



Binnentalud tuimeldijk Afsluitdijk

'versterking van het groen'

advies versterkte grasmat

Binnentalud tuimeldijk Afsluitdijk

'versterking van het groen'

advies versterkte grasmat

Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
15 februari 1993
Dico C.van Ooijen en anderen
nota: WBA-N-93024

1. Rapport nr. WBA-N-93024	2. Serie nr.	3. Ontvanger catalogus nummer	
4. Titel en sub-titel Binnentalud tuimeldijk Afsluitdijk, 'versterking van het groen' advies versterkte grasmat		5. Datum rapport 15 februari 1993	
		6. Kode uitvoerende organisatie	
7. Schrijvers van Ooijen, D.C., v.d.Burg, A., Sprangers, J.T.C.M., Fliervoet, L.M.		8. Nr. rapport uitvoerende org.	
9. Naam en adres opdrachtnemer Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde Afdeling Advies Waterbouwkunde Postbus 5044 2600 GA Delft		10. Projectnaam	
		11. Kontakt nummer	
12. Naam en adres opdrachtgever Rijkswaterstaat Direktie Flevoland ir.E.J.v.d.Kaa Postbus 600 8200 AP Lelystad		13. Type rapport advies	
		14. Code andere opdrachtgever	
15. Opmerkingen			
16. Referaat Het advies betreft een beoordeling of een versterkte grasmat op het binnentalud van de tuimeldijk op de Afsluitdijk voldoet aan de eisen van de Deltacommissie. Daartoe is de hydraulische belasting van het binnentalud geschematiseerd en vergeleken met de ontwerprijn van het CIRIA-rapport 116, dan wel met de daarvoor uitgevoerde afstroomproeven. Verschillende mogelijke versterkingsmatten werden op materiaaleigenschappen bezien. Ook is in dit project door de vakgroep VPO van de L.U.Wageningen een inzaai en beheers-advies voor het proefproject versterkte grasmat gegeven. Tevens is een beheersadvies gegeven voor het nog niet versterkte gedeelte van de Afsluitdijk.			
17. Trefwoorden Afsluitdijk, versterkte grasmat, erosie, CIRIA		18. Distributie systeem	
19. Classificatie	20. Classificatie deze pagina	21. Aant.blz. 25	22. Prijs

Inhoud:

Inleiding	3
Doelstelling.	3
Gevolgdde procedure.	3
Versterkte grasmatt.	4
Inleiding.	
Uitgangspunten.	
Hydraulische belasting	
Beoordeling sterkte.	
CIRIA-rapporten	
verwaarlozingen	
toetsing sterkte	
Advies proefvak aangepast maaibeheer	11
J.T.C.M.Sprangers LUW/VPO	
L.M.Fliervoet AV/IKC/NBLF	
Advies proefproject versterkte grasmatt	15
(inzaai en beheer)	
J.T.C.M.Sprangers LUW/VPO	
L.M.Fliervoet AV/IKC/NBLF	
Materiaaleigenschappen en levensduur	17
A.v.d.Burg, RWS-DWW	
Inleiding	
Doelstelling	
Algemeen	
polyamide	
polyester	
polyetheen	
polypropeen	
Milieukundige aspecten	
Algemeen	
Hergebruik	
Duurzame ontwikkeling	
Leverbare produkten 3-D-matten	
Functionele eisen	
Kwaliteitscontrole	
Proefproject	22
Versterkte grasmatt	
Materiaaleisen	
Uitvoering	
Uitvoeringsdetails	
Opmerkingen	
Kosten	25

Inleiding.

In een studie in 1987/1988 (Flevoland, Bouwdienst, Dienst Weg- en Waterbouwkunde) is aangegeven dat de Delta-veiligheid van de Afsluitdijk wordt bedreigd door oppervlakkige afschuiving van het binnentalud van de tuimelkade en door erosie van dat talud. Om aan de Delta-veiligheid te voldoen is op basis van deze studie voorzien dat het binnentalud bekleed wordt met betonblokken.

Inmiddels heeft DWW een rekenwijze ontwikkeld waarmee aangetoond kan worden dat de oppervlakkige afschuivingen niet kunnen optreden.

Het faalmechanisme dat resteert is erosiebestendigheid van het talud onder maatgevende omstandigheden. Deze moet voldoen aan de eisen van de Delta-commissie.

Met de huidige kennis omtrent erosiebestendigheid van onversterkte graslandtaluds is geen afdoende garantie te geven dat het talud voldoet aan de eisen van de Deltacommissie.

Er wordt ook niet voorzien dat de onzekerheid over deze erosiebestendigheid op korte termijn in zekerheid omgezet kan worden. Daartoe is besloten dat het binnentalud minimaal met een versterkte grasmat zal worden bekleed.

Doelstelling.

Het nagestreefde doel van de versterkte grasmat is tweeledig:

- garanderen van de erosiebestendigheid volgens de eisen van de Delta-commissie.
- het behouden van een visueel aantrekkelijke graslandvegetatie op kruin en binnentalud.

Tevens worden adviezen opgenomen voor het beheer van de grasmat, zowel vòòr als ná het uitvoeren van de versterking, met het doel een optimale sterkte van de grasmat te bereiken.

Gevolgde procedure.

In een voorbereidende notitie is een inventarisatie gemaakt van verschillende mogelijkheden voor een versterkte grasmat. Deze notitie is voorgelegd aan een begeleidingsgroep waarin de volgende personen / deskundigheden vertegenwoordigd waren:

van Ooijen	RWS/DWW	projectleider DWW
Voogt	RWS/DWW	afdelingshoofd advies
Seijffert	RWS/DWW	gras- en erosiedeskundigheid
Muijs	RWS/DWW	gras- en erosiedeskundigheid
v.d.Burg	RWS/DWW	materiaaldeskundigheid
Kruse	GD	erosiedeskundigheid
Sprangers	LUW	vegetatiedeskundigheid
Fliervoet	IKC/NBLF	vegetatie / beheersdeskundigheid
Kolvoort	RWS/Flevoland	voorbereiding
Buursink	RWS/Flevoland	beheer

In een eerste bijeenkomst van de begeleidingsgroep op 19-01-1993 is gesproken over de verschillende aspecten die vanuit de verschillende deskundigheden van belang worden geacht. In een tweede bijeenkomst op 10-02-1993 is deze rapportage integraal ter discussie gesteld en aangepast aan de bemerkingen vanuit de begeleidingsgroep.

Versterkte grasmat.

Inleiding.

Versterkte grasmat bestaat uit een combinatie van een grasmat en een kunstmatig weefsel. Het kunstmatige weefsel is in of op de ondergrond aangebracht voordat de grasmat tot ontwikkeling komt. In de praktijk is op relatief jonge grasmat aangetoond dat versterkte grasmat een hogere belasting kan verdragen dan onversterkte grasmat.

De werking van de versterking in de ondergrond wordt toegedacht aan het opnemen van krachten door het kunstmatig weefsel, dat als een 'kunstmatig wortelgestel' zou functioneren. Er wordt verondersteld dat een hechte samenhang tussen kunstmatig weefsel, ondergrond en wortelgestel de grotere sterkte veroorzaakt. Het is derhalve van belang om zodanige omstandigheden te bewerkstelligen dat deze hechte samenhang kan ontstaan en wordt bevorderd.

Uitgangspunten.

Bij de selectie van alternatieve mogelijkheden is uitgegaan van het CIRIA-rapport 116, 'Design of reinforced grass waterways', dat de eerdere 'Technical Notes' 120 en 71 vervangt en overstijgt. Tevens worden de uitgangspunten van de notitie WBA-M-87038, 'Toelaatbare stroomsnelheden over de grasmat' van J.A.Hernandez van 14-09-1993 gehanteerd; deze uitgangspunten zullen in dit rapport nader worden onderbouwd waar dat in de notitie achterwege is gelaten.

Het rapport CIRIA 116 is toepasbaar voor grasbegroeiende overlaten op een relatief ondoorlatende ondergrond met eenzijdige afstroming. Dit is het geval bij de Afsluitdijk.

Hydraulische belasting.

Voor de hydraulische belasting is gebruik gemaakt van de afleiding zoals in bovenstaande notitie WBA-M-87038 is weergegeven. De afleiding wordt echter opnieuw uitgevoerd omdat onjuistheden in de afleiding zijn geconstateerd. Deze notitie is gebaseerd op het GD-rapport CO-287540/27 'stabiliteitsonderzoek Afsluitdijk' van juni 1987. Het GD-rapport op zijn beurt is weer gebaseerd op het WL-rapport H-24, 'Golfoverslag Afsluitdijk' van juni 1987.

Bij enkele van de rapporten zijn door de auteur bemerkingen gemaakt en worden tevens enkele bemerkingen toegevoegd. Te beginnen met het WL-rapport het volgende:

1. de snelheden opgegeven in de tabel voor de kruin en het fietspad zijn karakteristieke waarden (5% overschrijdingswaarden) (blz. 8)
2. voor de overschrijdingskrommen zijn alle metingen genomen die een laagdikte van 0,05 m. te boven gaan (blz. 14 r. 1-3), of met andere woorden: 100% overschrijdingspercentage komt overeen met 100% van de tijd dat er overslag plaatsvindt met een laagdikte van meer dan 0,05 m..
Dit houdt in dat voor de omrekening van het overschrijdingspercentage naar werkelijke tijdsduren moet worden vermenigvuldigd met de parameter 'tijd' (= percentage van de tijd dat er water langs het binnentalud stroomt) uit tabel 1.

De waarden voor de proeven die gebruikt worden in de afleiding zijn:
[%]

proef 1. : 'tijd' = 10,6 %
proef 9. : 'tijd' = 5,6 %
proef 10.: 'tijd' = 2,1 %
proef 11.: 'tijd' = 0,7 %

3. de snelheden onder de 'knik' in de grafieken voor 'snelheden van overslaand water' (onder ca. 1 m/s) zijn niet correct (blz.7, 5e alinea).

4. de scherpe stijging in het gebied van de hoogste paar procent in de grafieken zijn niet correct (blz.7, 6e alinea). Deze waarden zijn uit het bestand van de berekende snelheden verwijderd, doch in de grafische resultaten wel weergegeven. Bij aflezen uit de grafieken dient hiermede rekening te worden gehouden.
Bij het opnieuw uitvoeren van de afleiding uit het GD-rapport, wordt derhalve uitgegaan van de extrapolatie van het rechtlijnige verloop tussen ca. 50% en ca. 10 à 5% en niet van de in de grafiek weergegeven waarde. Wanneer op basis van de berekende snelheden tussen plaats 4 en 5 niet geextrapoleerd kan worden, wordt de extrapolatie evenwijdig aan een wel te extrapoleren lijn getrokken.

Op basis van bovenstaande opmerkingen wordt de afleiding op blz. 17 van het GD-rapport opnieuw uitgevoerd.

De werkwijze daarbij is als volgt: De Deltastorm wordt geschematiseerd in geschematiseerd in 4 perioden met bijbehorende waterstand; de significante golfhoogte is in ieder van die perioden gelijk aan 2,25 m. De frequentie-overschrijdingslijnen voor 'snelheid van overslaand water' uit WL-rapport H24 worden als rechten geschematiseerd en voor iedere periode van de storm wordt uit de betreffende overschrijdingslijn het overschrijdingspercentage bepaald voor een aantal snelheden. Deze overschrijdingspercentages worden omgezet naar een gesommeerde overschrijdingsduur tijdens de storm. Met de berekende snelheden / tijdsduren wordt de toetsing op sterkte uitgevoerd.

De Deltastorm wordt (conform GD-rapport) geschematiseerd in 4 waterstanden met bijbehorende periodes als volgt:

NAP + 5,35 m.	: 3,6 uur,
NAP + 4,60 m.	: 2,3 uur,
NAP + 3,80 m.	: 4,1 uur,
NAP + 3,00 m.	: 5,0 uur
	+ 15,0 uur

Er wordt aangenomen dat de significante golfhoogte gedurende de gehele 15 uur gelijk is aan $H_s = 2,20$ m., waardoor de gegevens van de proeven 1, 9, 10 en 11 gehanteerd worden.

Overschrijdingspercentages tijdens Deltastorm
afgelezen uit de grafieken 'snelheden van overslaand water' van de proeven 1, 9, 10 en 11.

	>2m/s	>4,5m/s	>6m/s	>8m/s	>10m/s	>12m/s
NAP + 5,35 m 3,6 uur;	99	60	28	7	0,95	0,09
NAP + 4,60 m 2,3 uur	100	77	35	6	0,4	0
NAP + 3,80 m 4,1 uur	100	74	40	12	2	0,1
NAP + 3,00 m 5,0 uur	100	90	50	10	1	0

Bovenstaande overschrijdingspercentages worden omgerekend naar minuten door vermenigvuldiging met de duur dat de proef representatief is tijdens de Deltastorm (bijv. 3,6 uur) en het percentage van die duur dat er water over het talud stroomt (10,6 %). De berekende waarden betreffen dan nog steeds overschrijdingsduren [in minuten] van een bepaalde watersnelheid op het talud.

Overschrijdingsduren tijdens Deltastorm
in minuten.

	>2m/s	>4,5m/s	>6m/s	>8m/s	>10m/s	>12m/s
NAP + 5,35 m 3,6 uur	22,67	13,74	6,41	1,60	0,22	0,002
NAP + 4,60 m 2,3 uur	7,73	5,95	2,70	0,46	0,03	0
NAP + 3,80 m 4,1 uur	5,17	3,82	2,07	0,62	0,10	0,005
NAP + 3,00 m 5,0 uur	2,1	1,89	1,05	0,21	0,021	0
	+	+	+	+	+	+
Gesommeerd voor gehele Deltastorm [minuten]	37,66	25,40	12,23	2,90	0,37	0,007

Door de overschrijdingstijden voor de opvolgende snelheden van elkaar af te trekken verkrijgt men de tijdsduur dat de watersnelheid zich bevindt tussen die twee snelheden.

Tijdsduren tijdens Deltastorm in minuten.

2-4,5m/s 4,5-6m/s 6-8m/s 8-10m/s 10-12m/s >12m/s

tijdsduur gedurende Deltastorm [minuten]	12,26	13,17	9,34	2,52	0,36	0,007
in seconden:					21,6	0,42

Deze berekende waarden worden gecontroleerd aan de totale tijd dat overslag optreedt gedurende de Deltastorm.

De totale tijd dat overslag optreedt bedraagt: (3,6 uur * 10,6 %) + (2,3 uur * 5,6 %) + (4,1 uur * 2,1 %) + (5 uur * 0,7 %) = 37,89 minuten. Dit getal komt overeen met de totale gesommeerde tijd dat bepaalde stroomsnelheden optreden.

Bovenstaande waarden worden voor de berekening van de sterkte van de 'versterkte grasmatt' geschematiseerd tot de volgende snelheden en tijdsduren:

V = 3,25 m/s	12,3 min.
V = 5,25 m/s	13,2 min.
V = 7 m/s	9,3 min.
V = 9 m/s	2,5 min.
V = 11 m/s	0,4 min.
V = 12 m/s	0,01 min.

In de notitie van Hernandez worden afwijkend van bovenstaande afleiding de volgende waarden gehanteerd:

V ≤ 4 m/s	19 min.
V = 5 m/s	13 min.
V = 6 m/s	9 min.
V ≥ 8 m/s	4 min.

Vooraf de duur van de snelheid kleiner dan 4 m/s is afwijkend. Overigens heeft dit weinig consequenties.

Beoordeling sterkte.

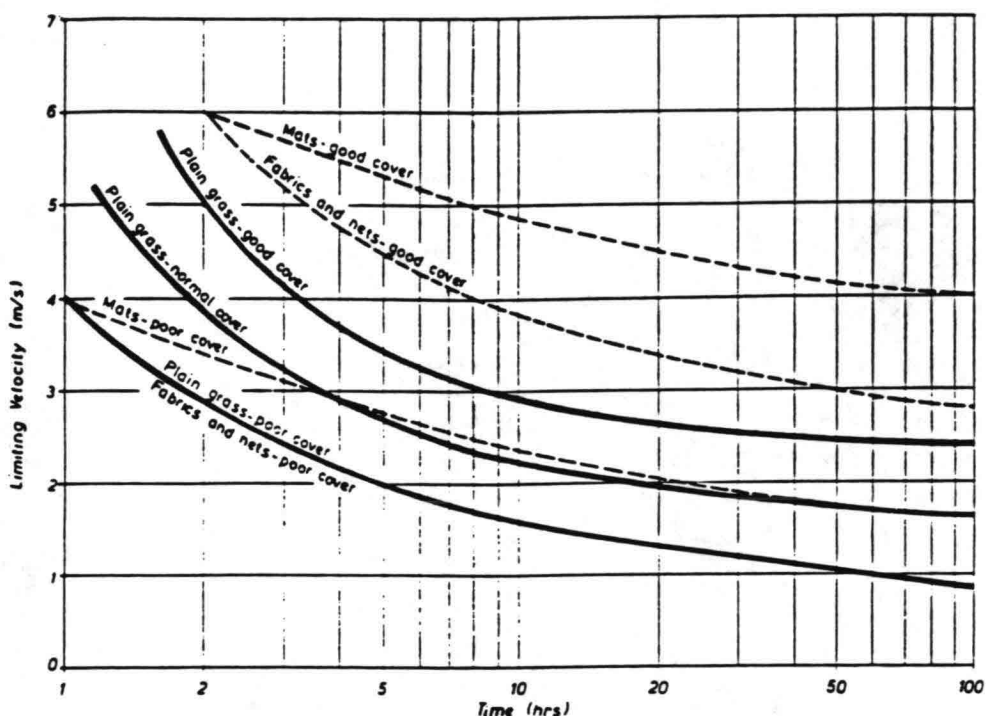
CIRIA-rapporten.

In principe wordt de sterkte van de versterkte grasmatt aangetoond op basis van het CIRIA-rapport 116, 'Design of reinforced grassed waterways' uit 1987.

Dit rapport is voorafgegaan door de CIRIA Technical Note 120, 'Reinforcement of steep grassed waterways' uit 1985. Dit rapport werd op zijn beurt weer voorafgegaan door het CIRIA-rapport 71, 'A guide to the use of grass in hydraulic engineering practice' van mei 1976.

In de notitie WBA-M-87038, 'Toelaatbare stroomsnelheden over de grasmatt' van Hernandez is gebruik gemaakt van CIRIA Technical Note 120.

Het rapport (CIRIA TN 120) geeft aanbevelingen voor grenswaarden voor onversterkte grasmatten met kwaliteit goed, middel en slecht en voor versterkte grasmatt met kwaliteit goed en slecht. De aanbevelingen gelden voor watersnelheden tot 6 m/s en voor tijdsduren groter dan 1 à 2 uur.

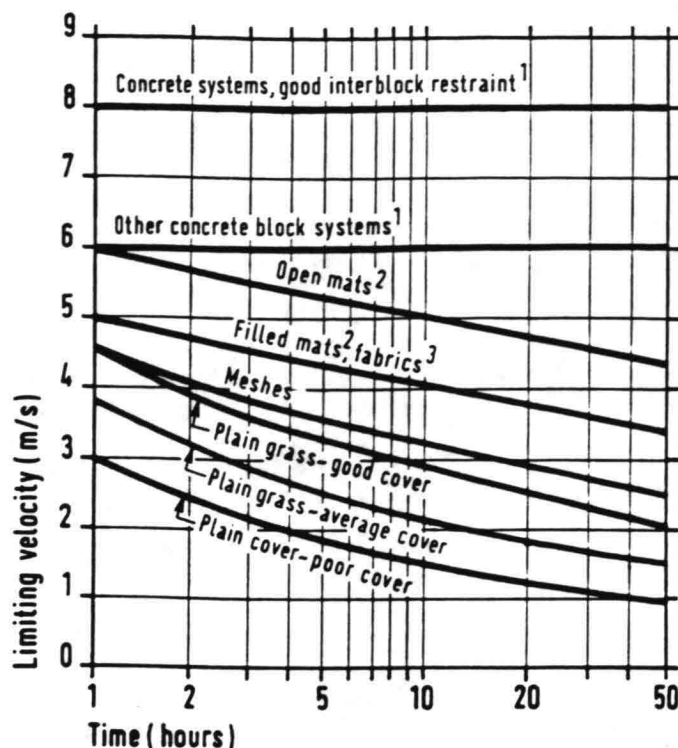


Figuur 3a uit rapport CIRIA 120: erosion resistance of plain grass and geotextile armour layers.

Zoals uit de figuur blijkt hebben de grenslijnen een tendens om bij kleinere tijdsduren een meer dan evenredig toename van de snelheid toelaatbaar te achten, ook bij de gebruikte logaritmische tijdschaal.

Hernandez heeft op 'voorzichtige' wijze naar kortere tijdsduren (van 2 naar 0,5 uur) geëxtrapoleerd, evenwel gebruik makend van deze 'meer dan evenredige toename'.

Het in 1987 verschenen CIRIA-rapport 116, dat de Technical Note 120 vervangt heeft voor versterkte grasmatt een rechte lijn gehanteerd (bij de gebruikte logaritmische tijdschaal), waardoor extrapolaties naar kortere tijdsduren aanzienlijk lagere stroomsnelheden toelaatbaar achten.



Figuur 9 uit CIRIA-rapport 116: Recommended limiting values for erosion resistance of plain and reinforced grass.

Toetsing sterkte.

Toetsing van de sterkte aan de (geextrapoleerde) grenslijnen uit CIRIA-rapport 116 geeft geen voldoende resultaat omdat de hoge (maar kortdurende) snelheden ontoelaatbaar zouden zijn. In het kort wordt de volgende weg doorlopen. Schade door de zeer kortdurende hoge snelheden wordt niet mogelijk geacht vanwege de korte duur en het wezen van het mechanisme van erosie (conform notitie WBA-M-87038). De snelheid van 7 m/s wordt getoetst aan de uitgevoerde proef, terwijl de lagere snelheden (langere duur) getoetst worden aan het CIRIA-rapport 116.

De toetsing wordt weergegeven (conform notitie WBA-M-87038) in een getal dat de 'potentiële slijtage' aangeeft. Wanneer de waarde daarvan onder de één blijft zal geen falen optreden.

Toetsing volgens CIRIA-rapport 116 geeft dus geen voldoende resultaat. Hierbij dient bedacht te worden dat het CIRIA-rapport zich gericht heeft op toepassingen voor overlaten van waterreservoirs. Hierbij zijn kortere belastingduren dan uren uitzonderlijk kort. In feite zijn de gepresenteerde grenslijnen daarom niet afgeleid voor de kortdurende belastingen zoals die optreden bij overslag op de Afsluitdijk. De belasting waarop de Afsluitdijk wordt getoetst is echter in werkelijkheid geen constante belasting, maar een intermitterende belasting, met een gesommeerde duur zoals aangegeven. Het is mogelijk dat een intermitterende belasting een andere invloed heeft op een grasmatten dan een continue belasting. Hierover is echter geen informatie bekend. Er wordt in dit advies geen rekening mee gehouden, omdat een aantal uitgangspunten reeds conservatief is ingeschat.

De proefresultaten van de proef bij Jackhouse reservoir voor 3-D-mat die met grond is gevuld worden apart gezien.
De proeven geven het volgende beeld.

snelheid:	doorstane tijdsduur	resultaat
2,7 (2-4,5) m/s	5,75 uur	goed
3,3 (2-4,5) m/s	5,25 uur	slijtage
5,6 (4,5-6) m/s	5,25 uur	slijtage
7,0 (6 - 8) m/s	1,5 uur	falen/ einde proef.

In totaal heeft de mat bovenstaande belastingen doorstaan (met tussenpozen van één tot meer weken), voordat bij 7 m/s na 1,5 uur bezwijken optrad.

De totale duur tot bezwijken van 17,75 uur ligt in dezelfde orde van grootte van de golfploop-proef te Lith en van de proeven in de Deltagoot in 1992 (beide buitentaluds, belast met resp. oploop en golfaanval)

De afstroomproef op een dijk in Oostelijk Flevoland (onversterkte grasmat) weerstond 140 min. (= 2,33 uur) een snelheid van 6 m/s voordat bezwijken optrad (grasmat losgerukt en opgerold).

Er zijn geen proeven bekend waarbij een grasmat aantoonbaar enige tijd een snelheid van meer dan 7 c.q. 8 m/s heeft weerstaan. De hierboven aangegeven proefresultaten (bezwijken) liggen echter alle ruim boven de ontwerplijn uit CIRIA-116.

Bezwijken in de proeven treed pas op na een 7 maal zo lange tijd (2,33 uur bij 6 m/s, onversterkte grasmat) c.q. een 15 maal zo lange tijd (1,5 uur bij 7 m/s, versterkte grasmat) als in de ontwerplijn van CIRIA-116 wordt weergegeven.

Op deze gronden is het acceptabel om de hoge, maar zeer kortdurende snelheden die volgen uit de overslagproeven te verwaarlozen (zoals ook in de notitie WBA-M-87038).

De volgende snelheden en gesommeerde tijdsduren worden om die reden verwaarloosd:

V = 12 m/s	0,01 min.
V = 11 m/s,	0,4 min.
V = 9 m/s,	2,5 min.

De ontwerplijn voor versterkte grasmat met 3-D mat in het CIRIA-rapport 116 voorziet niet in snelheden boven de 6 m/s.

De snelheid van 7 m/s wordt beoordeeld ten opzichte van de CIRIA-proef 'Open 3-D-mat, met grond gevuld', die zoals hierboven vermeld 1,5 uur 7 m/s heeft verdragen. Op de Afsluitdijk zal deze situatie 9,3 minuten optreden. Er bestaat dus ten opzichte van bezwijken een veiligheid van een factor $90 / 9,3 = 9,6$. Deze veiligheid t.o.v. de opgetreden wijze van bezwijken wordt voldoende geacht, mede vanwege onderstaande bijkomende redenen.

De stroomsnelheden die bij de toetsing worden gebruikt zijn geschematiseerd:

	belasting	toelaatbare belasting	potentiële bijdrage
V = 3,25 m/s	12,3 min.	562 uur	0 %
V = 5,25 m/s	13,2 min.	5,6 uur	3,9 %
V = 7 m/s	9,3 min.	1,5 uur	10,3 %
			⁺
		Totale potentiële slijtage	14,2 %

De totale 'potentiele slijtage', beoordeeld volgens verschillende normen is aanvaardbaar laag.

Bijkomende redenen om deels van het CIRIA-rapport 116 af te wijken zijn:

- het CIRIA-rapport 116 heeft zich voornamelijk gericht op overstromen van spillways van waterreservoirs, die bij in werking treden vaak uren tot dagen (relatief langdurig) blijven functioneren,
- het wezen van het mechanisme van oppervlakkige erosie, zoals het uit de proeven naar voren komt is voornamelijk een mechanisme van 'slijt-erosie', waarvoor tijd benodigd is. Het wordt pas na een bepaalde erosie-diepte een mechanisme dat zichtbaar voortschrijdt doordat bezwijken optreedt (blok-erosie).
- om de korte belastingsduren op de Afsluitdijk te beoordelen in het kader van het CIRIA-rapport 116 is een zeer extreme extrapolatie noodzakelijk,
- de grasmatten die beproefd zijn t.b.v. het CIRIA-rapport 116 (Jack-house-reservoir) zijn uitgevoerd op jonge grasmatten. De goten werden in september/oktober 1984 aangelegd en ingezaaid en in juni 1986 beproefd. Voor het bovengrondse deel van het gras betekent dit ca. 2 groeiseizoenen, voor het wortelgestel nog minder (vanaf het voorjaar begint het blad te groeien, als dat aanwezig is breidt het wortelgestel zich pas uit). Op de Afsluitdijk mag rekening worden gehouden met een langduriger ontwikkelde graslandvegetatie.
- De grasmatten die in het rapport als 'good cover' worden gekwalificeerd zijn ca. 2 groeiseizoenen oud. De als 'poor cover' gekwalificeerde grasmatten zijn 5 à 6 weken, dan wel minder dan één groeiseizoen oud.

Invloed van onderhoudsvoertuigen.

Om de invloed van onderhoudsvoertuigen op de versterkte grasmat te kunnen beoordelen is op 10-2-1993 een bezoek gebracht aan het Politie-opleidingscircuit te Lelystad. Op dit verkeerscircuit wordt door de politie geoefend in buitengewone verkeerssituaties. Daarbij wordt op bepaalde plaatsen veelvuldig door de wegbermen gereden en geslipt. Ter bescherming van deze plaatsen is met Enkamat versterkte grasmat aangebracht. Ondanks de intensieve belasting kon slechts op een enkele plaats geconstateerd worden dat de Enkamat was beschadigd. Voor de Afsluitdijk kan hieruit geconcludeerd worden dat incidenteel uitglijden of slippen van een onderhoudsvoertuig geen nadelig effect zal hebben op de versterkte grasmat. Het is hierbij wel van belang dat de bovenzijde van de wapeningsmat afgedekt blijft met een laagje grond tot maximaal ca. 2 cm.

Uitgangspunten:

Uit eerder onderzoek naar grasbekleding op rivierdijken (Van der Zee, 1992) en zeedijken (Sprangers et al. 1991) blijkt dat met een extensief maaibeheer van twee keer per jaar maaien met afvoer van maaisel zonder bemesting en chemische onkruidbestrijding, een erosiebestendige vegetatie kan worden verkregen met een goede bedekking en zode- en worteldichtheid. Door een verminderde nutriëntenvoorziening (verschraling) wortelen de planten dieper. Ook wordt de vegetatie soortenrijker. Dominantie van snelgroeiende soorten neemt af zodat andere grassen en kruiden meer kans krijgen. Hiertoe behoren ook erosiebestendige soorten als Rood zwenkgras, Fioringras, Rode klaver en Wilde peen (cf. Van der Zee 1992, Fliervoet 1992). Ook het achterwege laten van chemische onkruidbestrijding is gunstig voor ontwikkeling van kruiden. Bovendien verdwijnen na enige tijd open plekken die na het spuiten met een bestrijdingsmiddel ontstaan en goede kiemings- en vestigingsgrond vormen voor de eerder bestreden ongewenste planten (Akkerdistel, Vogelmuur). Als resultaat van een aangepast beheer ontstaat onder bepaalde voorwaarden (grondslag, onderhoud) een homogene, goed gesloten vegetatie met een gevarieerd grassen- en kruidenbestand, waarin na verloop van tijd ook botanisch interessante soorten kunnen voorkomen.

In het proefvak op de Afsluitdijk wordt onderzocht of met een dergelijk aangepast maaibeheer de kwaliteit van de grasbekleding kan worden verbeterd en de erosiebestendigheid op peil kan worden gebracht.

Kwaliteit grasbekleding - huidige situatie.

Bezoek afsluitdijk februari 1993:

Algemeen beeld op het binnentalud van de tuimelkade is een begroeiing bestaande uit een mozaïek van meer en minder grote delen grasbegroeiing ($0,5 - 2 \text{ m}^2$), doorgaans bestaande uit dicht opeen, deels liggend en enigszins vervilt Rood zwenkgras met een hoogte van 15-20 cm, afgewisseld met open plekken of voornamelijk door kruiden (Vogelmuur, Grote weegbree, Zachte Ooievaarsbek, Akkerhoornbloem, Duizendblad) begroeide plekken. De laatste drie genoemde kruiden komen ook in de met gras begroeide plekken voor, te samen met het relatief veel voorkomende Blauw walstro (bedreigde soort Rode lijst 3 !) en Kluwenhoornbloem. Naast Rood zwenkgras treffen we ook aan Veldbeemdgras, Engels raaigras en Fioringras voor.

Door de niet aaneengesloten zode en het veel voorkomen van niet of nauwelijks begroeide plekken is de erosiebestendigheid van de grasmat laag. Ook worden strooiselplekken aangetroffen met daaronder geen of verstikte begroeiing. Met name in het hogere gras worden veel muizegaatjes en muizengangetroffen. Plaatselijk is een deel van de grasmat geheel door muizegaatjes omgeven en daardoor geïsoleerd van de omringende begroeiing. Op de kruin van de dijk is de begroeiing meer gesloten en is een homogene grasmat aanwezig zonder open plekken. Hier komt meer Engels raaigras voor. Mogelijk speelt de bij verzwarende gebruikte andere grondslag een rol bij het onderscheid tussen zodedichtheid van kruin en talud.

Tijdens het onderzoek naar zeedijkgrasland in 1988 (Sprangers 1990) zijn opnamen gemaakt op de Afsluitdijk ter hoogte van dijkpaal 11 en dijkpaal 14. Bij dijkpaal 14 werd in 1988 een pioniervegetatie aangetroffen na inzaai bij de toen uitgevoerde dijkverzwarende (bedekking 70 % met Engels raaigras, Rood zwenkgras en veel pionierssoorten). Op deze plaats treffen we nu een begroeiing aan als hierboven beschreven: een mozaïek van plekken Rood zwenkgras/Engels raaigras en meer open met Duizendblad en Akkerhoornbloem begroeide plekken. Bij dijkpaal 11 werd in 1988 een goed bedekkende

(97 %) vegetatie aangetroffen met overwegend Engels raaigras. Ook nu is de grasmat hier meer gesloten met dominant Rood zwenkgras, maar komen ook veel open plekken voor, deels begroeid met het zeer oppervlakkig wortelende Vogelmuur, Kluwenhoornbloem en Hondsdraf. Blauw walstro komt relatief veel voor.

Op de overige bezochte locaties (dp 6, dp 10, dp 23, dp 26) wordt steeds dezelfde mozaiekbegroeiing aangetroffen met plaatselijk relatief veel grote open of spaarzaam met kruiden begroeide plekken. De grasmat op het traject Den Oever tot aan het monument lijkt van iets betere kwaliteit te zijn met minder open plekken.

Beheer - huidige situatie

Er is navraag gedaan bij kantonniers C.W.A. v.d. Made en C. Bogerd over het beheer dat gedurende 1980 en ook vóór 1976 is gevoerd. De huidige beheersmaatregelen voor het talud binnenbeloop tuimeldijk zijn:

- 6-7 en soms 8 x per jaar maaien zonder afvoer van maaisel. Een enkele keer bij lang gras wordt wel afgevoerd.
- Er vindt bemesting plaats ± 70 kg N/ha in twee giften van elk 100 kg GOLD-N (32 % N) in voorjaar en najaar. Op het traject Den oever- Monu- ment is bij het uitrijden herhaaldelijk meer kunstmest terecht gekomen. Dit traject wordt thans niet meer bemest.
- Kruiden worden bestreden tot 1985 met sproeibalk, daarna pleksgewijs met handspuit (Round-up). Tot 1989 is ook de strook langs het fietspad regelmatig bespoten. In de zomer komt relatief veel Akkerdistel voor. Deze wordt pleksgewijs bestreden.
- Ter bestrijding van muizen wordt ± 1000 kg rattegif gebruikt.
- Het maaien gebeurt met behulp van cyclomaaiers en wordt zo uitgevoerd dat in principe geen schade ontstaat aan de ondergrond.

Onlangs (januari 1993) is een bemestingsadvies uitgebracht door het Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek te Oosterbeek. Geadviseerd wordt een 'verschralend' beheer, met een bemesting van 300 kg NPK (= ± 100 kg N)/ha. Dit advies is gericht op de bevordering van snelgroeiende soorten op een relatief voedselrijke bodem en het handhaven van een voldoende turnover bij een niet al te hoge productie.

De zuidkant van de dijk wordt 2x per jaar gemaaid, waarvan de eerste keer met afvoer. Sinds 4 jaar wordt hier niet meer bemest.

Van 1976 tot 1979 is een aangepast maairegiem uitgevoerd op de Afsluitdijk, bestaande uit twee keer maaien met afvoer. Bemesting heeft eveneens plaatsgevonden in die periode. Men is in 1979 gestopt met dit beheer omdat de grasmat minder dicht werd en polvormig en de ondergrond losser. Ook waren sporen van afstromend water goed zichtbaar. De muizenactiviteit was niet merkbaar hoger dan in de huidige situatie.

Bodemanalyse

Voor het eerder genoemde bemestingsadvies zijn door het Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek te Oosterbeek over het gehele traject bodemonsters genomen en geanalyseerd. De resultaten van dit onderzoek zijn in onderstaande tabel bijeengezet. Alle analysecijfers zijn positief, behalve de P-waarden op enkele lokaties. Voor die plaatsen wordt P-bemesting geadviseerd. Opvallend zijn de lage waarden voor het percentage afslibbaar substraat. In zuid geëxponeerde bodems is dit percentage over het algemeen wat lager. Verder vertonen de analyseresultaten weinig verschil tussen noord en zuid geëxponeerde bodems.

perceel	exp.	diepte	afsl%	pH-KCl	P-AL	K-getal	Mgo	Cl	ADVIES
STREEF:				4,0	25	16	40		
73,5-73,6	Z	0-5	16,8	7,4	49	41	267	4	300 NPK
73,5-73,6	Z	5-25	10,5	7,6	32	20	158	2	300 NPK
75,9-76,0	Z	0-5	22,9	7,3	40	40	264	5	300 NPK
75,9-76,0	Z	5-25	19,2	7,4	33	28	195	2	300 NPK
85,3-85,5	Z	0-5	7,4	7,2	17	30	160	2	P 300 NPK
85,3-85,5	Z	5-25	9,7	7,7	12	19	89	1	P 300 NPK
POT BREEZ.	Z	0-5	9,3	6,7	10	28	218	2	P 300 NPK
POT BREEZ.	Z	5-25	10,1	7,8	8	22	104	1	P 300 NPK
TERR. BREEZ.	Z	0-5	11,3	7,1	23	21	175	3	P 300 NPK
TERR. BREEZ.	Z	5-25	12,5	7,7	14	19	88	1	P 300 NPK
91,4-91,5	Z	0-5	11,7	7,4	15	26	150	2	P 300 NPK
91,4-91,5	Z	5-25	13,3	7,7	12	25	89	1	P 300 NPK
97,5-97,6	Z	0-5	19,1	7,2	33	38	143	2	300 NPK
97,5-97,6	Z	5-25	19,5	7,6	30	34	121	1	300 NPK
73,5-73,6	N	0-5	23,7	7,1	43	59	252	2	300 NPK
73,5-73,6	N	5-25	26,9	7,5	36	63	240	1	300 NP
75,9-76,0	N	0-5	15,8	7,1	36	51	208	2	300 NPK
75,9-76,0	N	5-25	19,9	7,5	24	41	158	1	P 300 NPK
79,5-79,6	N	0-5	24,9	7,3	43	63	234	2	300 NPK
79,5-79,6	N	5-25	28,5	7,5	35	54	205	1	300 NPK
80,9-81,0	N	0-5	28,2	7,2	40	60	233	3	300 NPK
80,9-81,0	N	5-25	28,1	7,5	40	58	203	3	300 NPK
85,4-85,5	N	0-5	14,2	7,5	32	42	214	2	300 NPK
85,4-85,5	N	5-25	15,0	7,1	21	31	158	1	P 300 NPK
90,9-91,0	N	0-5	19,1	7,3	36	65	209	2	300 NPK
90,9-91,0	N	5-25	20,3	7,7	25	48	164	1	300 NPK
91,4-91,5	N	0-5	17,1	7,4	31	49	165	3	300 NPK
91,4-91,5	N	5-25	15,8	7,6	27	37	134	1	300 NPK
97,5-97,6	N	0-5	18,7	7,4	39	36	151	2	300 NPK
97,5-97,6	N	5-25	19,5	7,6	30	25	109	1	300 NPK

Tabel: Analysecijfers bodemonderzoek.

Floristische gegevens Afsluitdijk

Over de periode 1981 - 1988 zijn gegevens bekend over flora van de Afsluitdijk afkomstig uit inventarisaties door de heer D. van der Ploeg. De (voormalige) aanwezigheid van bepaalde soorten kan relevant zijn voor de vegetatie-ontwikkeling in het proefvak. Naast de zeldzame soorten die op het buitentalud voorkomen (Zeekool en Kustmelde) worden enkele (bedreigde) soorten genoemd die op het talud van het binnenbeloop zijn aangetroffen: Blauw walstro (Rode lijst 3), Draadklaver (Rode lijst 4), Moerasmelkdistel

Aangepast maaibeheer in het proefvak dp 25 - dp 26.032

Om na te gaan of een extensiever beheer bevorderlijk is voor een erosiebestendige grasbekleding dient het proefvak als volgt te worden beheerd:

- **Geén bemesting**
- **Geén gebruik chemische bestrijdingsmiddelen**
- **2x per jaar maaien met afvoer van maaisel:**
als regel geldt de eerste keer hooien in de periode 15/6 - 1/7 (maaisel 1 tot maximaal 2 weken laten liggen);
de tweede keer maaien met groen afvoer in de periode 1/9 - 15/9 (maaisel meteen oprapen).

- Bij een hoge productie in het eerste jaar kan worden overwogen om de eerste keer vroeg te maaien (begin mei) gevolgd door een tweede maaibeurt (hooien) omstreeks 15/8.
- Indien nodig een extra maaibeurt uitvoeren vlak voor het winterseizoen (medio oktober) zodat het gewas kort (max 10 cm) de winter in gaat; ook kan het gebruik van weidesleep wenselijk zijn voor het egaliseren van oneffenheden.
 - Indien nodig Akkerdistels uitmaaien vlak voor de bloei.

Het zo volledig mogelijk afvoeren van het maaisel is van groot belang. Er worden dan geen nutriënten uit het verteerde materiaal aan de bodem toegevoegd. Hierdoor wordt (naast het weglaten van bemesting) de bodem minder voedselrijk en worden plaatselijk verstikking en verruiging van de grasmatten voorkomen. In tegenstelling tot het advies van het Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek, gaat het er in de proef om zodanig te verschrallen dat juist de langzaam groeiende soorten deel gaan uitmaken van de graszode en een zo gevarieerd mogelijk grasbestand kan worden gecreëerd, waarin ook kruiden kunnen groeien.

Om een goede vergelijking te kunnen maken met de kwaliteit van het grasland onder het huidige beheer is het van belang naast het proefvak wél te bemesten en het huidige maairegiem daar juist voort te zetten.

Door geen gebruik te maken van chemische bestrijdingsmiddelen wordt kruidengroei en daardoor een gevarieerd vegetatiebestand bevorderd. Met het te bestrijden onkruid (Akkerdistel) verdwijnen ook andere kruiden en ontstaan open plekken waar bij voldoende voedselrijkdom opnieuw Akkerdistel en ook Vogelmuur zich vestigen en uitbreiden. Verwacht mag worden dat bij een extensief maaibeheer zonder mest en chemische bestrijding dergelijke open plekken weer verdwijnen. Met een extra maaibeurt vóór de bloei zal dominantie van deze soort afnemen.

Bodemkwaliteit en -homogeniteit zijn van belang voor de ontwikkeling van de gewenste begroeiing. Een laag lutumgehalte vormt daarbij geen belemmering. De relatief slechte zodedichtheid met veel open plekken op de Afsluitdijk lijkt niet gecorreleerd te zijn met de beschikbare bodemgegevens. Mogelijk is een (plaatselijk) slecht doorluchte bodem een beperkende factor voor de groei.

Muizengaatjes en muizepaadjes komen vooral voor op plaatsen waar het gras wat langer is. Om de muizenpopulatie te beperken is een kort gewas vlak voor de winter nuttig.

8-2-1993

Referenties:

Fliervoet, L.M., 1992. Aanleg en beheer van grasland op rivierdijken. Unie van waterschappen/IKC-NBLF, Wageningen.

Sprangers, J.T.C.M., 1990. Vegetatie van Nederlandse zeedijken; plantengemeenschappen in relatie tot standplaatsfactoren. VPO/LUW Wageningen.

Sprangers, J.T.C.M., K.V. Sýkora & L.M. Fliervoet, 1991. Botanische en civieltechnische kwaliteiten van vegetatie op Nederlandse zeedijken. Landinrichting 31, nr 5: 2-11.

Zee, F.F. van der, 1992. Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestendigheid van rivierdijkvegetaties. Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenecologie en Onkruidkunde, Landbouwuniversiteit Wageningen. ISBN 90-6754-236-9

J.T.C.M.Sprangers LUW/VPO
L.M.Fliervoet AV/IKC/NBLF

Uitgangspunten:

Onderzocht wordt de mogelijkheid een versterkte grasmat te creëren op binnentalud en kruin van de Afsluitdijk. Er wordt uitgegaan van een niet-gevulde 3-dimensionale enkamat met voldoende maasgrootte (ca. 2 cm), die tot op een diepte van 3-5 cm onder het maaiveld wordt gebracht, zodat er minimaal 3 cm afdekkende grond kan worden toegepast. Hierop zal vervolgens worden ingezaaid met een graszaadmengsel, waarin Engels raaigras niet domineert. Engels raaigras kiemt snel en geeft een goede bedekking, maar het is zeer concurrentiekrachtig. Dit gaat - bij een intensief beheer - ten koste van de ontwikkeling van andere grassoorten. Bovendien ontstaat in een door Engels raaigras gedomineerde begroeiing een éénvormige, veelal oppervlakkige beworteling. Met een ander zaadmengsel en extensief beheer kan een gevarieerd grasbestand worden gevormd, waarin ook kruiden zich kunnen vestigen (vergelijk het voorgaande advies aangepast maaibeheer). Een dergelijke soortenrijkere vegetatie vertoont een goede doorworteling en is gunstig voor de erosiebestendigheid van de dijk. Door toepassing van de enkamat wordt naast een dichte bescherming van de ondergrond een egale zodedichtheid verwacht. De beoogde dieper wortelende vegetatie verankert de mat in de onderliggende bodemlaag.

Grondslag:

Als ondergrond wordt een matig tot zeer lichte zavel geadviseerd met een lutumgehalte van 8-18 % voor zowel de onderlaag als de afstrooilaag. Het bestaande substraat voldoet hieraan, zodat de huidige grond zoveel mogelijk kan worden hergebruikt. De zaadvoorraad en de nog aanwezige wortelstokken zijn bevorderlijk voor de vegetatie-ontwikkeling. Voor het inbrengen van de 3-D-mat dient de bovenlaag met de bestaande zode eerst te worden omgewerkt, bij voorbeeld door middel van overtopfrezen. Na het plaatsen van de mat kan met de fijnere gronddelen worden afgestrooid. Zonodig kan hiervoor ook teelaarde worden gebruikt.

Graszaadkeuze en inzaaien:

Om de beoogde vegetatie te ontwikkelen is het zeedijkenmengsel D2 (Rassenlijst voor Landbouwgewassen 1992) als uitgangssituatie geschikt. Het omvat de volgende grassoorten:

Engels raaigras grasveldtype	10 %
Veldbeemdgras	30 %
Roodzwenkgras fijne uitlopers	30 %
Roodzwenkgras forse uitlopers	30 %

Roodzwenkgras en veldbeemdgras zijn droogteresistente soorten. Bij een juist beheer kunnen zij in combinatie met andere niet speciaal ingezaaide grassen een dichte wintervaste zode vormen.

Voor de goede opkomst komen twee zaaitijden in aanmerking: augustus en - bij vochtig weer - voorjaar. Bij zaaien in augustus wordt geadviseerd het mengsel in een hoeveelheid van 50 kg / ha in combinatie met een éénmalige bemesting van 50 kg N/ha (bijvoorbeeld in K.A.S.). Het snel kiemende en groeiende Engels raaigras zal onder invloed van de mestgift nog voor een redelijke grasbedekking zorgen voor de winter, terwijl ook de langzame kiemers een kans krijgen, doordat niet te veel graszaad wordt gebruikt. In het voorjaar dient 60 kg mengsel/ha te worden opgebracht. Een mestgift is nu niet nodig. Bij gunstige weersomstandigheden zou het Engels raaigras de langzame kiemers te veel verdringen.

Graszaad kiemt het best als het 1-3 cm diep in de grond wordt aangebracht en daarna licht wordt aangedrukt.

Beheer.

Voor het beheer van de 'versterkte grasmat' gelden nagenoeg dezelfde maatregelen als voor het aangepast maaibeheer. Ook nu is het voor het creëren van een gevarieerd gras- en vegetatiebestand bemesting niet gewenst, afgezien van een startbemesting bij inzaai in augustus. Onder droge en voedselarme omstandigheden zal vooral rood zwenkgras gaan domineren. Ook zullen andere grassen (o.a. Witbol, Fioringras) en ook kruiden in de zode gaan groeien.

Afvoer van het maaisel is van belang. Hierdoor wordt verstikking van de grasmat en strooiselvorming voorkomen en wordt verschraling van de bodem en daardoor ook de doorworteling bevorderd.

Bij een dergelijk hooibeheer zonder bemesting kan men uitgaan van een gemiddelde productie van 4-6 ton droge stof/ha.

In het begin na het inzaaien kunnen pioniersoorten of ongewenste ruigte-soorten zoals Akkerdistel massaal tot ontwikkeling komen. Door het maaionderhoud of soms een extra maaibeurt zal de dominantie van deze soorten weer afnemen.

28-1-1993

Referenties:

Bonthuis, H. & A.G.M. Ebskamp (eds.), 1991. 67e Beschrijvende rassenlijst voor Landbouwgewassen 1992. CPRO/DLO Wageningen.

Fliervoet, L.M. 1992. Aanleg en beheer van grasland op rivierdijken. Unie van waterschappen/IKC-NBLF, Wageningen.

Sprangers, J.T.C.M. 1990 Vegetatie van Nederlandse zeedijken; plantengemeenschappen in relatie tot standplaatsfactoren. VPO/LUW Wageningen.

Materiaaleigenschappen en levensduur.

Kunststofmaterialen voor toepassing van versterkte grasmatten op het binnentalud van de Afsluitdijk.

Notitie: MAA-N-93013

Auteur : A. van den Burg.

Inleiding.

In de vergadering van de begeleidingsgroep binnentalud van de Afsluitdijk zijn de mogelijkheden van het toepassen van kunststof wapeningsmaterialen besproken. Zonder hier verder op de verschillende alternatieven in te gaan bleek hierbij dat de driedimensionale onge vulde structuur mat (verder drie-D-mat genoemd) als beste alternatief naar voren komt. Omdat er vooralsnog van uit wordt gegaan dat wapening van de grasmatten ook op langere termijn noodzakelijk zal zijn is als randvoorwaarde gesteld dat de levensduur van de drie-D-mat tussen de 30 en 50 jaar moet bedragen. Uit een praktijktoepassing van een drie-D-mat (Salland) bleek dat na circa 8 jaar het kunststof (polyamide) niet meer aan elkaar was verbonden. Deze ervaring is opgedaan met matten van 10 mm dikte; bij 20 mm dikke matten ontbreekt een dergelijke ervaring. Wel is het van belang de eigenschappen en levensduur van de toe te passen kunststoffen nader te beschouwen en voor zover mogelijk aan te geven of de functionele levensduur van 30-50 jaar haalbaar is.

Doelstelling.

Het doel van deze notitie is het aan de hand van de literatuur en ervaringen beschrijven van eigenschappen van een aantal verschillende kunststoffen. Daarnaast zal ingegaan worden op de voor de toepassing van drie-D-mat noodzakelijke eigenschappen en kwaliteitsborgingsaspecten.

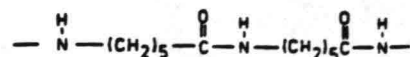
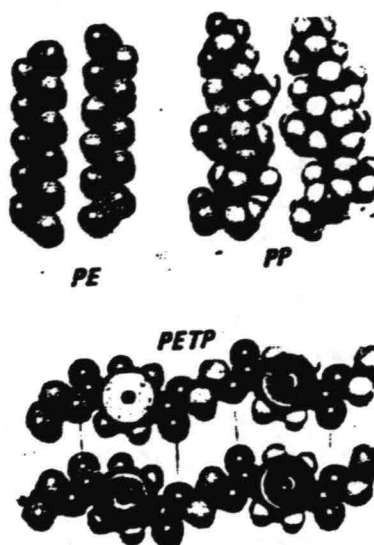
Algemeen.

De kunststoffen waaruit driedimensionale structuurmatten worden vervaardigd behoren tot de groep der thermoplasten en bestaan voornamelijk uit de basiselementen koolstof, waterstof, en zuurstof. De basis voor de productie van veel soorten kunststoffen is olie. Raffinage hiervan leidt tot verschillende producten waaronder nafta, een fractie tussen benzine en dieselolie. Een kraakinstallatie splitst door verhitting de nafta in verschillende gasvormige producten waaronder etheen, propaan, butheen, etc. olefinen genoemd. Gasvormige olefin-moleculen zijn zeer klein maar kunnen zich aaneenschakelen tot lange ketens van moleculen; polymeren. Afhankelijk van de omstandigheden waaronder de polymerisatie plaatsvindt kunnen verschillende soorten kunststoffen ontstaan.

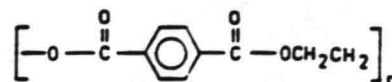
In deze notitie zullen de kunststoffen

- * Polyamide (nylon, PA,)
- * Polyester (PET)
- * Polyetheen, (Polyethyleen, PE)
- * Polypropeen (Polypropyleen, PP)

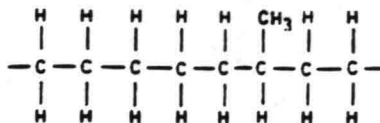
nader worden belicht. De overige kunst-stoffen zoals poly-vinyl chloride (PVC, etheencopolymeer-bitumen (ECB) en gechloreerd polyetheen (CPE) blijven hier buiten beschouwing omdat deze kunststoffen niet zullen worden toegepast.



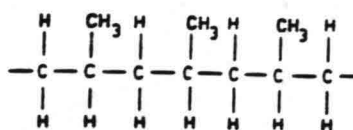
polyamide - 6



Polyester.



polyethyleen



polypropyleen

Polyamide. (PA)

De treksterkte van polyamide ligt tussen de 700 en 900 N/mm². De rek bij breuk ligt tussen de 15 en 30 %. Het smeltpunt van PA bedraagt circa 220 °C en de dichtheid bedraagt circa 1140 kg/m³. Het materiaal heeft goede mechanische eigenschappen, het is slijtvast en heeft een treksterkte die tussen die van PP en PET in ligt.

Additieven.

Ten behoeve van het fabriceren worden er viscositeit-stabilisatoren aan de basis grondstof toegevoegd (mangaan II). Tegen licht en thermische oxydatie worden o.a koper en aromatische zuren toegevoegd. De weerstand van polyamide tegen UV en thermische oxydatie wordt verlengd door toevoeging van carbonblack (roet). Polyamide kan, blootgesteld aan de weersomstandigheden, gevoelig zijn voor hydrolyse, onder invloed van water kan verzeping ontstaan.

Polyester (PET)

Polyester heeft een hogere treksterkte en een hoger smeltpunt dan PA, PP en PE. De dichtheid bedraagt circa 1380 kg/m³. Het materiaal wordt doorgaans toegepast voor constructie onderdelen die een hoge sterkte op moeten nemen. De treksterkte varieert tussen de 800 en 1200 N/mm², de rek bij breuk ligt tussen de 8 en 15 % en het smeltpunt bedraagt circa 250 °C. PET is minder gevoelig voor oxydatie dan PE en PP.

Additieven.

Om de polymerisatie te verhogen worden mangaan II en zouten toegevoegd. Fosfaatcomponenten voorkomen de thermische degradatie van het gesmolten materiaal tijdens het fabricageproces. Voor de kleur en UV stabilisatie worden speciale stabilisatoren waaronder titaniumoxide en carbonblack toegevoegd.

Polyetheen (PE)

Polyetheen is een van de meest gebruikte kunststoffen. Het materiaal wordt veel toegepast in de verpakkingen en levensmiddelenindustrie. Ook in de GWW sector worden veel producten van PE zoals folies, drainagebuizen, etc. toegepast. Het materiaal wordt gebruikt voor producten waarbij de flexibiliteit van groter belang is dan de sterkte. De dichtheid van PE ligt tussen

de 920-960 kg/m², het smeltpunt varieert van 110 tot 135 °C afhankelijk van de soort PE. De treksterkte varieert tussen de 350 en 600 N/mm²

Additieven.

Om beter gebruikseigenschappen te verkrijgen zoals thermische stabiliteit, UV weerstand, en antistatische eigenschappen is het toevoegen van additieven noodzakelijk. Wanneer PE lange tijd wordt bloot gesteld aan licht, hoge temperatuur, lucht, en vochtigheid wordt het materiaal bros en de eigenschappen verslechteren snel. Door toepassing van antioxydanten kan PE goed worden beschermd. De toepassing van carbon black (circa 2 %) geeft PE een dertigvoudige bescherming tegen UV straling.

Polypropeen (PP)

Evenals PE wordt PP veelvuldig toegepast. Het materiaal heeft een lagere dichtheid dan PE (900 kg/m²), het smeltpunt bedraagt circa 160 °C en de treksterkte ligt tussen de 400 en 600 N/mm². Het materiaal is stugger en sterker dan PE. PP is door het hoge gehalte aan carbon atomen in de derde ketenpositie gevoeliger voor oxydatie dan PE.

Additieven.

Het toepassen van antioxydanten in PP is altijd noodzakelijk. Met de juiste keuze en hoeveelheid kan PP adequaat worden beschermd. Toevoeging van een extra additievenpakket geeft PP toegepast onder water een zeer lange levensduur. In theorie kan een levensduur van 200 jaar worden bereikt. Bij toepassing in de grond van een type B volgens NEN 5132 is een levensduur van >>> 30 jaar in theorie haalbaar.

Milieukundige aspecten.

Algemeen

Kunststoffen van polypropeen, polyetheen, polyamide en polyester zijn inert en logen niet uit. De additieven die in kleine hoeveelheden aan de kunststof zijn toegevoegd zitten verankerd in het kristalrooster. Ook bij verbranding van de genoemde kunststoffen komen (met uitzondering van kooldioxide CO₂) geen schadelijke stoffen vrij.

Hergebruik.

Het gebruik van specifieke kunststofsoorten moet om hergebruik te bevorderen vermeden worden. In dit verband zijn PE en PP beter toepasbaar dan PA en PET. Voor de toepassing van de drie-D-matten op de Afsluitdijk wordt aangenomen dat hergebruik door de sterke doorgroei van wortels niet mogelijk is. Er moet van uit worden gegaan dat de kunststof in de grond achter blijft.

Duurzame ontwikkeling.

Vanuit de duurzame ontwikkeling beschouwd, gaat de voorkeur uit naar producten van vervangbare grondstoffen. Er bestaan producten (ook drie-D-matten) van natuurlijke vezels zoals jute, vlas, en kokos. Naar de constructieve waarde en levensduur van deze producten wordt momenteel onderzoek verricht. Naar verwacht zal de levensduur van natuurlijke materialen echter ver achterblijven bij die van kunststoffen. Waarschijnlijk is een zo lang mogelijke levensduur van een kunststof drie-D-mat het hoogst haalbare in de onderhavige situatie. Zodat optimaal gebruik wordt gemaakt van de "onvervangbare" grondstof olie.

Leverbare producten drie-D-Matten.

Tabel 1: leverbare drie-D-matten.

product	Tensar	Enkamat	Secudrän
griddikte	18 mm	18 mm	20 mm
gewicht	450 g/m ²	480 g/m ²	620 gr/m ²
treksterkte	3,2 kN/m	2,0 kN/m	2,5 kN/m
kunststof	HDPE	PA/PE	PP
constructie	composiet	monoconstr.	composiet

* Lotrak is niet meer leverbaar.

Functionele eisen.

Bij de toepassing van een kunststofproduct als wapening van de graszode op de kruin en het binnentalud van de Afsluitdijk moet met het volgende aspecten rekening worden gehouden:

- * temperatuur, kan met name in de zomerperiode op de zuidkant hoog oplopen;
- * UV straling, hoewel de mat onder het maaiveld wordt aangebracht is blootstelling aan UV straling in aanvang, (nog onbegroeid) en later (kale plekken) niet denkbeeldig;
- * berijding door onderhoudsvoertuigen, van de kruin bij reconstructie buitentalud, en in mindere mate bij maaien van het binnentalud en kruin.

Met de aspecten temperatuur en UV straling zal bij de keuze van de kunststof en de vereiste levensduur rekening moeten worden gehouden. De draagkracht van de gewapende grasmat hangt samen met de sterkte van de kunststof en de pakkingsdichtheid van het vulmateriaal.

Kwaliteitscontrole.

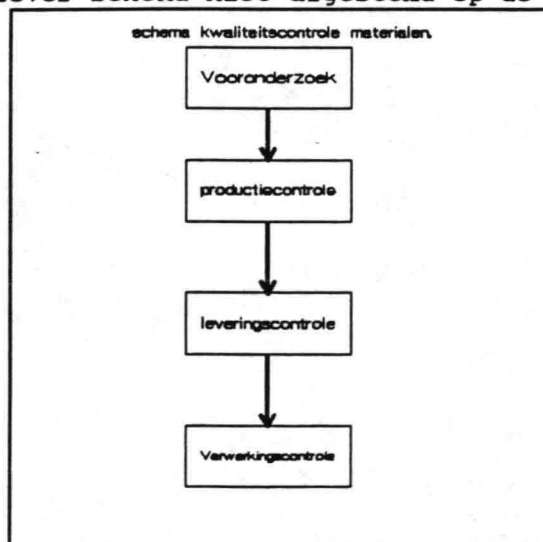
In het voorgaande is aangegeven welke eigenschappen van belang zijn voor de levensduur van kunststoffen. Uit ervaringen met leveringen in de afgelopen jaren is gebleken dat met name voor het aspect duurzaamheid niet altijd wordt aangetoond dat aan de eisen wordt voldaan. Daarnaast is toevoeging van additieven niet voor elke toepassing gewenst (agrotoeepassing, verpakings-industrie etc.) omdat een lange levensduur hierbij niet functioneel is. Beproevingsmethoden die worden gebruikt voor het vaststellen van de levensduur van kunststoffen zijn voor zover bekend niet afgestemd op de drie-D-matten.

Door aanpassing van de bestaande proeven NEN 5132 (duurzaamheid van polypropyleengaren) en Par 5.14 criteria 69, KIWA (bepaling thermische stabiliteit van polyetheenfolie) kan hierin worden voorzien. De resultaten van deze proeven zullen specifiek vertaald moeten worden naar de constructie van de drie-D-mat, in verband met de constructie van de drie-D-mat (grotere specifieke oppervlakte door dunne draden die rondom vrij liggen voor expositie).

Bij de controle van bouwstoffen is in de regelgeving de volgende structuur te onderkennen:

A. het verrichten van een onderzoek voorafgaande aan de levering van een materiaal (het zogenaamde voor-onderzoek);

B. controle bij de daadwerkelijke productie van het materiaal;



- C. periodieke controle door de producent gedurende de productie van het materiaal;
- D. het overleggen van een bewijs van oorsprong en resultaten van de uitgevoerde bedrijfs-controle van het materiaal.

Bij materialen die procesmatig worden geproduceerd wordt meestal met een Intern Kwaliteits Borgingssysteem (IKB systeem) gewerkt. Voor productieprocessen waarbij niet of nog niet optimaal volgens een IKB systeem wordt gewerkt kan de kwaliteit aan de hand van productkeuringen worden getoetst.

De kunststoffen die in aanmerking komen voor toepassing als versterkte grasmatten zijn in principe PE, PP en PA. Drie-D-matten van polyester zijn voor zover bekend niet leverbaar. In bijlage 1 zijn de technische gegevens van de diverse kunststoffen samengevat. Bij DWV is documentatie beschikbaar betreffende de producten Tensar, Enka en Nuac faser techniek. Uit deze gegevens kan worden geconcludeerd dat het in theorie mogelijk is om kunststof drie-D-matten te vervaardigen met een levensduur van tenminste 30 jaar. Het is aan te bevelen voorafgaande aan de installatie van de producten aan de hand van resultaten van korteduurproeven die geëxtrapoleerd worden vast te stellen of deze levensduur ook werkelijk gehaald kan worden.

geraadpleegde literatuur:

1. "Plastics" A.E.Schouten en A.K.van der Vegt, ISBN 90 274 5460 4.
2. "Geotextiles and geomembranes in civil engineering", R.Veldhuijzen Van Zanten, ISBN 90 212 6086 7.
3. "Geokunststoffen in de weg-en waterbouw", DWV-wijzer 36 ISSN 0926-8618.
4. "Geokunststoffen in de civiele techniek", uitgave 151 CUR/NGO, 1991, ISBN 90 212 6086 7.
5. "Protocollen voor het toepassen van afdichtingsfolies ten behoeve van de bescherming van het milieu", Kunststof en rubberinstituut TNO in opdracht van Min. VROM

Proefproject.

Als lokatie voor het proefproject 'versterkte grasmatt' is door de dienstkring Afsluitdijk aangegeven het traject dp. 12 - dp 13.

Als lokatie voor het proefproject maaibeheer op onversterkte grasmatt wordt voorgesteld in het traject dp. 25 - dp 26.032.

Versterkte grasmatt.

Het proefproject zal voornamelijk een uitvoeringsproef betreffen. Dit houdt in dat in het proefproject ervaring opgedaan kan worden met het aanbrengen van een versterkte grasmatt. Daartoe zal het proefvak voldoende afmeting dienen te hebben, zodat de werkwijze gevolgd kan worden die voorzien wordt voor het definitieve bekleden van de Afsluitdijk met versterkte grasmatt. Er kan daarbij gedacht worden aan een lengte van ca. 200 m. per materiaal. Vanwege concurrentie bestaat er voorkeur voor meerdere materialen en/of leveranciers.

De momenteel op de markt beschikbare 3-D-matten zijn:

- Tensar-matt 2 en 4 ply: de 4-ply is vergelijkbaar met de 18 mm Enkamatt. De matt bestaat uit twee gekrompen ondernetten die de treksterkte bepalen en twee bovennetten die op bepaalde plaatsen op het ondernet gelast zijn en tussen die plaatsen een hobbelige 3-D-structuur vertonen.

De afmetingen van de matt bedragen 4,5 bij 30 m, maar de matt kan ook in pasklare stukken worden geleverd van 4,5 m breedte. De dikte van de matt is ca. 16 mm en is gemaakt van HDPE met additieven.

De matt wordt in Nederland geleverd door Civiele Techniek Nederland b.v., een handelmaatschappij uit Lochem, tel 05730-52986.

Van de zijde van DWW is contact geweest met de heer T.Huijbrechts.

- Enkamatt 7020 of 7220 (de laatste 'met zool'). De 'zool' houdt in dat de onderzijde van de matt een wat dichtere structuur heeft, waardoor materiaal dat ingeharkt wordt aan de bovenzijde gemakkelijker in de matt komt, terwijl het moeilijker aan de onderzijde door de matt valt. De afmetingen van de matt bedragen o.a. 5,75 bij 150 m, maar de matt kan ook in pasklare stukken worden geleverd van 5,75 m breedte. De dikte van de Enkamatt 7020 is 20 mm, die van de 'matt met zool', Enkamatt 7220 is 18 mm. De matt is niet samengesteld van aard, maar een z.g. monoconstructie.

De matt is gemaakt van Polyamide (nylon) met additieven.

De matt wordt in Nederland geleverd door de producent, AKZO-industrial systems b.v., in Arnhem, tel. 085-692663. Van de zijde van DWW is contact geweest met de heren Doomernik en Holtus.

- Secudrän DS 500 G. De afmetingen waarin de matt geleverd wordt zijn niet bekend, maar ook hier kunnen pasklare stukken geleverd worden. De dikte van de matt is 20 mm, en in de vermelde typenummer is een 'gewebe' aan de onderzijde van de matt bevestigd (typeaanduiding G). Dit is voor de Afsluitdijk niet nodig. Het materiaal is normaliter polypropyleen.

Deze matt is overigens voor grotere hoeveelheden in vrijwel ieder materiaal (PE, PP, PA) te leveren, in vrijwel alle gewichten per vierkante meter en in vrijwel iedere gewenste dikte. Voor de proef komt de Secudrän DS 500 in aanmerking, omdat die het meest overeenkomt met de overige fabrikaten.

Het proefproject zal ook dienen om meer inzicht te krijgen in de verschillen in aanschaf- en verwerkingskosten. De inzet op de verschillende delen zal derhalve bijgehouden moeten worden.

Hierbij dient echter terdege rekening te worden gehouden dat in de loop van het project ervaring wordt opgedaan, die meer ten goede zal komen aan de later te installeren proefvakken.

De kans dat het proefvak ook werkelijk belast zal worden met de belasting waarop het gedimensioneerd is, is zeer klein. Over het gedrag van het materiaal in maatgevende omstandigheden zal derhalve hoogstwaarschijnlijk geen ervaring opgedaan worden.

Materiaaleisen.

De leverancier geeft aan welke interne bedrijfscontrole bij de producent reeds wordt verricht en in hoeverre het produkt onder certificaat wordt geleverd.

Daarnaast zal door de Afdeling Materialen van DWW, in overleg met TNO een beproeving worden ontwikkeld, die bij alle gebruikte materialen kan worden gehanteerd en die door de opdrachtgever kan worden beschreven in de leveringsvoorwaarden. De leverancier verzorgt dan deze beproeving.

Op deze wijze worden vergelijkbare gegevens betreffende de verschillende materialen verkregen.

Uitvoering.

De werkzaamheden zullen bij voorkeur uitgevoerd worden in het 'open seizoen', te weten tussen 15 april en 15 oktober, hoewel dit voor de Afsluitdijk geendwingende randvoorwaarde is.

Het verkeer op de autosnelweg zal niet dan met grote uitzondering gehinderd mogen worden.

's Zomers wordt er frequent toeristisch gebruik gemaakt van het fietspad op de Afsluitdijk. Bij werkzaamheden aan het binnentalud van de tuimeldijk zal ongetwijfeld enige hinder voor het fietsverkeer optreden. Om het fietsverkeer niet meer dan nodig te hinderen, dient een werkwijze gekozen te worden waarbij de doorgang gewaarborgd blijft. Korte onderbrekingen in de doorgang zijn acceptabel.

De werkwijze bij de uitvoering bestaat achtereenvolgens uit:

- kort maaien van de huidige grasmat,
- ploegen of 'overtopfraisen' van de grond. Hierbij moet bedacht worden dat diep omwerken veel klink van de grond met zich mee brengt. Ploegen of 'overtopfraisen' van de grond wordt voorgesteld om de vegetatie 'onder de grond te werken'. De grond die dan later voor afwerking wordt gebruikt zal dan homogener zijn, doordat het minder grasplanten bevat. De diepte van omwerken van de grond zal vanwege klink beperkt worden tot ca. 0,1 à 0,2 m,
- verwijderen van de top laag ter dikte van ca. 0,05 m en vlak afwerken van het oppervlak,
- aanbrengen van de versterkingsmat,
- verankeren van de versterkingsmat,
- aanbrengen en gelijkmatig verdelen van grond op de versterkingsmat,
- inzaaien en onderwerken van het zaad (eventueel deels zaaien vóór aanbrengen van de grond op de mat),
- aandrukken van de rulle grond,
- afhankelijk van het weer eventueel beregenen.

Uitvoeringsdetails.

Bij het aanbrengen van geotextiel-versterkte grasmat dient er op gelet te worden dat:

- de ondergrond waarop de versterkingsmat aangebracht wordt vlak wordt afgewerkt
- de versterkingsmat voldoende wordt verankerd; verankering dient op de overlappen van de matten iedere m² plaats te vinden d.m.v. een kram van betonijzer ϕ 6 à 8 mm omgebogen 0,5/0,1/0,1 m. of met een speciale plastic pen (volgens aanwijzingen leverancier). Op plekken waar de mat niet 'aanligt' op de ondergrond dient een verankering aangebracht te worden. Ook in de kielspitten dient de mat iedere m² verankerd te worden.
- de versterkingsmat geheel en gelijkmatig wordt afgedekt met een laag grond en wordt ingeharkt, zodanig dat na inklinken nog een laag van ca. 1 à 2 cm. boven de mat aanwezig is.
- de versterkingsmat niet wordt beschadigd bij het afdekken met grond
- de uitvoeringsvoorschriften van de fabrikant gevolgd worden

Er dient aandacht geschonken te worden aan de vormgeving van de teen van het talud en de overgang naar het fietspad. Hierbij wordt voorgesteld om vanaf het fietspad tot het talud een flauwe helling (t.b.v. de afwatering van het talud naar het fietspad) aan te houden, uitgevoerd in doorgroeistenen. Deze doorgroeistenen zijn deels ook nu reeds aanwezig om de grasmat te beschermen tegen uitwijkend werkverkeer. Vervolgens in een scherpe hoek het talud te volgen onder de bestaande helling van 1:2,5. Daarbij dient de versterkingsmat een bepaalde lengte recht door te lopen onder de doorgroeistenen, ter vastlegging en opsluiting.

Bij de aansluiting naar het buitentalud, dat met basalt is bekleed, dient de versterkingsmat over een bepaalde lengte in een kielspit verankerd te worden. Op het kielspit worden 1 of 2 doorgroeistenen aangebracht waardoor het begin van de mat beschermd wordt (tevens verankeren).

Door de afdekking met bestaande grond zal volgens het vegetatie-advies een voldoende erosiebestendig oppervlak ontstaan.

Onder de maatgevende belasting zal door de aanwezigheid van de versterkte grasmat de erosie zodanig beperkt worden, dat geen aanvullende eisen aan de ondergrond gesteld behoeven te worden.

Het is met name niet nodig om daar waar de afdekkende 'cohesieve laag' bestaat uit zandig materiaal, om reden van erosiebestendigheid een grondverbetering aan te brengen.

Bij de overgangen over de dijk, waar regelmatig met onderhouds- en maai-materieel wordt gereden, kan de belasting voor de versterkingsmat zodanig zijn, dat bij dagelijks gebruik schade optreedt. Het is dan aan te bevelen op die lokaties op beperkte schaal doorgroeistenen toe te passen.

Opmerkingen.

1. Een zeer hoge freatische lijn in de zandige kern van de Afsluitdijk kan uittredend water veroorzaken in de knik juist boven het fietspad. Een dergelijke hoge freatische lijn kan slechts optreden wanneer de zandige kern snel gevuld wordt door een hoge waterstand voor de dijk en vervolgens aangevuld wordt door water dat inzijgt door het buitentalud (vanwege golfoploop). De kans hierop lijkt, gezien het dwarsprofiel van de Afsluitdijk, gering. Indien dit zou kunnen optreden, zouden voorzieningen getroffen moeten worden om het uittreden van water te bevorderen. Door Directie Flevoland worden (oude) peilbuisgegevens en bijbehorende buitenwaterstanden ter beschikking gesteld aan DWW, waaruit mogelijke conclusies getrokken kunnen worden. Het lijkt niet noodzakelijk bij de uitvoering van het proefproject rekening te houden met deze omstandigheid.
2. Het grastalud tussen het fietspad en de autosnelweg is in deze notitie buiten beschouwing gebleven. In de bijeenkomsten betreffende het binnentalud werd een betere bescherming van dit gedeelte niet van belang geacht.

Kosten.

In overleg met Dir.Flevoland wordt hierbij slechts een indicatie van de kosten voor aankoop van de versterkingsmat gegeven.

Daarnaast zullen kosten ontstaan voor het maaien en fraisen van de grasmat, het verwijderen van de bovengrond, het voorbereiden van het talud, het aanbrengen van de mat, het afdekken met grond en het afwerken en inzaaien.

Het proefproject zal ook inzicht kunnen geven in de verschillen in kosten voor de verwerking van de verschillende versterkingsmatten.

Toepassing van een 'voorgevulde mat' (Enkamat A), waardoor de werkzaamheden na aanbrengen van de mat geminimaliseerd worden, is ter sprake geweest. Dit alternatief is afgefallen vanwege beperking van materiaalgebruik, kosten en omdat het voor de vegetatie nadelig werd geacht.

Uitgaande van hoeveelheden van 1000 - 2000 m² bedragen de kosten volgens opgave van de leverancier van:

- Enkamat 7020 of 7220 ca. fl. 11,-/m²,
- Tensarmat 4 ply ca. fl. 11,-/m²,
- Secudrän 500 g./m² ca. fl. 10,-/m²; de iets zwaardere Secudrän 600 kost ca. fl. 11,-/m²

