



dienst weg en water bouwkunde



9.5-27
BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015 - 699111

proj. nr. W 89.06/08

KWELDERRANDVERDEDIGING
AMELAND

WBA-N-90171

Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Hoofdafdeling Waterbouw
Afdeling Advies

Ir R.E.A.M. Boeters
Ing. A.M.H. Buitenrust Hettema

maart 1991

1. Rapport nr. WBA-N-90171	2. Serie nr.	3. Ontvanger catalogus nummer	
4. Titel en sub-titel Kwelderrand verdediging Ameland		5. Datum rapport maart 1991	
		6. Kode uitvoerende organisatie	
7. Schrijvers ir. R.E.A.M. Boeters, ing. A.M.H. Buitenrust Hetteema		8. Nr. rapport uitvoerende organisatie WBA-N-90171	
9. Naam en adres opdrachtnemer Dienst Weg- en Waterbouwkunde v.d. Burgweg 1, postbus 5044 2600 GA Delft		10. Projectnaam W 89.06/08 Ameland	
		11. Contactnummer	
12. Naam en adres opdrachtgever RWS Directie Friesland Tesselschadestraat 2 8913 HB Leeuwarden		13. Type rapport	
		14.	
15. Opmerkingen			
16. Referaat Voor de in slechte staat verkerende Kwelderrand Nieuwlandsrijd te Ameland zijn een directe en een indirecte oeververdediging belicht.			
17. Trefwoorden Ameland, Kwelderrand, Nieuwlandsrijd, Vooroeververdediging, Oeververdediging, Paalschermen Breukstenendam, Hergebruik		18. Distributie systeem	
19. Classificatie	20. Classificatie deze pagina	21. Aant. blz. 23 (17)	22. Prijs

INHOUD:

SAMENVATTING	1
1. INLEIDING	1
2. BESTAANDE SITUATIE	2
3. GEWENSTE SITUATIE	2
4. RANDVOORWAARDEN	3
5. ALTERNATIEVE OPLOSSINGEN	4
5.2. DIRECTE VERDEDIGING	4
5.2.1. BREUKSTEENCONSTRUCTIE.	5
5.2.2. ZETSTEENCONSTRUCTIE.	6
5.2.3. COLLOIDAAL BETONCONSTRUCTIE.	6
5.3. INDIRECTE VERDEDIGING	7
5.3.1. BREUKSTEENCONSTRUCTIE.	9
5.3.2. PALENRIJ.	10
6. HERGEBRUIK	11
7. HOEVEELHEDEN	12
8. KOSTEN	13
9. SELECTIE AAN DE HAND VAN DE GEWENSTE SITUATIE	14
10. CONCLUSIE	16
LITERATUUR	17

BIJLAGEN:

- bijlage 1. dwarsprofielen.
- bijlage 2. windsnelheden.
- bijlage 3. foto's kwelderrand

KWELDERRANDVERDEDIGING NIEUWLANDSRIJD

SAMENVATTING

Door de directie Friesland van de Rijkswaterstaat is aan de DWW gevraagd een aantal alternatieven aan te geven voor de verbetering van de in slechte staat verkerende kwelderrand Nieuwlandsrijd te Ameland. De bestaande verdediging is ernstig beschadigd en de functie van de kwelderrand loopt hierdoor gevaar. De verdediging valt niet onder de "DELTAWET". De golfrandvoorwaarden zijn voor het gebied bepaald en er zijn een aantal alternatieven uitgewerkt voor een directe en een indirecte verdediging. Voor elk van de alternatieven is bekeken in hoeverre hergebruik van materialen uit de bestaande constructie mogelijk is. Tevens is van deze alternatieven een hoeveelheidsberekening en een kostenschema opgesteld. Met een keuzematrix is gekeken welk alternatief het best bij deze situatie past. De voorkeur gaat uit naar een indirecte verdediging met een dubbele palenrij of een directe verdediging van breuksteen.

1. INLEIDING

In notitie ANW-89.20 van directie Friesland [lit. 1] wordt voorgesteld de bestaande kwelderrandverdediging van Nieuwlandsrijd te verbeteren of te vervangen, wegens geconstateerde, talrijke schadeplekken. Verwijderen van de sterk beschadigde kwelderrandverdediging is geen oplossing omdat dan achteruitgang van de oever zal optreden vanwege de regelmatige golfaanval. De kwelderrand is door Rijkswaterstaat aangelegd en wordt volgens afspraken met de eigenaren door Rijkswaterstaat onderhouden. Het oostelijk deel is zodanig beschadigd dat vervanging van de constructie gewenst is, het westelijk deel van deze verdediging is in een zodanige staat van onderhoud dat met het opknappen hiervan kan worden volstaan.

Enige uitbreiding van de oeververdediging in oostelijke richting waar geen verdediging aanwezig is, is gewenst om een vloeiende kustlijn te krijgen. In het verleden bleek dat hier door golfaanval achteruitgang van de onverdedigde kwelderrand optrad. (zie foto's op bijlage 3)

In de notitie worden twee principe oplossingen voor het oostelijke deel aangegeven:

- vervanging van de bestaande constructie door een nieuwe, directe verdediging
- vervanging door middel van een indirecte vooroever-verdediging.

Aan de DWW is gevraagd om deze principe-oplossingen aan de hand van enkele alternatieven uit te werken, waarbij de nadruk diende te liggen op de vooroeverbescherming.

In deze notitie wordt derhalve geen aandacht besteed aan het opknappen van het westelijk deel van de kwelderrandverdediging.

2. BESTAANDE SITUATIE

De aanwezige verdediging is gelegen op een niveau van circa +0.20 meter NAP tot +1.5 à 2.0 meter NAP (zie bijlage 1, dwarsprofielen) en bestaat voor het grootste gedeelte uit een laag van 0.07 m koudasfalt op een ondergrond van rietmatten en is aan de Waddenzee zijde afgedekt met een laag breuksteen of basaltblokken. Het meest westelijke deel van de verdediging bestaat uit een gezette steen constructie, met een teenverdediging van breuksteen. Het gedeelte dat bestaat uit de laag koudasfalt met breuksteen/basalt vertoont grote schade, in de vorm van ontbrekende stenen en asfalt en aanzienlijke erosiekuilen. De gaten en gedeelten met grote schade zijn regelmatig gerepareerd met uiteenlopende materialen.

De overgangen van de verdediging naar de kwelder vertonen over de gehele lengte van de verdediging schadeplekken, in de vorm van verdwenen stenen en kuilen. (Zie de foto's in de bijlage van notitie ANW-89.20 [lit. 1])

Voor de kwelderrand is een zeer flauw verlopend voorland aanwezig met een breedte van gemiddeld circa 1000 meter aanwezig.

3. GEWENSTE SITUATIE

Gewenst wordt een verdediging die de ligging van de bestaande kwelderrand handhaaft, waarbij de verdediging zo goed mogelijk in het karakteristieke Waddenlandschap past. Hierbij dient zoveel mogelijk ruimte te worden geboden aan de ontwikkeling van de natuur en aan de huidige functie van de kwelderrand. De kwelder wordt gebruikt als weidegrond voor een organisatie van plaatselijke veehouders. Door de wijze van beheer heeft de kwelder de nu aanwezige natuurwetenschappelijke en landschappelijke waarde gekregen. De toe te passen materialen zullen zo min mogelijk een belasting voor het milieu mogen vormen. Hergebruik van de aanwezige verdedigingsmaterialen moet zoveel mogelijk worden nagestreefd.

4. RANDVOORWAARDEN

De functie van de oeververdedigingsconstructie is het beschermen van de achtergelegen kwelder, die gebruikt wordt als weide voor vee. De kwelder komt meerdere keren per jaar onder water, deze situatie moet gehandhaafd blijven. Achter de kwelder ligt een waterkering die aan de "Deltawet" voldoet.

De meest ongunstige belastingsituatie voor de kwelderrand treedt op bij een storm uit het Zuidwesten, vanwege een strijklengte van ongeveer 90 kilometer, bij een waterstand die gelegen is op het gemiddelde niveau van de kruin van de kwelderrand, zijnde +1.5 meter NAP. Onder deze omstandigheden wordt de kwelderrand het zwaarst door golven aangevallen. Bij een hogere waterstand ligt de kwelderrand onder water en is er nauwelijks sprake van golfaanval, bij een lagere waterstand worden de golven opgevangen door het aanwezige lange voorland.

Aangezien hier sprake is van een situatie waarbij de veiligheid van het achterland niet in het geding is, kan de constructie een beperkte levensduur hebben, en kan worden volstaan met het beschouwen van de golfbelastingen die worden opgewekt bij windcondities die eens in de 50 à 100 jaar voorkomen. Voor het Waddengebied betekent dit windsnelheden van circa 30 meter per seconde (bijlage 2: windsnelheden).

Door het volgen van de aanpak volgens Brettschneider voor het bepalen van de golfgroei in de Waddenzee, en het toepassen van het programma ENDEC voor de golfvoortplanting van de diepwatergolven op het voorland voor de kwelderrand, kan de golfaanval worden berekend onder de aangegeven omstandigheden. In tabellen 1 en 2 is het resultaat van de golfberekeningen weergegeven. In de tabellen zijn tevens de aangehouden dieptes per vak aangegeven.

tabel 1: resultaat golfberekeningen volgens Brettschneider

Stormvloedpeil +1.50 meter NAP Windsnelheid 30 m/s, zuidwesten wind				
VAK nr.	Diepte (m)	Fetch (km)	Golfhoogte (m)	Golfperiode (s)
1	1.0	10.00	0.46	3.25
2	3.0	2.50	0.91	3.46
3	1.0	5.00	0.49	3.50
4	2.0	2.50	0.74	3.30
5	11.5	3.00	1.40	4.09
6	1.5	13.00	0.68	4.06
7	3.0	10.00	1.04	4.22
8	2.5	10.00	1.01	4.90
9	1.0	15.00	0.48	3.50
10	2.3	15.00	0.86	4.15

tabel 2: resultaat golfberekeningen met ENDEC

Startwaarde: Hs = 0.86 m Ts = 4.15 s			
AFSTAND UIT DE KUST [m]	DIEPTE [m]	Hs [m]	OPMERKINGEN
1600	3.0	0.86	<- Beginpunt ENDEC is eindpunt Brettschneider
1200	0.5	0.82	
800	0.2	0.70	
400	0	0.61	
200	-0.2	0.57	
100	-0.2	0.55	
80	-0.2	0.54	<- golfhoopte bij vooroever
60	-0.3	0.54	
50	-0.3	0.53	<- golfhoopte bij paalscherm
40	-0.3	0.53	
30	-0.3	0.53	
20	-0.3	0.53	
10	-0.3	0.52	
5	-0.3	0.52	<- golfhoopte bij oever
0	-1.5		

Bij de ENDEC berekeningen is uitgegaan van een "gemiddeld" profiel. Dit profiel komt vrijwel overeen met dat van raai 700 in bijlage 1.

5. ALTERNATIEVE OPLOSSINGEN

Er zijn twee principe oplossingen mogelijk, met daarbinnen een aantal varianten. Dit zijn de directe verdediging en de indirecte verdediging.

Als varianten zijn bij de directe verdediging een breuksteenconstructie, een verdediging van zetsteen (basalton) en een bescherming van colloïdaal beton nader uitgewerkt.

Als varianten bij de indirecte verdediging zijn vooroeververdedigingen beschouwd, bestaande uit een breukstenen dam of een palenrij.

Aan de hand van criteria die uit de gewenste situatie voortvloeien en een beschouwing over de kosten voor aanleg en onderhoud, is bekeken of een voorkeur kan worden uitgesproken voor een alternatief.

Bij elk van de varianten is bekeken in hoeverre hergebruik van het aanwezige beschermingsmateriaal mogelijk is.

Bij de plaatselijk aanwezige slenken kan de verdediging onderbroken worden. Dit is van toepassing op zowel de directe als de indirecte vooroeververdediging. Bij toepassing van een indirecte vooroeververdediging zal het het water tussen de oever en de verdediging rustig van karakter zijn. Dit kan van invloed zijn op de neerslag van slibdeeltjes. In hoeverre dit een aangroei van land kan bevorderen is niet bekend.

5.2. DIRECTE VERDEDIGING

De belasting op de directe verdediging kan uit tabel 2 worden afgeleid. Deze wordt gevormd door een golf met een hoogte van 0.52 m, met een periode van ongeveer 4 seconden.

In tabel 3 zijn de gegevens vermeld, die voor de dimensionering van de drie genoemde varianten gelijkloidend zijn. Tevens zijn enkele karakteristieke dimensies vermeld.

tabel 3: Hydraulische belasting op de directe verdediging.

golven:	Hs = 0.52 m Ts = 4.15 s
waterstand:	D = 1.5 m + NAP
windsnelheid:	w = 30 m/s
frequentie:	f = 1*/50 à 1*/100 jaar
belasting:	n = 3000 golven

5.2.1. BREUKSTEENCONSTRUCTIE.

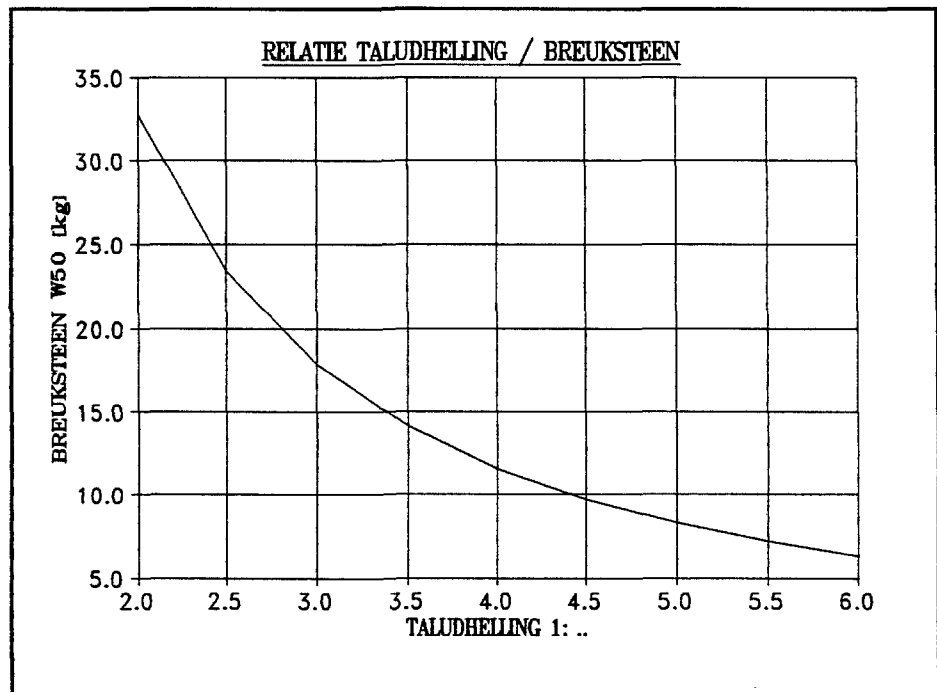
De benodigde afmetingen en hoeveelheid van de breuksteen is bepaald met behulp van de formule van Van der Meer [lit 2]. In tabel 4 is de uitkomst van deze berekening vermeld.

tabel 4 Dimensies directe breuksteenverdediging

FORMULE VAN DER MEER				
INVOERGEGEVENS:			UITVOERGEGEVENS	
golfhoogte Hs:	[m]	0.52	W50 breuksteen: [kg]	11.6
golfperiode Ts:	[s]	4.15	D50 breuksteen: [m]	0.19
hellingshoek talud alfa 1: ..	[-]	4	benodigde massa: [kg/m ²]	462
permeabiliteitscoëfficiënt P	[-]	0.40		
schadefactor S:	[-]	2		
dichtheid bekledingsmateriaal:	[kg/m ³]	2650		
dichtheid water:	[kg/m ³]	1030		
aantal golven N:	[-]	3000		
vormfactor van de blokken sf:	[-]	0.60		
percentage holle ruimte n:	[%]	0.40		
versnelling van de zwaartekracht g:	[m/s ²]	9.82		

De benodigde W50 van 11.6 kg zit tussen een standaard steensortering van 5-40 kg (W50 = 13 - 26 kg) en van 80/200 mm (W50 = 3.1 - 9.3 kg) in.

Figuur 1 geeft aan dat via variatie van de helling van het talud een goede keuze gemaakt kan worden tussen de beide sorteringen. Indien gekozen wordt voor een talud van 1:5, kan een 80/200 mm sortering worden gebruikt. Bij een talud van 1:3 moet een 5-40 kg steensortering worden gebruikt.



figuur 1: W50 breuksteen als functie van de taludhelling

5.2.2. ZETSTEENCONSTRUCTIE.

Als alternatief voor de breuksteenconstructie is een constructie in zetsteen van basalt te bekijken. De gegevens van de golfaanval staan vermeld in paragraaf 5.2. Voor de berekening van de zetsteenconstructie is gebruik gemaakt van het programma REVET wat gebaseerd is op de formule:

$$\frac{H_s}{\Delta D} = \psi * \phi * \frac{\cos \alpha}{\xi_z^b} \quad [\text{lit. 3}]$$

hierin is :

- Hs = golfhoogte [m]
- Δ = relatieve soortelijke massa
- D = dikte van de bekleding
- Ψ = stabiliteits opwaarderingsfactor, afhankelijk van de constructie
- Φ = waarde voor de sterkte van de bekleding
- α = hellingshoek van het talud
- ξ_z = golfbreker parameter
- b = exponent van de golfbrekerparameter

De uitkomsten van de berekening met het programma REVET staan in tabel 5.

tabel 5: berekening zetsteen

berekening met REVET			
INVOERGEGEVENS:			UITVOERGEGEVENS:
tang	alfa [-]	1:3	
Hs	[m]	0.52	D = [m] 0.17
Δ	[-]	1.3	
psi	[-]	2.00	
b	[-]	0.67	

De berekeningsmethode met "RENET" is conservatief. De benodigde dikte van de blokkenbekleding kan daarom afgerond worden op 0.15 m.

5.2.3. COLLOIDAAL BETONCONSTRUCTIE.

Als laatste alternatief voor een directe verdediging is gekeken naar een plaatconstructie van colloïdaal beton. Analoog aan de berekeningswijze zoals deze wordt voorgesteld in "Plaatbekleding van open colloïdaal beton" [lit. 4] is voor de berekening van de dikte van de plaat gebruik gemaakt van een vergelijkbare berekening zoals bij de dikte van de basaltbekleding. Voor de phi-faktor ($H/\Delta d$) is hier een waarde van 13 aangenomen.

$$d = \frac{HS}{\Delta} * \frac{1}{13}$$

tabel 5: berekening betonplaat

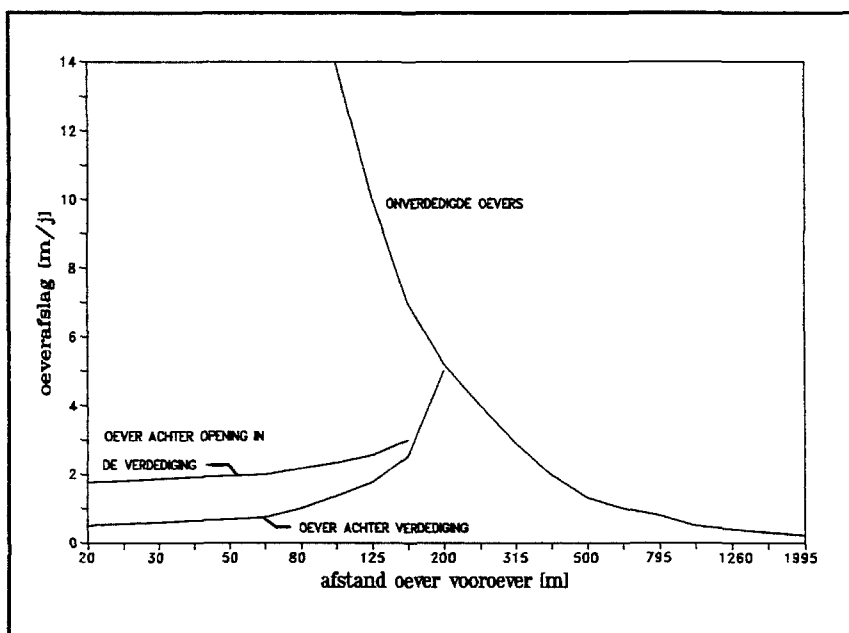
berekening betonplaat					
INVOERGEGEVENS:			UITVOERGEGEVENS:		
tang	alfa [-]	1:3	D =	[m]	0.09
Hs	[m]	0.52			
Δ	[-]	0.8			

De dikte van de plaatbekleding is afgerond op 0.10 m

De berekeningswijze van de plaatbekleding is lang niet volledig maar geeft een indicatie van de benodigde dikte van de plaat. Op dit moment is bij Breskens een proefproject met een plaatbekleding van colloïdaal beton gerealiseerd. Bij de keuze voor een plaatbekleding van colloïdaal beton kunnen de gegevens van dit project betrokken worden.

5.3. INDIRECTE VERDEDIGING

Voordat de golfaanval op de indirecte verdediging kan worden bepaald, dient eerst de ligging van de constructie op het voorland te worden vastgesteld. Uit een uitgebreide evaluatie van vooroeververdedigingen in de Zeeuwse meren is gebleken [lit. 5], dat de vooroeververdediging niet te ver uit de oever dient te liggen, in verband met mogelijke golfgroei achter de constructie. Een afstand van circa 80 meter tussen oever en vooroeverconstructie lijkt nog net te voldoen (zie fig 2). Gezien de overeenkomst tussen de geometrie van het voorland voor de kwelder Nieuwlandsrijd en de lange ondiepe vooroevers in de Zeeuwse meren, lijkt het gerechtvaardigd om deze afstand van 80 meter ook hier te hanteren. De waarden blijven echter indicatief, omdat de grafiek is afgeleid voor een vaste waterstand.



figuur 2: oeverafslag als functie van de afstand tussen oever en vooroever

De vooroeverbescherming zou dan op een niveau van ongeveer +0.20 meter NAP moeten worden aangebracht. De hoogte van de constructie, dat wil zeggen het niveau van de kruin van de verdediging, hangt af van de waterstand, de invallende golfhoogte en de toegestane doorgaande golf.

Volgens de ENDEC berekeningen bedraagt de invallende golf op die plaats ongeveer 0.54 meter. De daarbij behorende waterstand was reeds vastgesteld op +1.50 meter NAP, zie de paragraaf Randvoorwaarden. Met behulp van relaties 5.9 t/m 5.11 uit hoofdstuk 5 van [lit. 5], kan het niveau van de kruin worden vastgesteld, voor een breukstenen constructie. Als criterium is hiervoor genomen dat de golfaanval minimaal tot de helft van de inkomende golfhoogte gereduceerd moet worden en dat de kruin van de dam niet hoger mag worden dan de kwelderrand.

Bij toepassing van een indirecte verdediging zal altijd nog enige golfaanval op de directe oever aanwezig blijven. De golven worden niet volledig gedempt en de afstand tussen de vooroever en de oever geeft de golven de gelegenheid om te groeien. Indien de directe oever verder niet verdedigd wordt zal toch nog enige afslag kunnen plaatsvinden. Wordt deze ontoelaatbaar geacht, dan is het flauwer maken van het talud van de kwelderrand, eventueel in combinatie met het aanbrengen van natuurlijke materialen zoals schelpen een mogelijke remedie. Bij de toepassing van een vooroeververdediging is het ook mogelijk dat de kwelder enigszins aangroeit, door een mogelijke verhoging van het voorland.

5.3.1. BREUKSTEENCONSTRUCTIE.

- Dimensionering toplaag.

Met de formule van Van der Meer is de toplaag van de breukstenen dam berekend. In de tabel 6 zijn de gegevens voor de berekening vermeld.

tabel 6: Dimensies indirecte breuksteenverdediging.

FORMULE VAN DER MEER			
INVOERGEGEVENS:			UITVOERGEGEVENS:
golfhoogte H_s :	[m]	0.54	W50 breuksteen: [kg]
golfperiode T_s :	[s]	4.15	D50 breuksteen: [m]
hellingshoek talud alfa 1: ..	[-]	3	benodigde massa: [kg/m ²]
permeabiliteitscoëfficiënt P	[-]	0.40	
schadefactor S	[-]	2	
dichtheid bekledingsmateriaal:	[kg/m ³]	2650	
dichtheid water:	[kg/m ³]	1030	
aantal golven N:	[-]	3000	
vormfactor van de blokken sf:	[-]	0.60	
percentage holle ruimte n:	[%]	0.40	
versnelling van de zwaartekracht g:	[m/s ²]	9.82	

Voor de toplaag van de vooroeververdediging is een breuksteensortering van 5-40 kg (W50 = 13 - 26 kg) nodig.

-Bepaling kruinhoogte.

Bij het bepalen van de hoogte van de vooroeververdediging is gekeken naar de grootte van de doorgaande golven. Een kleinere doorgaande golf geeft minder afslag aan de oever. Gekeken is naar drie verschillende hoogten. In tabel 7 zijn deze verschillende hoogten aangegeven met de daarbij behorende golftransmissie:

tabel 7: relatie tussen de inkomende en doorgaande golf bij verschillende hoogten van de vooroeververdediging. (formules 5.9 t/m 5.11 lit.5)

inkomende golf H_i 0.54 [m]	
hoogte dam t.o.v.NAP +1.50 [m]	doorgaande golf H_t [m]
- 0.20 m	0.31
0.0 m	0.25
+ 0.20 m	0.18

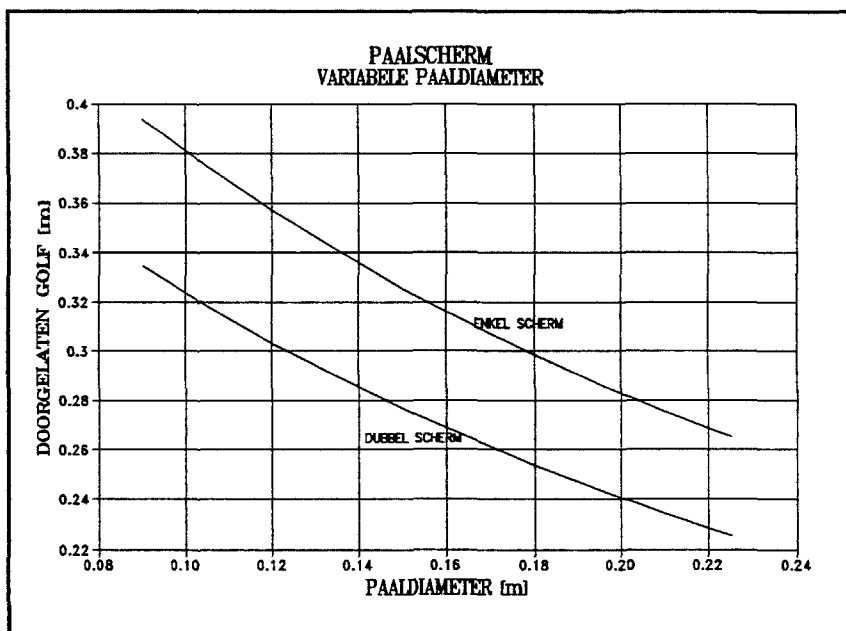
Er is gekozen voor een damhoogte van 1.50 m + NAP. Hierbij treedt een doorgaande golf op van 0.25 m. Deze golfhoogte is nog acceptabel. Bij een lagere dam zal te weinig reductie van de inkomende golf optreden. Een hogere dam geeft nog een betere golfhoogte reductie, echter dit is visueel niet meer aantrekkelijk, de dam steekt dan boven de kwelderrand uit. Om de afwatering van de kwelder niet te belemmeren, dient een aan te brengen vooroeververdediging te worden onderbroken ter plaatse van de aanwezige geultjes.

5.3.2. PALENRIJ.

Behalve naar constructies van breuksteen, is tevens gekeken naar een vooroeverbescherming bestaande uit een enkele of dubbele palenrij. Hiervoor is gekozen omdat dergelijke palenrijen voor een effectieve golfdemping kunnen zorgen. Voorts zijn palenrijen al jaren in het Waddengebied gebruikt bij landaanwinningsprojecten en als zodanig vormen ze een karakteristiek onderdeel van het landschap. De palenrij kan op dezelfde afstand uit de oever worden aangebracht als de stenen constructies, maar is waarschijnlijk effectiever op een wat kleinere afstand, ongeveer 50 meter uit de oever. In figuur 3 staan de karakteristieken van de palenrij(en) vermeld. De berekening van de golftransmissie is gebaseerd op formules 5.12 en 5.13 uit [lit.5].

In figuur 3 is de invloed van de paaldiameter op de golfreductie aangegeven voor zowel een enkele als een dubbele palenrij. Voor de afstand tussen de palen is gekozen voor 0.05 m. Een dubbele palenrij en een paaldikte van 0.20 m zal een golfreductie tot 0.24 m tot gevolg hebben, een paaldikte van 0.15 m een golfreductie tot 0.27 m. De afstand tussen de twee palenrijen bedraagt circa 0.2 m.

Bij de toepassing van een dubbele palenrij is het mogelijk om in een later stadium



figuur 3: Golftransmissie bij palenrijen.

materiaal, zoals rijshout, tussen de palenrijen aan te brengen. Dit zorgt dan voor een nog betere golfdemping. Een enkele palenrij laat golven door die ongeveer 15% hoger zijn dan bij de dubbele palenrij.

De bovenkant van de palen dient ongeveer op het beschouwde stormvloedpeil te liggen (+1.50 NAP). De palen zullen dan ongeveer 1.20 meter boven het zand uitsteken. De lengte van de toe te passen palen dient dan tussen 3.0 en 3.5 meter te zijn.

Voor de toepassing van palen in een zout milieu kan bijvoorbeeld verduurzaamd Europees grenen toe te passen of een tropisch hardhout soort. Elk vorm van verduurzaming heeft echter als gevolg van uitloging een negatieve invloed op het milieu.

Ook hier geldt dat de directe oever onder invloed van de doorgaande golven nog enigszins kan afslaan.

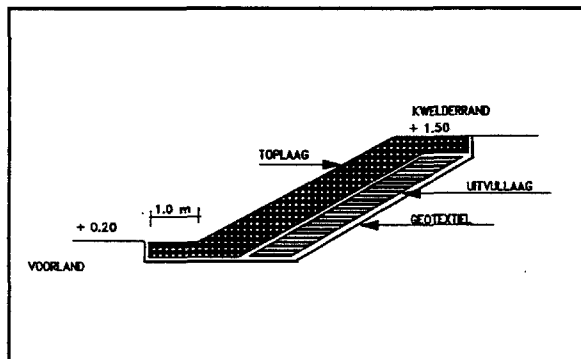
6. HERGEBRUIK

De materialen die uit de bestaande oeverconstructie vrij komen kunnen voor hergebruik toegepast worden. Het aanwezige asfalt kan opgenomen worden en in kleine stukken worden gebroken. Dit materiaal is als filter- of uitvullaag/kernmateriaal toepasbaar, boven een aan te brengen kunststoffilter. De aanwezige breuksteen kan als toplaag worden hergebruikt. Deze toplaag kan indien nodig worden vastgelegd met een penetratiemortel, waarbij colloïdaal beton de voorkeur verdient boven gietasfalt. Bij hergebruik moet de waarde van het materiaal vooraf worden bepaald.

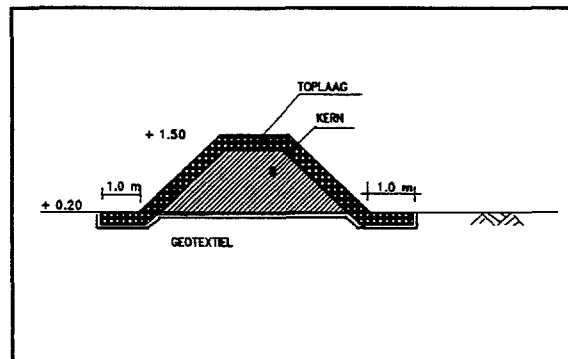
Wanneer gekozen wordt voor een oplossing met palenrijen, is hergebruik niet mogelijk en dienen alle aanwezige materialen verwijderd te worden. Er kunnen mogelijk palen van recycling kunststof toegepast worden.

7. HOEVEELHEDEN

Voor elk van de mogelijke varianten zijn de benodigde hoeveelheden bepaald. Er is gerekend met een kunststof-filter (geotextiel) op de ondergrond. De directe oeververdediging bestaat uit een laag van 0.25 m uitvulmateriaal waar de aanwezige materialen voor kunnen worden toegepast. Verder is rekening gehouden met een teen van circa 1 m lengte. De principe oplossing staat voor de directe oeververdediging in de figuur 4. Bij de indirecte oeververdediging is een bodem bescherming van een kunststoffilter met wiepen waarop het kernmateriaal wordt aangebracht. De toplaag wordt hier overheen aangebracht. Er is rekening gehouden met een teen van circa 1.0 m. De principe oplossing is in figuur 5 gegeven.



figuur 4: principe oplossing directe verdediging



figuur 5: principe oplossing indirecte verdediging.

tabel 8: hoeveelhedenstaat

ALLE EENHEDEN PER m ²	MATERIAAL	LAAGDIKTE	MASSA	HOEVEELHEID	EENHEID	TALUD
DIRECTE OEVERVERDEDIGING						
BREUKSTEENCONSTRUCTIE	breuksteen 80/200 mm	0.24 m	400	3200	kg	1:5
	uitvulmateriaal	0.25 m	400	2800	kg	
	kunststoffilter	---- m	---	10	m	
BASALTON:	blokken	0.15 m	300	1230	kg	1:3
	uitvulmateriaal	0.25 m	400	1640	kg	
	kunststoffilter	---- m	---	5	m	
PLAATBEKLEDING:	betonplaat	0.10 m	180	738	kg	1:3
	uitvulmateriaal	0.25 m	400	1640	kg	
	kunststoffilter	---- m	---	5	m	
INDIRECTE OEVERVERDEDIGING						
BREUKSTENENDAM	breuksteen 5-40 kg	0.35 m	600	5280	kg	1:3
	kernmateriaal	0.95 m	400	4830	kg	
	kunstst.filter+wiepen	0.10 m	---	7	m	
PALENRIJ	1 enkel	palen d = 0.15 m	--	16.25	m	vert
	2 dubbel	d = 0.15 m	--	32.5	m	vert
	3 enkel	d = 0.20 m	--	13	m	vert
	4 dubbel	d = 0.20 m	--	26	m	vert
EXTRA DIR. VERDEDIGING	schelpen	d = 0.50 m	0.50 m	---	m ³	1:5

8. KOSTEN

De kosten van elke variant zijn aan de hand van de hoeveelhedenstaat bepaald. Als bron is gebruikt "Milieu-vriendelijke oevers, [lit. 5] voorlopige leidraad." van de CUR. De prijzen zijn bepaald per strekkende meter oever en geven een indicatie van de kosten. Voor de kosten van de reeds aanwezige materialen is een verwerkingsbedrag opgevoerd. De kosten voor het verwijderen en afvoeren van het materiaal zijn niet in deze tabel opgenomen.

tabel 9: kosten per m'

	materiaal	hoeveelheid	prijs / eenheid incl verwerking	totaal
directe verdediging breuksteenconstructie	breuksteen 80/200 mm	3200 kg	0.03/kg	fl 96
	restmateriaal	2800 kg	0.01/kg	fl 28
	kunststoffilter	10 m ²	3.00/m ²	fl 30
	totaal			fl 154
basaltonconstructie	basalton 0.15 m	1230 kg	0.14/kg	fl 172
	restmateriaal	1640 kg	0.01/kg	fl 16
	kunststoffilter	5 m ²	3.00/m ²	fl 15
	totaal			fl 203
betonplaatbekleding	beton 0.10 m	0.41 m ³	225/m ³	fl 92
	restmateriaal	1640 kg	0.01/kg	fl 16
	kunststoffilter	5 m ²	3.00/m ²	fl 15
	totaal			fl 123
indirecte verdediging breukstenendam	breuksteen 5/40 kg	5280 kg	0.03/kg	fl 158
	restmateriaal	4830 kg	0.01/kg	fl 48
	kunststoffilter/wiepen	7 m ²	10.0 /m ²	fl 70
	totaal			fl 276
palenrij 0.15 enkel 0.15 dubbel 0.20 enkel 0.20 dubbel	palen 3.25 m	16.25 m	10 /m	fl 162
	palen 3.25 m	32.5 m	10 /m	fl 325
	palen 3.25 m	13 m	15 /m	fl 195
	palen 3.25 m	26 m	15 /m	fl 390
schelpen		3 m ²		
DE KOSTEN ZIJN PER STREKKENDE METER OEVERVERDEDIGING BEPAALD				

9. SELECTIE AAN DE HAND VAN DE GEWENSTE SITUATIE

In tabel 5 worden de diverse varianten onderling afgewogen. Daarbij zijn landschappelijke inpasbaarheid, ecologische functie, hergebruik materialen en instandhouding kwelderrand als selectiecriteria aangehouden, op de wijze als hieronder is aangegeven. De kosten van elke variant worden afzonderlijk beschouwd.

landschappelijke inpasbaarheid	+	=	past goed in het landschap
	o	=	doet geen afbreuk aan het landschap
	—	=	doet afbreuk aan het landschap
ecologische functie	+	=	biedt zowel mogelijkheden voor aangroei van organismen als gebruik als rust- en fourageerplaats voor vogels
	o	=	bepaalde mogelijkheden voor organismen of vogels
	—	=	nauwelijks mogelijkheden voor fauna
hergebruik materialen	+	=	al het vrijgekomen materiaal kan worden hergebruikt
	o	=	een gedeelte van de vrijgekomen materialen kan worden hergebruikt
	—	=	er is geen hergebruik mogelijk, al het materiaal moet afgevoerd worden
instandhouding kwelderrand	+	=	de kwelderrand is gefixeerd
	o	=	enige erosie of aangroei van kwelder is mogelijk
	—	=	doorgaande erosie van kwelderrand

tabel 10: selectieschema

	inpasbaar in het landschap	ecologische functie	hergebruik	instandhouding kwelderrand
direct breuksteen	o	o	o	+
basalton	-	-	o	+
colloïdaal	-	-	o	+
indirect breuksteen	-	+	+	o
palenrij enkel	+/o	o	-	-
palenrij dubbel	+/o	o	-	o

Toelichting op het selectieschema:

De directe verdedigingen vormen een vreemd element in het waddegebied. In dit opzicht is de breuksteen verdediging minder storend vanwege het gebruik van alleen natuurlijke materialen. De indirecte breuksteen verdediging is de meest storende variant, vanwege de plompverloren ligging op het flauw verlopende, zandige voorland. De afmetingen van de constructie, die het grootste deel van de tijd in zijn geheel boven water uitsteekt, versterken dit nadelige beeld. De palenrijen zijn een vertrouwd en geaccepteerd element in het waddegebied geworden. Ondanks het kunstmatige karakter passen deze palenrijen daarom in goed in het landschap.

Op de breukstenen constructies is aangroei van allerlei organismen mogelijk. De indirecte verdediging biedt daarnaast de mogelijkheid voor allerlei vogels om ongestoord te foerageren en uit te rusten. De oever achter de indirecte verdediging kan een natuurlijk verloop krijgen, met de daarbij behorende flora en fauna. De palenrijen bieden alleen de mogelijkheid van rustplaats, aangroei zal hier van geen betekenis zijn. Dit laatste geldt waarschijnlijk ook voor de zetstenen en colloïdaal betonnen, directe verdediging.

Bij de indirecte breuksteen verdediging is hergebruik van al het aanwezige materiaal mogelijk, als kernmateriaal voor de dam. Bij de directe verdediging is gedeeltelijk hergebruik mogelijk, in de vorm van opvulmateriaal onder de top laag. Bij de palenrijen dient al het materiaal te worden afgevoerd.

De directe verdedigingen zorgen voor de beste instandhouding van de kwelderrand. Achter de indirecte breuksteen verdediging en dubbele palenrij is door de overgebleven golfwerking nog wel enige erosie mogelijk, doch onder bepaalde omstandigheden tevens sedimentatie. Welke van de twee overheersend is, is moeilijk aan te geven. Achter de enkele palenrij zal waarschijnlijk erosie overheersen en zijn extra maatregelen, in de vorm van taludverflauwing en, eventueel, het aanbrengen van een schelpenrand noodzakelijk.

De kosten voor de constructies zijn te splitsen in aanleg- en onderhoudskosten. De aanlegkosten staan per m' vermeld in tabel 9. De directe verdedigingen en de enkele palenrijen steken gunstig af in aanlegkosten ten opzichte van de indirecte verdediging en de dubbele palenrij. Volgens het selectieschema (tabel 10) scoort de directe verdediging van breuksteen en de dubbele palenrij het hoogste. De dubbele palenrij heeft hogere aanlegkosten.

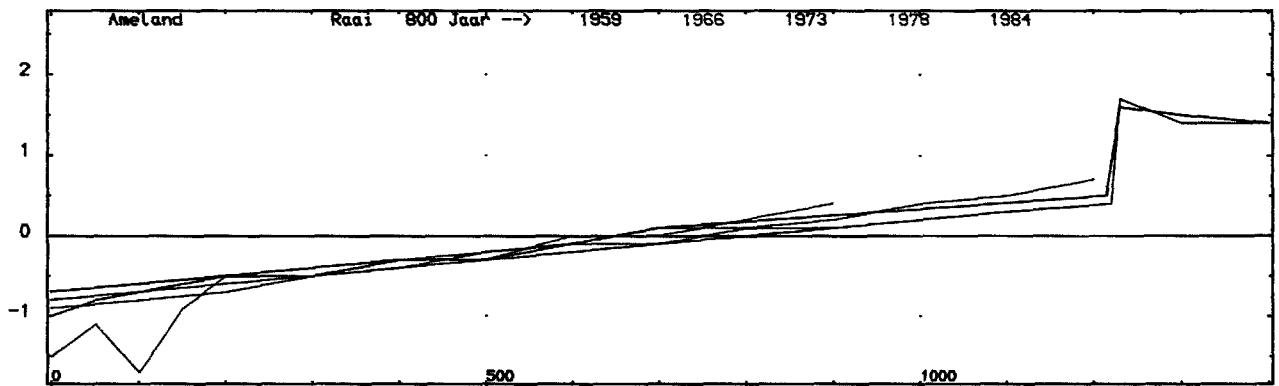
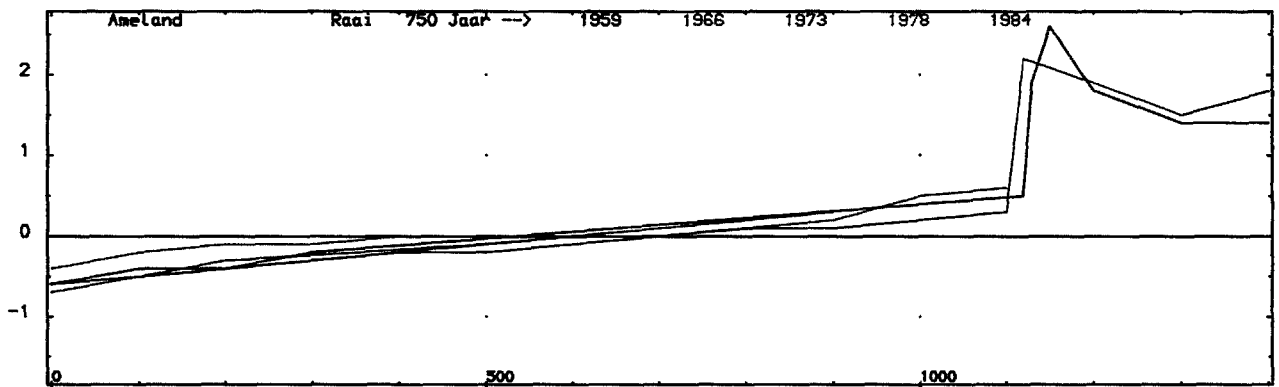
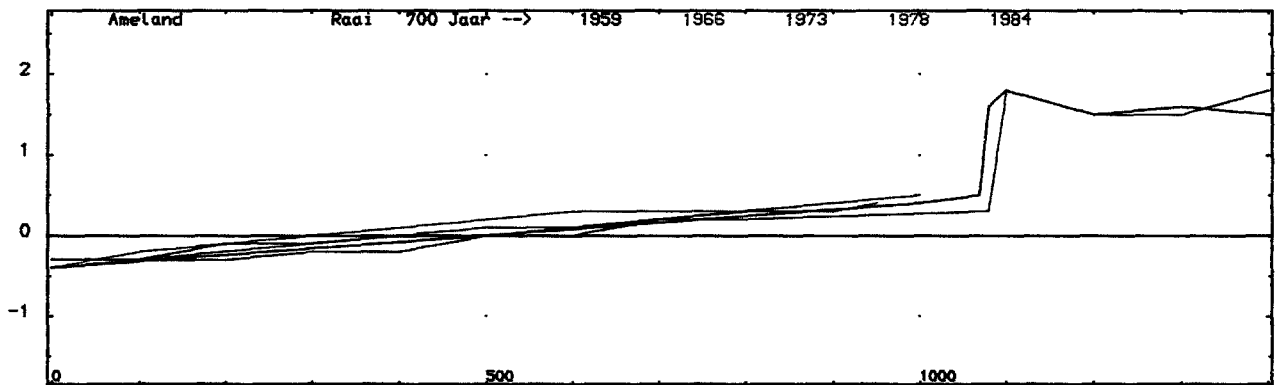
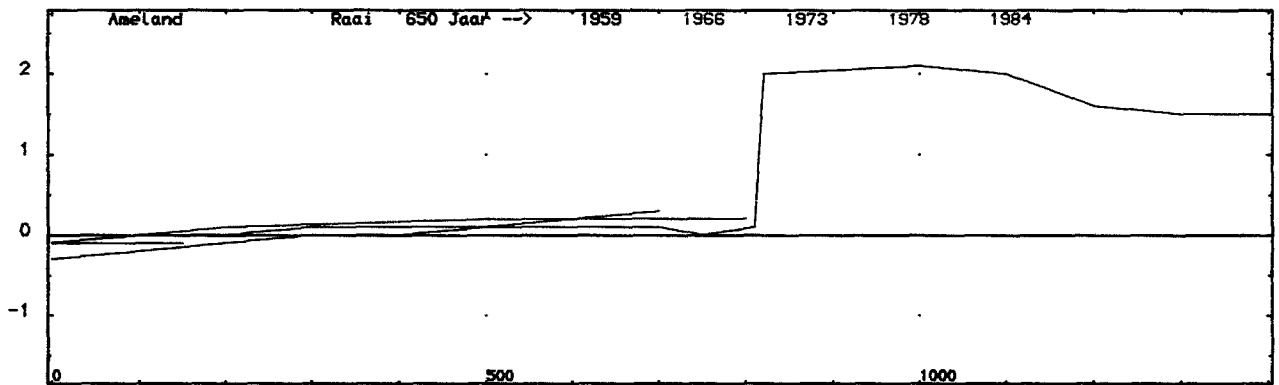
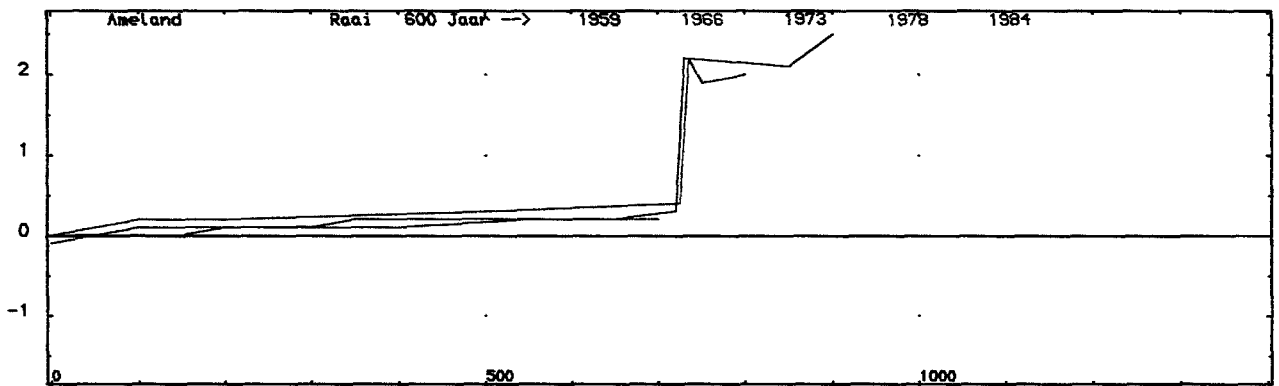
10. CONCLUSIE

De kwelderrandverdediging van Ameland dient opgeknapt te worden. De huidige verdediging is ernstig beschadigd en met lapmiddelen opgeknapt. Van de bekeken alternatieven is met een selectieschema de voor deze situatie meest gunstige oplossing bepaald. Het verschil in kosten tussen de oplossingen nuanceert deze keuze. Uit het totaal van vijf varianten zijn er twee geschikt. De directe oeververdediging van breuksteen welke op "inpasbaar", "ecologie" en "hergebruik" neutraal scoort en op "instandhouding" van de kwelderrand positief scoort. De indirecte oeververdediging met een dubbele palenrij welke op hergebruik negatief scoort, op ecologie en instandhouding van de kwelderrand neutraal en op inpasbaarheid positief. Aan het item "inpasbaar" is in dit geval de meeste waarde gehecht. De directe breuksteen verdediging is aanzienlijk goedkoper dan een dubbele palenrij. Hierbij dient te worden opgemerkt dat door lokale verschillen in prijs de hier gepresenteerde kosten kunnen afwijken.

LITERATUUR

- 1 \sphericalangle Verdediging kwelderrand Nieuwlandsrijd (Ameland)
Notitie ANW-89.20 Ir. A. Prakken
mei 1989
Rijkswaterstaat Directie Friesland
- 2 Sea Defences Dutch Guidelines on Dike Protection
K.W Pilarczyk
april 1987
Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde
- 3 Coastal protection
Proceedings of the short course on coastal protection
Krystian W. Pilarczyk
juli 1990
Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde
- 4 Plaatbekleding van open colloïdaal beton
Proefproject Breskens.
rapport 90-1
april 1990
Civieltechnisch Centrum uitvoering research en regelgeving;
- 5 Milieuvriendelijke oevers.
Voorlopige leidraad voor een integrale benadering van ontwerp, aanleg en beheer van oevers.
rapport 90-4
mei 1990
Civieltechnisch Centrum uitvoering research en regelgeving;
Rijkswaterstaat Project Milieuvriendelijke Oevers

---> Hoogte resp. diepte in meters t.o.v. NAP



LANDWAARTS <-- afstand in m uit hoofdmeetlijn --> ZEEWAARTS

bylage 3

