



Invloed binnenvaart spudpalen op bodembescherming

Verslag van praktijkproeven

Datum

23 januari 2014

Versie

definitief 1.1

Opsteller

E. Koeijers

Adviseur

T. Blokland

Projectleider

P. Mooijman

Opdrachtgever HbR

E. Knibbeler



Inhoudsopgave

1	Algemeen	4
1.1	Inleiding	4
1.2	Doelstelling project	5
2	Omschrijving proef Antarcticakade 23 april 2013	6
2.1	Algemeen	6
2.2	Resultaten proef	6
2.3	Samenvatting	11
2.4	Technische specificaties proefschip Oostenwind	12
2.5	Gegevens omgeving	13
3	Omschrijving proef Antarcticakade 20 juni 2013	14
3.1	Algemeen	14
3.2	Resultaten proef	14
3.3	Samenvatting	18
3.4	Technische specificaties proefschip Multicat Hebo Cat 7	19
3.5	Gegevens omgeving	20
4	Omschrijving droge proef 9 december 2013	21
4.1	Algemeen	21
4.2	Omschrijving proefopstelling	21
4.3	Overzicht proeven en resultaten	24
4.4	Gegevens spudpaal	25
5	Bespreking resultaten en conclusies	26
5.1	Bespreking resultaten	26
5.2	Conclusies	27
5.3	Aandachtspunten	30
	Bijlage 1 Overzicht proeven Antarcticakade	31
	Bijlage 2 Doorsnedes bodembescherming Antarcticakade westzijde en oostzijde	32
	Bijlage 3 Gemeten waterstanden Hoek van Holland	35
	Bijlage 4 Omschrijving droge proef 13 november 2013 (120 gr/m²)	38



Bijlage 5 Specificaties geotextiel woven SG 60/60	40
Bijlage 6 Invloedsfactoren	41

1 Algemeen

1.1 Inleiding

Reguliere binnenvaartschepen worden steeds vaker voorzien van telescoop spudpalen. Deze spudpalen zullen dan ook in toenemende mate gebruikt worden bij het afmeren van het schip voor een kademuur.

Om erosie van de bodem voor de kademuur te voorkomen is deze vaak voorzien van een bodembescherming. Deze bodembescherming kan bestaan uit waterbouwsteen, al dan niet voorzien van een penetratie van asfalt of colloïdaalbeton. Onder de breuksteen is meestal een geotextiel aanwezig dat uitspoeling van de ondergrond moet voorkomen.

Bij het in deze rapportage beschreven onderzoek wordt een antwoord gezocht op de vraag of plaatsing van telescoop spudpalen op een bodembescherming schade veroorzaakt aan de bodembescherming en meer specifiek of schade wordt veroorzaakt aan het geotextiel onder de bodembescherming.

Om een antwoord te krijgen op deze vragen is een serie praktijkproeven uitgevoerd, waarbij de in de praktijk optredende maximale belastingen als gevolg van spudpalen zo goed mogelijk zijn gesimuleerd. Er zijn een aantal factoren die in de praktijk van invloed zijn op eventuele schadevorming aan de bodembescherming door het gebruik van spudpalen. In bijlage 6 wordt hier nader op ingegaan.

Het gebruik van “valpalen” die meestal worden gebruikt in de aannemerij en waterbouw blijft in dit praktijkonderzoek buiten beschouwing.

In aansluiting op het projectplan (“Projectplan. Onderzoek effect spudpalen op bodembescherming”) van 25 maart 2013 zijn twee series praktijkproeven uitgevoerd in den natte en twee series praktijkproeven in den droge. Door middel van deze praktijkproeven is onderzocht of telescoop spudpalen van binnenvaartschepen schade veroorzaken aan het geotextiel

In dit rapport wordt verslag gedaan van de uitvoering en de resultaten van de praktijkproeven.

Voor de eerste serie natte proeven was het oorspronkelijk de bedoeling proeven te doen in zowel de Amazonehaven als de Yangtzehaven ter plaatse van de Antarcticakade (zie bijlage 1). Omdat ten tijde van de praktijkproeven in de Amazonehaven zand werd gestort was de verwachting dat het zicht onvoldoende zou zijn. Het bleek niet mogelijk een alternatieve geschikte locatie te vinden. Daarom is in overleg met de opdrachtgever besloten alleen proeven uit te voeren aan de Antarcticakade. De resultaten van deze proef staan beschreven in hoofdstuk 2.

Voor de tweede serie natte proeven was het de bedoeling om deze uit te voeren in de Brittanniëhaven. Omdat hier bodembescherming constructies zijn toegepast die weinig in de Rotterdamse haven voorkomen is besloten hier niet mee verder te gaan.

Ook de bedachte proeven in de Eemhaven werden naar aanleiding van de resultaten van de eerste serie proeven niet zinvol geacht. Door de grootte van de sortering waterbouwsteen van 40 / 200 kg



en / of grote laagdikte waterbouwsteen 10 / 60 kg hier, is duikinspectie immers niet mogelijk, zo is gebleken. Daarom is besloten nogmaals proeven uit te voeren op de bestaande bodembeschermingsconstructie in de Yangtzehaven in combinatie met losse proefstukken. De resultaten van deze proef staan beschreven in hoofdstuk 3.

Omdat er naar aanleiding van de beide natte proeven nog vragen onbeantwoord bleven is besloten een droge proefopstelling te maken. De resultaten hiervan staan beschreven in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 wordt afgesloten met de bespreking van de onderzoeksresultaten, conclusies en aandachtspunten.

1.2 Doelstelling project

Het primaire doel van dit onderzoek is inzicht verwerven in het effect van diverse typen telescoop spudpalen op de bodembeschermingen in Rotterdam. De volgende vragen dienen beantwoord te kunnen worden na het onderzoek:

- Veroorzaken telescoop spudpalen wel of niet constructief acceptabele schade aan de bodembescherming voor een kademuur en meer specifiek aan het geotextiel onder de bodembescherming?
- Zijn telescoop spudpalen toelaatbaar onder bepaalde condities of alleen bij bepaald type bodembeschermingen?
- Moeten / kunnen de ontwerpcriteria voor bodembeschermingen aangepast worden?
- Moet / kan het ontwerp van telescoop spudpaalsysteem aangepast worden?

inspecteren. Wel was het geotextiel na het wegkrabben van het zand en slib tussen de stenen in voelbaar.

Bij het omhoog halen van de spudpaal waren de raakvlakken van de spudpaal op de stenen waarneembaar als witte kalkvlekken op de onderzijde van de spudpaal. Beelden van deze proef zijn door een technische storing niet gemaakt.

Proef 1B

Deze proef is gedaan om circa 09.00 uur bij de voorste spudpaal op dezelfde plaats als de 1^e proef.

Waarneming

Om 'het op spanning zetten' van de spudpalen te simuleren (horizontale belasting) is hier gebruik gemaakt van de hekschroef van het schip. Bij het opvoeren van het vermogen verplaatste het schip zich 1,5 meter voorwaarts. De duiker kon waarnemen dat de spudpaal over de stenen heen schoof maar dat de stenen zich niet verplaatsten. Wel bewogen de stenen iets op hun plaats.

Op het ondervlak van de spudpaal waren meerdere sporen van kalk van de stenen te zien.

Bij het ophalen van de spudpaal bleven geen stenen in de paal hangen.

De andere spudpaal was bij deze proef vrij van de bodem.

Proef 2A (waterbouwsteen 10 / 60 kg op een geotextiel)

Deze proef is gedaan om circa 10.00 uur bij de achterste spudpaal.

De plaats en opzet van deze proef was hetzelfde als bij proef 1.

Waarneming

Om 'het op spanning zetten' van de spudpalen te simuleren is hier gebruik gemaakt van één boegschroef van het schip. Bij het opvoeren van het vermogen verplaatste het schip zich 0,3 à 0,4 meter achterwaarts. Na deze verplaatsen kreeg de spudpaal voldoende grip op de bodem en trad geen verdere verplaatsing meer op. De duiker kon waarnemen dat de spudpaal over de stenen heen schoof maar dat de stenen zich niet verplaatsten. Wel bewogen de stenen iets op hun plaats.

Op het ondervlak van de spudpaal waren meerder sporen van kalk van de stenen te zien.

Bij het ophalen van de spudpaal bleven geen stenen in de paal hangen.

De andere spudpaal was bij deze proef vrij van de bodem.

Proef 2B

Omdat het door maakonnauwkeurigheden voor kan komen dat er lokaal maar 1 laag stenen aanwezig is heeft de duiker ter plaatse van de spudpaal (direct er onder) enkele stenen verwijderd tot er nog 1 laag aanwezig was. Bij deze proef is gebruik gemaakt van één boegschroef van het schip.

Waarneming

Door de duiker is waargenomen dat de spudpaal op enkele toppen van de breuksteen stond.

Verplaatsing van een of meerdere stenen of enige indringing van de spudpaal of stenen in de bodem was niet zicht- en / of meetbaar.

Bij opvoeren van het vermogen tot maximaal vermogen (550 pk) verplaatste de spudpaal zich niet.

Bij het ophalen van de spudpaal bleven geen stenen in de paal hangen.

De andere spudpaal was bij deze proef vrij van de bodem.



Na afloop van de proef zijn de stenen weer teruggelegd

Opgemerkt moet worden dat de schipper aangeeft dat hij voor het op spanning zetten van de spudpalen gewoonlijk minder dan 550 pk gebruikt.

Proef 3A/B (waterbouwsteen 10 / 60 kg op een geotextiel)

Deze proef is gedaan om ca 11.45 uur circa 5 meter van de plek van de 2^e proefneming bij de achterste spudpaal.

Hier was de diameter van de stenen iets kleiner dan bij proef 2. Deze proef is ook uitgevoerd in 2 fases en gelijk van opzet als proef 2.

Beide proeven zijn uitgevoerd met gebruikmaking van één boegschroef van het schip.

Een keer is de proef uitgevoerd bovenop de steenbestorting en een keer nadat de bovenste laag onder de spudpaal was weggehaald.

Waarneming

Door de duiker is waargenomen dat de spudpaal op enkele toppen van de breuksteen stond.

Verplaatsing van een of meerdere stenen of enige indringing van de spudpaal of stenen in de bodem was niet zicht- en / of meetbaar.

Bij beide uitvoeringen van de proef trad bij opvoering van het vermogen tot maximaal vermogen geen waarneembare verplaatsing van de spudpaal op.

Het bleek ook hier voor de duiker niet mogelijk de onderste laag stenen weg te halen en zo het geotextiel te inspecteren. Wel was het geotextiel tussen de openingen van de stenen in voelbaar.

Proef 4 (zand)

Om vast te kunnen stellen wat de indringing van de spudpaal is zonder bodembescherming, is in de directe nabijheid van de bodembescherming een proef uitgevoerd op de havenbodem van de Yangtzehaven.

Omdat het schip niet op zijn spudpalen bleef liggen in de zandbodem direct naast de bodembescherming van de Antarcticakade is iets verder naar het westen gevaren en is de proef zoals op onderstaande foto te zien is uitgevoerd tussen de glooiing van de Antarcticaweg en de boeienlijn.

Figuur 1 testopstelling zandbodem



Deze proef is uitgevoerd om ca. 13.00 uur bij de achterste spudpaal. Om de langeduurbewegingen van het schip na te bootsen heeft de schipper, nadat de palen op de bodem stonden het schip op zijn schroeven heen en weergaande bewegingen laten maken.

De bodem ter plaatse van de spudpalen was niet horizontaal maar vertoonde een licht aflopende helling vanaf de oever. Het niveau van de bodem ter plaatse van de spudpalen lag ongeveer op NAP-8,00 m.

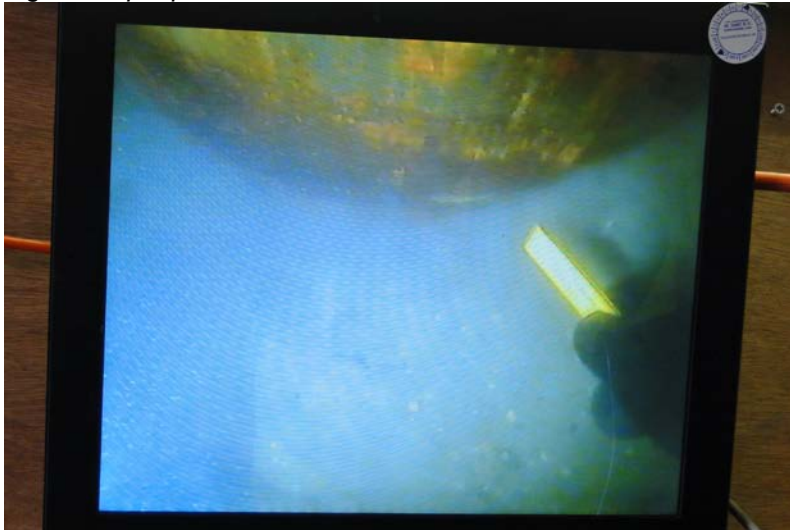
Waarneming

Het niveau van de zandbodem bevond zich net boven de overgang tussen het tweede en het derde uitschuifbare spudpaalsegment.

Door de duiker is aan de havenzijde van de spudpaal waargenomen dat het buitenste segment (dit is het 2^e segment) circa 25 cm in de bodem was gedrongen. Het binnenste (en laatste) segment was circa 5 cm dieper in de bodem gedrongen. Aan de zijde van de oever was de indringing iets groter.

De bodem ter plaatse van de achterste spudpaal bestond uit fijn zand. Er was geen cohesie tussen het bodemmateriaal. Het zand kon door de duiker eenvoudig worden opgewoeld door handbewegingen in combinatie met de aanwezige getijstromen. Op onderstaande foto is het maatstreepje te zien tot waar de indringing plaatsvond.

Figuur 2 Spudpaal in zandbodem



Gezien de ervaringen van de proefnemingen op de bodembescherming met losse breuksteen 10 / 60 kg werd het op dat moment niet zinvol geacht een proefneming te doen op de breuksteen 10 / 60 kg gepenetreerd met colloïdaalbeton direct tegen de kade aan.

2.3 Samenvatting

Nr. proef	Plaats proef / spudpaal	Krachten op bodem	Resultaat Indringing	Resultaat geotextiel	Resultaat verplaatsing spudpaal en/of stenen
1A ¹	Bovenzijde steen 10 / 60 kg	Langdurige verticale kracht voorgaande nacht	Geen indringing Rust op toppen stenen Stenen blijven niet in spudpaal hangen	Effect op geotextiel en onderliggende bodem Proef niet uitvoerbaar	-
1B	Bovenzijde steen 10 / 60 kg	Korte verticale kracht. Horizontale kracht door 1 boegschroef of 1 hekschroef			Spudpaal schuift 1,5 m over stenen Stenen bewegen maar verplaatsen niet
2A	Bovenzijde steen 10 / 60 kg				Spudpaal schuift 0,3 – 0,4 m over stenen Stenen bewegen maar verplaatsen niet
2B	Verlaagde steen				Spudpaal blijft op zijn plaats. Stenen bewegen maar verplaatsen niet.
3A	Bovenzijde steen 10 / 60 kg				
3B	Verlaagde steen 10 / 60 kg				
4	Zand	Verticale kracht in combinatie met horizontale bewegingen	Indringing 2 ^e segment 25 cm Indringing 3 ^e segment 5 cm (totaal dus 30 cm). Aan oeverzijde totaal ca. 40 cm (bovenkant talud)		
5	Bovenzijde 10 / 60 kg + colloïdaal beton			Niet uitgevoerd	

¹ Geen beeldopnames beschikbaar van deze proef

2.4 Technische specificaties proefschip Oostenwind

Specificaties (bron: www.vlootschouw.nl)

Europeanummer	02332230
Bedrijfsnaam	Blonk Maritiem B.V., Krimpen a/d IJssel
Eigenaar	Blonk Maritiem B.V.
Bouwjaar	2009/2011
Casco	Nederland, Zwartsluis, Scheepswerf H. Poppen Zwartsluis B.V.
Afbouw	Gebr. Buijs Scheepsbouw B.V., Krimpen a/d IJssel
Lengte	110.00 meter
Breedte	11.45 meter
Diepgang	3.75 meter
Holte	3.80 meter
Tonnage	3350 ton
Teus	192 4 lagen/240 5 lagen
Motor	ABC 6 MDZC, 1324 kW/1800 pk, 1000 rpm

Boegschroeven en hekschroeven:

De Oostenwind is voorzien van 2 boegschroeven en 1 hekschroef, allen van hetzelfde type en dezelfde grootte, namelijk stuurrooster Omega VBS1200-SR; vermogen 550 pk (405 kW), 1900 rpm. Een stuurrooster boegschroef heeft als kenmerk dat de uitstroomrichting van de straal 360° kan worden gedraaid. Voor het op spanning zetten van een spudpaal is de boegschroef of de hekschroef in voorwaartse of achterwaartse richting gebruikt.

De uitstroomrichting van de straal van het stuurrooster maakt volgens telefonische opgave van de leverancier een hoek van 5° met het horizontale vlak van de scheepskiel.

Gegevens spudpalen van zowel het achter- als het voorschip:

Achterschip:

- aantal segmenten	segment 1	segment 2	segment 3	segment 4
- gewicht segmenten	totaal ca. 6.700 kg.			
- slag segmenten	vast in schip	3.555 mm	3.535 mm	3.635 mm
- diameters	Ø 1.040 mm	Ø 940 mm	Ø 840 mm	Ø 740 mm
- wanddikte	allen 20 mm			

Voorschip:

- aantal segmenten	segment 1	segment 2	segment 3	segment 4
- gewicht segmenten	totaal ca. 7.200 kg.			
- slag segmenten	vast in schip	4.050 mm	4.030 mm	4.130 mm
- diameters	Ø 1.040 mm	Ø 940 mm	Ø 840 mm	Ø 740 mm
- wanddikte	allen 20 mm			

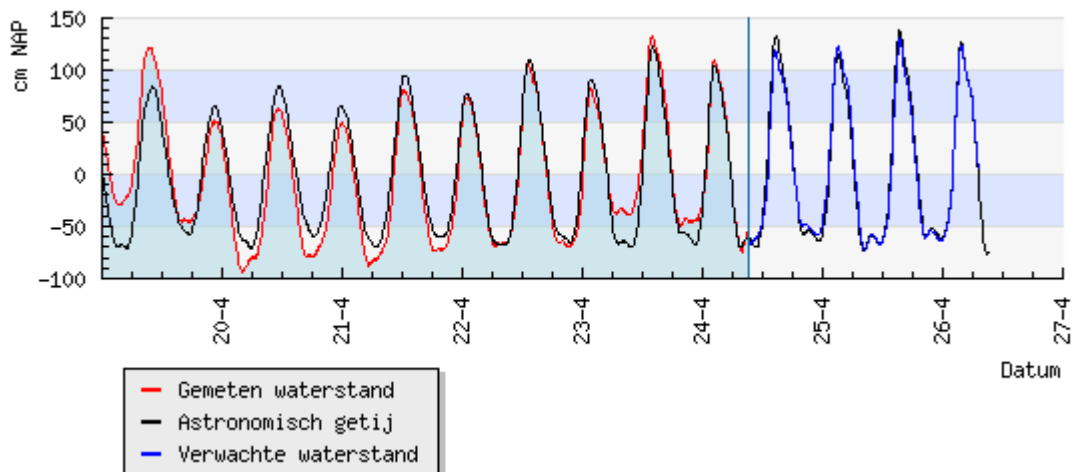
Figuur 3 Principe telescopische spudpaal type Van Wijk BV



2.5 Gegevens omgeving

Gemeten waterstanden 23 april 2013 (voor gedetailleerde gegevens zie bijlage 3)

Figuur 4 Waterstanden Hoek van Holland



3 Omschrijving proef Antarticakade 20 juni 2013

3.1 Algemeen

Bij het uitvoeren van deze tweede praktijkproef waren de volgende personen aanwezig:

M. den Ouden	HbR / DHMR
F. Put	HbR / DHMR
Duikers (Stockmann/v Schijndel/vd Heyden)	W. Smit Duikbedrijf BV met de Waalhaven 3
Proefschip HEBO-Cat 7	HEBO Maritiemservice B.V.
T. Blokland	GR – Adviseur Ingenieursbureau
E. Koeijers	GR – Ontwerpcoördinator Ingenieursbureau

De beproeving is uitgevoerd ter plaatse van het oostelijke uiteinde van de Antarticakade ter plaatse van de sleepbootkade. De bovenkant van de bodembescherming is hier aangebracht op circa NAP - 9,25 m. De 1^e 10 meter vanaf de kade bestaat uit waterbouwsteen 10 / 60 kg gepenetreerd met colloïdaal beton op een geotextiel. Vanaf 10 m uit de kade tot 20 m uit de kade bestaat deze uit waterbouwsteen 10 / 60 kg (700 kg/m²) op een geotextiel. De laagdikte bestaat hierbij gemiddeld uit 2 lagen steen met een gezamenlijke dikte van 0,44 m. In de bijlage 2 zijn de desbetreffende doorsnedes opgenomen.

3.2 Resultaten proef

Proef 1A (waterbouwsteen 10 / 60 kg gepenetreerd met colloïdaal beton)

De eerste proef is om 08.15 uur uitgevoerd met het schip haaks op de kade omdat de gereserveerde plek bezet bleek (zie figuur 5). Omdat het schip sinds de vorige avond op zijn spudpalen stond was de kans hier het grootst enig effect op de bodembescherming te zien.

Figuur 5 testopstelling waterbouwsteen gepenetreerde met colloïdaalbeton



Waarneming

Door de duiker is waargenomen dat de achterste spudpaal (dit is de spudpaal het dichtst bij de kade) op een top van een steen stond). Daardoor was er een ruimte onder de segmenten van 0,20 m. Echter verplaatsing van een of meerdere stenen of enige indringing of schade aan het beton was niet zicht- en / of meetbaar.

Proef 1B

Deze proef is gedaan om 08.25 uur bij dezelfde spudpaal op dezelfde plaats als de 1^e proef, echter nu in combinatie met een horizontale belasting.

Waarneming

Om het 'op spanning zetten' van de spudpalen te simuleren (horizontale belasting) is hier gebruik gemaakt van de boegschroef van het schip. In eerste instantie is de kracht (300 pk / 220 kW) richting de kade gezet. Om te voorkomen dat het schip door zou schieten tegen de kade bij verlies van grip van de spudpaal is daarna de belasting van de kade af gezet (650 pk / 480 kW). De duikers was hierbij niet in het water aanwezig. Door meting vanaf de kade kon vastgesteld worden dat een verplaatsing van 0,3 m had plaatsgevonden.

Proef 1C

Deze proef is gedaan om 09.15 uur Voor deze proef is het schip verlegd en is dezelfde proef uitgevoerd als omschreven bij 1B. De proef is dus op een andere plek uitgevoerd. De enige optie was om de proef uit te voeren op de overgang gepenetreerd, niet gepenetreerd.

Waarneming

Bij het 'op spanning zetten' van de spudpaal met ca. 650 pk (480 kW) van de kade af ontstond een enkele centimeters brede scheur van 1,2 m lang met losse betonschilfers. De scheur ontstond op 1,0 m uit de (overgang) colloïdaal beton met losse breuksteen min of meer evenwijdig lopend met deze overgang.

Proef 2 (waterbouwsteen 10 / 60 kg op een geotextiel)

De proef is gestart om 10.45 uur op bijna 25 m uit de kade vrijwel op het uiteinde van de bodembescherming. De duiker kon het einde van het zinkstuk zien doordat een flap geotextiel onder de waterbouwsteen vandaan kwam. De proef uitvoeren dicht op de kade was niet mogelijk door de aangemeerde sleepboten.

Waarneming

Bij het 'op spanning zetten' van de spudpaal was tijdens het opvoeren van het vermogen tot 450 pk een verplaatsing van 10 cm waarneembaar door de duiker. Daarna zijn enkele stenen weggehaald door de duiker maar inspecteren van het onderliggende geotextiel bleek niet mogelijk door een dikke zand / sliblaag.

Proef 3 (zand)

De proef is gestart om circa 11.40 uur in de Yangtzehaven naast de bestaande bodembescherming op circa 25 m uit de kademuur. De bodem was hier mooi vlak en bestaat uit fijn niet cohesief schoon zand. Het niveau van de bodem ter plaatse van de spudpaal lag ongeveer op NAP – 11,00 m. Er is alleen een verticale belasting aangebracht als gevolg van het eigen gewicht van de spudpaal.

Waarneming

Er rustten 3 segmenten op de bodem. De indringing van het buitenste segment in het zand was 23 cm. De bovenste 5 cm van de zandlaag was zeer zacht.

Proef 4 (proefstuk)

De proef is gestart om circa 13.30 uur op nagenoeg dezelfde plek als de proef 3 (zand). Eerst is met behulp van twee buizen, die aan weerszijde aan het geotextiel met ingeweven lussen (300 gr/m²) zijn geknoopt, het geotextiel op de bodem aangebracht. Door de vloedstroom bleek dit nog zeer lastig. Daarna zijn twee bigbags met waterbouwsteen 10 / 60 kg op het geotextiel gezet. De duiker heeft vervolgens handmatig de stenen in een aaneengesloten enkele laag aangebracht (proef 2 in onderstaande figuur 6). Na het uitvoeren van de proef heeft de duiker de stenen ruim rond de spudpaal handmatig verwijderd en het desbetreffende geotextiel uitgesneden om dit bovenwater te inspecteren.

Het idee was om eerst een proef uit te voeren met zowel een verticale belasting als een horizontale belasting. Als uit inspectie zou blijken dat het geotextiel niet beschadigd zou zijn dan kan een vervolproef met alleen een verticale belasting achterwege blijven (proef 1 in onderstaande figuur 6).

Waarneming

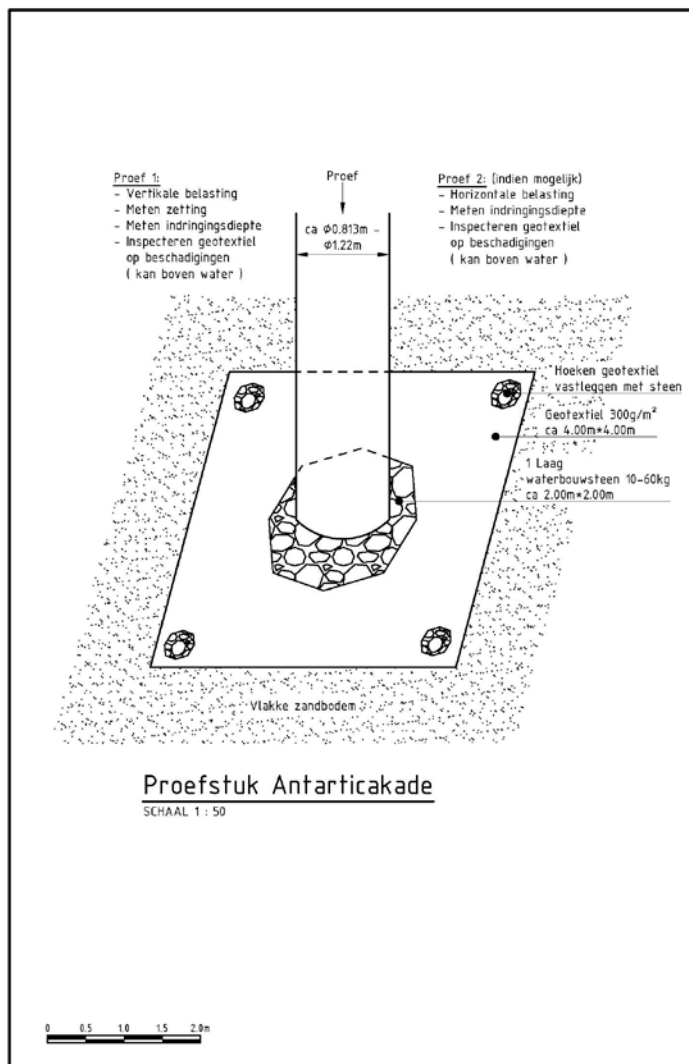
Door de duiker is waargenomen dat de dalende spudpaal de stenen direct onder de rand 15 cm in de zandbodem drukt. De spudpaal rust hierbij op alle stenen.

Daarna is er een horizontale belasting op de spudpaal aangebracht door gebruik te maken van de schroef. Bij het opvoeren van het vermogen van 400 pk (295 kW) naar vol vermogen (469 kW) was geen verplaatsing van de spudpaal zichtbaar.

Bij het inspecteren van het geotextiel bleken er twee scheuren van 10 cm in het geotextiel aanwezig te zijn ter plaatse van de rand van de spudpaal en een beschadiging ter plaatse van het in het midden van de spudpaal. Waarschijnlijk veroorzaakt door het ingelaste kruis in de spudpaal.

Het plan om bovenstaande proef met alleen een verticale belasting op een enkele laag stenen en ook nog een proef op een dubbele laag stenen uit te voeren is niet doorgegaan. De duikers zien het niet zitten om de zware stenen onder water enkele keren op te tillen en te verplaatsen over relatief grote afstand.

Figuur 6 opstelling proefstuk



KASD/RW/MCC_projecten/Waterbouw/H2/H2/H2F Detachering ECH/Spaarpalen/2_Voorbereiding/3_Projectresultaten/Antarticakade practijkproef/Teekeningen : proeven/dwg

3.3 Samenvatting

Nr. proef	Plaats proef / spudpaal	Krachten op bodem	Resultaat Indringing	Resultaat geotextiel	Resultaat verplaatsing spudpaal en/of stenen
1A	Bovenzijde 10 / 60 kg + colloïdaal Beton (achterste spud)	Langdurige verticale kracht voorgaande nacht	Geen indringing Spudpaal rust op toppen stenen (20 cm) Stenen blijven niet in spudpaal hangen	Effect niet te bepalen	
1B	Idem	Korte verticale kracht.			Bij ½ vermogen richting kade geen effect Bij ca. 650 pk van de kade af 0,3 m verplaatsing.
1C	Bovenzijde 10 / 60 kg + colloïdaal Beton op grens beton met losse waterbouwsteen 10 / 60 kg	Horizontale kracht door 1 boegschroef of 1 hekschroef			Bij ca. 650 pk (480 kW) van de kade af 1,2 m lange scheur en losse betonschilfers op 1,0 m uit grens beton met losse steen
2	Bovenzijde 10 / 60 kg op overgang waterbouwsteen met zandbodem (geotextiel is hier al zichtbaar)	Korte verticale kracht in combinatie met horizontale bewegingen door boegschroef		Effect is niet te bepalen door sliblaag	Bij 75% vermogen (ca. 450 pk / 330 kW) schuift spud 10 cm
3	Zand	Korte verticale kracht	Indringing 2 ^e segment 23 cm		
4A	Proefstuk 1 laag waterbouwsteen 10/60 kg	Korte verticale kracht in combinatie met horizontale bewegingen	Indringing segmenten 15 cm (door zachte zandlaag). Segmenten rusten rondom op stenen	Bij inspectie blijken er 2 scheuren van 10 cm in het geotextiel aanwezig te zijn en 1 beschadiging (waarvan 1 in het midden)	Spudpaal blijft op zijn plaats bij vol vermogen boegschroef

4B	Proefstuk 2 laag steen 10/60 kg	Verticale kracht		Niet uitgevoerd	
4C	Proefstuk 3 lagen waterbouwsteen 10/60 kg	Verticale kracht in combinatie met horizontale bewegingen		Niet uitgevoerd	

3.4 Technische specificaties proefschip Multicat Hebo Cat 7

Specificaties (bron: www.vlootschouw.nl)

Europaanummer	IMO 9606883
Eigenaar	Hebo Maritiemservice B.V.
Bouwjaar	2012
Casco	Polen, Wroclow, Malbo Shipyard Ltd
Afbouw	Scheepsreparatiebedrijf M. Drenth, Zwartsluis
Lengte	51.25 meter
Breedte	11.80 meter
Diepgang	2.20 meter
Holte	3.00 meter
Tonnage	966 ton
Motor	2 x Scania D116-52-M, 469 kW/638 pk, 1800 rpm

Boegschroeven en hekschroeven:

1 boegschroef en 2 hekschroeven van Veth Propulsion, namelijk 2 Veth Z-drives, roerpropellers, type VZ-550 met Scania motoren (469 kW / 1800 rpm) en 1 Veth-Jet, boegschroef met Scania motor (469 kW / 1800 rpm); vermogen 469 kW.

Gegevens spudpalen van zowel het achter- als het voorschip:

- aantal segmenten	segment 1	segment 2	segment 3	segment 4	segment 5
- gewicht segmenten	4.100 kg	3.200 kg	3.100 kg	3.000 kg	2.600 kg
- slag segmenten	6 meter	6 meter	6 meter	6 meter	6 meter
- diameters	Ø 1220 mm	Ø 1120 mm	Ø 1020 mm	Ø 914 mm	Ø 813 mm
- wanddikte	19 mm	16 mm	17 mm	19 mm	18 mm

Doordat de lengte van de segmenten groter is dan de holte van het schip steekt de constructie van de spudpalen met de bediening boven het dek uit.

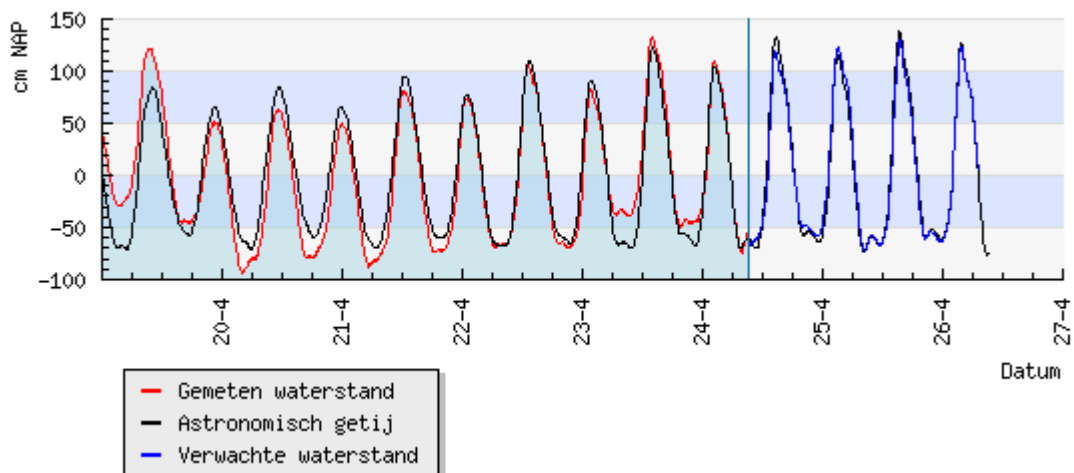
Figuur 7 Principe telescopische spudpaal type Leeuwestein Scheepsinstallaties B.V.



3.5 Gegevens omgeving

Gemeten waterstanden 20 juni 2013 (voor gedetailleerde gegevens zie bijlage 3)

Figuur 8 Waterstanden Hoek van Holland



4 Omschrijving droge proef 9 december 2013

4.1 Algemeen

Bij het uitvoeren van deze praktijkproef waren de volgende personen aanwezig:

E. Knibbeler (gedeeltelijk)	HbR / Asset Management Constructies
M. den Ouden (gedeeltelijk)	HbR / DHMR
Medewerker	Koninklijke Schuttevaer
T. Blokland	GR – Adviseur Ingenieursbureau
E. Koeijers	GR – Ontwerpcoördinator Ingenieursbureau

Deze serie proeven is uitgevoerd op het terrein van Dalm Werkendam bv te Werkendam. Voor deze proeven is gebruik gemaakt van een losse spudpaal van Van Wijk bv (zie figuur 3) bestaande uit 2 segmenten.

4.2 Omschrijving proefopstelling

Om de situatie onder water zo goed mogelijk na te bootsen is eerst op het bestaande maaiveld een laag zand met een dikte van circa 0,4 meter aangebracht. Het zand is licht verdicht door deze aan te drukken met de bak van een laadschop. De aanwezigheid van zand onder het geotextiel komt overeen met de situatie in de Yangtzehaven. Alleen is de mate van verdichting van het zand bij de proef zeer waarschijnlijk minder dan in de situatie van de Yangtzehaven.

Op de zandlaag is het geotextiel SG 60/60² met een afmeting van circa 5,1 m x 4,0 m aangebracht. Om het geotextiel te fixeren en voldoende op spanning te krijgen is het gehele geotextiel bedekt met een (dubbele) laag waterbouwsteen 10 / 60 kg waarmee een veel voorkomende bestorting van circa 700 kg/m² wordt nagebootst.

De specificaties van het geotextiel zijn opgenomen in bijlage 5 en komen goed overeen met het geotextiel dat in de Rotterdamse havens wordt voorgeschreven en toegepast. In de Rotterdamse havens wordt een geotextiel voorgeschreven met een gewicht van minimaal 300 g/m² met ingeweven lussen. Het geotextiel dat de laatste jaren veel wordt toegepast is ProPex 61 7060 LUS. Dit geotextiel heeft een gewicht van 302 g/m², een treksterkte van 70 kN/m en een statische doordruksterkte van 7,5 kN. Het bij de proef toegepaste geotextiel heeft een wat lager gewicht van 250 g/m² (gedeeltelijk veroorzaakt door het ontbreken van lussen) en een wat lagere sterkte van resp. 60 kN/m en 6,5 kN. Beide geotextielen zijn echter goed vergelijkbaar en omdat het beproefde geotextiel iets minder sterk is, is het resultaat van de proeven aan de veilige kant.

De verticale belasting van de spudpaal op het proefstuk is nagebootst door de spudpaal met een telekraan op het proefstuk te laten zakken.

² Op 13 november 2013 heeft er een gelijksoortige proef plaatsgevonden op het terrein van Van Wijk BV. Hierbij is een geotextiel van 120 gr/m² gebruikt. Omdat dit afwijkt van wat in de Rotterdamse haven gebruikelijk is zijn de resultaten van de proef alleen als bijlage 4 bijgevoegd.

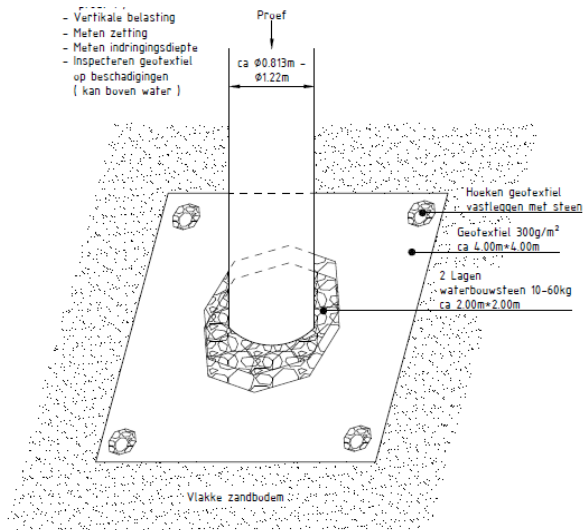
Om 'het op spanning zetten' van de spudpalen te simuleren (horizontale belasting) is hier gebruik gemaakt van laadschop die met zijn laadbak tegen de spudpaal aan duwt of middels een strop aan de spudpaal trekt.

In figuur 9 is een foto van de proefopstelling te zien.




Na elke proef zijn de stenen die onder de spudpaal lagen en de stenen die door de spudpaal verplaatst zijn verwijderd, en is het geotextiel visueel geïnspecteerd op beschadigingen.

Figuur 10 opstelling proefstuk



4.3 Overzicht proeven en resultaten

Nr. proef	Plaats proef / spudpaal	Krachten op bodem	Resultaat Indringing	Resultaat geotextiel SG60/60	Resultaat verplaatsing spudpaal en/of stenen
1	Dubbele laag 10 / 60 kg	Korte verticale kracht	Afdruk stenen in bodem	Geen beschadiging	
2	Op dezelfde plek als proef 1 maar met enkele laag 10 / 60 kg	Korte verticale kracht	Afdruk stenen in bodem	Geen beschadiging	
3a	Op dezelfde plek als proef 1 maar met een enkele grote steen en tussen deze steen en het geotextiel een steen van circa 10-15 cm	Korte verticale kracht	Steen door geotextiel in bodem gedrukt	Beschadiging (gat) van 8 cm	
3b	Op enkele steen aan rand van proefstuk	Korte verticale kracht	Afdruk steen in bodem	Geen beschadiging	
4	Enkele laag 10 / 60 kg (als 2)	Korte verticale kracht	Afdruk stenen in bodem	Geen beschadiging	
5	Dubbele laag 10 / 60 kg	Verticale kracht in combinatie met korte horizontale kracht	Stenen bewegen Minimale afdrukken stenen in bodem	Geen beschadiging	Trekkracht \leq 2 ton (20 kN) ³ Ca. 0,15 m horizontale verplaatsing van spudpaal
6	Dubbele laag 10 / 60 kg	Verticale kracht in combinatie met korte horizontale kracht (in twee stappen)	Stenen bewegen flink Afdrukken in bodem	Geen beschadiging	Flink vermogen (duwen) Ca. 0,25-0,30 m horizontale verplaatsing van spudpaal
7	Enkele laag 10 / 60 kg	Verticale kracht in combinatie met korte horizontale kracht (in twee stappen)	Stenen bewegen flink (worden uit elkaar gedrukt) Afdrukken in bodem	Geen beschadiging	Flink vermogen (duwen) Ca. 0,20 m horizontale verplaatsing van spudpaal
8	Rechtstreeks op geotextiel	Korte verticale kracht	Afdruk van met name binnenste paalsegment in bodem	Geen beschadiging	

³ De trekkracht is geschat aan de hand van de trekband die een ontwerpbelasting van 20 kN heeft en tijdens de proef bezweek



Opgemerkt wordt dat de in bovenstaande tabel genoemde 'korte verticale kracht' en 'verticale kracht' beide zeer kort duren in verhouding tot een afmeersituatie.

4.4 Gegevens spudpaal

- aantal segmenten	segment 1	segment 2 (uitschuifbaar)
- gewicht segmenten	1.425 kg	1.275 kg
- slag segmenten	3,8 meter	3,8 meter
- diameters	Ø 780 mm	Ø 700 mm
- wanddikte	20 mm	20 mm

5 Bespreking resultaten en conclusies

5.1 Bespreking resultaten

Bij de serie proeven in de Yangtzehaven bleek dat bij gebruik van een vrij groot boegschroefvermogen de spudpaal zich over de toppen van de bestorting kan verplaatsen waarbij de stenen soms bewegen maar zich niet verplaatsen; als de spudpaal bij plaatsing direct voldoende grip heeft op de bestorting, dan treedt in vrijwel geen verplaatsing van de spudpaal op.

Bij een overnachting is geen effect op de bodembescherming geconstateerd.

Een inspectie van het onderliggende geotextiel met duikers bleek niet mogelijk. Tussen de stenen was een sterk verdichte harde zand/sliblaag aanwezig die het vrijmaken onmogelijk maakte. Deze laag geeft een extra natuurlijke bescherming.

Bij de proef (1C) met waterbouwsteen gepenetreerd met colloïdaal beton bleek een scheur in het beton te ontstaan. Door locale omstandigheden moest de proef op 1,0 m vanaf de rand van de penetratie worden uitgevoerd (waar geen opsluiting is) en met een sterke horizontale kracht haaks op de kademuur, d.w.z. haaks op de afmeerrichting van schepen (d.w.z. haaks op de richting waarin spudpalen normaliter op spanning worden gezet). De kans dat deze situatie zich in de praktijk voordoet is zeer gering.

Bij de proef uitgevoerd op het losse proefstuk op de havenbodem (enkele laag waterbouwsteen) is in een situatie met vol vermogen (469 kW) van de boegschroef schade aan het geotextiel ontstaan.

Met het uitvoeren van de proeven, zowel nat als droog is, een mix van situaties getest. Hierbij zijn zowel de extreme situaties beproefd (bijv. een spudpaal op een enkele steen) als een meer realistische situatie. Door beide extremen te testen kan beter een verwachting naar de werkelijke situatie worden gegeven.

Er is niet gebleken dat er een verschil in effecten op de bodembescherming is bij de verschillende types telescopische spudpalen.

Er blijven geen stenen in de onderzijde van de spudpalen hangen.

Uit de droge proeven blijkt dat de kans op een beschadiging van het wovon geotextiel als gevolg van een horizontale en verticale belastingen gering is. Bij de proeven is alleen schade opgetreden in een bewust gecreëerde situatie waarbij de spudpaal hoofdzakelijk op één enkele grote steen stond met daaronder een kleine steen. Het grootste deel van het gewicht van de spudpaal werd hierbij via een kleine steen overgedragen naar het geotextiel en de ondergrond. Deze situatie zal in de praktijk zelden of nooit voorkomen, omdat gezien de diameter van de spudpaal het gewicht van de spudpaal in het algemeen door meerdere stenen zal worden overgedragen naar de ondergrond. De situatie dat gewicht via een enkele steen wordt overgedragen naar de ondergrond kan zich voordoen als de bestorting lokaal uit een enkele steenlaag bestaat waarin de bodem ook niet volledig met stenen is

bedekt. Deze situatie kan optreden door uitvoering onnauwkeurigheden bij het aan brengen van de bodembescherming. Als het gewicht door een enkele grote steen zonder scherpe hoeken wordt overgedragen, dan ontstaat geen schade. Schade kan mogelijk wel ontstaan als het gewicht wordt overgedragen door een enkele kleine steen of door een puntige grote steen (die met de punt naar beneden ligt, hetgeen weinig voor zal komen) of door een grote steen met scherpe hoeken. Bij een grote steen met scherpe hoeken is de kans op schade groter als de spudpaal ook een horizontale kracht uitoefent.

Bij alle proeven geldt dat waar schade aan het geotextiel is ontstaan de bovenliggende steen in de beschadiging is gedrukt en deze daardoor de ontstane schade weer afdicht.

De maximaal gebruikte vermogens bij de natte proeven zijn groter dan de in de praktijk gebruikte vermogens bij het op spanning zetten van een spudpaal en komen qua horizontale kracht overeen met stroomsnelheden tot 2,5 à 3 m/s. Deze stroomsnelheid komt in de Rotterdamse haven niet voor. De bij de droge proef toegepaste horizontale krachten (geschat op 20 kN of minder) zijn wel vergelijkbaar (en dus realistisch) met de in de praktijk optredende horizontale krachten, die worden geschat op 8 kN bij een stroming van 1 m/s en op 10 à 16 kN als de spudpaal op spanning wordt gezet met een boegschroefvermogen van 100 kW. (Alleen bij gebruik van de hoofdschroef kan mogelijk meer vermogen worden gebruikt, waarbij de kracht evenredig toeneemt met het vermogen).

Het gebruik van een licht geotextiel van 120 gr/m² geeft een vergrote kans op schade met name in geval van een verticale belasting in combinatie met een horizontale belasting. Een dergelijk licht geotextiel wordt normaliter nooit toegepast onder bodembeschermingen. Bij een dergelijk licht geotextiel ontstaat ook al schade bij het storten van de stenen op het geotextiel.

5.2 Conclusies

Op basis van de beide natte proeven kan niet worden vastgesteld of telescopische spudpalen wel of geen schade aan geotextiel veroorzaken.

Gezien de resultaten van de droge proeven is de verwachting dat bij het gebruik van het juiste geotextiel de kans op schade zeer beperkt is.

Slechts in specifieke gevallen kan mogelijk schade ontstaan. Dit zijn specifieke gevallen waarbij de verticale en horizontale kracht van de spudpaal naar de ondergrond worden overgedragen door hoofdzakelijk een enkele kleine steen, of door een puntige grote steen die met de punt naar beneden ligt, of door een grote steen met scherpe hoeken waarop tevens een sterke horizontale kracht wordt uitgeoefend. In deze specifieke gevallen kan op grond van de uitgevoerde proeven het ontstaan van schade niet worden uitgesloten. De genoemde specifieke gevallen komen in de praktijk naar verwachting weinig voor.

Ook moet worden opgemerkt dat schade vrijwel is uitgesloten indien de holle ruimte tussen de stenen voor een groot deel is opgevuld door zand of geconsolideerd slib. Deze opvulling is in de praktijk over grote delen van bodembeschermingen voor kademuuren aanwezig. Verder moet worden opgemerkt dat schade aan het geotextiel niet automatisch betekent dat er verlies van het onderliggende zand optreedt, omdat de schade in principe wordt afgedekt door de steen die de schade heeft veroorzaakt. Alleen bij horizontale verplaatsing van de stenen kan de schadeplek open komen te liggen.

Ook als de schadeplek open ligt, zal het zandverlies beperkt blijven gezien de beperkte omvang van de schade en gezien de korte tijdsduur waarin uitspoeling door schroefstralen optreedt.

Bij bodembeschermingen met een grotere laagdikte en / of een zwaardere sortering zal de kans op schade aan het geotextiel nog verder beperken.

Punt van aandacht bij de toepassing van een zwaardere steensortering (40 / 200 kg of 60 / 300 kg) is wel dat hierbij gewoonlijk eerst een 15 à 25 cm dikke laag met een fijne sortering waterbouwsteen wordt toegepast om het zinkstuk goed af te zinken, alvorens de zwaardere sortering wordt aangebracht. Deze fijne sortering vormt dan mogelijk een risico zoals hierboven omschreven: overdracht van de paalbelasting via hoofdzakelijk één grote steen en enkele onderliggende kleine stenen hetgeen schade aan het geotextiel kan veroorzaken. Dit risico is met name aanwezig op plaatsen waar door uitvoeringssonauwkeurigheid geen dubbele laagdikte van de toplaag aanwezig is en waar ook de uitvullaag niet met de volledige ontwerpdikte aanwezig is. In de praktijk zal de uitvullaag overal aaneengesloten aanwezig zijn vanwege de kleine dikte van de laag en omdat de stenen tijdens het schuin afzinken van het zinkstuk in zekere mate naar één kant van de wiepenvakken schuiven.

Met betrekking tot de vorm van de telescopische spudpalen is niet gebleken dat de verschillende ontwerpen van de diverse leveranciers zich anders gedragen op de beproefde bodembeschermingen. Ook zijn de randen niet zo scherp dat deze door het geotextiel heen snijden;

Op basis van de testresultaten is de verwachting dat spudpalen geen schade (c.q. scheuren) veroorzaken in een bodembescherming bestaande uit breuksteen gepenetreerd met colloïdaal beton.

De resultaten van de proeven geven bij steenbestortingen van 10 / 60 kg en lichter geen aanleiding tot het aanpassen van de gewoonlijk toegepaste ontwerpcriteria. Tot deze criteria behoort de gewoonlijk toegepaste laagdikte van een dubbele steenlaag. Van dit criterium dient in principe niet afgeweken te worden. Dit betekent dat 10 / 60 kg constructies moeten worden ontworpen met een gewicht van minimaal 700 à 800 kg/m².

Het toepassen van een zwaarder geotextiel onder een 10 / 60 kg bestorting bij nieuwe ontwerpen zal de kans op schade nog verder beperken. Gezien de beperkte meerkosten van een zwaarder geotextiel kan dit worden overwogen, maar een sterke noodzaak hiertoe is er niet. Belangrijk is dat de steenbestorting egaal, met een contante laagdikte en aaneengesloten wordt aangebracht. Plekken met een enkele steenlaagdikte of met een niet aaneengesloten steenlaag verhogen de kans op schade.

Bij bestortingen met 40 / 200 kg of 60 / 300 kg met een onderliggende afzinklaag van fijnere stenen verdient het de voorkeur om het ontwerp aan te passen.

De volgende aanpassingen zijn mogelijk⁴:

- zwaarder geotextiel van 400 à 600 g/m² toepassen, met handhaving van de uitvullaag,
- zwaarder geotextiel toepassen zonder toepassing van een uitvullaag, indien dit uitvoeringstechnisch mogelijk is.

⁴ Het toepassen van een dikkere afzinklaag is theoretisch ook een mogelijke aanpassing. Echter een dikkere bestorting is voor een kademuur niet wenselijk.

Met de eerstgenoemde aanpassing wordt de kans op schade waarschijnlijk al zeer klein. Bij de tweede aanpassing wordt de situatie voor spudpalen nog beter, en deze aanpassing heeft ook andere voordelen (minder laagdikte en minder kosten). Uitvoeringstechnische leverde het direct afzinken met 40 / 200 kg in het verleden problemen op, maar bij Maasvlakte 2 is deze techniek volgens een ons beschikbare tekening wel toegepaste (met een geotextiel van 675 g/m²).

Conclusie m.b.t. aanvaardbaarheid van spudpalen.

Overwegende dat:

- bij de natte proef alleen een schade is opgetreden bij gebruik van veel vermogen, wat in de praktijk niet voorkomt,
- bij de droge proef alleen een schade is opgetreden bij een uitzonderlijke situatie waarbij de spudpaalbelasting hoofdzakelijk via één of twee kleine stenen is overgedragen op een slappe ondergrond van los gepakt zand, terwijl binnen de bestorting geen enkele opvulling door zand aanwezig is,
- de laatst genoemde situatie in de praktijk (zeer) weinig voorkomt: alleen op plaatsen met een (niet aaneengesloten) enkele steenlaag, zonder zand in de bestorting en met een slappe ondergrond,
- bij het ontstaan van schades in het geotextiel (hetgeen incidenteel wel zal plaats vinden) deze schades meestal afgedekt blijven door de steen die de schade heeft veroorzaakt,
- als de schade niet afgedekt blijft, dan blijft de uitspoeling van zand nog beperkt omdat de afmeting van de schade in het geotextiel beperkt is en omdat de belasting door schroefstralen slechts een zeer korte tijdsduur heeft,

wordt geconcludeerd dat:

- het gebruik van de beproefde typen spudpalen van binnenvaartschepen op bodembeschermingen voor kademuuren acceptabel is.

Conclusie t.a.v. beheer.

Het beheer dat gekoppeld is aan het gebruik van spudpalen wijkt niet wezenlijk af van het normale beheer. Er dient regelmatige monitoring uitgevoerd te worden om te controleren of er geen verdieping van het bodemniveau optreedt ter plaatse van bodembeschermingen. Als er verdiepingen worden geconstateerd, dient een corrigerende maatregel uitgevoerd te worden. Deze corrigerende maatregel zal in het algemeen bestaan uit het bijstorten van stenen.

Als de verdieping van het bodemniveau is opgetreden op een locatie waar spudpalen geplaatst kunnen zijn (dat is dus niet direct naast de kade), dan verdient het aanbeveling om voorafgaand aan het bijstorten van stenen te controleren of de zakking een gevolg is van een schade in het geotextiel of een gevolg van verdwijnen van stenen door schroefstraalbelasting.

Met name bij bodembescherming van 40 / 200 kg en 60 / 300 kg op een dunne uitvullaag wordt aanbevolen om goed te monitoren of zakkingen van de bodembescherming optreden en of deze inderdaad worden veroorzaakt door schades in het geotextiel op locaties waar spudpalen worden gebruikt.

5.3 Aandachtspunten

In de Rotterdamse haven zijn ook diverse locaties waar een bodembescherming bestaande uit asfaltmatten zijn toegepast. De invloed van telescopische spudpalen op deze constructie is niet onderzocht. Indien het gebruik van spudpalen op deze constructie wordt toegestaan is de verwachting dat hier wel risico's aan zijn verbonden. Gedacht moet dan worden aan zowel veiligheidsrisico's als mede schade aan de constructie. De kans is aanwezig dat de spudpaal over de asfaltmat zal schuiven. Indien de asfaltmat volkomen vlak en glad is dan zal dit weinig of niets doen met de asfaltmat. Echter de asfaltmat is niet volkomen vlak omdat de gebaggerde ondergrond onder de mat ook niet volkomen vlak is.

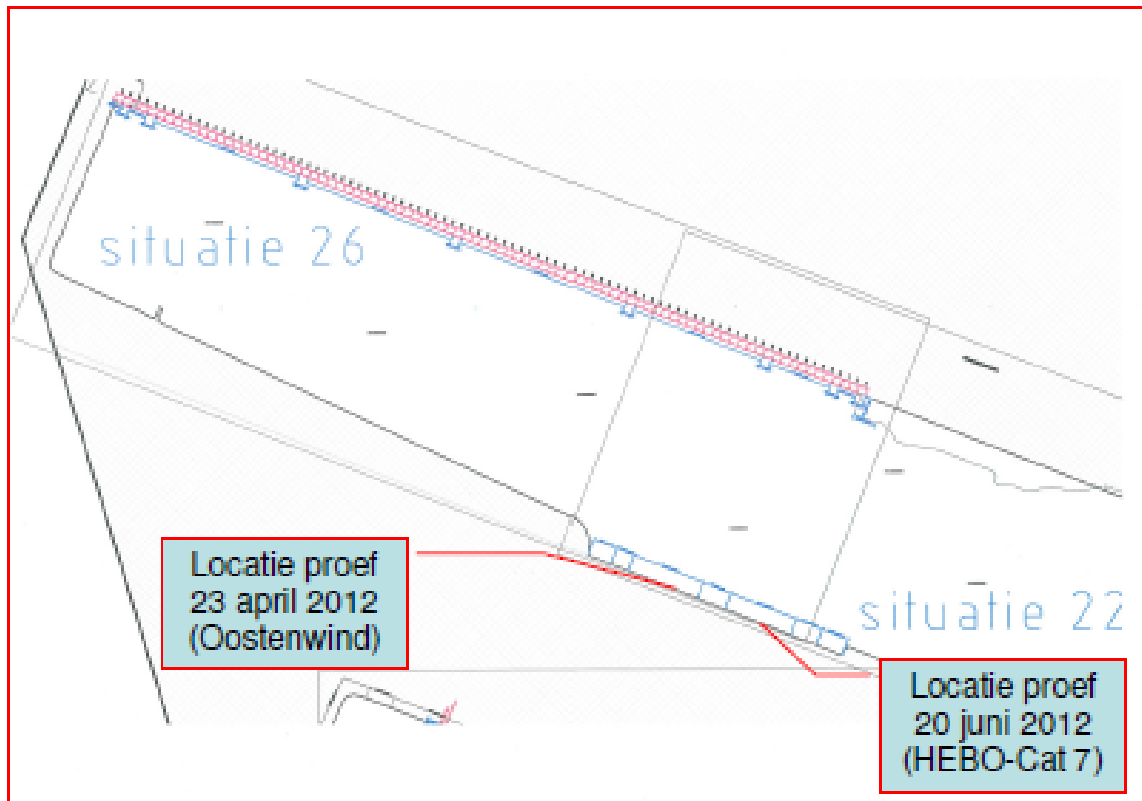
Ook is het oppervlak van de asfaltmat zelf waarschijnlijk ook niet volkomen glad.

Als het oppervlak van de asfaltmat enigszins ruw is of kleine oneffenheden heeft, dan zal de schuivende spudpaal er voor zorgen dat er steentjes uit de asfaltmat worden meegetrokken.

Omdat de asfaltmat niet volkomen vlak en glad is kan een schuivende spudpaal (mogelijk) schade aan de asfaltmat veroorzaken.

Het advies is dan ook, hoewel niet onderzocht, het gebruik van spudpalen op deze constructie niet toe te staan.

Bijlage 1 Overzicht proeven Antarcticakade

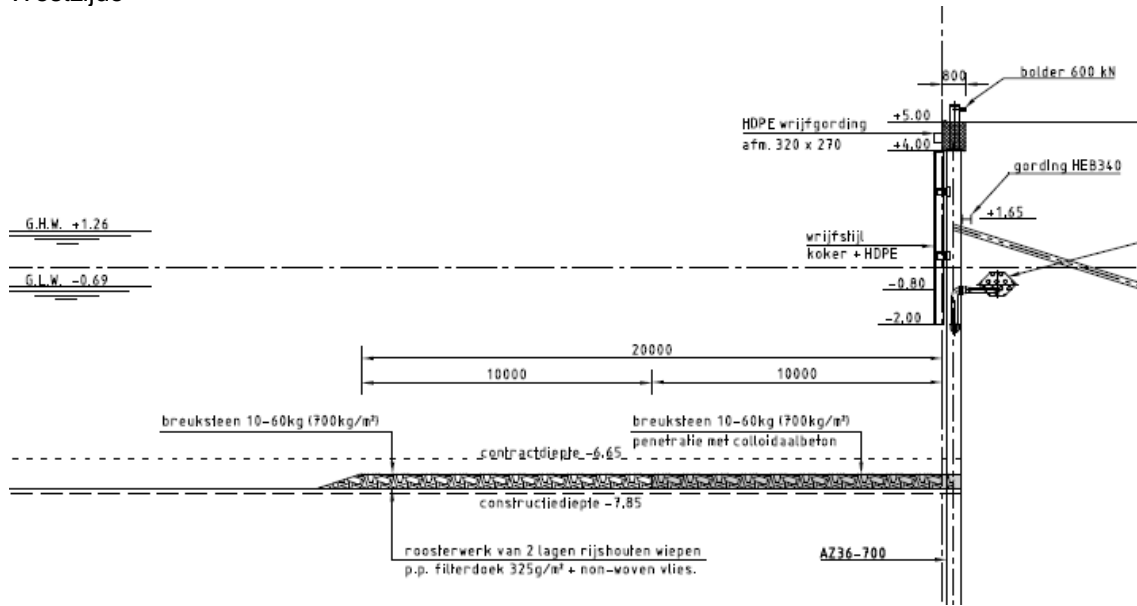


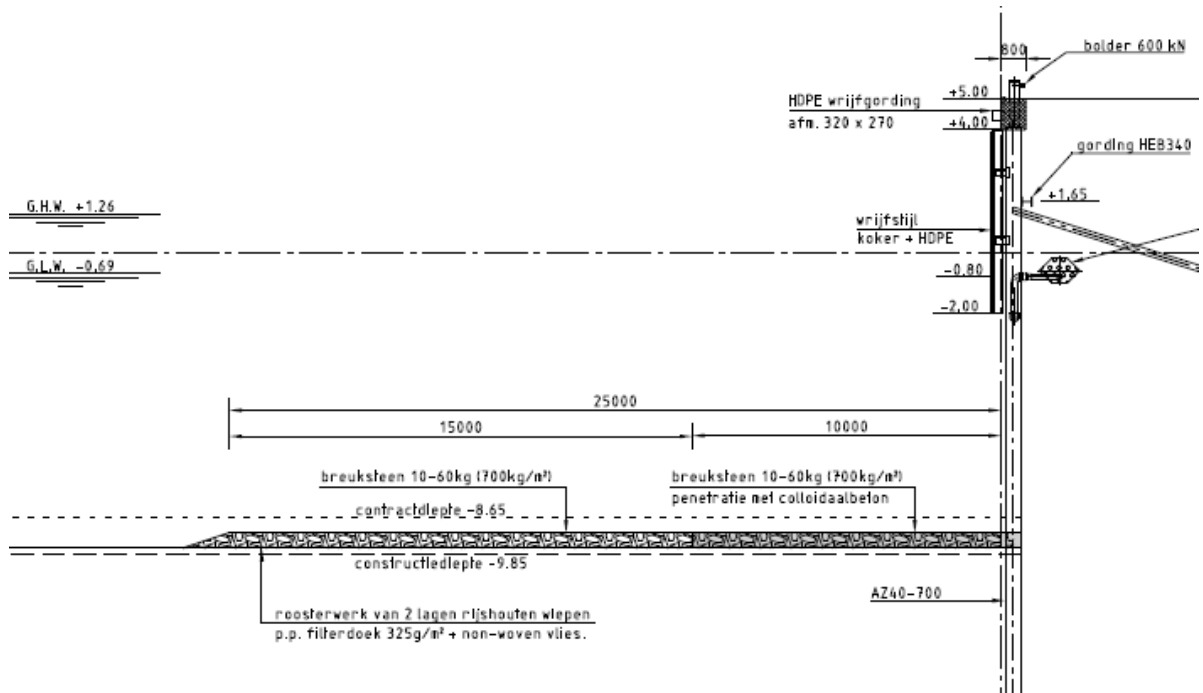


Bijlage 2 Doorsnedes bodembescherming Antarcticakade westzijde en oostzijde



Westzijde







Bijlage 3 Gemeten waterstanden Hoek van Holland

Gemeten waterstanden Hoek van Holland d.d. 23 april 2013

(NB: De waterstand bij de Antarcticakade kan 0,20 m afwijken van die bij Hoek van Holland).

		Gemeten water- stand
dag	tijd	cm NAP
23/04	14:00	132
23/04	13:50	133
23/04	13:40	131
23/04	13:30	127
23/04	13:20	120
23/04	13:10	111
23/04	13:00	100
23/04	12:50	87
23/04	12:40	73
23/04	12:30	60
23/04	12:20	47
23/04	12:10	38
23/04	12:00	27
23/04	11:50	18
23/04	11:40	10
23/04	11:30	3
23/04	11:20	-4
23/04	11:10	-9
23/04	11:00	-15
23/04	10:50	-20
23/04	10:40	-23
23/04	10:30	-27
23/04	10:20	-30
23/04	10:10	-32
23/04	10:00	-35
23/04	09:50	-36
23/04	09:40	-38
23/04	09:30	-39
23/04	09:20	-39
23/04	09:10	-38
23/04	09:00	-39
23/04	08:50	-38
23/04	08:40	-37
23/04	08:30	-35



23/04	08:20	-36
23/04	08:10	-35
23/04	08:00	-33

Gemeten waterstanden Hoek van Holland d.d. 20 juni 2013

(NB: De waterstand bij de Antarcticakade kan 0,20 m afwijken van die bij Hoek van Holland).

Gemeten waterstand

dag	tijd	cm NAP
20-jun	18:00	-51
20-jun	17:50	-50
20-jun	17:40	-45
20-jun	17:30	-41
20-jun	17:20	-38
20-jun	17:10	-31
20-jun	17:00	-26
20-jun	16:50	-20
20-jun	16:40	-12
20-jun	16:30	-3
20-jun	16:20	5
20-jun	16:10	12
20-jun	16:00	21
20-jun	15:50	29
20-jun	15:40	36
20-jun	15:30	44
20-jun	15:20	53
20-jun	15:10	59
20-jun	15:00	67
20-jun	14:50	75
20-jun	14:40	80
20-jun	14:30	86
20-jun	14:20	92
20-jun	14:10	94
20-jun	14:00	98
20-jun	13:50	100
20-jun	13:40	101
20-jun	13:30	102
20-jun	13:20	104
20-jun	13:10	106
20-jun	13:00	109
20-jun	12:50	110



20-jun	12:40	110
20-jun	12:30	110
20-jun	12:20	108
20-jun	12:10	106
20-jun	12:00	101
20-jun	11:50	94
20-jun	11:40	84
20-jun	11:30	71
20-jun	11:20	58
20-jun	11:10	47
20-jun	11:00	34
20-jun	10:50	22
20-jun	10:40	11
20-jun	10:30	-1
20-jun	10:20	-9
20-jun	10:10	-16
20-jun	10:00	-23
20-jun	9:50	-30
20-jun	9:40	-35
20-jun	9:30	-39
20-jun	9:20	-43
20-jun	9:10	-48
20-jun	9:00	-50
20-jun	8:50	-54
20-jun	8:40	-57
20-jun	8:30	-59
20-jun	8:20	-60
20-jun	8:10	-60
20-jun	8:00	-58



Bijlage 4 Omschrijving droge proef 13 november 2013 (120 gr/m²)

Deze serie proeven is uitgevoerd met een vrij grove sortering waterbouwsteen die naar schatting eerder 40 / 200 kg is dan 10 / 60 kg. Het gebruikte geotextiel is een, zo bleek later, 120 gr/m² (gewogen) geotextiel.

Nr. proef	Plaats proef / spudpaal	Krachten op bodem	Resultaat Indringing	Resultaat geotextiel 120 gr/m ²	Resultaat verplaatsing spudpaal en/of stenen
1	Op meerdere stenen	Korte verticale kracht	Afdruk stenen in zandbodem	Geen beschadiging	
2	Op enkele laag stenen	Korte verticale kracht	Afdruk stenen in zandbodem	Geen beschadiging	
3	Op een enkele mesvormige steen	Korte verticale kracht	Steen door geotextiel in bodem gedrukt	Beschadiging (gat) van 10 cm	
4	Op enkele steen	Korte verticale kracht	Afdruk stenen in zandbodem	Geen beschadiging	
5	Op los zand	Korte verticale kracht	0,2 m indringing in zand	n.v.t.	
6	Op een enkele grote puntige steen	Korte verticale kracht	Afdruk stenen in zandbodem	Geen beschadiging	
7	Dubbele laag puntige stenen	Korte verticale kracht	Afdrukken in zandbodem	Beschadiging (gat) van 10 – 15 cm	
8	Op dubbele laag stenen	Korte verticale kracht in combinatie met horizontale kracht	Stenen bewegen flink	Beschadiging van 5 – 10 cm Beschadiging van ca. 30 cm	Flink vermogen (trekken) Ca 0,2 m verplaatsing
9	Op dubbele laag stenen met nog diverse stenen rondom de spudpaal	Korte verticale kracht in combinatie met horizontale kracht	Spud graaft zich in zodat een enkele laag steen over blijft	Beschadiging van ca. 10 cm doordat een kleine steen onder een grote steen ligt	Trekkracht 2 - 3 ton (20 - 30 kN) ⁵ Ca. 0,6 – 0,7- cm verplaatsing
10	Op dubbele laag stenen met nog diverse stenen rondom de spudpaal	Korte verticale kracht in combinatie met horizontale kracht		Beschadiging van ca. 5 cm Beschadiging van ca. 2 cm	Ca. 0,2 m verplaatsing
11	Op dubbele laag stenen	Korte verticale kracht		Geen beschadiging	
12	Op dubbele laag stenen	Korte verticale kracht in combinatie met horizontale	Afdrukken in zandbodem	Geen beschadiging	Ca. 0,1 m verplaatsing

⁵ Geschat op basis van het gebruikte vermogen van de heftruck



		kracht			
--	--	--------	--	--	--



Bijlage 5 Specificaties geotextiel woven SG 60/60

bontec
a bonar technical fabrics product



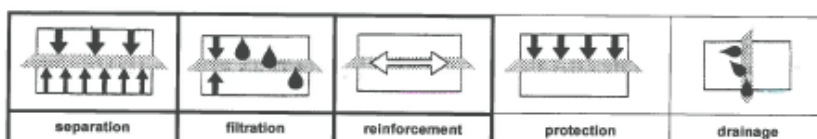
SG 60/60

Woven polypropylene geotextile made of slit film tapes

Technical data sheet according to internal specifications Bonar TF: version 11 dd. 27/08/12
Accompanying documents CE marking: version 13 dd. 04/09/12

CE

1137-CPD-601
12



	test method	value	tolerance
Mechanical properties			
Tensile strength MD	EN ISO 10319	64,5 kN/m	-8,4 kN/m
Tensile strength CD		60,0 kN/m	-7,8 kN/m
Elongation MD	EN ISO 10319	16,0 %	+/-3,7 %
Elongation CD		7,0 %	+/-1,8 %
Tensile strength MD/CD at 2 % strain	EN ISO 10319	5/19 kN/m	-1,3/4,8 kN/m
Tensile strength MD/CD at 5 % strain		13/38 kN/m	-3,3/9,5 kN/m
Static puncture resistance – CBR	EN ISO 12236	6,50 kN	-1,30 kN
Dynamic perforation resistance – cone drop	EN ISO 13433	8,0 mm	+1,5 mm
Hydraulic properties			
Water permeability normal to the plane	EN ISO 11058	30x10 ⁻³ m/s	-9x10 ⁻³ m/s
Water flow normal to the plane (*)		30 l/m ² .s	-9 l/m ² .s
Characteristic opening size (AOS)	EN ISO 12856	275,0 µm	+/-52,5 µm
Physical properties			
Thickness under 2 kPa (*)	EN ISO 9863-1	1,10 mm	+/-0,22 mm
Weight (*)	EN ISO 9864	250,0 g/m ²	+/-25,0 g/m ²
Composition	100 % polypropylene woven geotextile		
Durability	predicted to be durable for a minimum of 25 years in natural soil with 4 < pH < 9		

roads	railways	foundations & retaining walls	drainage systems	erosion control systems
EN 13249:2000	EN 13250:2000	EN 13251:2000	EN 13252:2000	EN 13253:2000
reservoirs & dams	canals	Tunnels & underground structures	solid waste	liquid waste
EN 13254:2000	EN 13255:2000	EN 13256:2000	EN 13257:2000	EN 13258:2000

- This geotextile is intended for use in both functions & applications highlighted with a bold border.
- It is the responsibility of all users to satisfy themselves that the above data is current.
- Roll dimensions are 5,25 m x 100 m. Other dimensions on demand.
- Bonar Technical Fabrics reserves the right to alter product.
- Although not guaranteed, these results do to the best of our knowledge offer a true and accurate record of the product's performance.
- Bonar Technical Fabrics cannot accept responsibility for the performance of these products as the conditions of use are beyond our control.
- Geotextile has to be covered within 2 weeks after installation.
- (*) Not mandated characteristics for CE marking.



BONAR Technical Fabrics nv/ise, Industriestraat 39, 9240 Zele, BELGIUM - ☎ +32(0)52 457411 - ☎ +32(0)52 457495
BONAR Yarns & Fabrics Ltd, St. Salvador Street, Dundee DD3 7EU, UK - ☎ +44(0)1382 346102 - ☎ +44(0)1382 202378



Bijlage 6 Invloedsfactoren

De volgende factoren hebben in de praktijk invloed op de kans van optreden van schade aan een geotextiel indien een spudpaal op een breuksteen bodembescherming wordt geplaatst:

1. Het aantal spudpaal segmenten dat op de bodembescherming rust en de lengte van deze segmenten.
Bij een kleine kielspeling rusten alle segmenten op de bodem bij een voldoende grote kielspeling slechts één segment.
2. De horizontale krachten die via de spudpalen worden overgedragen aan de bodem.
Horizontale krachten treden op als stroming of wind krachten uitoefenen op het schip en horizontale krachten treden op als de spudpalen tijdens het afmeren met gebruik van een scheepsschroef op spanning worden gezet.
Bij een Rijnmax schip (130x15x4 m) veroorzaakt een stroming van 1m/s in lengterichting van het schip een kracht van 8 kN en een stroming van 0,5 m/s veroorzaakt een kracht van 2 kN. Deze kracht kan over twee spudpalen zijn verdeeld, maar kan ook grotendeels op één spudpaal komen.
Als een spudpaal met behulp van een boegschroef met een gebruikt vermogen van 100 kW op spanning wordt gezet, dan is de horizontale kracht hierbij 10 à 16 kN. Als de spudpaal met gebruik van de hoofdschroef op spanning wordt gezet, dan wordt hierbij mogelijk een groter vermogen gebruikt dan 100 kW. De horizontale kracht is bij benadering evenredig met het vermogen.
3. De stijfheid van de ondergrond.
Bij kleiner wordende stijfheid van de ondergrond wordt de deformatie van de ondergrond door de paalbelasting groter. Ook de deformatie (c.q. rek) van het geotextiel wordt hierbij groter hetgeen resulteert in grotere trekkrachten in het geotextiel.
De kans op schade wordt groter naarmate de ondergrond minder stijf is.
4. Het aantal lagen waterbouwsteen.
Gewoonlijk heeft een bodembescherming een laagdikte die gelijk is aan twee maal de gemiddelde steendiameter. De bescherming bestaat dan uit twee lagen stenen.
Door uitvoeringsonnauwkeurigheden bij het aanbrengen van de bestorting zijn er ook gedeelten waar slechts één steenlaag aanwezig. Er kunnen ook kleine gedeelten voorkomen waarbij de enkele steenlaag niet aaneengesloten aanwezig is (als dit veel voorkomt is er sprake van een te grote onnauwkeurigheid bij het aanbrengen van de bestorting).
Bij een dubbele laag stenen is de kans op schade kleiner dan bij een enkele laag stenen, omdat de belasting door de spudpaal meer verspreid naar het geotextiel en de ondergrond wordt overgedragen. Bij een horizontale kracht door de spudpaal gaan in eerste instantie de stenen van de bovenste steenlaag bewegen, en zullen de stenen van de onderste laag minder bewegen dan in de situatie waarin slechts één steenlaag aanwezig is.
5. De variatie in het niveau van de bovenkant van de steenbestorting.
Hoe groter de variatie in het niveau van de bovenkant van de stenen, hoe groter de kans is



dat de spudpaal op een klein aantal stenen of een enkele steen rust.

6. De vorm van de stenen.

Bij een hoekige steensoort is de kans op schade groter dan bij een meer afgeronde vorm van de stenen. Basalt is een relatief hoekige steensoort, maar deze wordt niet vaak toegepast als bodembescherming.

7. De grootte van de stenen.

De kleinste kans op schade treedt op bij een zeer kleine steendiameter (grind of steenslag), waarbij het gewicht van de spudpaal over zeer veel stenen is verdeeld of een zeer grote steendiameter, waarbij het contactoppervlak tussen een enkele steen en de ondergrond groot is.

De kans op schade is het grootst bij een tussenliggende steendiameter (niet zeer klein en niet zeer groot). Welke steendiameter het meest ongunstig is, is niet eenvoudig aan te geven.

8. De mate waarin de holle ruimte tussen de stenen is opgevuld door zand en/of slib.

Met name bij bodembescherming voor kademuren zijn de holle ruimten tussen de stenen over een groot deel van het oppervlak van de bescherming geheel of gedeeltelijk opgevuld met zand en/of slib. Dit komt omdat de hydraulische belasting door schroefstralen niet overal (in sterke mate) optreedt.

Bij opvulling door zand zal het zand een deel van de belasting van de spudpaal gelijkmatig overdragen naar de ondergrond. De kans op schade aan het geotextiel wordt hierdoor aanzienlijk kleiner.

Opvulling met zand heeft bij een horizontale belasting door de spudpaal ook een gunstig effect, omdat de stenen door de opvulling met zand stabielere liggen en daarom minder zullen bewegen.

Opvulling van de holle ruimten tussen de stenen met ongeconsolideerd slib heeft naar verwachting nauwelijks effect op de krachtsoverdracht van de spudpaal naar de ondergrond. Slib krijgt een gunstiger effect als een zekere consolidatie heeft plaats gevonden. .

9. De sterkte van het geotextiel.

Uiteraard neemt de kans op schade af als de sterkte van het geotextiel groter is.