurende de bouw- en eindfase	n.v.t. eis voor geotechnisch rapport [ref. 3.]
RA1-UA-15	Proceseis m.b.t. aanleghoogte	De definitieve aanleghoogte dient tijdens de uitvoeringsfase door een geotechnisch adviseur te worden bepaald op basis van meetresultaten van de zetting tijdens de uitvoering.	Kruinhoogte harde rand minimaal NAP+2 m gedurende de levensduur.	n.v.t. eis voor uitvoering
RA1-UA-16	Proceseis m.b.t. geotechnische stabiliteit	Tijdens het uitvoeringsproces dient per ophoof fase door een geotechnisch adviseur bepaald te worden of een volgende fase stabiel kan worden aangebracht. De geotechnische analyse vindt plaats op basis van water- en zettingsmetingen	Veiligheid tegen instabiliteit van de harde rand $\geq 0,85$	n.v.t. eis voor uitvoering
RA1-UA-17	Proceseis m.b.t. aanpassingen in dwarsprofielen	Bij veranderingen in het dwarsprofiel van de harde rand, dient de waterbouwkundige stabiliteit van de harde rand beoordeeld te worden door een waterbouwkundig adviseur.	Indien er een aanpassing in het dwarsprofiel van de harde rand is doorgevoerd, is deze waterbouwkundig goed bevonden door een waterbouwkundig adviseur. Hierbij	n.v.t. eis voor uitvoering

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
			dient aan de eisen die van toepassing zijn op de harde rand te zijn voldaan.	
RA1-UA-26	Monitoren teenbestorting	De staat van de teenbestorting van de harde rand dient jaarlijks te worden gemonitord. Wanneer de teenbestorting te ver is gezakt tijdens de onderhoudsfase, dienen herstelwerkzaamheden te worden uitgevoerd.	Lokale zakking van de teenbestorting op 1,3 m vanaf het buitentalud \leq 0,1 m.	n.v.t. eis voor uitvoering

BIJLAGE III BELASTING OVERWASH ZONES

III.1. Inleiding

De harde rand (object RA1) bevat een aantal secties waarvan de kruinhoogte lager is dan de ontwerpwaterstand. Deze secties worden in het project Marker Wadden aangeduid als zogenaamde 'overwash zones' (object RA1.4). De overwash zones overstromen onder extreme omstandigheden en worden dan belast door zowel stroming als golven.

Deze bijlage onderbouwt de hydraulische belasting op de kruin van de overwash zones, op basis van analytische formuleringen. Eerst worden de uitgangspunten samengevat (paragraaf III.2). Vervolgens is een beknopte beschrijving opgenomen van de methodiek waarmee de hydraulische belasting is bepaald (paragraaf III.3). De resulterende hydraulische belasting is opgenomen in paragraaf III.4.

III.2. Uitgangspunten

Voor het bepalen van de belasting op de kruin van de overwash zones zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- de overwash openingen in de harde rand zijn van secundair belang voor het vol- en leegstromen van het gebied ten noordoosten van de harde rand. Vol- en leegstromen gebeurt voornamelijk via de oostzijde van de Marker Wadden.
- waterstanden, windsnelheden en offshore golfcondities ter plaatse van Marker Wadden met overschrijdingskans van 1/50 per jaar zijn ontleend aan VSE tabel 1 en 2;
- voor de bodemligging van het Markermeer rondom de Marker Wadden is uitgegaan van een uniforme ligging op NAP -5,0 m conform VSE tabel 2;
- de (maatgevende) stromingsbelasting en golfbelasting treden gelijktijdig op doordat beiden veroorzaakt worden door stormcondities.
- voor de hydraulische ruwheid van de kruin van de overwash zone is uitgegaan van een Nikuradse ruwheidshoogte van 0,15 m. Deze waarde is conservatief voor de 40-200 kg en gelijk aan de hoogte van de blokken in de blokkenmat;
- de kruin van de overwash zones heeft een hoogte van NAP + 0 m.

III.3. Methodiek

De stromingsbelasting en golfbelasting zijn uitgedrukt in een bodemschuifspanning, zodat ze te combineren zijn tot een totale belasting. De belasting op de kruin van de overwash zones is bepaald op basis van analytische formuleringen. Indien de resulterende hydraulische belasting leidt tot een inefficiënt ontwerp (op basis van ervaring zijn de analytische formuleringen licht conservatief), wordt aanbevolen één of meerdere numerieke modellen (zoals Swash) toe te passen voor nauwkeurige bepaling van de totale belasting.

Stroming

De maatgevende situatie voor stroming over de overwash zones wordt bepaald door opwaaiing. Hierbij is een maximaal verval over de overwash zone bepaald op basis van scheefstand door opwaaiing langs de harde en zachte rand. De scheefstand is bepaald met vergelijking 4.12 uit The Rock Manual [ref. 9.]. Hierbij is een winddragcoëfficiënt gehanteerd die afhankelijk is van de windsnelheid, zoals beschreven wordt door Wu (1980) [ref. 25.] en ook toegepast wordt in Delft3D [ref. 12.]. Voor de strijklengte is uitgegaan van de maximale afstand tussen de overwash zones en de noordoost uiteinde van de zachte rand (te weten 1680 m).

De stroming over de overwash zones is bepaald met de overlaatformuleringen, welke ook zijn geïmplementeerd in het numerieke model Waqua [ref. 21.]. Voor de afvoercoëfficiënt is

uitgegaan van een conservatieve waarde van 1,3 (-) die behoort bij een gladde overlaat met taluds [ref. 18.].

De belasting op de kruin van de overwash zone is vervolgens uitgedrukt in een bodemschuifspanning, op basis van vergelijking 5.112 uit The Rock Manual [ref. 9.].

Golven

De voorgeschreven golfcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar zijn vertaald naar een maximale golfhoogte gedurende een storm met de methodiek van Battjes en Groenendijk [ref. 1.]. Hierbij is ervan uitgegaan dat de piek van een storm 6 uur duurt.

Vanwege de geringe maximale waterdiepte ter plaatse van de kruin van de overwash zones zullen golven breken. Voor de maatgevende golf ter plaatse van de kruin van de overwash zones is uitgegaan van een brekingscriterium (verhouding maximale golfhoogte/waterdiepte) van 0,78 (-) op basis van [ref. 15.].

Omdat in deze situatie de bodemschuifspanning ten gevolge van windgolven meer dan 2,5 keer zo groot is dan de bodemschuifspanning ten gevolge van stroming, is de methodiek van Soulsby e.a. (1993) [ref. 22.] toegepast om de bodemschuifspanning te bepalen conform het advies in The Rock Manual [ref. 9.]. Voor de orbitaalsnelheid bij de bodem is uitgegaan van lineaire golftheorie.

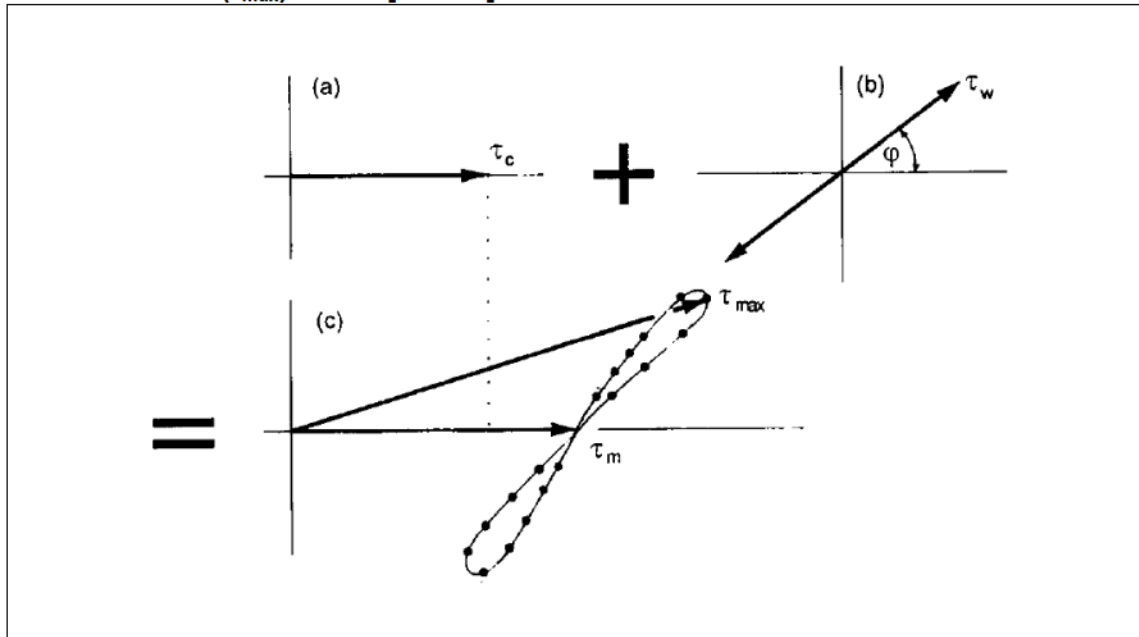
Gecombineerde belasting

De totale belasting volgt uit het toepassen van de methodiek van Soulsby e.a. (1993) [ref. 22.]. Dit is een totale bodemschuifspanning als gevolg van stroming en golven die gemiddeld is over de golfperiode.

De bodemschuifspanning ten gevolge van windgolven kan namelijk niet lineair gecombineerd worden met bodemschuifspanning ten gevolge van stroming vanwege interactie [ref. 22.]. Deze interactie zorgt ervoor dat de gemiddelde totale bodemschuifspanning groter is dan de bodemschuifspanning ten gevolge van golven. Voor een principeschets van het combineren van de bodemschuifspanning ten gevolge van stroming en golven wordt verwezen naar Afbeelding III.1.

Volgens The Rock Manual [ref. 9.] moet vanwege deze gemiddelde totale bodemschuifspanning (τ_m) een Shields parameter (stabiliteitsparameter) van 0,03 worden toegepast in het geval van stortsteen.

Afbeelding III.1. Combinatie van bodemschuifspanning ten gevolge van stroming (τ_c) en ten gevolge van golven (τ_w) resulterend in een gemiddelde bodemschuifspanning (τ_m) en een maximale bodemschuifspanning (τ_{max}). Bron: [ref. 22].



III.4. Resultaten

Het toepassen van bovenstaande methodiek voor de condities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar resulteert in de volgende belastingen:

Stromingsbelasting

Het maximale verval (door opwaaiing) over de overwash zone is 0,04 m. Dit resulteert in een dieptegemiddelde stroomsnelheid van 1,1 m/s ter plaatse van de kruin en een schuifspanning op de bodem van 11 Pa (τ_c in Afbeelding III.1).

Golfbelasting

De maximale golfhoogte ter plaatse van de kruin van de overwash zones is 0,62 m. Dit resulteert in een maximale orbitaalsnelheid van 1,5 m/s vlak boven de bodem. De maximale schuifspanning ten gevolge van alleen golven is 94 Pa (τ_w in Afbeelding III.1).

Gecombineerde belasting

De gecombineerde belasting is uitgedrukt in een totale bodemschuifspanning boven de bodem als gevolg van stroming en golven die gemiddeld is over de golfperiode (τ_m in Afbeelding III.1) en heeft een waarde van 21 Pa.

De relatief grote bijdrage van golven ten opzichte van stroming heeft te maken met het verticale snelheidsprofiel:

- de stroomsnelheid heeft een logaritmisch profiel. Hierdoor is de stroming vlak boven de bodem relatief laag. Dit werkt versterkt door in de bodemschuifspanning (evenredig met u^2);
- de orbitaalsnelheid is vlak boven de bodem nauwelijks kleiner dan hoger in de waterkolom door de zeer geringe waterdiepte.

BIJLAGE IV OVERSLAG

Overslagberekening harde rand Marker Wadden

Beschrijving

Deterministische berekening van het gemiddeld overslagdebiel

- Referenties [ref. 1] CIRIA/CUR/CETMEF (2007). The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering.
 [ref. 2] Besley, P. (1999). Overtopping of seawalls Research and Development project record W5/006/5, Environment Agency

Gebruikte relaties

For breaking waves ($\gamma_b \xi_{m-1,0} < \approx 2$):

$$q / \sqrt{g H_{m0}^3} = \frac{A}{\sqrt{\tan \alpha}} \gamma_b \xi_{m-1,0} \exp \left(-B \frac{R_c}{H_{m0} \xi_{m-1,0} \gamma_b \gamma_f \gamma_\beta} \right) \quad (5.32) \quad [\text{ref. 1}]$$

with a maximum (for non-breaking waves generally reached when $\gamma_b \xi_{m-1,0} > \approx 2$):

$$q / \sqrt{g H_{m0}^3} = C \exp \left(-D \frac{R_c}{H_{m0} \gamma_f \gamma_\beta} \right) \quad (5.33) \quad [\text{ref. 1}]$$

Reductiefactor voor beschermde kruinbreedte

$$C_T = 3,06 \exp \left(-1,5 C_{wv} / H_T \right) \quad [\text{ref. 2}]$$

Hydraulische randvoorwaarden

Symbool	beschrijving	eenheid	Harde rand	CDS	Zuid kop, ronding	Zuid kop, dootlopend	Noord kop, ronding
			waarde	waarde	waarde	waarde	waarde
H_s	Significante golthoogte	[m]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
T_p	Piek golperiode	[s]	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90
$T_{m-1,0}$	Gemiddelde spectrale golperiode	[s]	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45
β	Hoek van inval golven	[°]	0,00	0,00	0,00	105,00	0,00
L_0	Diep water golfengte	[m]	30,96	30,96	30,96	30,96	30,96
$\xi_{m-1,0}$	Imbanen getal	[-]	1,1	1,1	0,9	1,1	0,9

Geometrie en resultaten

		eenheid	Harde rand	CDS	Zuid kop, ronding	Zuid kop, dootlopend	Noord kop, ronding
			waarde	waarde	waarde	waarde	waarde
Golfbreker geometrie							
Bodem niveau		[m + NAP]	-4,30	-4,30	-4,30	-4,30	-4,30
Kruinhoogte		[m + NAP]	2,00	2,60	2,00	2,00	1,50
Ondertalud $\cot(\alpha)$	Helling van het ondertalud	[1:m]	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00
Ondertalud $\tan(\alpha)$	Helling van het ondertalud	[-]	0,25	0,25	0,20	0,25	0,20
Boventalud $\cot(\alpha)$	Helling van het boventalud	[1:m]	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00
Boventalud $\tan(\alpha)$	Helling van het boventalud	-	0,25	0,25	0,20	0,25	0,20
HHWN	hoogwater niveau	[m + NAP]	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
RC	vrijboordhoogte	[m]	1,2	1,80	1,20	1,20	0,70
Correctie coëfficiënten							
η	frictie coëfficiënt voor golfploep	[-]	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
γ_β	coëfficiënt voor schuinvallende golven	[-]	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
γ_b	coëfficiënt voor aanwezigheid beem	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coëfficiënten							
A	coëfficiënt	[-]	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
B	coëfficiënt	[-]	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
C	coëfficiënt	[-]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
D	coëfficiënt	[-]	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
g	gravitatieconstante	[m/s ²]	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
q1	gemiddeld golfoverslagdebiel (conform 5.32)		0,0035527	0,0002263	0,0008020	0,0000132	0,0141215
q2	maximaal golfoverslag debiel (conform 5.33)		0,0405592	0,0076143	0,0405592	0,0013544	0,1634817
q	gemiddeld overslagdebiel bij de buitenkruin	[m ³ /s/m]	0,00355	0,00023	0,00080	0,00001	0,01412
			3,553	0,226	0,802	0,013	14,121
C_w	beschermde kruinbreedte	[m]	2	2	4	2	3
C_T	reductiefactor voor beschermde kruinbreedte		0,414126	0,414125967	0,056045855	0,414125967	0,15234843
q-red.	gereduceerd gemiddeld overslagdebiel bij einde beschermde kruin	[m ³ /s/m]	0,0015	0,0001	0,0000	0,0000	0,0022
q-red.	gereduceerd gemiddeld overslagdebiel bij einde beschermde kruin	[l/s/m]	1,47	0,09	0,04	0,01	2,15
q-allowed	Toegestaan overslagdebiel bij	[l/s/m]	2	0,1	0,1	0,1	50

BIJLAGE V TOPLAAGSTABILITEIT

V.1. Toplaagstabiliteit doorlopende randen en koppen

In de onderstaande rekensheet zijn de berekeningen voor de toplaagstabiliteit voor de volgende subobjecten beschouwd:

- Harde rand: deze kolom geeft de berekening voor de objecten RA1.2 harde rand bij Compartiment Dun Slib en RA1.3 harde rand bij Eiland A
- Koppen: deze kolom geeft de berekening voor de objecten RA1.1 Zuidelijke kop en RA1.5 Noordelijke kop.

Toplaagstabiliteit harde rand Marker Wadden

Beschrijving

Referenties [ref.1.] J.M. Van der Meer (1988) Rock slopes and gravel beaches under wave attack

Gebruikte relaties

Van der Meer formule 3.26 en 3.27 uit [ref.1.] met toevoeging $H_s/H_{2\%}$ voor het meenemen van het effect van ondiepe vooroevers.

$$\frac{H_s}{H_{D_{n50}}} = c_{pl} P^{0,125} \left(\frac{S_d}{\sqrt{H_s}} \right)^{0,25} \xi_m^{-0,25} \frac{H_s}{H_{2\%}} \text{ als } \xi_m < \xi_{cr}$$

$$\frac{H_s}{H_{D_{n50}}} = c_{pl} P^{-0,125} \left(\frac{S_d}{\sqrt{H_s}} \right)^{0,25} \sqrt{cot \alpha} \xi_m^2 \frac{H_s}{H_{2\%}} \text{ als } \xi_m \geq \xi_{cr}$$

Randvoorwaarden

Symbol	beschrijving	eenheid	waarde	waarde
H_s	Significante golfhoogte	[m]	1,50	1,50
T_p	Piek golfperiode	[s]	4,90	4,90
T_m	Gemiddelde golfperiode	[s]	3,92	3,92
β	Hoek van inval golven	[°]	0,00	0,00
L_0	Diep water golf lengte	[m]	23,97	23,97
$cot \alpha$	Helling talud	[1:m]	4	5
ξ_m	Iribarren getal	[-]	1,0	0,8
	Bodemniveau	[m+NAP]	-4,3	-4,3
HWN	Hoogwater niveau	[m+NAP]	0,8	0,8
d	Waterdiepte	[m]	5,1	5,1
	Bodemhelling	[1:m]	10000	10000
ρ_s	Dichtheid steen	[kg/m ³]	2650	2650
ρ_w	Dichtheid water	[kg/m ³]	1000	1000
$D_{n50, toegepast}$	Toegepaste nominale diameter stortsteen	[m]	0,36	-

Bepaling $H_{2\%}/H_s$ met Battjes & Groenendijk 2000

Symbol	beschrijving	eenheid	Harde rand	Koppen
			waarde	waarde
H_{tr}	Transitionele golfhoogte	[m]	1,79	1,79
$m0$	Variatie vrije oppervlak beweging	[m]	0,14	0,14
H_{rms}	Root mean squared golfhoogte	[m]	1,10	1,10
$\sim H_{tr}$	Verhouding H_{tr}/H_{rms}	[-]	1,63	1,63
$H_{2\%}/H_{rms}$	Verhouding $H_{2\%}/H_{rms}$ volgens Battjes	[-]	1,83	1,83
$H_{2\%}$	Golfhoogte overschreden door 2% v.d. golven	[m]	2,01	2,01
$H_{2\%}/H_s$	Verhouding $H_{2\%}/H_s$	[-]	1,34	1,34

Van der Meer

Symbol	beschrijving	eenheid	Harde rand	Koppen
			waarde	waarde
H_s	Significante golfhoogte	[m]	1,50	1,50
Δ	Relatieve dichtheid	[-]	1,65	1,65
c_{pl}	Coëfficiënt voor 'plunging waves'	[-]	7,76	7,76
c_s	Coëfficiënt voor 'surging waves'	[-]	1,22	1,22
P	Permeabiliteitsfactor	[-]	0,1	0,1
S_d	Schadegetal	[-]	12	12
T	Stormduur	[uur]	6	6
N	Aantal golven	[-]	5510	5510
ξ_{cr}	kritische Iribarren waarde	[-]	2,09	1,74
D_{n50}	Benodigde nominale steendiameter doorlopende sectie bij $S_d=12$ (voor taluds 1:4 en flauwer)	[m]	0,34	0,31
$D_{n50, kop}$	Benodigde nominale steendiameter kop = $1,25^4 D_{n50}$	[m]	-	0,38
S_d	Schadegetal doorlopende sectie bij toegepaste steendiameter $D_{n50, toegepast}$	[-]	9,3	-

V.2. Toplaagstabiliteit overwash zones

De overwash zones bevatten veel geometrische details. Waar mogelijk is de toplaagstabiliteit beoordeeld door middel van een berekening, op de overige locaties is er een kwalitatieve beschouwing van de stabiliteit gemaakt.

Buitentalud en kruin

Het buitentalud en de kruin van de overwash zones zijn met dezelfde steengradering bekleedt als de doorlopende harde rand (40-200 kg). Aangezien de overwash gezien kan worden als een 'submerged breakwater' (waarvoor een reductiefactor kan worden toegepast), wordt de stabiliteit van het buitentalud en de kruin bewezen geacht.

Wandel- en beheerpad van blokkenmatten

Op de kruin van de overwashes loopt het wandel- en beheerpad dat is opgebouwd uit blokkenmatten. Bij hoogwater staat dit pad onder water en wordt daardoor hydraulisch belast. Voor de toegepaste blokkenmatten is bepaald tot welke snelheid deze stabiel met de methode van Pilarczyk, zoals beschreven in paragraaf 4.3.2. De berekening is hieronder getoond voor de 1/50 jaar conditie.

Toplaagstabiliteit blokkenmat Overwash Marker Wadden

Beschrijving

Referenties [ref. 1] CIRIA/CUR/CETMEF (2007). *The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering.*

Gebruikte data en berekening

Pilarczyk methode formule 5.219 uit [ref.1.]

$$D = \frac{\varphi_{sc} 0,035 K_t^2 K_{sl} n^2}{\Delta \psi_{cr} K_{th} 2g}$$

Randvoorwaarden

Symbol	beschrijving	eenheid	waarde
D	Dikte blokkenmat	[m]	0,15
d _{overwash}	Bodemniveau overwash	[m+NAP]	0,00
d	Waterstand	[m+NAP]	0,80
h	Waterdiepte	[m]	0,80
φ _{sc}	Stabiliteitsfactor	[-]	0,50
ρ _w	Dichtheid water	[kg/m ³]	1000
ρ _b	Dichtheid beton	[kg/m ³]	2400
n _v	Porositeit blokkenmat	[-]	0,30
Δ	Relatieve dichtheid blokkenmat	[-]	0,98
ψ _{cr}	Mobiliteitsparameter	[-]	0,07
K _t	Turbulentiefactor	[-]	2,00
K _{sl}	Hellingsfactor	[-]	1,0
K _{th}	Snelheidsprofielfactor	[-]	0,7
g	Gravitatieconstante	[m/s ²]	9,81
u _{max}	Maximaal toelaatbare snelheid	[m/s]	2,04

In bijlage III is de belasting door de combinatie van golven en stroming bepaald. De totale bodemschuifspanning is hier bepaald als 21 Pa. Met behulp van formule 5.107 uit The Rock Manual [ref. 9.] is de equivalente dieptegemiddelde stroomsnelheid afgeleid:

$$\tau = \rho_w g \frac{U^2}{C^2}$$

waarin:

- τ bodemschuifspanning = 21 [Pa]
- ρ_w dichtheid water = 1000 [kg/m³]
- U dieptegemiddelde stroomsnelheid [m/s]
- C Chézy coëfficiënt = 32,5 [m^{1/2}/s] (18log(12h/k_s))
- h waterdiepte = 0,8 [m] (waterdiepte boven de blokkenmat)
- k_s Nikuradse ruwheidshoogte = 0,15 m [m] (gelijk aan hoogte blokkenmat)

Hieruit volgt een dieptegemiddelde stroomsnelheid van $U = 1,50$ m/s. Aangezien de toegepaste blokkenmatten stabiel zijn tot een dieptegemiddelde stroomsnelheid van 2,04 m/s, voldoen ze.

Binnentalud

Omdat bij de overwashes ook de binnenzijde van de taluds hydraulisch worden belast, is hier ook bestorting voorzien. De verwachte hydraulische belasting is echter kleiner dan aan de buitenzijde. De 1:4 taluds in de doorstroomopening worden volledig bestort met dezelfde steengradering als aan de buitenzijde: 40-200 kg. Hiermee wordt de bestorting aan de binnenzijde van de taluds stabiel geacht.

Het binnentalud bij de overwashes (de achterzijde van de harde rand) wordt ook belast door de waterbewegingen rondom deze zone. Er is daarom bestorting van 40-200 kg voorzien tot een hoogte van NAP + 1,0 m.

BIJLAGE VI KERNMATERIAAL EN FILTERCONSTRUCTIE

VI.1. Kernmateriaal

In 2013 is door Fugro een rapportage uitgebracht over het geotechnische onderzoek op de locatie van de Marker Wadden [ref. 12.] Onderdeel van dit onderzoek was het nemen van boringen en het uitvoeren van zeefproeven. Op basis van de hieruit verkregen data en geproduceerde zeefcurves, zijn de relevante eigenschappen weergegeven in Tabel VI.1. De D_{50} en de C_u , zijn overgenomen waardes uit het rapport. De waardes voor D_{10} , D_{40} en D_{90} zijn niet expliciet in het rapport gegeven en zijn daarom afgelezen uit de zeefcurves.

Tabel VI.1. Gegevens kernmateriaal (zand)

Boring nr	Monster nr	D_{10} [mm]	D_{40} [mm]	D_{50} [mm]	D_{90} [mm]	$C_u = D_{60}/D_{10}$ [-]
B1	13	0,08	0,15	0,15	0,20	2,0
B1	15	0,13	0,21	0,23	0,45	2,0
B1	16	0,13	0,20	0,22	0,45	1,8
B1	19	0,16	0,31	0,37	0,71	2,4
B1	21	0,20	0,35	0,40	1,40	2,3
B1	31	0,08	0,15	0,16	0,28	2,2
B1	37	0,10	0,20	0,23	0,44	2,7
B2	10	0,11	0,22	0,25	0,40	2,5
B2	13	0,06	0,15	0,17	0,32	3,0
B2	17	0,13	0,24	0,27	0,80	2,3
B2	18	0,18	0,32	0,39	4,00	2,7
B2	20	0,20	0,40	0,46	9,00	2,8
B2	28	0,13	0,20	0,22	0,40	1,9
B2	39	0,23	0,42	0,51	1,40	2,7
B3	10	0,10	0,16	0,17	0,38	1,9
B3	15	0,18	0,31	0,36	0,90	2,3
B3	19	0,21	0,38	0,41	1,80	2,2
B3	21	0,21	0,33	0,37	0,69	1,9
B3	23	0,25	0,46	0,57	14,00	3,0
B3	29	0,13	0,24	0,27	0,60	2,6
B3	33	0,07	0,13	0,15	0,25	2,3
B3	41	0,15	0,25	0,28	0,50	2,2
B4	12	0,11	0,17	0,18	0,25	1,8
B4	17	0,19	0,38	0,45	2,00	2,8
B5	15	0,13	0,26	0,29	0,70	2,7
B5	18	0,13	0,21	0,24	0,70	2,3
B6	12	0,17	0,25	0,27	0,48	1,9
B6	15	0,15	0,24	0,26	0,58	2,1
MEDIAAN	-	0,13	0,24	0,27	0,59	2,3

VI.2. Specificaties geotextiel

Om uitspoeling van het kernmateriaal door de toplaag te voorkomen, wordt een geotextiel tussen deze twee lagen aangebracht. Bij alle gedefinieerde subobjecten van de harde rand wordt een geotextiel toegepast. Omdat de profielen bij deze verschillende objecten veel overeenkomst met elkaar hebben, zijn de objecten (waar mogelijk) gebundeld voor de specificatie van het geotextiel. De ontwerpmethodiek conform CUR 174 [ref. 10.] is beschreven in paragraaf 4.3.5.

Openingsgrootte van het geotextiel

Voor het bepalen van de openingsgrootte van het geotextiel is de fijne fractie van het kernmateriaal bepalend. Doordat het kernmateriaal van de harde rand wordt opgespoten, zullen de fijnste deeltjes nog wegspoelen. Daarnaast is tijdens de boringen geobserveerd dat er in de diepere lagen relatief grover zand aanwezig is. Aangezien dit materiaal later wordt gewonnen, zal dit materiaal hogerop in het profiel terechtkomen. Op basis van deze twee beschouwingen is gekozen om de mediaan van alle boringen te gebruiken voor het bepalen van de openingsgrootte van het geotextiel.

Boring nr	Monster nr	D ₁₀ [mm]	D ₅₀ [mm]	D ₉₀ [mm]	C _u = D ₆₀ /D ₁₀ [-]
MEDIAAN	-	0,128	0,273	0,59	2,3

Voor dynamische belasting en $D_{40} > 0,06$ mm geldt:

- $O_{90} < 1,5 * D_{10} * C_u^{0,5} = 0,29$ mm
- $O_{90} < D_{50} = 0,273$ mm
- $O_{90} < 0,5$ mm

Hieruit volgt $O_{90} \leq 0,27$ mm = 270 µm

Permittiviteit

Om drukopbouw te voorkomen, dient de doorlatendheid van het geotextiel groter te zijn dan die van de onderliggende laag. Een grovere zandsortering heeft een hogere doorlatendheid en is daarmee maatgevend. Om deze reden is het grofste monster (Boring B3 - Monster 23) gehanteerd in de bepaling van de doorlatendheid.

Boring nr	Monster nr	D ₁₀ [mm]	D ₅₀ [mm]	D ₉₀ [mm]	C _u = D ₆₀ /D ₁₀ [-]
B3	23	0,250	0,565	14	3

Deze doorlatendheid hangt samen met de permittiviteit Ψ , waarvoor de CUR 205 [ref. 11.] minimale waarden geeft per grondsoort (Tabel 4-3). Wanneer de aanwezige grondsoort zich tussen de twee klassen bevindt, wordt de meest doorlatende soort aangenomen. Dit is een conservatieve benadering.

Grondsoort	D ₅₀ [mm]	minimale Ψ [1/s]
Zand	0,17	0,01
Zandig grind	3	0,1

Met een $D_{50} = 0,565$ m wordt de minimale permittiviteit gebaseerd op zandig grind. Hieruit volgt dat $\Psi > 0,1$ [1/s].

Sterkte en levensduur

Voor de sterkte van het geotextiel wordt in CUR 205 [ref. 11.] het volgende voorgeschreven:

- De treksterkte bij breuk, zowel in de lengte- als dwarsrichting, dient in geval van een weefsel minimaal 35 kN/m te zijn. In geval een vlies toegepast wordt, dient de treksterkte bij breuk in 2 richtingen minimaal 15 kN/m te zijn;
- De reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, dient minimaal 50% te zijn van de korte duursterkte (indexwaarde).

Daarnaast wordt in CUR 205 [ref. 11.] een rek bij breuk van 60% voorgeschreven. Dit betekent dat een vlies moet worden toegepast. Vanuit de uitvoering is de wens om tot een robuuste oplossing (grotere treksterkte) te komen en daarom is de wens vanuit de uitvoering

om een combinatie van een weefsel met daarop een vlies toe te passen. Het vlies beschermt hierbij het weefsel tijdens de installatie. Voor dit gecombineerde product (composiet) geldt conform CUR 205 [ref. 11.]:

- In geval van een combinatieproduct zal het toe te passen vlies minimaal 200 gr/m² moeten wegen, of er zal d.m.v. performance testen moeten worden aangetoond dat een ander vlies ook voldoet;
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld.

De combinatie van een geotextiel met een vlies voldoet niet aan de eisen ten aanzien van minimale rek bij breuk. Voor project Maasvlakte 2 zijn praktijkproeven uitgevoerd voor een situatie voor het geotextiel die goed overeenkomt met de situatie van Markerwadden [ref. 20.]. De resultaten laten zien dat bij valtesten van zwaardere graderingen (40-200kg) en een valhoogte van > 1,0 m schade kan ontstaan als alleen een weefsel wordt toegepast. Bij de situatie waarbij een combinatie van een vlies (170 gr/m²) bovenop het weefsel is toegepast, zijn geen schades geconstateerd aan het weefsel. Een vlies van tenminste 170 gr/m² wordt daarom voorgeschreven als een composiet wordt toegepast.

Samenvattend worden voor de sterkte en levensduur van het geotextiel de volgende eisen gesteld:

- De treksterkte bij breuk, zowel in de lengte- als dwarsrichting, dient in geval van een weefsel minimaal 35 kN/m te zijn. In geval een vlies toegepast wordt, dient de treksterkte bij breuk in 2 richtingen minimaal 15 kN/m te zijn;
- De reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, dient minimaal 50% te zijn van de korte duursterkte (indexwaarde);
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m² te wegen.

Tussenlaag geotextiel en stortsteen

Bij de subobjecten harde rand bij Eiland A (RA1.2), Harde rand bij Compartiment Dun Slib (RA1.3) en de Overwash zones (RA1.4) wordt een gradering van 40-200 kg toegepast. Deze stenen worden zonder tussenlaag op het doek geplaatst, wel is er een maximale valhoogte van 1 m ingesteld.

Bij de Zuidelijke en Noordelijke kop (RA1.1) wordt een steengradering van 60-300 kg toegepast. Deze gradering is te groot om direct op het geotextiel te plaatsen en daarom wordt een tussenlaag toegepast van steengradering 45/125 mm. Deze filterlaag dient als een geometrisch gesloten filter te werken. Zoals beschreven in paragraaf 4.3.5 dient daarom aan drie regels te worden voldaan:

$$\frac{D_{15,t}}{D_{85,f}} < 5$$

$$\frac{D_{15,t}}{D_{15,f}} > 5$$

$$\frac{D_{60,f}}{D_{10,f}} < 10$$

In deze relaties is:

$D_{15,t} = 0,40$ m zeefdiameter gepasseerd door 15% van de stenen van de toplaag;

$D_{85,f} = 0,114$ m zeefdiameter gepasseerd door 85% van de stenen van de filterlaag;

$D_{15,f} = 0,059$ m zeefdiameter gepasseerd door 15% van de stenen van de filterlaag;

$D_{60,f} = 0,095$ m zeefdiameter gepasseerd door 60% van de stenen van de filterlaag;

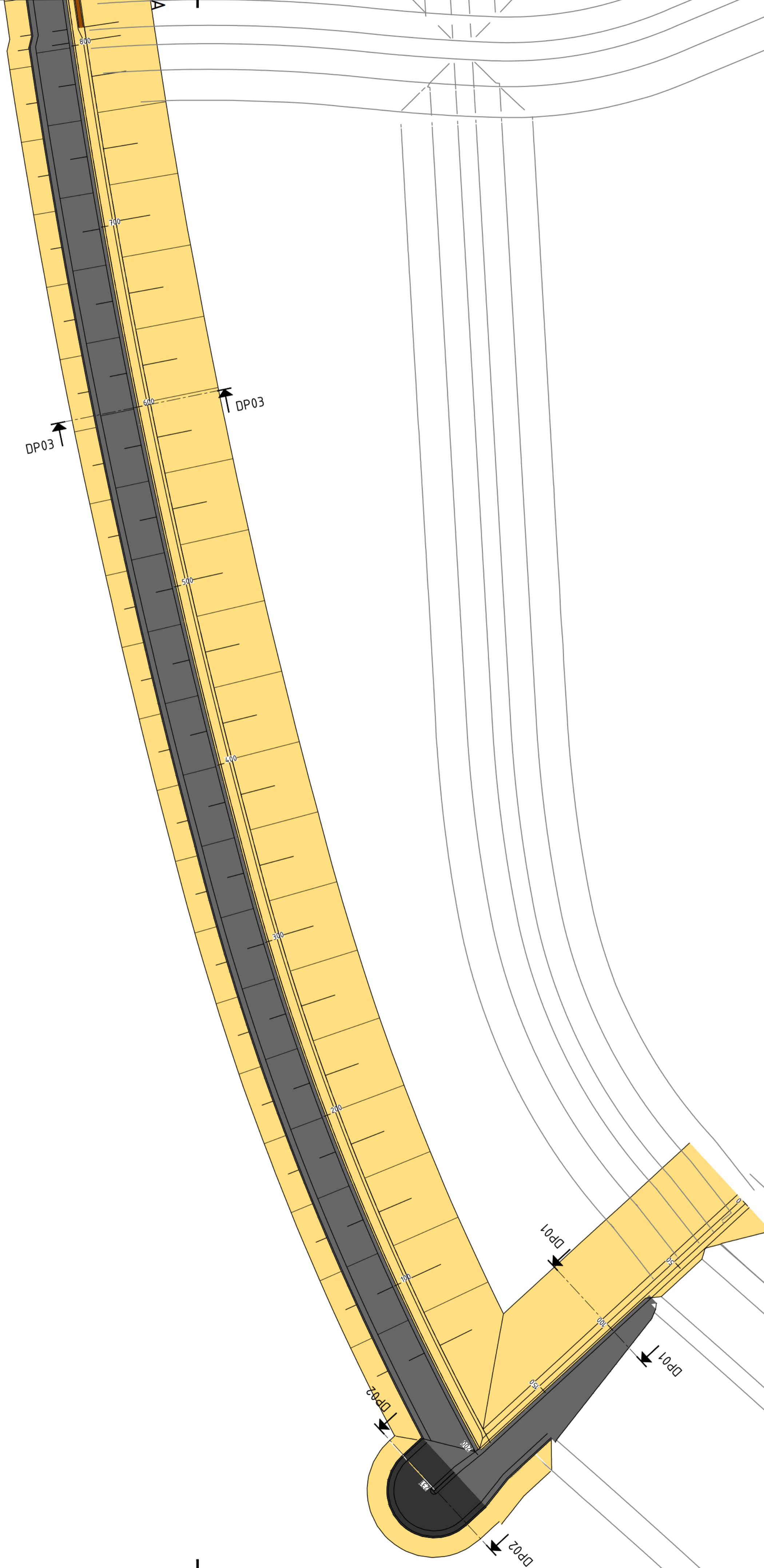
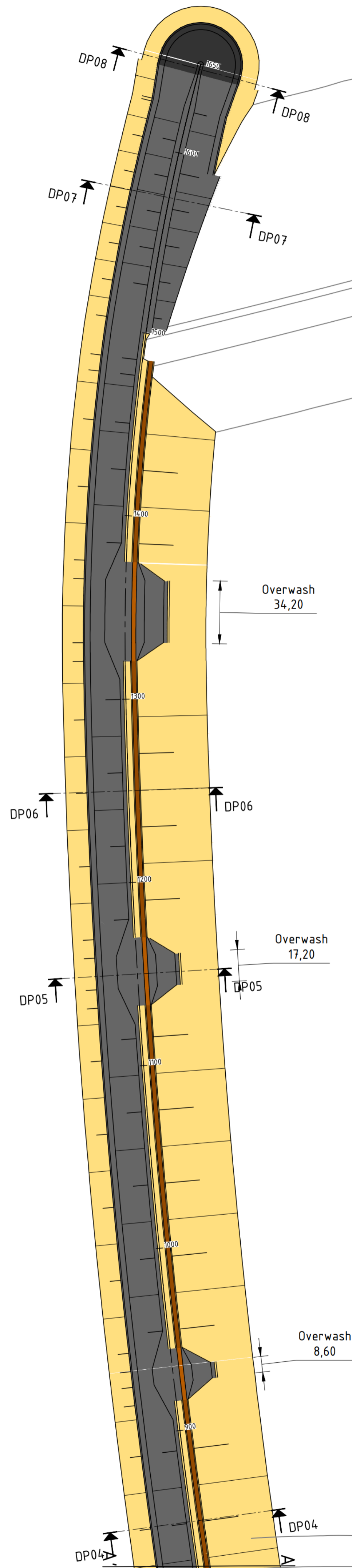
$D_{10,f} = 0,047$ m zeefdiameter gepasseerd door 10% van de stenen van de filterlaag.

Invullen van deze waarden geeft:

$$\frac{D_{15,t}}{D_{85,f}} = \frac{0,40}{0,114} = 3,51 < 5 \quad ; \quad \frac{D_{15,t}}{D_{15,f}} = \frac{0,40}{0,059} = 6,78 > 5 \quad ; \quad \frac{D_{60,f}}{D_{10,f}} = \frac{0,095}{0,047} = 2,02 < 10 ,$$

waarmee is aangetoond dat de standaardgradering 45/125 mm als geometrisch gesloten filterlaag kan worden toegepast onder de standaardgradering 60-300 kg. Hierbij wordt een laagdikte van 0,20 m gehanteerd.

BIJLAGE VII ONTWERPTEKENING UO



LEGENDA	
	Zand
	Pad
	Pad van blokkenmatten
	Stortsteen 40-200kg (0,72m)
	Stortsteen 60-300kg (0,84m)

- OPMERKINGEN**
1. Coördinatensysteem RD(x,y)
 2. Maten in meters, tenzij anders vermeld
 3. Materiaalmaten in millimeters, tenzij anders vermeld
 4. Peilmaten in meters t.o.v. NAP, tenzij anders vermeld
 5. Waterpeil op -0,20m NAP (zomerpeil)
 6. Initieel aanlegprofiel; talud 1:4 tot waterlijn, daarna 1:7 naar bodem (zie eis RA1-UA-24)
 7. Talud vanaf platbodem 1:7, indien mogelijk 1:3
 8. Deze tekening is ter informatie. Uitvoering gebeurt d.m.v. een 3D model

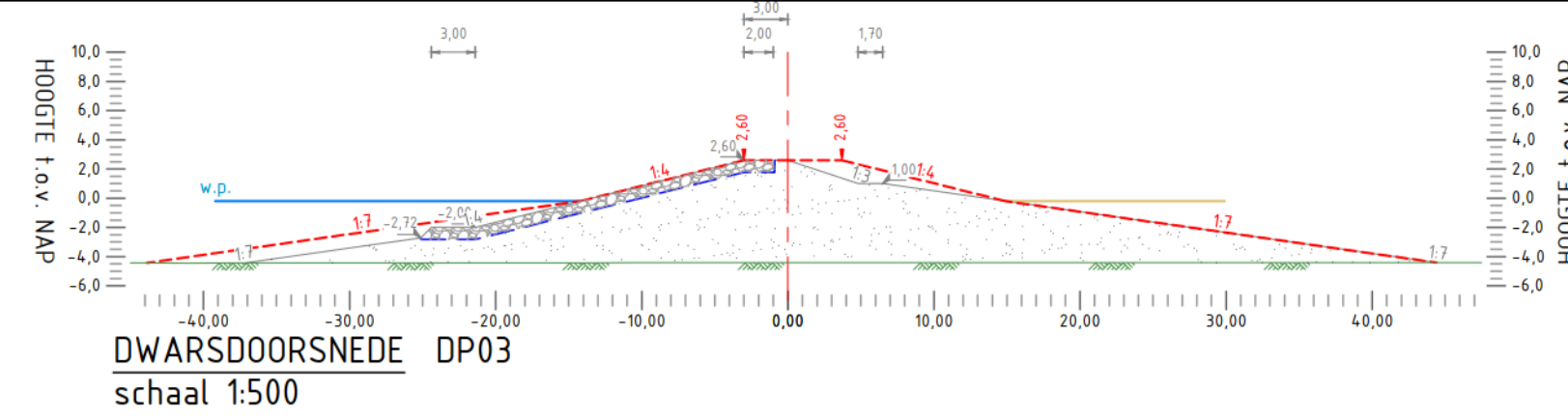
Gereed voor uitvoering

SCHAAL 1:1500

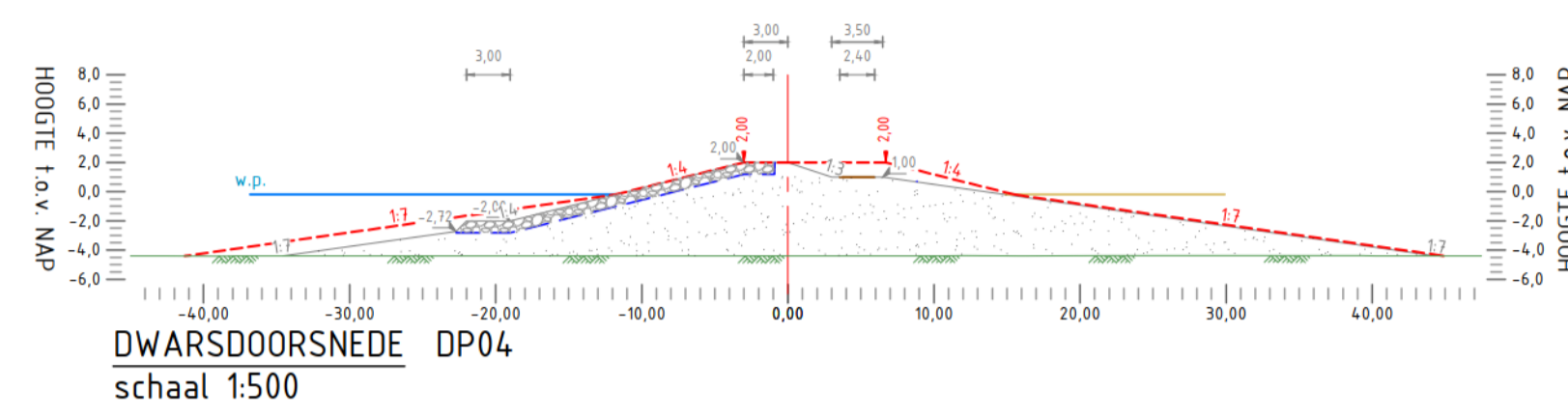
Revisie	Datum	Getekend	Gecontroleerd	Wijzigingen
1.0	05-02-2016			Goedkeuring
0.7	22-01-2016			Aanpassen profielen en toevoegen voorbelasting
0.1	03-11-2015			Eerste uitgave

WIJZIGINGSBEHEER DOCUMENT HISTORIE			
Opdrachtgever:		Project:	
		Marker Wadden	
Opdrachtgever:		Rijkswaterstaat & Natuurmonumenten	
Tekeningomschrijving:		Onderdeel Harde Rand	
Bovenaanzicht en locatie dwarsdoorsneden			
Opdrachtnummer:	Proj.Nr:	Doc.Type:	Status:
	52812492	TEKENING	Definitief
Getek:	Papierformaat:	Doc.Nr.:	Schaal:
	ISO full bleed A1 (594,00 x 841,00 MM)	-	1:1500
Gecontr.:	Tekeningnummer:	Blad:	
		1/2	
Datum:	52812492-TEK-UO-0004	Revisie:	1.0
03-11-2015			

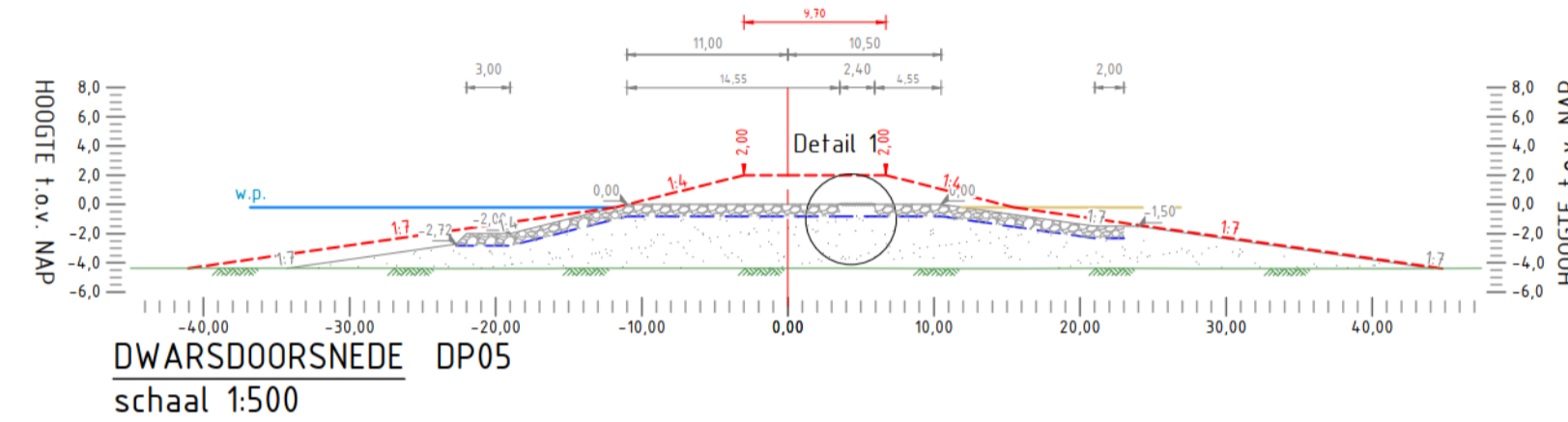
© Boskalis Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden



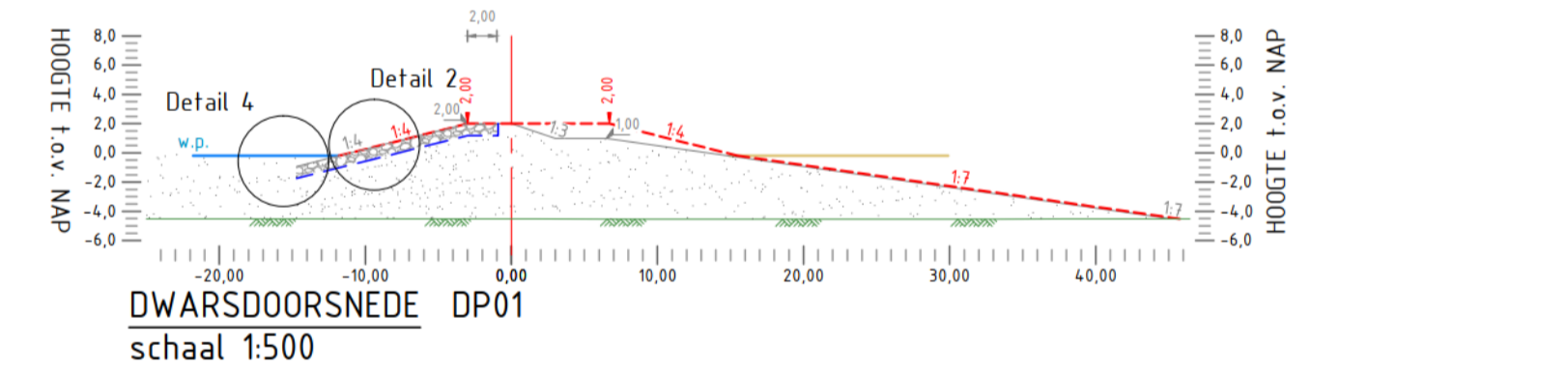
Hoogte profiel Harde Rand (eindhoogte)	-4,41	-2,00	-2,00	2,60	2,60	1,00	-4,41
Afstand profiel Harde Rand	-45,00	-37,14	-24,40	-21,60	-3,00	0,00	44,41
							43,96



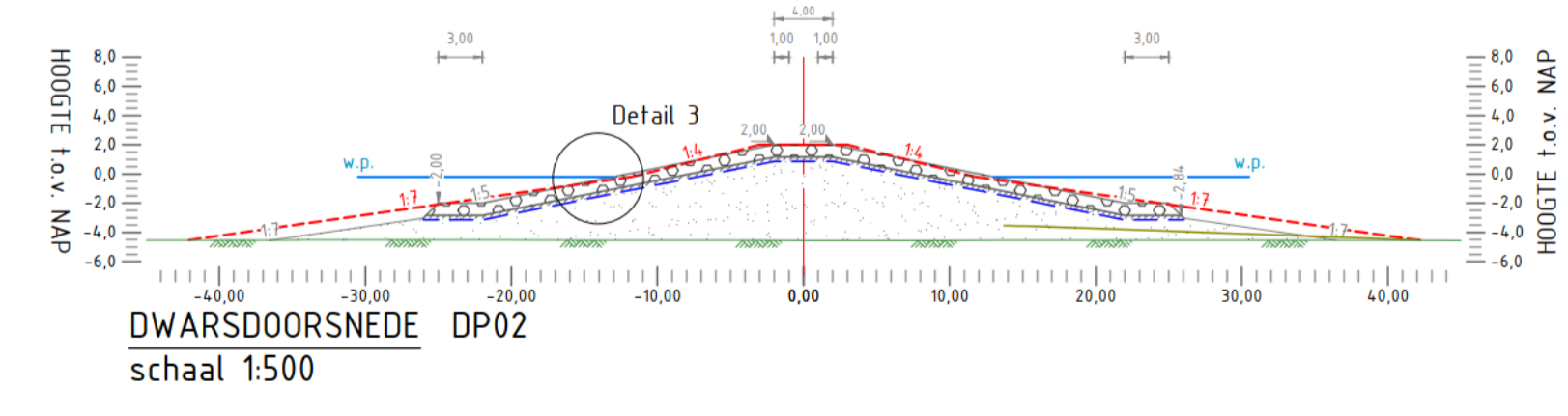
Hoogte profiel Harde Rand (eindhoogte)	-4,41	-2,00	-2,00	2,00	2,00	1,00	-4,40
Afstand profiel Harde Rand	-45,00	-34,55	-22,00	-19,00	-3,00	0,00	44,30
							43,95



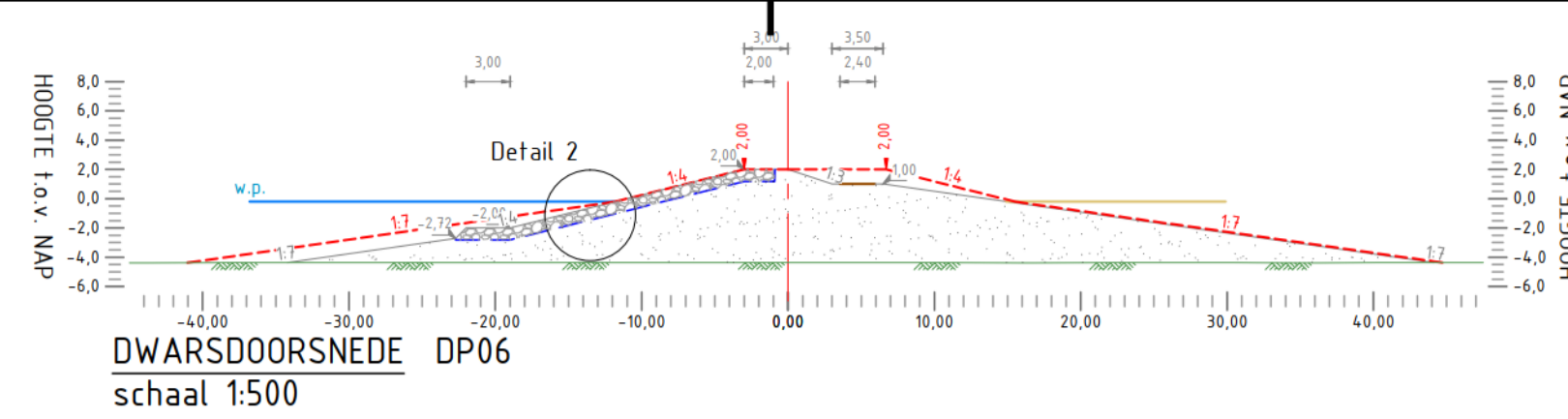
Hoogte profiel Harde Rand (eindhoogte)	-4,37	-2,00	-2,00	0,00	0,00	0,00	-4,34
Afstand profiel Harde Rand	-45,00	-34,20	-22,00	-19,00	-11,00	0,00	44,20
							43,75



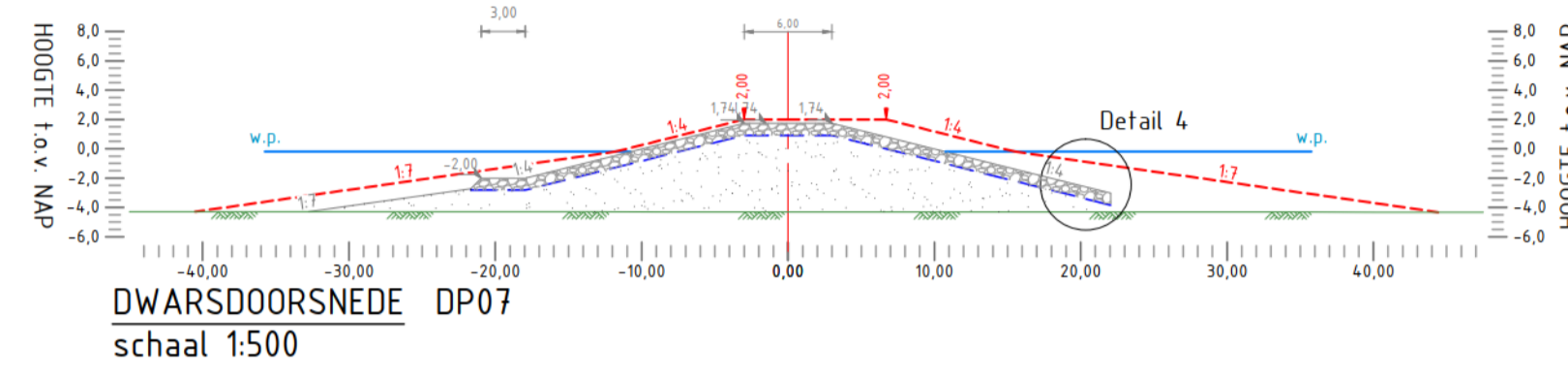
Hoogte profiel Harde Rand (eindhoogte)	-4,93	0,07	2,00	2,00	1,00	1,00	-4,52
Afstand profiel Harde Rand	-45,00	-16,71	-10,71	-3,00	0,00	3,00	45,16
							44,64



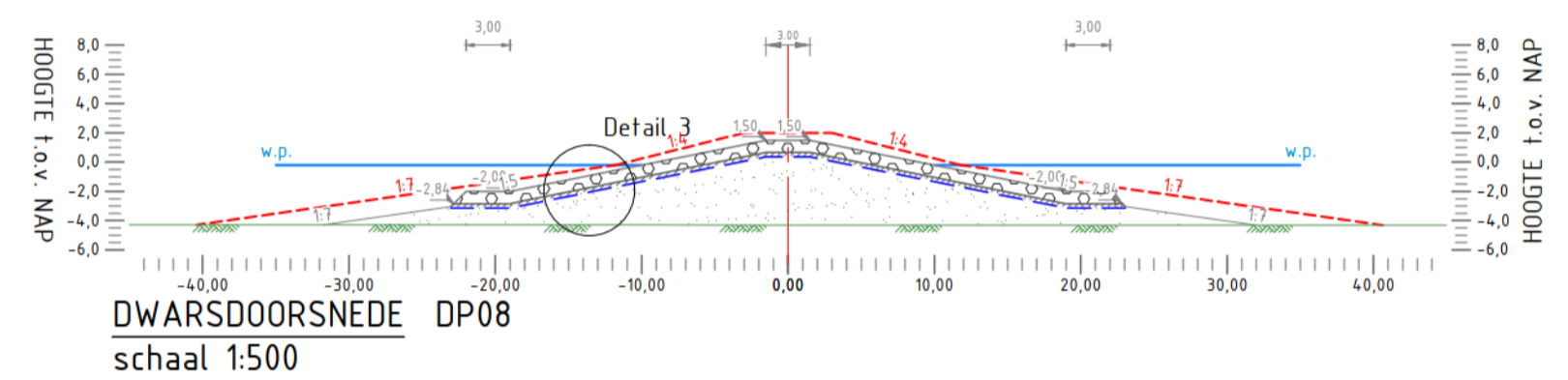
Hoogte profiel Harde Rand (eindhoogte)	-4,51	-2,00	-1,18	2,00	1,64	-4,51	
Afstand profiel Harde Rand	-45,00	-36,48	-24,38	-17,88	0,00	20,00	25,16
							44,93



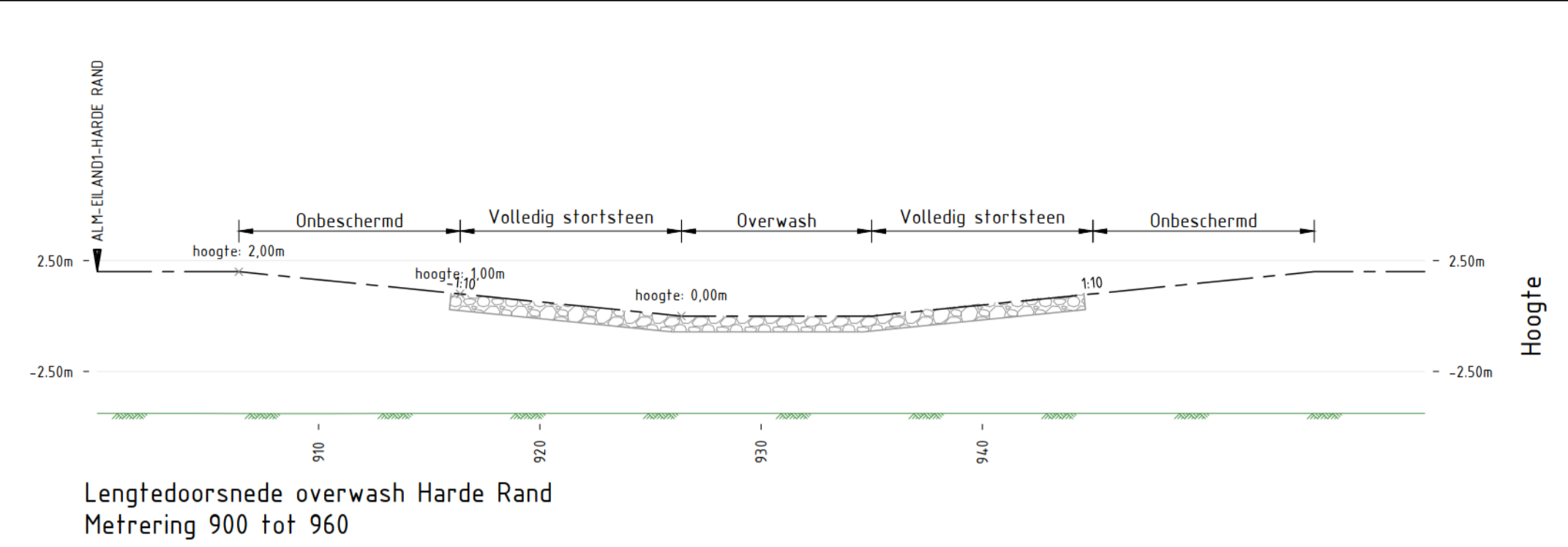
Hoogte profiel Harde Rand (eindhoogte)	-4,34	-2,00	-2,00	2,00	2,00	1,00	-4,37
Afstand profiel Harde Rand	-45,00	-34,22	-22,00	-19,00	-3,00	0,00	44,17
							43,95



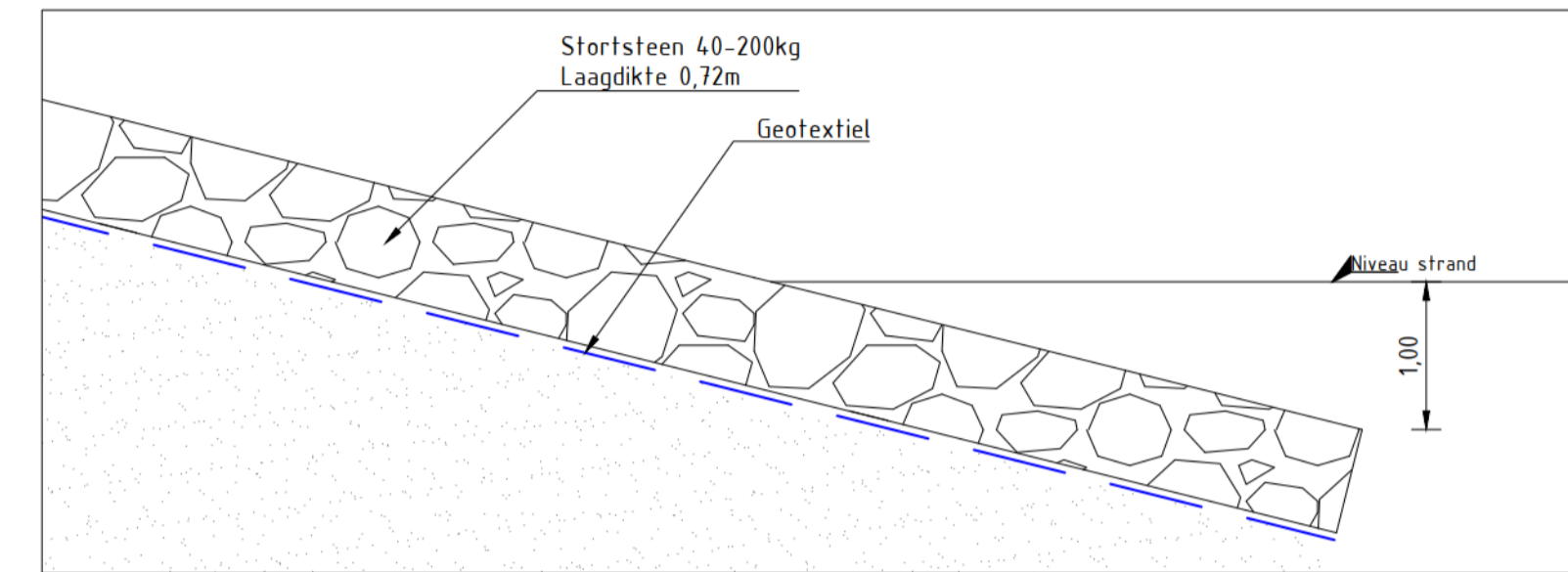
Hoogte profiel Harde Rand (eindhoogte)	-4,30	-2,00	-2,00	1,74	1,74	1,00	-4,30
Afstand profiel Harde Rand	-45,00	-32,71	-20,94	-17,96	-3,00	0,00	44,17
							43,95



Hoogte profiel Harde Rand (eindhoogte)	-4,24	-4,23	-2,00	1,50	0,10	-2,00	-4,03
Afstand profiel Harde Rand	-45,00	-32,98	-21,35	-18,25	-1,85	0,00	19,99
							18,05
							22,05
							-3,02
							44,31
							44,31



Principe lengteprofiel overwash
schaal 1:250



Detail 4 - Aansluiting stortstenen op strand
schaal 1:50

LEGENDA	
	Bestaande bodem
	Pad
	Taludlijn zand (zie opmerking 7)
	Geotextiel
	Hoogtelijn slibniveau
	Waterpeil (zie opmerking 5)
	Initieel aanlegprofiel (zie opmerking 6)
	Aanvulling met zand
	Stortsteen 40-200kg (0,72m)
	Stortsteen 60-300kg (0,84m)
	Filterlaag 45/125mm (0,20m)

OPMERKINGEN

1. Coördinatensysteem RD(x,y)
2. Maten in meters, tenzij anders vermeld
3. Materiaalmaten in millimeters, tenzij anders vermeld
4. Peilmaten in meters t.o.v. NAP, tenzij anders vermeld
5. Waterpeil op -0,20m NAP (zomerpeil)
6. Initieel aanlegprofiel; talud 1:4 tot waterlijn, daarna 1:7 naar bodem (zie eis RA1-UA-24)
7. Talud vanaf platbodem 1:7, indien mogelijk 1:3
8. Deze tekening is ter informatie. Uitvoering gebeurt d.m.v. een 3D model

Gereed voor uitvoering

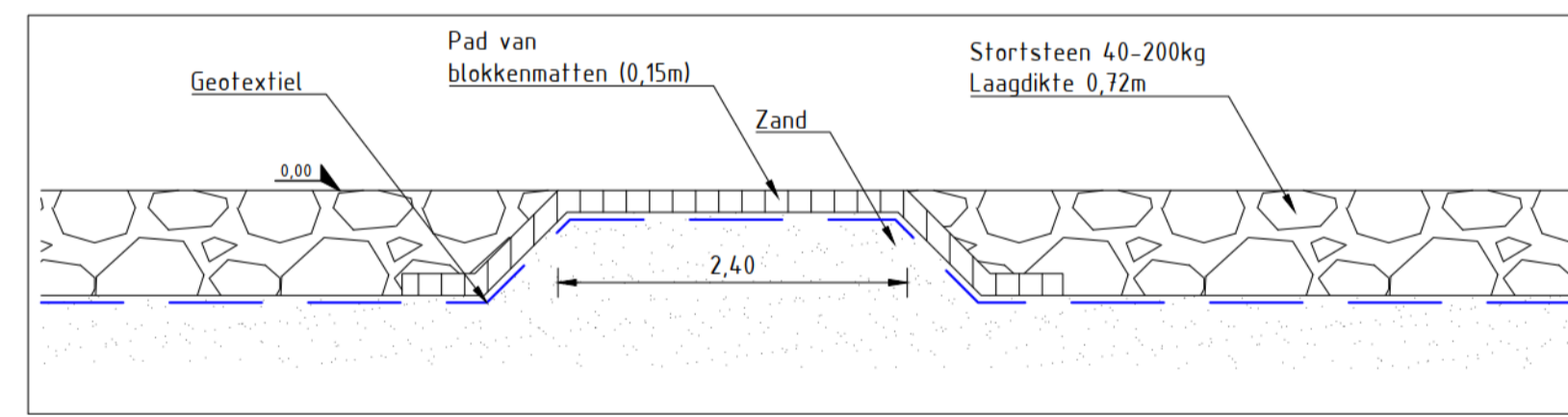
SCHAAL 1:500

1.0	05-02-2016		Goedkeuring
0.7	22-01-2016		Aanpassingen profiel en toevoeging initieel zandprofiel
0.1	03-11-2015		Eerste uitgave
Revisie	Datum	Getekend	Gecontroleerd
			Wijzigingen

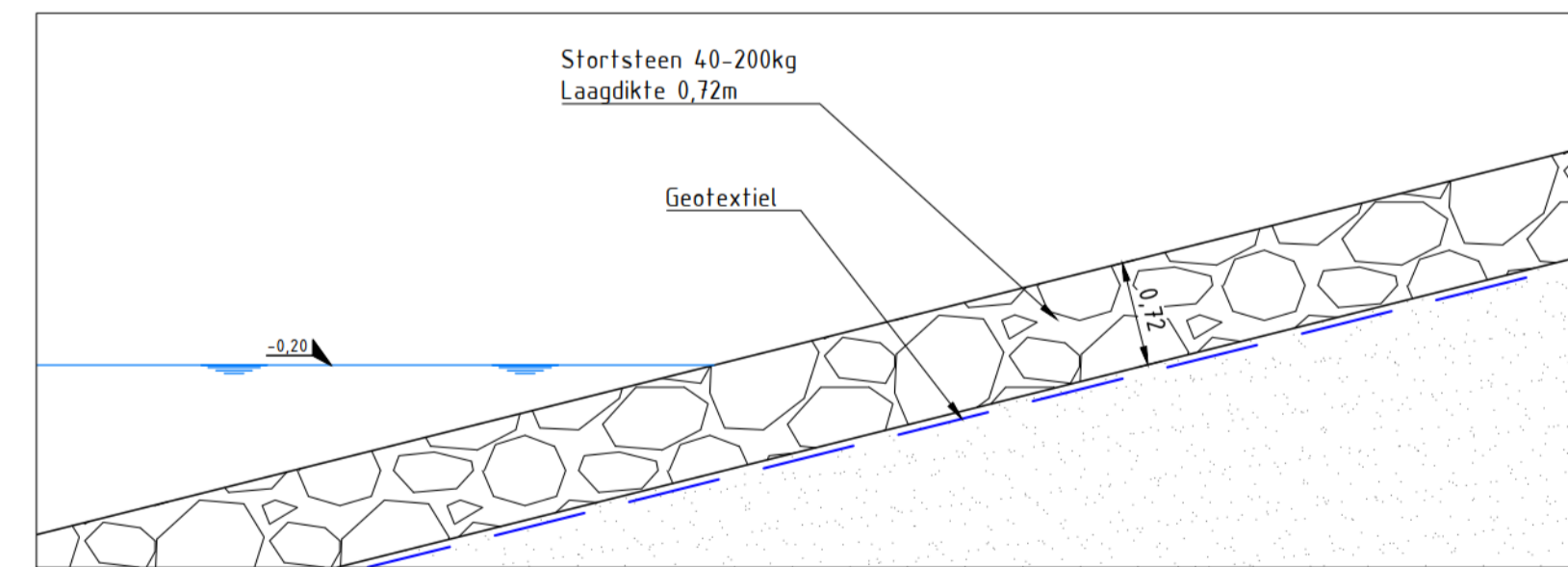
WIJZIGINGSBEHEER DOCUMENT HISTORIE

	Opdrachtgever:	Project:
		Marker Wadden
	Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat & Natuurmonumenten
	Tekeningomschrijving:	Onderdeel Harde Rand
	Dwarsdoorsneden	
	Opdrachtnummer:	Proj.Nr: 52812492
		Doc.Type: TEKENING
		Doc.Nr: -
		Status: Definitief
		Getek: Papierformaat: ISO full bleed A1 (594,00 x 841,00 MM)
		Schaal: 1: zie tek.
		Gecontr: Tekeningnummer:
		Blad: 2 / 2
		Datum: 03-11-2015
		52812492-TEK-UO-0004
		Revisie: 1.0

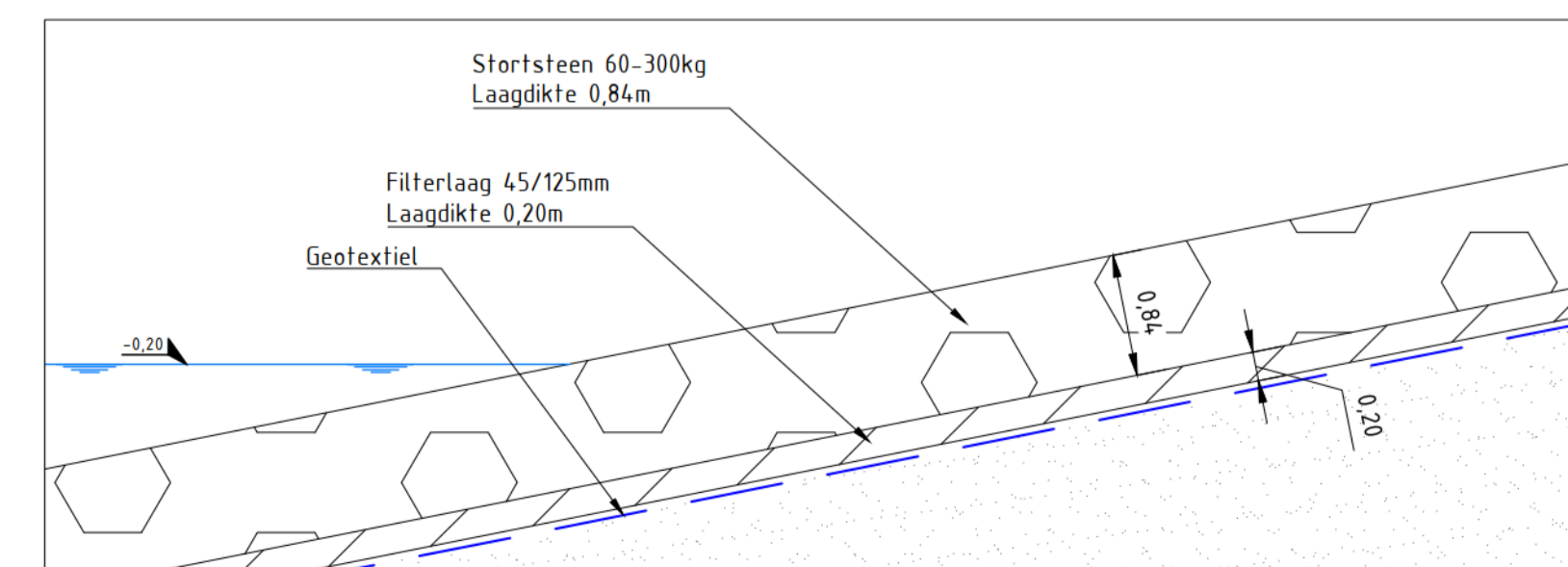
© Boskalis Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden



Detail 1 - Pad t.p.v. overwash
schaal 1:50



Detail 2 - Opbouw stortstenen 40-200kg
schaal 1:50



Detail 3 - Opbouw stortstenen 60-300kg
schaal 1:50