

Testen van gras en kleibekledingen met de brandslangmethode

Testen op grasblokken Blija



Testen van gras en kleibekledingen met de brandslangmethode
Testen op grasblokken Blija

Auteur(s)

Paul van Steeg

Testen van gras en kleibekledingen met de brandslangmethode

Testen op grasblokken Blija




Opdrachtgever	RWS-WVL
Contactpersoon	Dhr. M. van Damme
Referenties	KPP-VOW projectplan
Trefwoorden	Erosie, brandslangmethode

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	06-12-2021
Projectnummer	11206793-001
Document ID	11206793-001-ZWS-0001
Pagina's	23
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

P. van Steeg		

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	P. van Steeg 	A. van Hoven 	M.R.A. van Gent 	

Samenvatting

Het kwantificeren van de erosiebestendigheid van gras onder hydraulische belasting is van belang om een juiste inschatting te kunnen maken van de kans op overstroming als gevolg van een dijkdoorbraak. Voor klei zijn zowel de erosiebestendigheid en erodeerbaarheid van belang. Om de erosieve eigenschappen van (de vele verschillende soorten) klei, gras of andere materialen in te schatten is het nodig om deze materialen te beproeven. Gangbare methodieken, zoals het gebruik van grootschalige golfgoten of in-situ simulatoren (belasting van orde meters), zijn relatief grootschalig en daardoor kostbaar waardoor er doorgaans met de beschikbare middelen een zeer beperkte hoeveelheid data kan worden ingewonnen. Bestaande kleinschalige methodieken zijn dermate klein (belasting van orde millimeters) dat de invloed van graspollen, kluiten, scheuren en dergelijke niet meegenomen kunnen worden waardoor de data van discutabele kwaliteit is. Om deze reden is de brandslangmethode ontwikkeld. De brandslangmethode genereert een continue stromingsbelasting bestaande uit een waterstraal met een breedte van circa 10 cm en een dikte van 2 cm. De stroomsnelheid kan worden gevarieerd maar is in de orde van 5 m/s a 8 m/s. Er wordt benadrukt dat met het gebruik van de brandslangmethode de erosiebestendigheid van een materiaal niet direct kan worden vastgesteld maar dat deze mogelijk met behulp van een nog op te stellen classificatiemethode laagdrempelig kan worden ingezet om een inschatting te maken van de relatieve erosiebestendigheid van een materiaal.

Om inzicht te krijgen in de schade-ontwikkeling van een graszode als gevolg van het belasten met de brandslangmethode zijn er oriënterende proeven uitgevoerd op een gestoken grasblok van de locatie 'Blija'. Voorliggend rapport beschrijft deze testen.

Er zijn drie testen uitgevoerd. Bij de eerste test traden verschillende modeffecten op waardoor dit geen zinnige data opleverde. De tweede test en de derde test hebben een goed inzicht gegeven van de erosie van een situatie met gras op klei en een situatie met alleen klei. Bij de situatie met gras op klei ontstond er na circa een uur beginnende schade welke na een totaal van 5 uur heeft geleid tot een erosiekuil met een diepte van 40 cm. Bij de situatie met klei was er vrijwel direct na het starten van de proef (na 3 minuten) forse erosie ontstaan. In beide gevallen is een stroomsnelheid van 7 m/s gehanteerd.

De verwachting is dat toekomstige proeven voornamelijk zullen worden uitgevoerd op situaties welke minder sterk zijn dan een gesloten zode zoals bij testlocatie 'Blija' het geval was. Te denken valt aan overgangen en grasbekledingen welke een relatief lage kwaliteit hebben. Op basis van de huidige testen wordt aanbevolen om de stroomsnelheid te verlagen naar 6 m/s en de hoek van inval (tussen talud en stroomrichting) te verlagen naar 15°.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	6
1.1	Achtergrond	6
1.2	Brandslangmethode	6
1.3	Doel	7
2	Beschrijving testsecties	8
2.1	Inleiding	8
2.2	Kleikwaliteit	8
2.3	Graskwaliteit	10
2.4	Samenvatting gras en klei	11
3	Testopstelling	12
3.1	Positie en keuze grasblok	12
3.2	Aanvoer en afvoer van water	12
3.3	Positionering brandslang	12
3.4	Stroomsnelheid	13
3.5	Gebruikte materialen	13
4	Proevenprogramma	14
4.1	Algemeen	14
4.2	Test 1. (dummy test)	14
4.3	Test 2 (Gras op klei)	15
4.4	Test 3 (kale klei)	18
4.5	Samenvatting resultaten	19
5	Discussie en evaluatie	20
5.1	Toepassing en instellingen belastingen	20
5.2	Praktische aspecten	20
	Literatuur	22

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het kwantificeren van de erosiebestendigheid van gras en klei onder hydraulische belasting is van belang om een juiste inschatting te kunnen maken van de kans op overstrooming als gevolg van een dijkdoorbraak. Hiertoe is het nodig om de belastingen en de sterkte goed te kunnen kwantificeren. De sterkte van dijken met een bekleding van klei en gras wordt gevormd door de erosiebestendigheid van deze materialen. Vanwege het complexe karakter en de heterogeniteit van deze materialen is het erg lastig om deze erosiebestendigheid te kunnen vaststellen. Hiertoe is het nodig om data te kunnen verzamelen zodat er goede correlaties kunnen worden gevonden tussen de erosiebestendigheid van materialen zoals grasbekledingen en kleilagen en de eigenschappen van die materialen.

Bestaande methodieken zijn óf erg groot en duur (simulators en golfgoten) óf geven belastingen welke op een te kleine schaal worden toegepast waardoor bijvoorbeeld het waarschijnlijk dominante effect van de gestructureerdheid van klei of de mate van samenhang van een grasbekleding niet goed wordt meegenomen. Het is daarom opportuun om deze laagdrempelig in-situ vast te kunnen stellen of te kunnen classificeren.

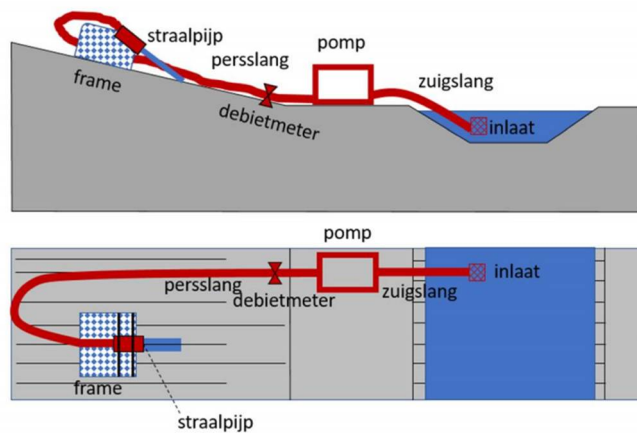
1.2 Brandslangmethode

In Deltares (2020) is een methodiek vastgesteld waarmee laagdrempelig op een wat grotere schaal gras- en kleibekledingen hydraulisch kunnen worden belast. Met deze methode kunnen de erosieve eigenschappen niet direct worden bepaald maar kan deze mogelijk wel worden geclassificeerd. Deltares (2020) beschrijft eerste oriënterende testen met deze zogenoemde 'brandslangmethode' en concludeert dat de werkbaarheid hoog is en dat testen op locatie door twee personen kan worden uitgevoerd.



Figuur 1. Impressie eerste oriënterende testen met de brandslangmethode (overgenomen uit Deltares, 2020)

Het basisconcept van de brandslangmethode is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2. Basisconcept brandslangmethode

De opstelling bestaat in de basis uit een inlaat, zuigslang, pomp, debietmeter, perssling en een frame waarop de straalpijp is gemonteerd. Hiermee wordt een continue stromingsbelasting op een vaste locatie gerealiseerd.

1.3 Doel

In april 2021 zijn vervolgtesten uitgevoerd met de brandslangmethode. Dit is uitgevoerd op een grasblok op het Deltares terrein. Het doel van deze proeven was om een betere (praktische) affiniteit te krijgen met de werking van het systeem en een beter inzicht te verkrijgen naar de respons (erosiebestendigheid) van een graszode op de belasting door de brandslangmethode. Voorliggend rapport beschrijft deze testen.

De testen zijn uitgevoerd in april 2020 door dhr. Jelle Molenaar en dhr. Paul van Steeg van Deltares.

2 Beschrijving testsecties

2.1 Inleiding

Er waren drie testsecties beschikbaar. De testsecties zijn drie 'gras-kleiblokken' van 2m x 2m en een dikte van circa 0,8 m. De blokken zijn in ongeroerde toestand van dijken langs de Waddenzee gehaald om een proefopstelling in de Deltagoot mee op te bouwen. Dat project is in een ander kader uitgevoerd. Echter, er zijn een aantal reserveblokken niet gebruikt in het Deltagoot project welke derhalve voor het huidige project met de brandslang beschikbaar waren. De drie beschikbare testsecties waren:

- Testsectie Lauwersmeerdijk
- Testsectie Holwerd
- Testsectie Blija



Figuur 3. De gebruikte blokken naast de Deltagoot. Links: Holwerd, midden Blija en rechts Lauwersmeerdijk

De hieronder gegeven beschrijving van de grasblokken is grotendeels integraal overgenomen uit Deltares (2021).

2.2 Kleikwaliteit

Op de locatie waar de kleiblokken van de dijk zijn gestoken zijn zes monsters genomen van de klei en zijn de belangrijkste eigenschappen bepaald. Er zijn drie monsters op 15 à 25 cm onder het maaiveld genomen en drie monsters dieper in de klei. De resultaten van de analyses zijn gegeven in Tabel 1 en in Bijlage D van Deltares (2021). Het blijkt dat er geen substantieel verschil is tussen de in het laboratorium bepaalde parameters van de klei vlak onder het gras en in de diepere lagen. Aangezien volgens de beheerder zowel bij Holwerd als bij Blija er een leeflaag voor het gras is toegepast op de kleibekleding, zijn de bovenste monsters net onder de leeflaag ingewonnen.

De leeflaag was bij Holwerd en bij Blija ongeveer 10 à 20 cm dik. Bij de Lauwersmeerdijk was de leeflaag minder duidelijk herkenbaar.

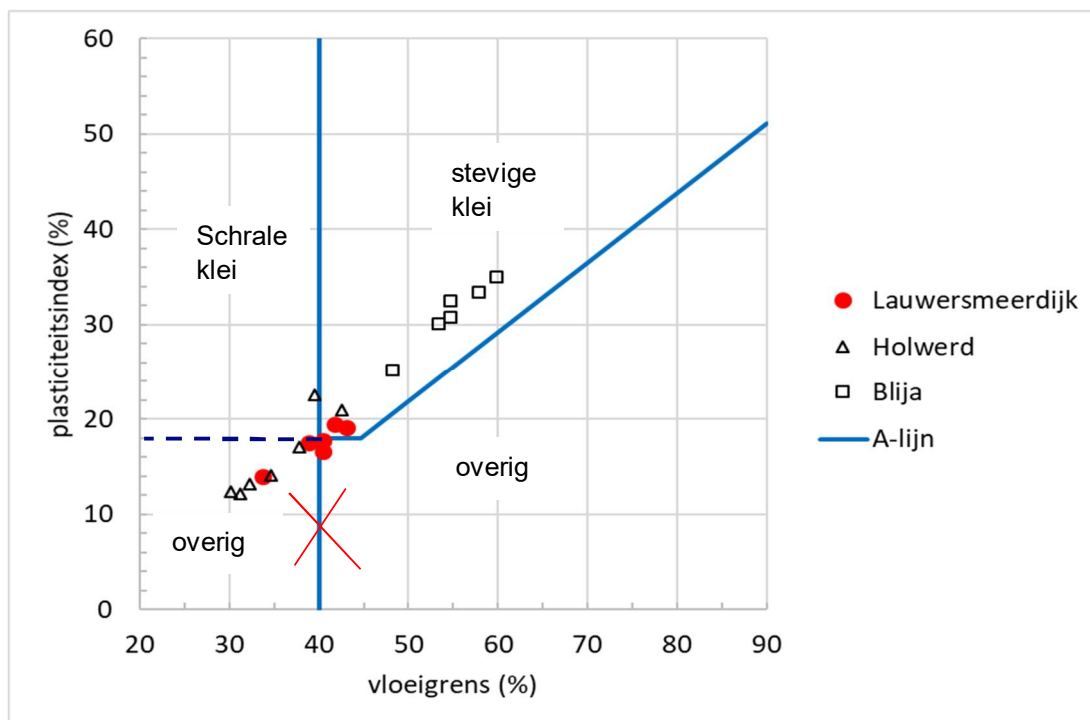
Tabel 1. Klei-eigenschappen

	% lutum (< 2 µm)	% zand (> 63 µm)	Vloei- grens (%)	Uitrol- grens (%)	Plasticiteits- index (-)	Organische stofgehalte (%)	Kalk gehalte (%)
Lauwers- meerdijk	24,4	39,6	39,7	22,4	17,4	1,0	4,8
Holwerd	24,8	30,5	35,4	19,4	16,1	0,9	8,2
Blija	44,3	13,8	54,8	23,6	31,2	2,9	7,8

De klei van Holwerd is visueel ten opzichte van die van de Lauwersmeerdijk wat dichter en harder en heeft minder wormen. In de Lauwersmeerdijkklei zaten veel wormen. Er zitten minder dunne zandlaagjes, kleine zandlenzen en kleine blokjes zand in de klei bij Holwerd dan in de klei van de Lauwersmeerdijk. De klei van Blija bevat ook veel wormen, en is in tegenstelling tot de klei van de Lauwersmeerdijk en die van Holwerd vrij sterk gestructureerd. De klei valt gemakkelijk uiteen in brokken van ongeveer 5-15 cm. Ook na het verhogen van het vochtgehalte van de klei bleef het brokkelig.

Ten aanzien van de categorisering van de klei is gebruik gemaakt van de schematiseringshandleiding grasbekledingen (RWS, 2021). De categorisering van de klei in de voorgaande versie (RWS, 2019) is recentelijk aangepast om beter te conformeren met de RAW systematiek. Echter, op basis van bestaande onderzoeksrapporten mogen beheerders nog ervoor kiezen de oude figuur te gebruiken. Dit wordt nog verwerkt in de schematiseringshandleiding waarvan een update waarschijnlijk in 2022 wordt uitgebracht (bron: RWS, 2021b). In Figuur 4 is de RWS (2019) figuur als uitgangspunt genomen en is met behulp van deze stippellijn en een rood kruis de aanpassing weergegeven. Door deze aanpassing wordt de figuur uit RWS (2021a) verkregen welke meer conform de RAW systematiek en de handboek dijkenbouw is.

Volgens de categorisering van de Schematiseringshandleiding Grasbekledingen (RWS 2021a) is de klei van de Lauwersmeerdijk en van Holwerd gemiddeld van de categorie 'overig' (zie Figuur 4), maar zeer dicht tegen stevige klei. Wanneer RWS (2019) als uitgangspunt wordt genomen is de klei van de Lauwersmeerdijk en van Holwerd gemiddeld van de categorie 'schrale klei'. Volgens de indeling uit TAW (1996) is het klei van categorie 3 (weinig erosiebestendig), omdat de plasticiteitsindex nog net onder 18% ligt en de vloeigrens kleiner is dan 45%. De klei van Blija is stevige klei volgens RWS (2021a en 2019) en van categorie 1 volgens TAW (1996).



Figuur 4. Plasticiteitsindex als functie van de vloeigrens met grenzen volgens RWS (2019). Bij de gewijzigde versie in RWS (2021a) is de horizontale lijn toegevoegd en het onderste deel van de verticale lijn verwijderd.

Tijdens de proevenseries K2 en K3 (zie Deltares, 2021 voor nadere toelichting) is vastgesteld dat de erosiebestendigheid van de klei uit Holwerd verrassend groot is.

Verder zijn er proctorproeven uitgevoerd om de mate van verdichting vast te stellen. De klei die in de Deltagoot is toegepast, is in ongeroerde staat door middel van kleiblokken in de goot aangebracht. De verdichting van de klei in de Deltagoot is bepaald door middel van vijfpunts proctorproeven, zie Bijlage D van Deltares, 2021). De resultaten zijn:

- klei van de Lauwersmeerdijk: 89% proctordichtheid
- klei van de dijk bij Holwerd: 94% proctordichtheid
- klei van de dijk bij Blija: 97% proctordichtheid

2.3 Graskwaliteit

De onderstaande tekst is grotendeels integraal overgenomen uit Deltares (2021):

“Vlak voor de start van de proeven (in de Deltagoot) is de kwaliteit van het gras beoordeeld op het reserveblok dat uiteindelijk niet nodig bleek te zijn voor het opbouwen van de modelopstelling. Zoals te zien is in Figuur 3.8 van Deltares (2021) was de samenhang van een uitgestoken grasplag van de Lauwersmeerdijk goed. Samen met de overige kenmerken van het gras is geconcludeerd dat er sprake is van een gesloten zode.

De laag met de grootste dichtheid van worteltjes is ongeveer 10 à 15 cm dik. Bij de Lauwersmeerdijk reiken de langste wortels tot een diepte van 40 à 50 cm; bij Holwerd reiken de langste wortels tot een diepte van ongeveer 30 cm en bij Blija komen er nauwelijks wortels dieper dan de leeflaag van 20 cm.

Het gras op de klei van Blija bleek veel kwetsbaarder te zijn dan die van de Lauwersmeerdijk en Holwerd. Hoewel het aanvankelijk mooi dicht en dik gras was, ging het in de modelopstelling vrij snel in kwaliteit achteruit.

Ook van het gras van Blija en Holwerd is een grasplag gestoken om te zien hoeveel kracht er voor nodig is om deze uit elkaar te trekken. Bij die van Holwerd was het nodig om met zijn tweeën keihard te trekken, maar die van Blija was met beduidend minder kracht uit elkaar te trekken. Dit duidt op een minder sterk wortelstelsel.

Het gras van Blija was een bijna monocultuur van Engels Raaigras, terwijl er in die van Holwerd veel meer soorten voorkwamen. Een grotere soortenrijkdom maakt de grasbekleding minder kwetsbaar voor bijzondere omstandigheden, zoals het verblijf in de hal van de Deltagoot. Vlak voor de start van de proeven zag het gras van Blija er slechter uit dan toen het nog buiten stond.” (einde quote)

2.4 Samenvatting gras en klei

	Holwerd	Blija	Lauwersmeerdijk
dikte leeflaag	10-20 cm	10-20 cm	minder duidelijk herkenbaar
beschrijving klei	dichtere structuur dan Blija / harder.	sterk gestructureerd, losse structuur/ brokkelig (3-15 cm)	minder sterk gestructureerd/ dichtere structuur dan Blija
kleiklasse (RWS, 2019)	schraal	stevig	schraal
Kleiklasse (RWS, 2021 a)	overig	stevig	overig
kleiklasse (TAW, 1996)	Cat. 3	Cat. 1	Cat. 3
globale karakterisering gras	Aanzienlijk soortenrijker dan Blija	Engels Raaigras dominant, gesloten zode	soortenrijker dan Blija
Diepte graswortels	Tot ca. 30 cm	< 20 cm (niet voorbij leeflaag)	Tot 40 a 50 cm
Duiding resultaten Deltagoot	hoogste erosiebestendigheid van de drie soorten	laagste erosiebestendigheid van de drie soorten	

3 Testopstelling

3.1 Positie en keuze grasblok

De drie grasblokken konden niet eenvoudig worden verplaatst of worden gekanteld om ze als talud te testen. Hiertoe is een poging ondernomen maar het blok dreigde daarbij uit elkaar te vallen / scheuren. Om die reden is besloten om de blokken niet te verplaatsen of te kantelen.

Er is gekozen om het grasblok 'Blija' te testen. Dit omdat voor dit grasblok de verwachting was dat deze het minst erosiebestendig is en schadeontwikkeling gewenst was.

3.2 Aanvoer en afvoer van water

Het water werd aangevoerd door dit omhoog te pompen uit het reservoir van de Deltagoot. Het water werd afgevoerd naar hetzelfde reservoir door het middels landbouwfolie te begeleiden en af te voeren naar een afvoerput. Een overzicht van de opstelling in voorbereiding is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5. Overzicht proefopstelling in aanbouw (brandslang is nog niet aangebracht)

3.3 Positionering brandslang

De brandslang is op het bijbehorende frame op het grasblok geplaatst en verzaard met tegels. De aanvoerslang is omhoog begeleidt door deze te ondersteunen met balken. De invalshoek tussen het talud en de straalpijp is gekozen op 20°. Dit kan worden ingesteld zoals is aangegeven in Figuur 6. De hoogte van de straal boven het talud zal naar verwachting niet veel uitmaken en diende praktisch gekozen te worden. Er is gekozen voor een hoogte van 20 cm. Doordat het grasblok horizontaal lag is de verticale afstand tussen de spuitmond en de locatie van impact daardoor ook 20 cm.



Figuur 6. Impressie van frame met spuitmond. Door de moeren aan weerszijden los te draaien kan de hoogte en de hoek van de spuitmond worden ingesteld.



Figuur 7. Impressie testopstelling

3.4 Stroomsnelheid

De stroomsnelheid kon worden geregeld door een afsluiter bij de pomp handmatig te wijzigen. Deze is zodanig ingesteld dat het gemeten debiet gelijk was aan 840 liter/minuut. De spuitmond is rechthoekig en heeft een afmeting van 2 cm x 10 cm. De corresponderende snelheid bij de spuitmond is gelijk aan 7,0 m/s. Het debiet is gemeten met een debietmeter (type Flowmaster 250DL).

3.5 Gebruikte materialen

De gebruikte materialen zijn gelijk aan de eerdere testen welke zijn gerapporteerd in Deltares (2020). In de basis bestaat dit uit een inlaat, een zuigslang, een pomp, een persslang, een debietmeter, een frame en een straalpijp. Een conceptuele weergave van de materialen is weergegeven in Figuur 2.

4 Proevenprogramma

4.1 Algemeen

Er zijn drie testen op het grasblok uitgevoerd. De eerste test (Test 1) liep echter tegen meerdere modeffecten / kinderziektes aan waardoor dit geen zinnig testresultaat opleverde. Test 2 betrof een geslaagde test op de grasbekleding zonder initiële kunstmatige of natuurlijke schade. Test 3 betrof een test op het blok waarbij de bovenste circa 25 cm is afgestoken zodat dit kan worden beschouwd als een test op kale klei.

Samengevat:

- Test 1: Dummy test (modeffecten dominant)
- Test 2: Test op gras Blija
- Test 3: Test op kale klei Blija

4.2 Test 1. (dummy test)

Een impressie van Test 1 is weergegeven in Figuur 8



Figuur 8. Impressie Test 1 (begin van testen)

Gedurende Test 1 bleken er enkele modeffecten op te treden. Deze modeffecten waren allen gekoppeld aan het feit dat het een grasblok betrof en geen graszode in een dijktafstand. Na 35 minuten testen trad geotechnisch falen op onder invloed van de opgelegde schuifspanning door de waterstraal en infiltratie, zoals is weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9. Test 1 na 35 minuten testen, geotechnisch falen, afbreken van de rand van het blok.

Vervolgens is besloten om Test 1 af te breken en de testopstelling te wijzigen alvorens Test 2 uit te voeren.

4.3 Test 2 (Gras op klei)

Na Test 1 is besloten om het grasblok te verstevigen door het opnieuw te omwikkelen met landbouwfolie, houten platen en spanbanden teneinde geotechnisch falen van de rand van het blok te voorkomen. Een impressie van de testopstelling alvorens Test 2 is uitgevoerd is weergegeven in Figuur 10. Een impressie van de situatie tijdens de test is weergegeven in Figuur 11 en Figuur 12.



Figuur 10. Impressie proefopstelling voor aanvang van Test 2.



Figuur 11. Impressie Test 2 tijdens de test



Figuur 12. Impressie Test 2 (bovenaanzicht en zijaanzicht)

Bij Test 2 zijn geen modeffecten opgemerkt. Na een uur begon er zich schade te vormen. De schade is vastgelegd door op geregelde tijden de karakteristieke maten van de erosiekuil te meten met een duimstok. Deze maten zijn:

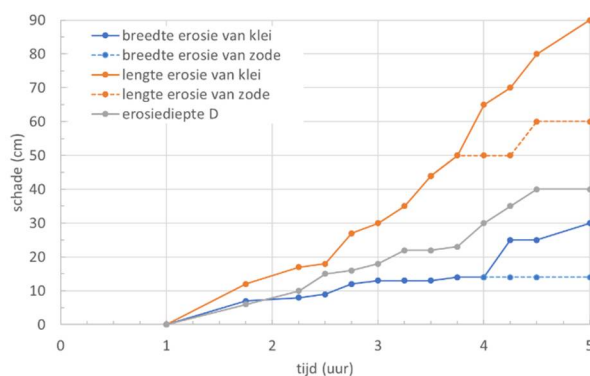
- erosie diepte
- breedte erosie van de zode (as loodrecht op de stromingsrichting)
- breedte erosie van de klei
- lengte erosie van de zode (as evenwijdig aan stromingsrichting)
- lengte erosie van de klei.

Er is onderscheid gemaakt tussen de erosiekenmerken van de zode en die van de klei. Na verloop van tijd bleek namelijk dat de onderliggende klei anders erodeerde dan de zode zelf; er ontstond 'overhang' van de zode over het gat.

De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in Figuur 13 en Tabel 2. Een impressie van de schadeontwikkeling is tevens gegeven door middel van foto's welke zijn weergegeven in Figuur 14 en Figuur 15.

Tabel 2. Karakteristieke erosiematen Test 2

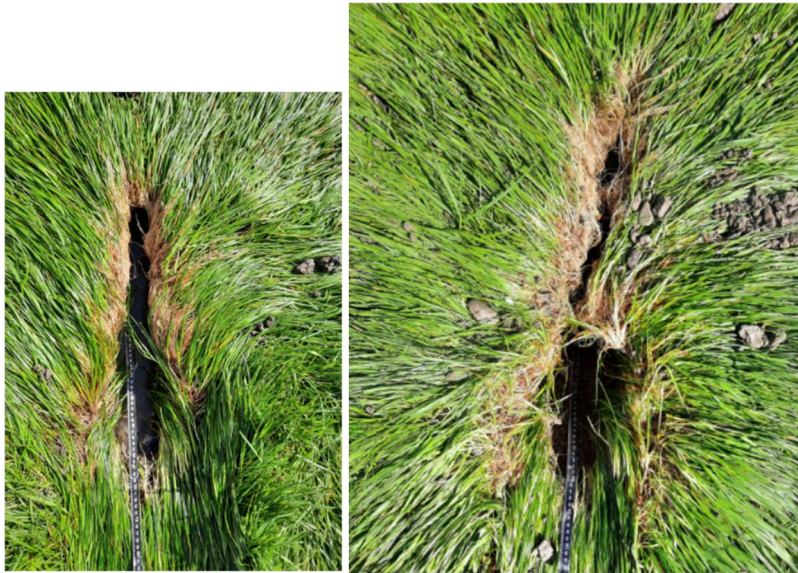
tijd (uur)	lengte		breedte		diepte (cm)
	klei (cm)	zode (cm)	klei (cm)	zode (cm)	
1.00	0	0	0	0	0
1.75	12	12	7	7	6
2.25	17	17	8	8	10
2.50	18	18	9	9	15
2.75	27	27	12	12	16
3.00	30	30	13	13	18
3.25	35	35	13	13	22
3.50	44	44	13	13	22
3.75	50	50	14	14	23
4.00	65	50	14	14	30
4.25	70	50	25	14	35
4.50	80	60	25	14	40
5.00	90	60	30	14	40



Figuur 13. Karakteristieke erosiematen Test 2.



Figuur 14. Impressie schade Test 2 na 1h45min (21/4-1636 h), na 2h30min (22/4-0958h) en na 3h45min (22/4-1041h). De foto's zijn op ongeveer dezelfde schaal weergegeven. De stromingsrichting is aangegeven met de pijl.



Figuur 15. Impressie schade Test 2 na 4h15min (22/4-1134h) en na 5h00min (22/4-1500h). De foto's zijn ongeveer op dezelfde schaal weergegeven. De stromingsrichting is aangegeven met de pijl.

4.4 Test 3 (kale klei)

Test 3 betreft een test op kale klei. Hiertoe is de bovenste circa 25 cm van het grasblok verwijderd. Een impressie is gegeven in Figuur 16.



Figuur 16. Impressie van de testopstelling van Test 3 alvorens te testen

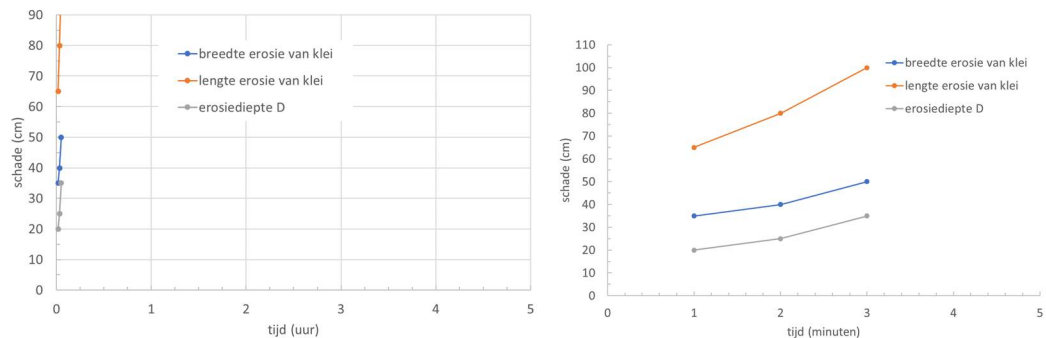


Figuur 17. Impressie Test 3.

Direct na het aanzetten van de test werd erosie opgemerkt. De test is derhalve na circa 1 minuut stopgezet en schade is opgemeten. Vervolgens is deze nog tweemaal na 1 minuut testen stopgezet en opgemeten. Door de extreem snelle schade ontwikkeling is de test na circa 3 minuten afgebroken. De schadeontwikkeling tussen minuut 2 en minuut 3 lijkt beïnvloed te zijn doordat het water zijdelings kon afstromen waardoor ook in die richting stromingen ontstonden welke mogelijk tot erosie leiden. Desondanks wordt geconcludeerd dat de schadeontwikkeling bij dergelijke klei zeer snel ontwikkelt.



Figuur 18. Schade na circa 1 minuut, 2 minuten en 3 minuten



Figuur 19. Schadeontwikkeling Test 3. De horizontale en verticale schaal bij de linker figuur is bewust hetzelfde gekozen als de schaal welke bij Test 2 is gehanteerd. Aan de rechterzijde is dezelfde figuur gepresenteerd waarbij een ander schaal op de assen is gehanteerd.

4.5 Samenvatting resultaten

De erosie bij het gras op Blija (Test 2) ging relatief langzaam ten opzichte van die op klei (Test 3). Na een uur zat er een gaatje in de zode en na circa 3 uur was het gat dieper dan 20 cm. Bij de klei was er na 3 minuten aanzienlijke erosie geconstateerd. De resultaten zijn samengevat in Tabel 3.

Tabel 3. Samenvatting resultaten

	Test 2 Gras/klei Blija	Test 3 Kale klei Blija
stroomsnelheid	7 m/s	7 m/s
invalshoek	20°	20°
Start erosie gras/klei	Na 1 uur	Direct
Erosiesnelheid gras/klei na initiële schade (diepte)	≈11 cm/uur	Extreem hoog (orde 700 cm/uur)

5 Discussie en evaluatie

5.1 Toepassing en instellingen belastingen

Als mogelijk beoogde bekledingen of ondergronden om te beproeven wordt gedacht aan:

- grasbekledingen
 - overgangen
 - beschadigingen zoals bandensporen, schapenpaden, graverij
 - slechte kwaliteit gras (bijv. als gevolg van schaduw)
- klei
 - kale klei (na bezwijken toplaag)
 - kale klei (i.g.v. ontbreken toplaag)
 - profiel van erosie-eigenschappen over (enige) diepte, van klei met ontwikkelde bodemstructuur bij het oppervlak tot klei met weinig bodemstructuur dieper in de dijk.
- innovatieve oplossingsrichtingen
 - kalk in klei
 - doorgroeitextielen
 - andere grassoorten
- Overig
 - Kale plekken, tuintjes door bewoners op de dijk, etc.

In de meeste gevallen zal de sterkte van klei naar verwachting lager zijn dan de situatie met een gesloten zode zoals bij de test met het grasblok van Blija. Om die reden wordt aanbevolen om de 'gestandaardiseerde belasting' van de brandslangmethode voor klei te verlagen ten opzichte van de situatie welke op 'grasblok Blija' is gehanteerd. Dit kan door de invalshoek te verkleinen en/of door de stroomsnelheid te verlagen. Er wordt aanbevolen om bij de volgende beoogde testen beiden aan te passen conform Tabel 4, of te kijken naar een trapsgewijze verhoging van de belasting. Hierbij wordt opgemerkt dat bij de modellering van erosie en ontgroning onderscheid wordt gemaakt tussen drempelwaardeparameters (threshold), waaronder geen erosie optreedt, en een erosie-snelheidparameter (rate). Om de drempelwaarde parameter te kunnen schatten is een trapsgewijze verhoging van de belasting nodig. Om de snelheidsparameter te bepalen is een belasting hoger dan de drempelwaarde nodig.

Tabel 4. Voorgestelde aanpassingen toekomstige belasting met de brandslangmethode

	Gras/klei Blija	Voorstel toekomstige testen
Hoek stroming en talud	20°	15°
stroomsnelheid	7 m/s	6 m/s

5.2 Praktische aspecten

Bij de uitvoering van de testen zijn een aantal praktische aspecten naar voren gekomen welke bij toekomstige proeven kunnen worden verbeterd. Tevens zijn een aantal praktische kentallen gegeven welke van nut zijn bij het uitvoeren van testen. Deze zijn aanvullend op de aanbevelingen welke zijn gegeven in Deltares (2020):

- De gehanteerde pomp heeft een verbruik van 1 volle tank (5 liter) per 90 minuten bij vol vermogen van de pomp.

- Tijdens de test bleek er een lichte knik te zitten nabij de aansluiting tussen de brandslang en de spuitmond. Op zichzelf is dat geen probleem zolang het beoogde debiet wordt gehaald (zoals bij deze testen het geval was). Een dergelijke knik leidt echter tot verhoogde weerstand in de slang en dient derhalve zo goed mogelijk voorkomen te worden door de slang zo goed mogelijk te ondersteunen of te begeleiden. Zo kan worden overwogen om een bochtstuk van metaal op het spuitstuk aan te laten sluiten waardoor deze knik kan worden voorkomen.



Figuur 20. Lichte knik bij aansluiting slang op spuitstuk. Mogelijk leidt dit tot extra weerstand.

Literatuur

Deltares, 2020. Ontwikkeling brandslangmethode. methode om erosie van gras en klei te categoriseren. Deltares rapport met kenmerk 11205235-002-ZWS-0006, 8 december 2020, v1.1

Deltares, 2021. Erosie van kleibekleding met gras op boventalud van Waddenzeedijken, Meetverslag Deltagootproeven. Deltares rapport met kenmerk 11204841-006-HYE00004, v1 d.d. 12-03-2021

RWS (2019). Schematiseringshandleiding grasbekleding, WBI 2017 Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 28 november 2019

RWS (2021). Schematiseringshandleiding grasbekleding, WBI 2017 Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 28 mei 2021

RWS (2021b). Persoonlijke communicatie met dhr M. van Damme van RWS, WVL.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl