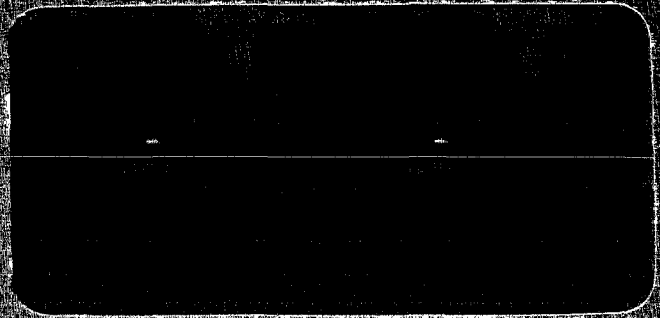


Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat



dienst weg en water bouwkunde



notanummer: WBA-N-92073.

Oostvaardersdijk,
Toetsing bekleding.

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Van der Burghweg
Postbus 5044, 2600 GA Delft
Tel. 015 - 699111

14 DEC. 1992

Dienst Weg- en Waterbouwkunde
hoofdafdeling waterbouw
afdeling advies

J.C.P. Johanson.

datum 3 december 1992.

1. Rapport nr. WBA-N-92073.	2. Serie nr.	3. Ontvanger catalogus nummer	
4. Titel en sub-titel Oostvaardersdijk. Toetsing bekleding.		5. Datum rapport 3 december 1992.	
		6. Kode uitvoerende organisatie	
7. Schrijvers J.C.P. Johanson.		8. Nr. rapport uitvoerende org.	
9. Naam en adres opdrachtnemer Dienst Weg- en Waterbouwkunde. van der Burghweg 1. postbus 5044. 2600 GA Delft.		10. Projectnaam Oostvaardersdijk.	
		11. Kontakt nummer	
12. Naam en adres opdrachtgever Directie Flevoland. Zuidwagenplein 2. postbus 600. 8200 AP Lelystad.		13. Type rapport	
		14. Code andere opdrachtgever	
15. Opmerkingen			
16. Referaat In dit rapport worden de op de Oostvaardersdijk gelegen talubekledingen van beton- en basaltzuilen getoetst. De bekledingen voldoen, mits het onderhoud voorziet in controle op de aanwezigheid van voegvullingmateriaal. Aanbrengen van uitgespoeld materiaal wordt noodzakelijk geacht. Verder wordt ingegaan op de bovenbegrenzing van de harde bekleding.			
17. Trefwoorden bekledingen, Oostvaardersdijk, toetsing.		18. Distributie systeem	
19. Classificatie	20. Classificatie deze pagina	21. Aant.blz. 10.	22. Prijs

Inhoud.

1. Inleiding.

2. Probleemstelling.

3. Golfrandvoorwaarden.

4. Aanwezige bekledingen.

5. Toetsing.

5.1. Berekening met "black box methode".

5.2. Berekening met "globale methode".

5.3. Berekening met "analytische methode".

5.3.1. Algemeen.

5.3.2. Berekening.

6. Bovenbegrenzing.

7. Conclusies en samenvatting.

8. Literatuur.

1. Inleiding.

In deze nota wordt een oordeel gegeven over de aanwezige bekledingen op de Oostvaardersdijk. Zowel de bekledingen van basalt als die van betonzuilen worden aan een nader onderzoek onderworpen. De dijk is bij deze beschouwing verdeeld in een aantal dijkvakken. Dit is voornamelijk gedaan omdat de hydraulische belasting op de bekleding per dijkvak verschilt. Verder bleek, bij nadere bestudering van de gegevens, de bekleding van basalt per dijkvak in geringe mate te variëren. Daarom is ieder dijkvak apart getoetst. De glooiing van betonzuilen, met zijn specifieke invoergegevens, is eveneens apart behandeld. Tevens worden in deze nota eventueel benodigde maatregelen geadviseerd. Deze nota vervangt de nota's WBA-N-91106 [3] en WBA-N-91132 [4], waarin de verschillende constructies apart zijn behandeld. In deze nota is ondermeer gebruik gemaakt van het handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen [2], dat op 1 april 1992 is verschenen. De gegevens betreffende de aanwezige bekledingen zijn verzameld door de regionale directie Flevoland van de Rijkswaterstaat.

2. Probleemstelling.

De Oostvaardersdijk dient te worden versterkt tot de overeengekomen veiligheid, die is gebaseerd op de bestuursovereenkomst met de provincie Flevoland (overschrijdingsfrequentie 1/1000 per jaar). Tevens worden in deze nota de randvoorwaarden beschouwd die zijn gebaseerd op een mogelijke wijziging van het concept van de Wet op de Waterkering (overschrijdingsfrequentie 1/4000 per jaar). Bij het in beschouwing nemen van de Oostvaardersdijk is het ondermeer van belang in hoeverre de aanwezige bekledingen in staat zijn om golfbelasting onder maatgevende omstandigheden te weerstaan. Indien de huidige bekledingen voldoende weerstand kunnen bieden onder maatgevende omstandigheden, zal hiermee rekening kunnen worden gehouden bij het ontwikkelen van alternatieven met betrekking tot de dijkversterking als totaal.

3. Golftrandvoorwaarden.

In navolgende tabel wordt aangegeven welke golftrandvoorwaarden voor de verschillende trajecten gelden. De golfhoogten zijn met het programma PEILOF (HISWA-versie) bepaald door het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA). De bijbehorende significante golfperiode (T_s) wordt gekarakteriseerd met de volgende formule:

$$T_s = 3,87 * H_s^{0,5}.$$

Verder wordt de piekperiode gelijkgesteld aan de significante periode en voor de gemiddelde periode geldt:

$$T_g = 0,87 * T_s$$

tabel 1: optredende hydraulische randvoorwaarden.

dijkvak	1/1000			1/4000		
	golf- hoogte [m]	T_{gem} [s]	$T_s = T_p$ [s]	golf- hoogte [m]	T_{gem} [s]	$T_s = T_p$ [s]
94	1,35	3,90	4,48	1,44	4,02	4,62
95	1,68	4,33	4,98	1,77	4,45	5,11
96	1,94	4,64	5,34	2,07	4,79	5,51
97	2,09	4,92	5,54	2,21	4,95	5,69

4. Aanwezige bekledingen.

In onderstaande tabel wordt aangegeven welke bekleding op de verschillende dijkvakken van de Oostvaardersdijk aanwezig is. Zowel de toplaag als de onderliggende filterconstructie komen aan de orde.

tabel 2: aanwezige bekledingen.

locatie/ dijkvak	toplaag bekleding / laagdikte [cm]	filtercon- structie	percenta- ge spleet [%]	spleet- vulling
10,0/94	betonzuil 25	grind 20/40 mm	12,0	veel
11,5/94	basaltzuil 20/30	puin/vlijlagen	14,4	matig
13,0/94	basaltzuil 20/30	puin/vlijlagen	15,4	matig
15,5/95	basaltzuil 20/30	puin/vlijlagen	17,6	gering
17,0/95	basaltzuil 20/30	puin/vlijlagen	16,2	veel
25,0/96	basaltzuil 20/30	puin/vlijlagen	14,8	matig
28,0/97	basaltzuil 20/30	puin/vlijlagen	18,7	gering

Zoals in hoofdstuk 5 zal blijken, is het niet altijd mogelijk om een bekleding uitsluitend goed te keuren op grond van de aanwezige laagdikte van de toplaag. Dan is het van belang om de constructie aan een nadere beschouwing te onderwerpen. Een gegeven dat dan noodzakelijk is, is de mate waarin de toplaag waterdoorlatend is. Uiteraard hangt de doorlatendheid van de toplaag ten nauwste samen met de spleetbreedte tussen de zuilen. Het percentage spleten is bepaald aan de hand van foto's, die door de regionale directie Flevoland van onderhavige bekledingen zijn gemaakt. In bovenstaande tabel is dit percentage weergegeven. Bij de interpretatie van de foto's is uitgegaan van het percentage spleet dat aanwezig is bij de bekleding van betonzuilen. Dit gegeven is namelijk bekend. Uit gegevens die door de fabriek beschikbaar zijn gesteld, kan worden berekend dat bij betonzuilen, die mechanisch worden gezet, 12 % spleet aanwezig is. De van de foto's opgemeten percentages zijn vermenigvuldigd met een constante factor, zodanig dat de bekleding van betonzuilen op dit berekende percentage uitkomt.

5. Toetsing.

Het toetsen van een taludbekleding, bestaande uit basalt- of betonzuilen, kan op verschillende manieren gebeuren. Enige jaren geleden was het nog niet mogelijk om deze bekledingen op een nauwkeurige manier te ontwerpen. De ervaringen met steenzettingen en de resultaten van laboratorium-onderzoek werden gebundeld en met behulp hiervan werd een nieuwe bekleding gedi-mensioneerd, dit werd de "black-box methode" genoemd. Sinds 1 april 1992 kan gebruik worden gemaakt van het handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen, waarin de nieuwste kennis op het gebied van steenzettingen is samengevat. In dit handboek worden twee methoden omschreven. Eerst de "globale methode" en vervolgens de "analytische methode". Bij de "globale methode" is bekendheid van een beperkter aantal parameters noodzakelijk dan bij de "analytische methode". Zo dienen bij de "globale methode" enige waarden van het filtermateriaal bekend te zijn om tot een juiste keuze te komen betreffende de toe te passen grafiek. Verder dient uiteraard de grootte van de golfaanval, gekarakteriseerd met de waarde ξ , bekend te zijn. Bij de "analytische methode" wordt de waarde van meer parameters gevraagd. Bij het toetsen van een bekleding kan eerst met behulp van de "globale methode" een indruk worden verkregen van de sterkte van de steenzetting. Indien met deze methode niet tot een uitspraak kan worden gekomen, kan een toetsing met de "analytische methode" worden toegepast.

Bij toetsing van bekledingen die zijn opgebouwd uit basalt op een laag geklopt puin op een fundering van vlijlagen komt men reeds bij toepassing van de "globale methode" in de problemen. Er moeten aannamen worden gedaan ten opzichte van de laagdikte van het filter en grofheid van het filtermateriaal. Bij de "analytische methode" wordt ook een uitspraak verlangd betreffende de waterdoorlatendheid van het filtermateriaal. Deze waarden zijn voor een klassieke laagopbouw die bestaat uit vlijlagen en daarop geklopt puin niet bekend. Daarom worden, in overleg met de afdeling Materialen van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde, de in de volgende tabel aangeduide aannamen aangehouden. Hiermee zijn de berekeningen uitgevoerd. Er is bij deze aannamen uitgegaan van een kwalitatief redelijk gezette bekleding. Dit houdt in dat de basaltzuilen op een behoorlijk angebrachte laag geklopt puin zijn geplaatst en niet op "kolommetjes" puin zijn gezet waartussen geen filtermateriaal aanwezig is. Verder zal de laagdikte van het filter ter plaatse van de langste zuilen vaak minder dan 10 cm bedragen, zodat een gemiddelde laagdikte van 20 cm ruim bemeten is. Door een iets kleinere korrelgrootte te kiezen dan de werkelijk aanwezige stukken puin wordt de vaak rechthoekige vorm van het geklopte puin gecompenseerd, waardoor een gereduceerde hoeveelheid poriën wordt gesimuleerd.

tabel 3: aannamen filtermateriaal

geklopt puin op vlijlagen	
korrelgrootte filtermateriaal (D_{15})	20 [mm]
laagdikte filter	0,2 [m]
porositeit	0,5 [-]

Naast de berekeningsmethoden, die in het handboek worden gepresenteerd, is bij deze toetsing gebruik gemaakt van de eerdergenoemde "black-box methode". Zoals vermeld, is het mogelijk om met deze zeer algemene methode na te gaan of de top laagdikte voldoende groot is om de golfaanval te weerstaan. Deze methode wordt behandeld in het boek "Coastal Protection" van ir. K.W. Pilarczyk. Het voordeel van deze methode is dat gegevens betreffende het filtermateriaal niet noodzakelijk zijn. Uiteraard kan met een dergelijke

methode geen nauwkeurige berekening van de benodigde laagdikte plaatsvinden. De uitkomsten geven enigszins overschatte ("conservatieve") waarden.

In eerste instantie zijn de bekledingen getoetst met behulp van zowel de "black box methode" als de "globale methode". Alleen indien na toetsing met deze methoden twijfel bestaat aan de stabiliteit van de bekleding is het noodzakelijk om met de "analytische methode" een nader onderzoek te plegen. De berekeningen zijn uitgevoerd met het computerprogramma ANAMOS. Dit programma is als hulpmiddel bij het handboek [2] ontwikkeld omdat de analytische methode tamelijk arbeidsintensief is. Bij deze methode zijn ook de eerder weergegeven spleetbreedten in de toplaag van belang. Bij de toetsing, zowel aan de hand van de grafieken uit eerdergenoemd handboek als bij de berekeningen volgens het analytisch model dient de piekperiode te worden gebruikt. Bij toepassing van de "black box methode" wordt de gemiddelde periode aangehouden. De gehanteerde perioden zijn in hoofdstuk 3 weergegeven.

5.1. Berekening met "black box methode".

Bij deze methode om de laagdikte te bepalen wordt de volgende formule toegepast.

$$H_s / (\Delta * D) = \Psi * \Phi * \cos(\alpha) / \xi^b$$

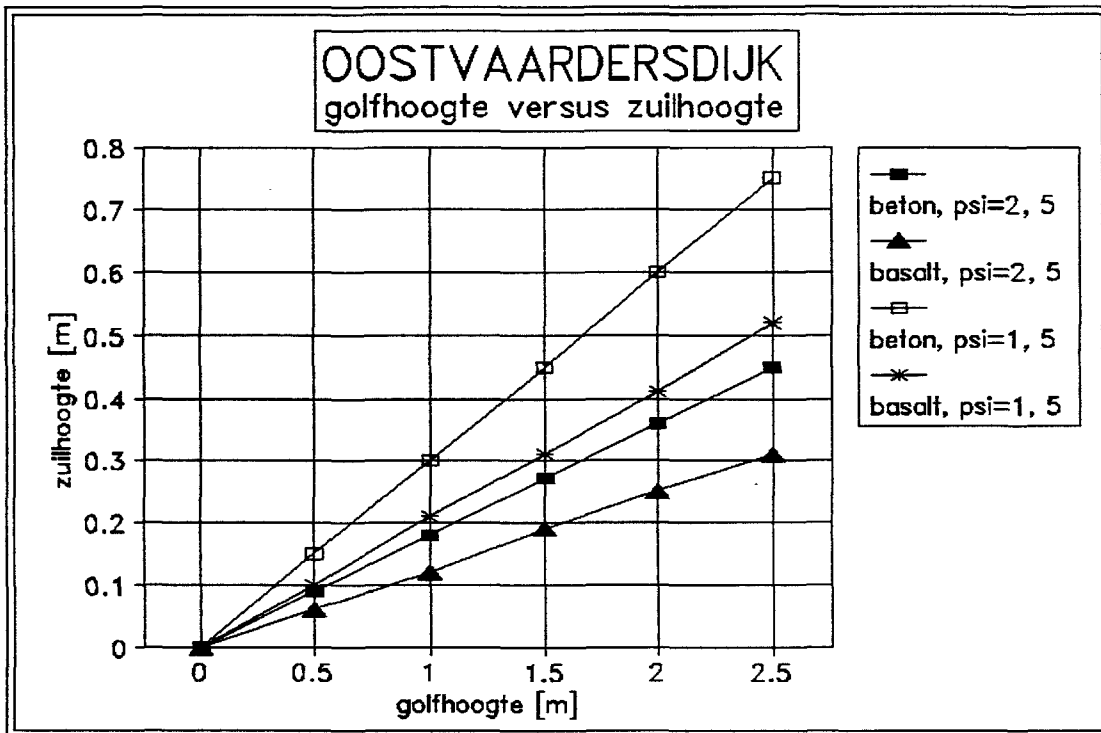
De invoergegevens hiervoor zijn als volgt:

- H_s : significante golfhoogte [m].
- Δ : relatieve volumieke massa van steen, dit is $(\rho(\text{materiaal}) - \rho(\text{water})) / \rho(\text{water})$ [-].
- ρ : volumieke massa [kg/m^3].
- D : laagdikte [m].
- Ψ : stabiliteitsfactor, deze hangt af van de soort bekleding [-].
- Φ : stabiliteitsfactor voor blokbeweging, deze is aangehouden op 2,25, dit betekent dat geen blokbeweging wordt getolereerd [-].
- ξ : brekerindex, deze wordt bepaald volgens onderstaande formule [-].
- b : exponent van ξ , deze hangt af van de soort bekleding [-].

$$\xi = \tan(\alpha) / (H_s / L_0)^{0.5}, \text{ met } L_0 = gT^2 / 2\pi \text{ waarin:}$$

- α : hellingshoek van het talud ten opzichte van de horizontaal [°].
- L_0 : golflengte op diep water [m].
- g : versnelling van de zwaartekracht [m/s^2].
- T : gemiddelde golfperiode [s].

In de hierna gepresenteerde figuur wordt het verband weergegeven tussen de significante golfhoogte en de daarbij benodigde zuilhoogte. Zowel voor basalt- als voor betonzuilen worden in deze grafiek twee lijnen gegeven, namelijk voor een stabiliteitsfactor (Ψ) met de waarde 1,5 en 2,5. Indien wordt uitgegaan van een bekleding, bestaande uit losse zuilen, moeten de lijnen die behoren bij de Ψ -waarde van 1,5 worden aangehouden. Indien echter de bekleding is ingewassen met granulair materiaal en goed wordt onderhouden, kunnen de lijnen die behoren bij de factor 2,5 worden toegepast.



figuur 1: golfhoogte versus zuilhoogte.

Met behulp van deze berekeningsmethode kan een afschatting worden verkregen van de golven die door een bekleding met een bepaalde laagdikte kunnen worden weerstaan. Uit de figuur kan worden afgelezen dat basaltzuilen met een gemiddelde lengte van 0,25 m bestand zijn tegen golven met een significante golfhoogte van circa 2 m, mits de spleten in de bekleding voldoende zijn gevuld met inwasmateriaal. Voor betonzuilen met een lengte van 0,25 m geldt dat, onder dezelfde omstandigheden golven met een hoogte tot circa 1,4 m kunnen worden weerstaan.

tabel 4: overzicht toelaatbare golfhoogten bij "black box methode".

materiaal	toelaatbare golfhoogte	
	niet ingewassen ($\Psi = 1,5$)	wel ingewassen ($\Psi = 2,5$)
betonzuilen, 0,25 m	0,8 m	1,4 m
basaltzuilen, 0,25 m	1,2 m	2,0 m

Conclusie ten aanzien van de berekeningen met de "black-box methode".

Indien de spleten in de bekledingen niet worden gevuld met inwasmateriaal kan aan alle bekledingen schade optreden bij stormvloedomstandigheden die bij een frequentie van 1/1000 per jaar behoren. Indien de spleten wel worden ingewassen en onderhoud wordt gepleegd, zal slechts schade kunnen optreden aan de bekleding van dijkvak 97.

5.2. Berekening met "globale methode".

In het handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen wordt in hoofdstuk 8.4.2. de globale methode behandeld. Zowel voor de bekleding van betonzuilen als voor de bekleding van basaltzuilen wordt het stroomschema op bladzijde 141 doorlopen. Met behulp hiervan kan de juiste ontwerpgrafiek worden bepaald.

tabel 5: stroomschema ter bepaling grafiek bij globale methode.

eigenschappen bekleding	betonzuil	basaltzuil
toplaag op granulair filter	ja	ja
$b / D > 0,5$	ja ($\pm 0,8$)	ja ($\pm 0,8$)
$D_{ns} > 3 \text{ à } 5 \text{ mm}$	ja (20 mm)	ja (20 mm)
gaten?	nee	nee
$\Omega < 2 \%$	nee	nee
toe te passen type	type 3b	type 3b

De bekleding wordt gekarakteriseerd met type 3b. Dit houdt in dat figuur 107 uit het handboek [2] moet worden toegepast. Bij alle in tabel 1 gegeven combinaties van golfhoogten en bijbehorende piekperiodes behoort een ξ -waarde van 1,6. Met behulp van de grafiek worden $H_s / (\Delta * D)$ -waarden gevonden. Hiermede kunnen golfhoogten worden berekend. De waarden die worden gevonden zijn 2,8 en 5,8. Indien de optredende golven kleiner zijn dan de golven die met de waarde 2,8 worden gevonden zal de bekleding zeker stabiel zijn, bij golven die groter zijn dan berekend bij de waarde 5,8 zal de bekleding in ieder geval schade ondervinden. Dit houdt in dat de bekleding zeker stabiel is indien bij betonzuilen met een lengte van 0,25 m een golfhoogte optreedt die kleiner is dan 0,91 m, terwijl bij basaltzuilen met een zelfde gemiddelde lengte een golfhoogte van 1,33 m zeker kan worden weerstaan. Indien grotere golfhoogten optreden dienen nadere analytische berekeningen te worden gepleegd. In tabel 6 wordt een en ander schematisch weergegeven.

tabel 6: overzicht toelaatbare golfhoogten bij "globale methode".

materiaal	toelaatbare golfhoogte	
	$H_s / (\Delta * D) < 2,8$	$H_s / (\Delta * D) > 5,8$
	stabiel	instabiel
betonzuilen, lengte 0,25 m	< 0,91 m	> 1,90 m
basaltzuilen, lengte 0,25 m	< 1,33 m	> 2,75 m

Conclusie ten aanzien van de berekeningen met de "globale methode".

Geconcludeerd wordt dat met behulp van deze methode geen uitsluitel kan worden verkregen betreffende de stabiliteit van de bekledingen. In alle gevallen is de optredende golfhoogte gelegen in het twijfelachtige gebied, zodat een berekening met de "analytische methode" wordt verlangd.

5.3. Berekening met "analytische methode".

5.3.1. Algemeen.

De "analytische methode" is de meest geavanceerde van de in deze nota gepresenteerde methoden. Het aantal gegevens dat noodzakelijk is om volgens deze methode tot een uitspraak te kunnen komen is groter dan bij de eerdergenoemde methoden. Om berekeningen met behulp van deze methode te vergemakkelijken, is een computerprogramma (ANAMOS) beschikbaar waarmee op eenvoudige wijze een bekleding, bestaande uit elementen op granulair filtermateriaal, kan worden gedimensioneerd. Dit programma wordt in hoofdzaak gebruikt bij het ontwerpen van nieuwe bekledingen en is zowel geschikt voor het dimensioneren van een toplaag, die bestaat uit vierkante blokken als voor zuilen. Het feit dat het programma is gemaakt voor het ontwerpen van nieuwe constructies heeft tot gevolg dat toepassing als gereedschap voor het toetsen van reeds bestaande en "gezette" bekledingen met de nodige omzichtigheid moet geschieden. Het dient te worden gecombineerd met resultaten van onderzoek en praktijkervaringen op het gebied van steenzettingen.

Zo wordt er bij nieuwbouw van uitgegaan dat in de bekleding losse blokken of zuilen aanwezig zijn, ook indien de bekleding is ingestrooid met granulair materiaal. Over het algemeen zal de sterkte van een bekleding zich in de loop van de tijd wijzigen. Vaak zal de inklemming toenemen ten gevolge waarvan de bekleding grotere belasting kan weerstaan. Het is bekend dat vaak schade van geringe omvang ontstaat gedurende het eerste jaar na aanleg terwijl de bekleding tijdens latere vergelijkbare of zelfs zwaardere stormperiodes volledig in tact blijft. Bij controle van een bestaande bekleding kan met deze wijzigingen in sterkte rekening worden gehouden.

De in deze nota getoetste bekledingen zijn ingestrooid met granulair materiaal. Ten gevolge van het instrooien van de spleten van een bekleding, die uit losse zuilen is opgebouwd, zal deze in sterkte toenemen doordat de onderlinge wrijving wordt vergroot. Dit, ondanks het feit dat door het vullen van de spleten de toplaagdoorlatendheid afneemt. De mate waarin de sterkte toeneemt is helaas nog niet kwantificeerbaar. Een ingewassen bekleding verdient enige zorg in de onderhoudssfeer. Immers, indien door uitspoeling van het granulair materiaal toch weer, plaatselijk, losse zuilen voorkomen, zal de wrijving zodanig kunnen afnemen dat van inklemming weinig of geen sprake is. Hierdoor zal de kans op uitlichten van een zuil toenemen. Gezien de minder goede toplaagdoorlatendheid (ten opzichte van een niet ingewassen bekleding) zal de kans op uitlichten van een niet ingeklemde zuil in een niet goed ingewassen glooiing zelfs groter zijn dan bij een glooiing, die niet is ingewassen. Dit blijkt ook uit de in tabel 7 gepresenteerde berekeningsresultaten, waar de benodigde zuilhoogten bij een niet goed ingewassen bekleding aanmerkelijk groter zijn dan de benodigde zuilhoogten bij een bekleding die niet is ingewassen.

Om een beter inzicht te verkrijgen van de sterkte van reeds bestaande bekledingen wordt onderzoek verricht door de DWW; het valt onder de werkzaamheden die in TAW-kader worden uitgevoerd. Uit dit praktijk-onderzoek, dat aan de Afsluitdijk is uitgevoerd, is gebleken dat bij een bekleding van betonzuilen slechts een zeer klein percentage betonzuilen uit de glooiing kon worden getrokken. Dit in tegenstelling tot soortgelijke proeven bij vierkante betonblokken. Dit onderzoek geeft aan dat terecht wordt aangenomen dat losse zuilen in een ingewassen bekleding niet of nauwelijks voorkomen.

5.3.2. Berekening.

In de tabel op de volgende bladzijde worden de invoerparameters weergegeven die per locatie zijn vastgesteld. Bij de bekledingen van basalt is voor het percentage spleten 0,9 maal de waarde uit tabel 2 aangehouden. Dit is gedaan om lokale verschillen in de voegbreedte te verdisconteren. De overige parameters zijn bij alle berekeningen constant gehouden. Deze waarden zijn als volgt ingevoerd:

taludhelling: 1:3 [-].
 wrijvingscoëfficiënt langs het talud: 0,5 [-].
 korreldiameter inwasmateriaal: 10 [mm].
 porositeit inwasmateriaal: 0,4 [-].
 zuiloppervlak: 0,08 [m²].
 onderlinge wrijving: 0,5 [-].
 dikte filterlaag: 0,2 [m].
 korreldiameter filterlaag: 20 [mm].

tabel 7: variabele parameters en berekeningsresultaten

locatie/ dijkvak	variabele invoerparameters					berekeningsresultaten	
	golf- hoog- te [m]	golf- peri- ode [s]	% spleet [-]	volu- mieke massa kg/m ³	poro- siteit filter kg/m ³	benodigde zuilhoogte [m]	
						niet in- gewassen	slecht ingewas- sen
10,0/94	1,44	4,62	12,0	2300	0,35	0,25	>0,50
11,5/94	1,44	4,62	13,0	2900	0,5	0,18	0,34
13,0/94	1,44	4,62	13,9	2900	0,5	0,18	0,33
15,5/95	1,77	5,11	15,8	2900	0,5	0,20	0,29
17,0/95	1,77	5,11	14,6	2900	0,5	0,20	0,30
25,0/96	2,07	5,51	13,3	2900	0,5	0,22	0,33
28,0/97	2,21	5,69	16,8	2900	0,5	0,21	0,33

Conclusie ten aanzien van de berekeningen met de "analytische methode"

In bovenstaande tabel zijn, naast de variabele aannamen tevens de berekeningsresultaten weergegeven. Indien wordt uitgegaan van bekledingen die niet zijn ingestrooid, blijkt dat alle dijkvakken van een voldoende dikke toplaag zijn voorzien. Zoals eerder is betoogd, wordt er van uitgegaan dat een bekleding er zeker niet in sterkte op achteruit gaat indien de toplaag zorgvuldig met granulair materiaal wordt ingestrooid en in het onderhoud regelmatig wordt nagegaan of de spleten nog voldoende zijn gevuld. In de laatste kolom van tabel 7 wordt een benodigde laagdikte van de toplaag weergegeven, waarbij er van wordt uitgegaan dat de bekleding op een slechte manier is ingestrooid of onderhouden. Dit houdt in dat er zich, ondanks het instrooien, toch losse zuilen in de glooiing bevinden. Het blijkt dus dat de bekledingen in dat geval niet voldoen, ook niet bij een overschrijdingsfrequentie van 1/1000 per jaar. Deze kolom is toegevoegd om aan te tonen dat goed onderhoud noodzakelijk is. Daarom wordt geadviseerd, om de bekledingen, die in het verleden van instrooimateriaal zijn voorzien, zodanig te onderhouden, dat de voegen steeds voldoende gevuld zijn.

6. Bovenbegrenzing.

Volgens [2] dient de bovenbegrenzing van een harde bekleding gekozen te worden op een niveau dat ligt tussen de volgende begrenzings:

- Minimaal op een halve golfhoogte boven de stilwaterlijn.
- Maximaal op een halve 2% golfoploophoogte boven de stilwaterlijn.

De grens wordt gekozen op het niveau waarop verwacht wordt dat grasgroei niet wordt gehinderd door overmatige hoeveelheden water en waarop de grootte van de erosie van klei binnen de perken blijft. De grenzen waartussen de keuze moet worden gemaakt liggen echter tamelijk ver uit elkaar, zoals uit tabel 8 blijkt. De keuze wordt nader bepaald door de wijze waarop onderhoud van de grasmat plaatsvindt. Indien een beheer wordt uitgeoefend dat er niet op is gericht om een hoge grasopbrengst te verkrijgen, voldoet een overgang die laag binnen deze grenzen ligt. Door deze wijze van beheer ontstaat namelijk een zode die diep wortelt [5]. Naast het beheer is het van belang dat de ruwheid van de harde bekleding en het grastalud ongeveer van gelijke grootte zijn en dat er geen hoogteverschillen zijn tussen de beide bekledingen die extra turbulenties kunnen initiëren. Vaak wordt, om de geringe verschillen in ruwheid tussen basalt en gras te overbruggen, een strook doorgroeiblokken aangebracht boven de bekleding van basalt- of betonzuilen. Volstaan kan worden met een strook ter breedte van een steen (0,4 m).

tabel 8: bovenbegrenzing harde bekledingen bij verschillende criteria

dijkvak	1/1000			1/4000		
	water-stand	bovenbegrenzing		water-stand	bovenbegrenzing	
		golf- hoogte	golfop- loop		golf- hoogte	golfop- loop
94	0,75	1,43	2,11	0,84	1,56	2,34
95	0,82	1,66	2,57	0,88	1,77	2,70
96	0,99	1,96	3,08	1,17	2,21	3,45
97	1,12	2,17	3,39	1,32	2,42	3,77

7. Conclusies en samenvatting.

In dit rapport wordt de taludbekleding van de Oostvaardersdijk getoetst. Met behulp van berekeningen is aangetoond dat de bekledingen, zowel van betonzuilen als van basalt, die voorkomen op de Oostvaardersdijk voldoende stabiel zijn om de golfaanval die optreedt bij een frequentie van 1/4000 per jaar te weerstaan. Gezien de kleine verschillen in golfaanval bij de beide overschrijdingsfrequenties (1/1000 en 1/4000) is het niet mogelijk om bij bepaalde dijkstrekkingsaan te duiden dat zij bij 1/1000 wel veilig zouden zijn en bij 1/4000 niet. Verder wordt aangetoond, dat indien de spleetvulling plaatselijk is uitgespoeld een situatie ontstaat waarbij het mogelijk is dat losse zuilen uit de bekleding worden gelicht. Hieraan dient in de onderhouds-sfeer aandacht te worden besteed. Tevens wordt in hoofdstuk 6 aangegeven tot welke hoogte de harde bekleding dient te zijn aangelegd. Indien een goed onderhouden grasmat aanwezig is kan de overgang tussen de harde bekleding en het grastalud op het niveau van de stilwaterlijn plus de halve golfhoogte worden aangehouden.

Tot slot wordt in tabel 9 nog een overzicht gepresenteerd waarin per dijkvak wordt aangegeven in hoeverre de getoetste bekledingen die bestaan uit beton- en basaltzuilen voldoen en welke maatregelen eventueel getroffen moeten worden om een voldoende veilige waterkering te behouden.

tabel 9: overzicht berekeningen en te treffen maatregelen

locatie- /dijkvak	top- laag	black-box methode	globale methode	analyti- sche me- thode	te realiseren maatregelen	
10,0/94	beton	voldoet	?	voldoet	contrôle van aanwezigheid voegvulmateriaal, zonodig opnieuw aanbrengen.	
11,5/94	basalt	voldoet	?	voldoet		
13,0/94	basalt	voldoet	?	voldoet		
15,5/95	basalt	voldoet	?	voldoet onder voorwaarde		inwas- sen
17,0/95	basalt	voldoet	?	voldoet		
25,0/96	basalt	voldoet	?	voldoet		
28,0/97	basalt	voldoet niet	?	voldoet onder voorwaarde		inwas- sen

In bovenstaande tabel worden bij de toetsing met de analytische methode twee gedeelten genoemd die "voldoen onder voorwaarde". Hiermee wordt aangegeven dat die gedeelten voldoen indien de voegen tussen de basaltzuilen voldoende zijn voorzien van voegvulmateriaal. Indien niet wordt zorggedragen voor voldoende voegvulling is de bekleding twijfelachtig tot onvoldoende. Met het vraagteken, geplaatst bij de globale methode, wordt aangeduid dat het met deze methode niet mogelijk is om tot een uitspraak te komen met betrekking tot de golfhoogte die door de bekleding kan worden weerstaan.

8. Literatuur.

- [1] Coastal Protection.
Pilarczyk, ir K.W.
Rijkswaterstaat, Delft.
A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield/1990.
- [2] Handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen.
rapport 155.
CUR/TAW. 1992.
- [3] Toetsing bekleding van basalt op de Oostvaardersdijk.
Johanson, J.C.P.
Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
Nota WBA-N-91106.
- [4] Oostvaardersdijk, bekleding van basalt.
Johanson, J.C.P.
Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
Nota WBA-N-91132.
- [5] Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestendigheid van rivierdijkvegetaties.
Zee, F.F. van der.
Landbouwuniversiteit, Vakgroep Vegetatiekunde. 1992.