

ONDERWERP

Dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat - Koppelkans
Westelijke Havendam - restlevensduurbeschouwing

PROJECTNUMMER

C07011.000003

ONZE REFERENTIE

D10019697:30

DATUM

27 november 2020

VAN

Egon Bijlsma

AAN

Noorderzijlvest (Bert de Wolff)

KOPIE AAN

Martijn Onderwater

Aanleiding

De Westelijke Havendam in de haven van Lauwersoog is in beheer van waterschap Noorderzijlvest. In de verkenningsfase van de dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat is de Westelijke Havendam buiten de scope van de verbetering geplaatst. De Westelijke Havendam is namelijk geen onderdeel van de primaire waterkering en leidt onder maatgevende omstandigheden niet tot een relevante reductie van de hydraulische belastingen op de achterliggende keringen. De ligging van de Westelijke Havendam en een kenmerkend dwarsprofiel zijn gegeven in Figuur 1 in bijlage 1.

De havendam is in de jaren 70 aangelegd en is aan het eind van haar technische levensduur. In de veiligheidsbeoordeling zoals uitgevoerd in de verkenningsfase is de faalkans geschat op 1/30 tot 1/100 per jaar. Het groot onderhoud aan de havendam is benoemd als koppelkans bij de Dijkverbetering Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat. De scope van de koppelkans dient te worden bepaald door de huidige bekleding van de havendam te inspecteren en een inschatting te maken van de restlevensduur [D 1].

Deze memo geeft een restlevensduurbeschouwing op basis van de resultaten van de inspecties en analyse van de stabiliteit van de dijkbekleding.

Uitgevoerde onderzoeken

MUG ingenieursbureau heeft in augustus 2020 langs 6 raaien op de havendam boringen uitgevoerd in de steenbekledingen om de laagdikten en constructieopbouw vast te stellen. Daarnaast zijn de onderlagen van de grasbekleding onderzocht op erosiebestendigheid [D 3]. Vervolgens zijn in oktober 2020 de bekledingsvlakken nauwkeurig ingemeten [D 4]. Zie Figuur 2 in bijlage 1. Daarnaast zijn de afmetingen en soortelijke massa van de zetsteen elementen bepaald [D 5].

Deltares heeft, ten behoeve van het meten van de doorlatendheid van mijnsteen, in oktober 2020 op één locatie op de havendam een boring uitgevoerd [D 6]. Direct onder het koperslakblok en de filterlaag (grind/zand) werd een sterk siltige zandlaag aangetroffen. Vervolgens is gepoogd een in situ doorlatendheidsmeting op de zandlaag uit te voeren. Hieruit kon geen waterdoorlatendheid worden afgeleid. Wel is een identificatie en korrelverdeling uitgevoerd. De beschrijving volgens NEN5104 is Kz1g1 (klei zwak zandig zwak grindig).

Beschrijving opbouw en bekleding westelijke havendam

De bekledingsopbouw van de havendam laat zich als volgt kenmerken. Vanaf de teen met stortsteen richting de kruin zijn er achtereenvolgens aanwezig:

- Tot ca. NAP+1,3 m: koperslakblokken groot (dik 0,25 m, ca. 2730 kg/m³)
- Tot ca. NAP+2,3 m: koperslakblokken (dik 0,25 m, ca. 2730 kg/m³)
- Betonnen band (dik 0,40 m, ca. 2260 kg/m³)
- Tot ca. NAP+3,2 m: vierkante betonblokken (dik 0,25 m, ca. 2210 kg/m³)
- Tot ca. NAP+3,8 m: diaboolglooing (afwisselend dik 0,25 en 0,37 m, ca. 2280 kg/m³)
- Tot ca. NAP+4,1 m: vierkante betonblokken (dik 0,15 m, ca. 2360 kg/m³)
- Tot ca. NAP+6,4 m: Grasbekleding op bovenbeloop, kruin en binnentalud

Over de eerste ca. 50 m vanaf de aansluiting op de waterkering (bij de dijktrap) vindt een overgang plaats van de opbouw van de primaire waterkering naar de Westelijke Havendam. Hier is onder de blokken een filterlaag van grind met daaronder een mijnsteen onderlaag aanwezig. Verder zijn hier meerdere niveau verspringingen van de overgang tussen de betonblokken en diaboolglooïing, met daartussen een betonnen band. Zie Figuur 2 in bijlage 1.

Vervolgens is de bekledingsopbouw over een lengte van ca. 280 m zeer uniform. Zie Figuur 3 t/m Figuur 5 in bijlage 2. De filterlaag bestaat hier uit voornamelijk schelpen (dik 0,15 m), maar soms is deze filterlaag afwezig. De beschrijving van de onderlaag is niet eenduidig en varieert van sterk siltig zand, tot leem en zandige klei.

Aan de kop van de havendam gaat de bekleding over in een zetting natuurlijke basaltzuilen (Figuur 6).

Onderhoudstoestand

Bij een veldbezoek in november 2020 zijn de volgende waarnemingen gedaan:

- De zetting van koperslabblokken is wat richting de teen uitgezakt. Dit is met name te zien door de speling die aan de bovenzijde ontstaat met de betonband, die niet is meegezakt. Op diverse plekken is deze speling provisorisch gedicht met bijvoorbeeld asfalt (Figuur 7).
- Bij sommige koperslabblokken zijn de koppen gelijkmatig 'afgesprongen', mogelijk door vries/dooi cycli.
- De betonblokken liggen er relatief goed bij, met slechts een enkele lokale verzakking (Figuur 8).
- De diaboolblokken zitten soms wat los, hier is mogelijk sprake van breuk in de taille.
- De grasbekleding verkeert in goede staat.

Uitgangspunten berekeningen

Een Hydra database, zoals in de verkenningfase door RHDHV ontwikkeld, is gebruikt om actuele hydraulische condities voor blokkenbekledingen af te leiden bij verschillende waterstanden en terugkeertijden bij een zichtjaar van 2023. De hydraulische condities zijn afgeleid voor herhalingstijden van 10, 20, 50 en 100 jaar. De hydraulische condities zijn opgenomen in bijlage 3.

De toplaagstabiliteit is berekend in Steentoets V19.1.1 en een veiligheidsfactor van 1,1. De invoer is opgenomen in bijlage 4.

De berekeningen in Steentoets zijn in de eerste instantie gericht op het mechanisme stabiliteit toplaag bij golfaanval. Hier bij zijn 2 sets uitgangspunten gehanteerd: gunstig en ongunstig. Bij de gunstige set is uitgegaan van een relatief grote spleetbreedte tussen de elementen, een grote D15 voor het inwasmateriaal, een kleine D15 voor de filterlaag en een goede inklemming. Voor de ongunstige set vice versa.

Resultaten

De resultaten van de Steentoets berekeningen zijn opgenomen in bijlage 5. De resultaten laten zien dat:

- de koperslabblokken en betonblokken op het onderbeloop tot een niveau van ca. NAP+3,2 m onder gunstige aannamen al niet voldoen aan de toplaagstabiliteit bij **1/10** per jaar condities;
- De diaboolglooïing niet meer voldoet bij **1/20** per jaar condities, en;
- de bovenste rij betonblokken bij **1/50** per jaar condities (hogere waterstanden treden immers minder vaak op).

De faalkans voor de grasbekleding boven de steenbekleding is niet berekend. Aangezien er onder de graszode geen erosiebestendige kleilaag aanwezig is, zal deze snel falen zodra deze zich bij hogere waterstanden in de golfaanvalzone bevindt. Hiervan is sprake vanaf 1/50 per jaar condities.

De berekende faalkansen liggen hiermee hoger dan de inschatting vanuit de veiligheidsbeoordeling (1/30 tot 1/100 per jaar). De oorzaak voor dit verschil is onbekend, aangezien de originele aannamen voor de berekeningen van de veiligheidsbeoordeling ontbreken. Mogelijk is in de veiligheidsbeoordeling gekeken naar de eindscore conform de toetsvoorschriften incl. de reststerkte die vanuit de onderlagen en kern van de havendam uitgaan. Als alleen naar de eindscore wordt gekeken, verschuift het omslagpunt voor falen inderdaad richting de 1/50 per jaar.

Ten aanzien van de voorliggende vraag voor de koppelkans met betrekking tot de uitvoering van groot onderhoud, is de reststerkte van de havendam echter niet relevant en alleen het falen van de toplaag al bepalend.

Conclusie en advies

Uit de waarnemingen in het veld en Steentoets berekeningen volgt dat de steenzetting zowel qua materialen als rekenkundig aan het einde van haar technische levensduur is.

Dat de bekleding ondanks de hoge berekende faalkans nog niet eerder bezwiken is, wijst op enig conservatisme in de stabiliteitsberekening c.q. bewezen sterkte. Desalniettemin is de kans aanzienlijk dat in de komende 10 jaar condities voorkomen, waarbij alsnog zodanige schade optreedt dat reparatie of vervanging nodig is. Ter illustratie: de kans dat de 1/10 per jaar condities binnen de komende 5 jaar minimaal 1x optreden, bedraagt 40%, binnen 10 jaar 65% en binnen 20 jaar 88%.

Op basis van hiervan wordt dan ook geadviseerd het groot onderhoud van de havendam in te plannen of deze mee te nemen in de werkzaamheden van de dijkverbetering.

De omvang van het onderhoud wordt onder andere bepaald door de te hanteren faalkans. Ter indicatie: wereldwijd worden golfbrekers van grote commerciële havens over het algemeen ontworpen voor een terugkeerperiode van 1/100 jaar. Significante reparaties aan golfbrekers worden ontworpen voor een terugkeerperiode van 1/50 tot 1/100 jaar (afhankelijk van de sterkte en restlevensduur van de rest van de golfbreker).

Een bekleding met een faalkans van 1/150 tot 1/100 jaar zou passend zijn voor de Westelijke Havendam. Met betrekking tot onderhoud zijn er dan de volgende opties:

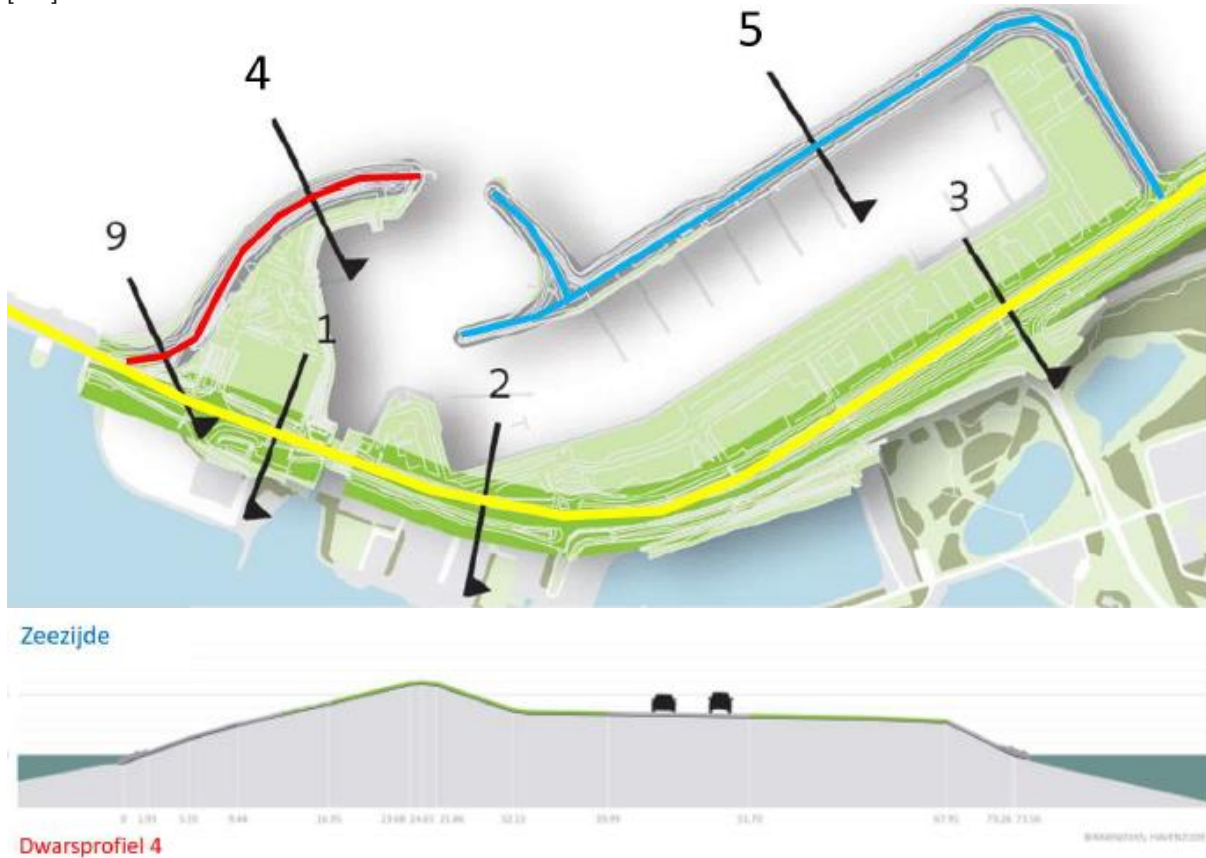
- Indien nu (zichtjaar 2023-2025) een faalkans van 1/50 jaar wordt toegestaan, zou de bekleding van koperslabblokken en de diaboolglooiing vervangen dienen te worden.
 - Vanuit de uitvoering bezien moet de bovenste, smalle rij betonblokken dan ook worden meegenomen;
 - De grasbekleding zou behouden kunnen blijven. Het is dan echter de vraag of deze voldoende restlevensduur zal hebben: zoals gezegd, zal de grasbekleding bezwijken bij 1/50 jaar condities. Bij toekomstige zeespiegelstijging zal de grasbekleding bezwijken bij condities met een terugkeerperiode die groter is dan 1/50 jaar.
- Indien een faalkans van 1/100 jaar wordt gehanteerd, is grootschalig onderhoud van de Westelijke Havendam onomkomelijk. Hierbij kan men denken aan de volgende werkzaamheden:
 - Verzwaren/stabiliseren teenconstructie: Dit kan gedaan worden door toepassen van breuksteen. Ook kunnen koperslabblokken hiervoor worden hergebruikt;
 - De steenzetting kan worden vervangen of worden overlaagd;
 - De overgang van harde bekleding naar grasbekleding kan worden verhoogd of er kan worden gekozen voor een erosiebestendige laag onder de grasbekleding.

Referenties

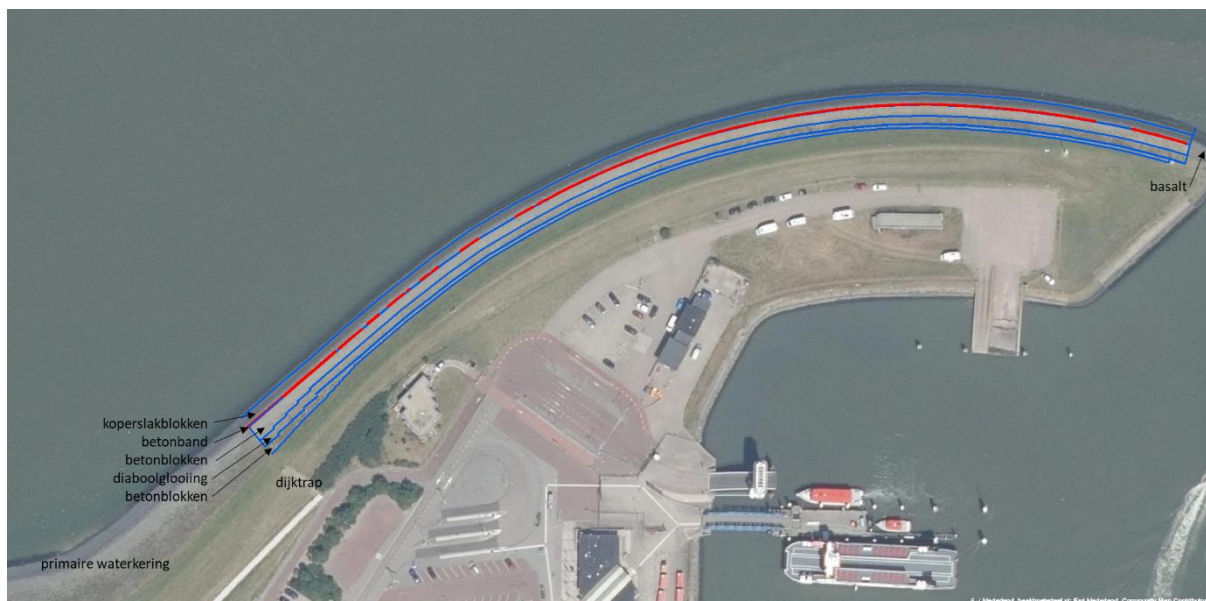
- [D 1] Technische Uitgangspuntennotitie, Dijkversterking Lauwersmeerdijk – Vierhuizergat, Royal HaskoningDHV, BG3034WATRP1902081527, Definitief/5.0, 6 april 2020
- [D 2] Notitie Voorkeursalternatief, Voorkeursalternatief voor dijkveiligheid, Royal HaskoningDHV & HKV IJn in water, Definitief/02, 7 april 2020
- [D 3] Geotechnisch en dijkbekledingsonderzoek ter plaatse van de Lauwersmeerdijk, MUG ingenieursbureau, projectnummer 20300391, versie 2 definitief, 27 augustus 2020.
- [D 4] Topometing dijk, MUG ingenieursbureau, projectnummer 20300391, tekeningnummer 1, 14 oktober 2020
- [D 5] Soortelijke bepaling blokken en elementen Westelijke Havendam, MUG ingenieursbureau, projectnummer 20300391, 16 oktober 2020
- [D 6] Onderzoek waterdoorlatendheid mijnsteen LMD-VHG, feitelijke rapportage: in situ metingen Lauwersmeerdijk, Deltares, 11205798-002-GEO-0001, versie 0.1, 13 oktober 2020
- [D 7] HWBP_traject_6-5_(Lauwersmeerdijk_NZ_WF).sqlite

Bijlage 1: Ligging havendam en kenmerkend dwarsprofiel

De ligging en een kenmerkend dwarsprofiel van de westelijke havendam zijn in onderstaand figuur weergegeven [D 1].



Figuur 1. Ligging westelijke havendam (rood) en kenmerkend dwarsprofiel.



Figuur 2. Luchtfoto met ligging bekledingsvlakken (bron: Nederland beeldmateriaal.nl, MUG, 2020).

Bijlage 2: Foto's



Figuur 3. Van onder naar boven: koperslakblokken, betonband, betonblokken, diaboolblokken.



Figuur 4. Detail diaboolblokken.



Figuur 5. Betonblokken en grasbekleding boven diaboolgooiing.



Figuur 6. Aansluiting op basaltzetting kop havendam.



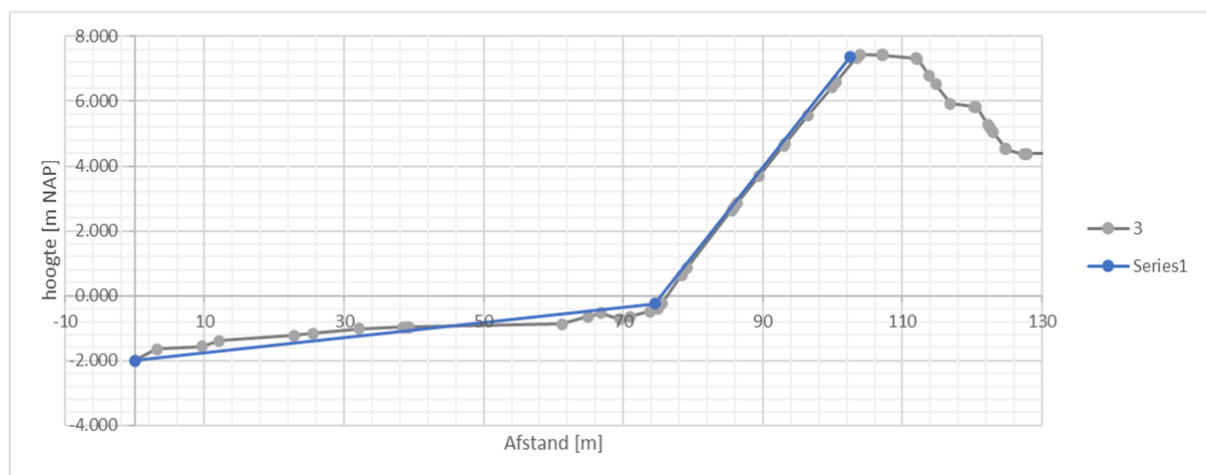
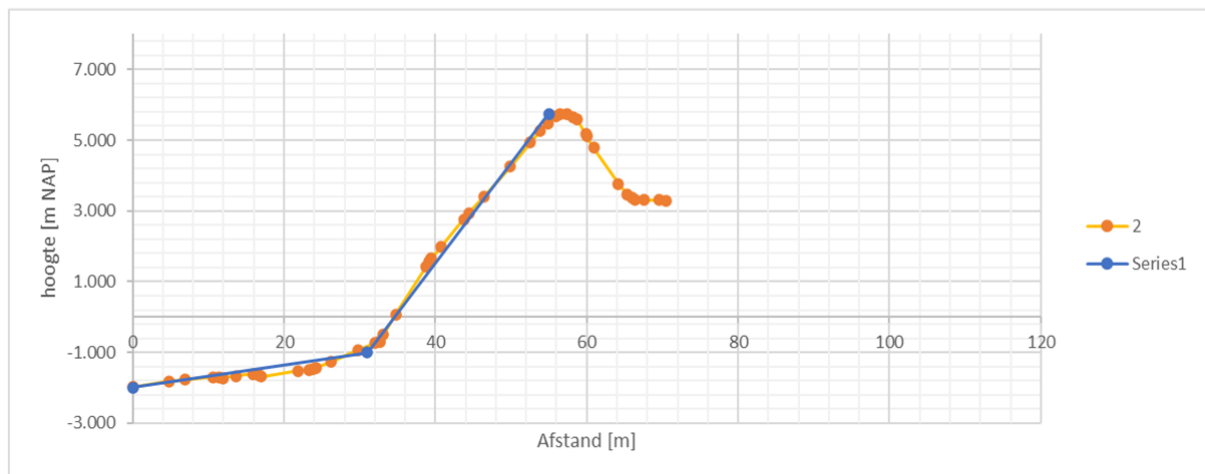
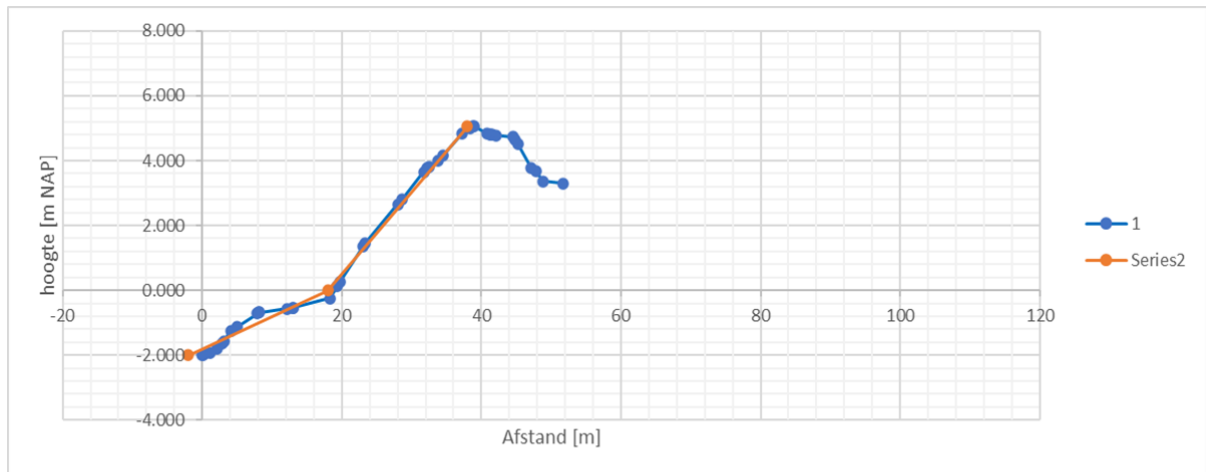
Figuur 7. Verzakking koperslakblokken t.o.v. betonband.



Figuur 8. Lokale verzakkingen betonblokken.

Bijlage 3: Hydraulische randvoorwaarden





Frequentie [per jaar]	Waterstand [m+NAP]	DWP1			DWP2			DWP3		
		Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]	Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]	Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]
1/10	1,00	1,03	4,81	328	0,83	4,60	330	0,59	4,74	313
1/10	1,50	1,29	4,74	330	1,14	4,65	330	0,92	4,69	313
1/10	2,00	1,49	4,74	330	1,40	4,72	330	1,19	4,77	313
1/10	2,50	1,59	4,74	330	1,54	4,74	330	1,36	4,80	314
1/10	3,00	1,51	4,47	330	1,60	4,73	330	1,35	4,70	314
1/10	3,50									
1/10	4,00									
1/10	4,50									

Frequentie [per jaar]	Waterstand [m+NAP]	DWP1			DWP2			DWP3		
		Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]	Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]	Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]
1/20	1,00	1,04	4,89	332	0,85	4,73	330	0,59	4,83	313
1/20	1,50	1,33	4,87	330	1,17	4,79	330	0,91	4,89	313
1/20	2,00	1,56	4,9	330	1,44	4,85	330	1,20	4,98	313
1/20	2,50	1,70	4,92	330	1,62	4,89	330	1,40	5,02	313
1/20	3,00	1,69	4,84	330	1,67	4,87	330	1,48	4,94	314
1/20	3,50	1,55	4,61	316	1,49	4,62	313	1,29	4,51	314
1/20	4,00									
1/20	4,50									

Frequentie [per jaar]	Waterstand [m+NAP]	DWP1			DWP2			DWP3		
		Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]	Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]	Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]
1/50	1,00	1,07	5,06	332	0,85	4,97	330	0,59	4,96	313
1/50	1,50	1,36	5,15	330	1,17	5,06	330	0,91	5,04	313
1/50	2,00	1,61	5,22	330	1,46	5,14	330	1,21	5,14	313
1/50	2,50	1,82	5,1	330	1,69	5,23	330	1,48	5,12	322
1/50	3,00	1,89	5,08	330	1,84	5,08	330	1,69	4,97	323
1/50	3,50	1,80	4,79	330	1,93	5,15	330	1,57	5,04	314
1/50	4,00									
1/50	4,50									

Frequentie [per jaar]	Waterstand [m+NAP]	DWP1			DWP2			DWP3		
		Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]	Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]	Hm0 [m]	Tp [s]	beta [gr]
1/100	1,00	1,1	5,16	333	0,86	5,07	330	0,59	5,07	313
1/100	1,50	1,39	5,26	330	1,19	5,15	330	0,91	5,15	313
1/100	2,00	1,66	5,34	330	1,49	5,25	330	1,21	5,26	313
1/100	2,50	1,85	5,37	330	1,73	5,33	330	1,47	5,34	314
1/100	3,00	2,03	5,25	330	1,95	5,23	330	1,71	5,28	323
1/100	3,50	2,00	5,19	330	1,93	5,15	330	1,70	5,3	315
1/100	4,00	1,71	4,85	316	1,64	4,85	313	1,43	4,75	315
1/100	4,50									

Bijlage 4: Invoer steentoets

Invoer dwarsprofiel 1

Parameter	Eenheid	Koperslak blokken	Koperslak blokken	Beton blokken	Diabool glooiing	Beton blokken
Ondergrens	m+NAP	0,00	1,29	2,30	3,14	3,77
Bovengrens	m+NAP	1,29	2,30	3,14	3,77	4,04
Toplaag type	-	29	29	10	11,2	10
Onderlagen	-	grind				
DxBxL	m3	0,25x0,21x0x42	0,25x0,21x0,34	0,25x0,30x0,30	0,37x0,30x0,30	0,37x0,30x0,30
Spleetbreedte	mm	3 – 8		1 – 4		
Soort. massa	kg/m3	2733	2726	2211	2280	2357
Ingewassen	-	Ja				
D15 inwas	mm	3 - 5				
Goed geklemd	-	Ja - Nee				
b filterlaag	m	0,25				
D15 filterlaag	mm	5 – 6				
D50 filterlaag	mm	10 – 12				
porositeit filter	-	0,4				
dijkopbouw	-	geen kleilaag				
D15 zand	mm	0,100				
D50 zand	mm	0,176				
D90 zand	mm	0,492				
Overgangsconstr.	-	a0	c0	a0	a0	a0

Invoer dwarsprofiel 2

Parameter	Eenheid	Koperslak blokken	Koperslak blokken	Beton blokken	Diabool glooiing	Beton blokken
Ondergrens	m+NAP	0,00	1,27	2,36	3,21	3,82
Bovengrens	m+NAP	1,27	2,36	3,21	3,82	4,13
Toplaag type	-	29	29	10	11,2	10
Onderlagen	-	grind				
DxBxL	m3	0,25x0,21x0x42	0,25x0,21x0,34	0,25x0,30x0,30	0,37x0,30x0,30	0,37x0,30x0,30
Spleetbreedte	mm	3 – 8		1 – 4		
Soort. massa	kg/m3	2733	2726	2211	2280	2357
Ingewassen	-	Ja				
D15 inwas	mm	3 - 5				
Goed geklemd	-	Ja - Nee				
b filterlaag	m	0,25				
D15 filterlaag	mm	5 – 6				
D50 filterlaag	mm	10 – 12				
porositeit filter	-	0,4				
dijkopbouw	-	geen kleilaag				
D15 zand	mm	0,100				
D50 zand	mm	0,176				
D90 zand	mm	0,492				
Overgangsconstr.	-	a0	c0	a0	a0	a0

Invoer dwarsprofiel 3

Parameter	Eenheid	Koperslak blokken	Koperslak blokken	Beton blokken	Diabool glooiing	Beton blokken
Ondergrens	m+NAP	0,00	1,19	2,43	3,37	4,08
Bovengrens	m+NAP	1,19	2,43	3,37	4,08	4,32
Toplaag type	-	29	29	10	11,2	10
Onderlagen	-	grind, mijnsteen				
DxBxL	m3	0,25x0,21x0x42	0,25x0,21x0,34	0,25x0,30x0,30	0,37x0,30x0,30	0,37x0,30x0,30
Spleetbreedte	mm	3 – 8		1 – 4		
Soort. massa	kg/m3	2733	2726	2211	2280	2357
Ingewassen	-	Ja				
D15 inwas	mm	3 - 5				
Goed geklemd	-	Ja - Nee				
b filterlaag 1	m	0,25				
D15 filterlaag 1	mm	5 – 6				
D50 filterlaag 1	mm	10 – 12				
porositeit filter 1	-	0,4				
dijkopbouw	-	geen kleilaag				
D15 mijnsteen	mm	0,130				
D50 mijnsteen	mm	0,430				
D90 mijnsteen	mm	1,642				
Overgangsconstr.	-	a0	c0	a0	a0	a0

Bijlage 5: Resultaten Steentoets

STEENTOETS versie 19.1.1, Deltares, juni 2019		HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN				STABILITEIT TOPLAAG			EINDSCORE
Waddenzee	Maatgevende waterstand [m+NAP]	Waddenzee		golf- invalshoek [gr]	belasting duur [uur]	$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$	toetsing op golven Score	dikte- overschot [m]	STEENTOETS
Naam van dijkvak		H_{m0} [m]	T_p [s]			$H_{m0}/\Delta D$ [-]			
DWP 1 koperslak - 1/10 - ongunstig	2,50	1,59	4,74	15	11,4	3,82	Niet stabiel	-0,19	Stabiel
DWP 1 koperslak - 1/10 - ongunstig	3,50	1,51	4,47	15	4,4	3,64	Niet stabiel	-0,27	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/10 - ongunstig	3,50	1,51	4,47	15	4,3	5,22	Niet stabiel	-0,39	Verder beoordelen
DWP 1 diabool - 1/10 - ongunstig	3,50	1,51	4,47	15	1,2	3,33	Niet stabiel	-0,12	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/10 - ongunstig	3,50	1,51	4,47	15	1,3	3,14	Stabiel	0,13	Stabiel
DWP 1 koperslak - 1/10 - gunstig	1,75	1,39	4,74	15	10,5	3,34	Niet stabiel	-0,01	Stabiel
DWP 1 koperslak - 1/10 - gunstig	2,60	1,57	4,69	15	4,2	3,79	Niet stabiel	-0,04	Stabiel
DWP 1 beton- 1/10 - gunstig	2,69	1,56	4,64	15	4,5	5,39	Niet stabiel	-0,16	Verder beoordelen
DWP 1 diabool - 1/10 - gunstig	3,50	1,51	4,47	15	1,3	3,33	Stabiel	0,06	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/10 - gunstig	3,50	1,51	4,47	15	1,3	3,14	Stabiel	0,20	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/10 - ongunstig	2,55	1,55	4,74	0	11,8	3,71	Niet stabiel	-0,19	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/10 - ongunstig	3,50	1,60	4,73	0	4,2	3,86	Niet stabiel	-0,33	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/10 - ongunstig	3,50	1,60	4,73	0	4,2	5,53	Niet stabiel	-0,44	Verder beoordelen
DWP 2 diabool - 1/10 - ongunstig	3,50	1,60	4,73	0	1,3	3,53	Niet stabiel	-0,18	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/10 - ongunstig	3,50	1,60	4,73	0	1,4	3,53	Stabiel	0,09	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/10 - gunstig	2,45	1,53	4,74	0	11,5	3,66	Stabiel	0,06	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/10 - gunstig	2,70	1,56	4,74	0	4,4	3,77	Niet stabiel	-0,04	Stabiel
DWP 2 beton- 1/10 - gunstig	2,75	1,57	4,73	0	4,6	5,43	Niet stabiel	-0,19	Verder beoordelen
DWP 2 diabool - 1/10 - gunstig	3,50	1,60	4,73	0	1,3	3,53	Stabiel	0,06	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/10 - gunstig	3,50	1,60	4,73	0	1,4	3,53	Stabiel	0,20	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/10 - ongunstig	2,30	1,29	4,79	0	11,7	3,10	Niet stabiel	-0,16	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/10 - ongunstig	3,50	1,35	4,70	0	4,1	3,25	Niet stabiel	-0,30	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/10 - ongunstig	3,50	1,35	4,70	0	4,1	4,67	Niet stabiel	-0,41	Verder beoordelen
DWP 3 diabool - 1/10 - ongunstig	3,50	1,35	4,70	0	1,3	2,98	Niet stabiel	-0,14	Stabiel
DWP 3 beton- 1/10 - ongunstig	3,50	1,35	4,70	0	1,5	2,98	Stabiel	0,13	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/10 - gunstig	2,15	1,24	4,78	0	10,9	2,98	Stabiel	0,08	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/10 - gunstig	2,75	1,36	4,75	0	4,7	3,27	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/10 - gunstig	2,77	1,35	4,75	0	4,7	4,68	Niet stabiel	-0,19	Verder beoordelen
DWP 3 diabool - 1/10 - gunstig	3,50	1,35	4,70	0	1,3	2,98	Stabiel	0,06	Stabiel
DWP 3 beton- 1/10 - gunstig	3,50	1,35	4,70	0	1,5	2,98	Stabiel	0,24	Stabiel

STEENTOETS versie 19.1.1, Deltares, juni 2019	HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN					STABILITEIT TOPLAAG			EINDSCORE
Waddenzee	Maatgevende waterstand [m+NAP]	Waddenzee		golf- invalshoek [gr]	belasting duur [uur]	p = 1025 kg/m ³	toetsing op golven Score	dikte- overshot [m]	STEENTOETS
Naam van dijkvak		H _{m0} [m]	T _p [s]			H _{m0} /ΔD [-]			
DWP 1 koperslak - 1/20 - ongunstig	2,50	1,70	4,92	15	12,0	4,08	Niet stabiel	-0,21	Stabiel
DWP 1 koperslak - 1/20 - ongunstig	3,55	1,55	4,61	29	4,3	3,73	Niet stabiel	-0,24	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/20 - ongunstig	3,00	1,69	4,84	15	3,4	5,84	Niet stabiel	-0,44	Verder beoordelen
DWP 1 diabool - 1/20 - ongunstig	3,53	1,55	4,61	29	2,4	3,42	Niet stabiel	-0,16	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/20 - ongunstig	3,70	1,55	4,61	29	1,3	3,42	Stabiel	0,13	Stabiel
DWP 1 koperslak - 1/20 - gunstig	1,80	1,47	4,89	15	10,9	3,52	Niet stabiel	-0,01	Stabiel
DWP 1 koperslak - 1/20 - gunstig	2,50	1,70	4,92	15	5,4	4,10	Niet stabiel	-0,04	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/20 - gunstig	2,85	1,69	4,86	15	4,7	5,85	Niet stabiel	-0,19	Verder beoordelen
DWP 1 diabool - 1/20 - gunstig	3,53	1,55	4,61	29	2,4	3,42	Stabiel	0,06	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/20 - gunstig	3,70	1,55	4,61	29	1,3	3,42	Stabiel	0,20	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/20 - ongunstig	2,60	1,63	4,89	0	12,4	3,91	Niet stabiel	-0,21	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/20 - ongunstig	3,60	1,49	4,62	12	4,4	3,59	Niet stabiel	-0,21	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/20 - ongunstig	3,70	1,49	4,62	12	4,3	5,15	Niet stabiel	-0,41	Verder beoordelen
DWP 2 diabool - 1/20 - ongunstig	3,59	1,49	4,62	12	2,0	3,29	Niet stabiel	-0,18	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/20 - ongunstig	3,70	1,49	4,62	12	1,3	3,29	Stabiel	0,09	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/20 - gunstig	2,50	1,62	4,89	0	12,2	3,89	Stabiel	0,04	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/20 - gunstig	2,70	1,64	4,88	0	4,4	3,95	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/20 - gunstig	2,90	1,66	4,87	0	4,7	5,74	Niet stabiel	-0,21	Verder beoordelen
DWP 2 diabool - 1/20 - gunstig	3,59	1,49	4,62	12	2,0	3,29	Stabiel	0,02	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/20 - gunstig	3,70	1,49	4,62	12	1,3	3,29	Stabiel	0,20	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/20 - ongunstig	2,30	1,32	5,00	0	11,7	3,17	Niet stabiel	-0,19	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/20 - ongunstig	3,50	1,29	4,51	0	3,6	3,11	Niet stabiel	-0,27	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/20 - ongunstig	3,30	1,37	4,68	0	4,1	4,72	Niet stabiel	-0,41	Verder beoordelen
DWP 3 diabool - 1/20 - ongunstig	3,70	1,29	4,51	0	1,2	2,85	Niet stabiel	-0,12	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/20 - ongunstig	3,70	1,29	4,51	0	1,4	2,85	Stabiel	0,13	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/20 - gunstig	2,20	1,28	5,00	0	11,3	3,07	Stabiel	0,06	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/20 - gunstig	2,75	1,44	4,98	0	4,8	3,47	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/20 - gunstig	2,85	1,46	4,96	0	4,9	5,03	Niet stabiel	-0,21	Verder beoordelen
DWP 3 diabool - 1/20 - gunstig	3,70	1,29	4,51	0	1,2	2,85	Stabiel	0,06	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/20 - gunstig	3,70	1,29	4,51	0	1,4	2,85	Stabiel	0,24	Stabiel

STEENTOETS versie 19.1.1, Deltares, juni 2019	HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN					STABILITEIT TOPLAAG			EINDSCORE
Waddenzee	Maatgevende waterstand [m+NAP]	Waddenzee		golf- invalshoek [gr]	belasting duur [uur]	$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$	toetsing op golven Score	dikte- overschot [m]	STEENTOETS
Naam van dijkvak		H_{m0} [m]	T_p [s]			$H_{m0}/\Delta D$ [-]			
DWP 1 koperslak - 1/50 - ongunstig	2,80	1,86	5,09	15	13,9	4,47	Niet stabiel	-0,24	Stabiel
DWP 1 koperslak - 1/50 - ongunstig	3,70	1,80	4,79	15	4,5	4,34	Niet stabiel	-0,36	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/50 - ongunstig	4,00	1,80	4,79	15	4,6	6,22	Niet stabiel	-0,50	Verder beoordelen
DWP 1 diabool - 1/50 - ongunstig	3,59	1,80	4,79	15	3,6	3,97	Niet stabiel	-0,32	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/50 - ongunstig	4,00	1,80	4,79	15	1,3	3,97	Niet stabiel	-0,18	Verder beoordelen
DWP 1 koperslak - 1/50 - gunstig	1,80	1,51	5,19	15	11,3	3,62	Niet stabiel	-0,01	Stabiel
DWP 1 koperslak - 1/50 - gunstig	2,60	1,83	5,10	15	5,8	4,42	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/50 - gunstig	3,00	1,89	5,08	15	4,8	6,53	Niet stabiel	-0,21	Verder beoordelen
DWP 1 diabool - 1/50 - gunstig	3,59	1,80	4,79	15	3,5	3,97	Niet stabiel	-0,03	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/50 - gunstig	4,00	1,80	4,79	15	1,3	3,97	Stabiel	0,02	Verder beoordelen
DWP 2 koperslak - 1/50 - ongunstig	2,75	1,77	5,16	0	13,9	4,24	Niet stabiel	-0,24	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/50 - ongunstig	3,90	1,93	5,15	0	4,9	4,65	Niet stabiel	-0,44	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/50 - ongunstig	4,00	1,93	5,15	0	4,8	6,67	Niet stabiel	-0,59	Verder beoordelen
DWP 2 diabool - 1/50 - ongunstig	3,70	1,93	5,15	0	3,1	4,26	Niet stabiel	-0,35	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/50 - ongunstig	4,00	1,93	5,15	0	1,3	4,26	Niet stabiel	-0,26	Verder beoordelen
DWP 2 koperslak - 1/50 - gunstig	2,60	1,72	5,20	0	13,2	4,13	Stabiel	0,04	Stabiel
DWP 2 koperslak - 1/50 - gunstig	3,30	1,89	5,12	0	3,5	4,56	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/50 - gunstig	3,15	1,87	5,10	0	4,9	6,45	Niet stabiel	-0,24	Verder beoordelen
DWP 2 diabool - 1/50 - gunstig	3,70	1,93	5,15	0	3,0	4,26	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/50 - gunstig	4,00	1,93	5,15	0	1,3	4,26	Niet stabiel	-0,01	Verder beoordelen
DWP 3 koperslak - 1/50 - ongunstig	2,40	1,43	5,12	0	12,2	3,42	Niet stabiel	-0,21	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/50 - ongunstig	3,75	1,57	5,04	0	3,9	3,78	Niet stabiel	-0,36	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/50 - ongunstig	4,00	1,57	5,04	0	4,3	5,43	Niet stabiel	-0,50	Verder beoordelen
DWP 3 diabool - 1/50 - ongunstig	3,77	1,57	5,04	0	2,7	3,46	Niet stabiel	-0,29	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/50 - ongunstig	4,00	1,57	5,04	0	1,4	3,46	Stabiel	0,06	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/50 - gunstig	2,25	1,35	5,13	0	11,5	3,23	Stabiel	0,06	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/50 - gunstig	3,75	1,57	5,04	0	3,9	3,78	Niet stabiel	-0,04	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/50 - gunstig	3,00	1,69	4,97	0	4,9	5,84	Niet stabiel	-0,21	Verder beoordelen
DWP 3 diabool - 1/50 - gunstig	3,77	1,57	5,04	0	2,7	3,46	Niet stabiel	-0,03	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/50 - gunstig	4,00	1,57	5,04	0	1,4	3,46	Stabiel	0,20	Stabiel

STEENTOETS versie 19.1.1, Deltares, juni 2019		HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN				STABILITEIT TOPLAAG			EINDSCORE
Waddenzee	Maatgevende waterstand [m+NAP]	Waddenzee		golf- invalshoek [gr]	belasting duur [uur]	$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$	toetsing op golven Score	dikte- overschot [m]	STEENTOETS
Naam van dijkvak		H_{m0} [m]	T_p [s]			$H_{m0}/\Delta D$ [-]			
DWP 1 koperslak - 1/100 - ongunstig	2,90	1,99	5,27	15	14,6	4,79	Niet stabiel	-0,27	Verder beoordelen
DWP 1 koperslak - 1/100 - ongunstig	3,75	1,86	5,02	22	4,6	4,47	Niet stabiel	-0,36	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/100 - ongunstig	4,15	1,71	4,85	29	4,6	5,91	Niet stabiel	-0,41	Verder beoordelen
DWP 1 diabool - 1/100 - ongunstig	3,62	1,93	5,11	18	4,0	4,26	Niet stabiel	-0,37	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/100 - ongunstig	4,15	1,71	4,85	29	1,2	3,77	Niet stabiel	-0,14	Verder beoordelen
DWP 1 koperslak - 1/100 - gunstig	1,80	1,55	5,31	15	11,6	3,72	Niet stabiel	-0,01	Stabiel
DWP 1 koperslak - 1/100 - gunstig	2,65	1,90	5,33	15	6,1	4,59	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/100 - gunstig	2,78	1,95	5,30	15	5,3	6,75	Niet stabiel	-0,24	Verder beoordelen
DWP 1 diabool - 1/100 - gunstig	3,62	1,93	5,11	18	4,0	4,26	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 1 beton- 1/100 - gunstig	4,15	1,71	4,85	29	1,3	3,77	Stabiel	0,06	Verder beoordelen
DWP 2 koperslak - 1/100 - ongunstig	2,85	1,88	5,26	0	14,7	4,52	Niet stabiel	-0,27	Verder beoordelen
DWP 2 koperslak - 1/100 - ongunstig	3,75	1,79	5,00	4	3,8	4,30	Niet stabiel	-0,33	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/100 - ongunstig	4,15	1,64	4,85	12	4,5	5,67	Niet stabiel	-0,47	Verder beoordelen
DWP 2 diabool - 1/100 - ongunstig	3,67	1,83	5,05	1	3,8	4,05	Niet stabiel	-0,37	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/100 - ongunstig	4,15	1,64	4,85	12	1,3	3,62	Niet stabiel	-0,18	Verder beoordelen
DWP 2 koperslak - 1/100 - gunstig	2,70	1,82	5,29	0	14,1	4,36	Stabiel	0,01	Verder beoordelen
DWP 2 koperslak - 1/100 - gunstig	2,65	1,80	5,30	0	6,2	4,33	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/100 - gunstig	3,15	1,94	5,21	0	5,0	6,72	Niet stabiel	-0,24	Verder beoordelen
DWP 2 diabool - 1/100 - gunstig	3,67	1,83	5,05	1	3,8	4,05	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 2 beton- 1/100 - gunstig	4,15	1,64	4,85	12	1,3	3,62	Stabiel	0,06	Verder beoordelen
DWP 3 koperslak - 1/100 - ongunstig	2,35	1,39	5,32	0	12,3	3,34	Niet stabiel	-0,21	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/100 - ongunstig	3,75	1,57	5,03	0	3,3	3,77	Niet stabiel	-0,30	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/100 - ongunstig	4,15	1,43	4,75	0	4,2	4,94	Niet stabiel	-0,41	Verder beoordelen
DWP 3 diabool - 1/100 - ongunstig	3,76	1,56	5,01	0	3,4	3,44	Niet stabiel	-0,32	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/100 - ongunstig	4,15	1,43	4,75	0	1,3	3,16	Niet stabiel	-0,16	Verder beoordelen
DWP 3 koperslak - 1/100 - gunstig	2,20	1,31	5,29	0	11,4	3,15	Stabiel	0,06	Stabiel
DWP 3 koperslak - 1/100 - gunstig	2,80	1,61	5,30	0	5,2	3,89	Niet stabiel	-0,07	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/100 - gunstig	3,15	1,71	5,29	0	5,2	5,90	Niet stabiel	-0,24	Verder beoordelen
DWP 3 diabool - 1/100 - gunstig	3,76	1,56	5,01	0	3,4	3,44	Niet stabiel	-0,05	Verder beoordelen
DWP 3 beton- 1/100 - gunstig	4,15	1,43	4,75	0	1,3	3,16	Stabiel	0,06	Verder beoordelen