

GRASLAND ALS DIJKBEKLEDING

Bijdrage OW 14 aan de PATO-cursus  
"Ontwerp, beheer en onderhoud van waterkeringen,  
Deel I, Toetsing veiligheid van waterkeringen en  
rationeel beheer en onderhoud  
21 mei 1992

door ing. J.A. Muijs, medewerker  
van de hoofdafdeling Waterbouw van  
de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van  
de Rijkswaterstaat.

- Strooibest. leid gras.  
goede wat: ~ 2 m/s kan
- 2% overloop lekt te keunen

## OW 14 BEKLEDINGEN: GRASMAT

### WAT IS "GRASMAT" ?

In de dijkbouw en ook bij de toetsing wordt korthedshalve gesproken over "grasmat" als men een dijkbekleding bedoelt, bestaande uit een deklaag van kleiige grond waarin een graslandvegetatie is geworteld. Sterkte ontleent de grasmat aan de kleikwaliteit en aan de vegetatie.

In een graslandvegetatie kunnen, naast veel grassen, ook kruidachtige gewassen vertegenwoordigd zijn.

Door de wijze van onderhoud (in de natuurtechnische terminologie en in deze bijdrage "beheer" genoemd) voorkomt men de vestiging van houtige gewassen en hoog opschietende ruigtekruiden. Dergelijke op primaire waterkeringen ongewenste gewassen vormen aangrijppunten voor de belasting, geven een slechte doorworteling en bemoeilijken een inspectie van de bekleding.

### *Indeling en naamgeving*

Een grasmat-bekleding bestaat uit:

- een graslandvegetatie [4], met bovengrondse en ondergrondse delen. De vegetatie wortelt in:
- een deklaag van kleiige grond, zowel dienend als substraat voor die vegetatie, als voor extra veiligheid na weg-eroderen van het sterk doorwortelde bovenste deel: de zode. De erosiebestendigheid van de kleilaag is de ondergrens van de erosiebestendigheid van deze bekledingsconstructie. In hoofdstuk 4 wordt de grond van de deklaag (minus wortels) aangeduid als "substraat".

De grasmat kan verder bevatten:

- harde elementen, zoals geotextielen en doorgroeistenen.

De sterkte van deze bekleding hangt af van de sterkte van de samenstellende delen en van het samenspel tussen die delen.

Voor een beter inzicht in de opbouw en sterkte van de grasmat wordt in deze bijdrage de volgende onderverdeling van de grasmat gehanteerd (figuur 1):

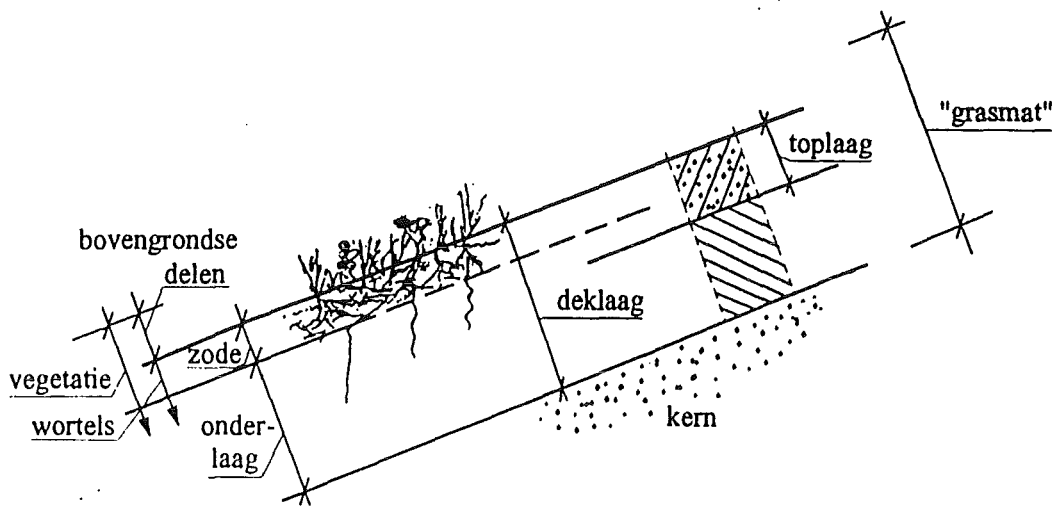
- de "zode": het intensief doorwortelde bovenste deel van de deklaag, bestaande uit substraat plus wortels
- de "onderlaag": het nauwelijks doorwortelde deel van de deklaag onder de zode gelegen. De wortels spelen geen rol in de erosiebestendigheid van de onderlaag.

De vegetatie kan in principe vrij wortelen in de deklaag. Bij aanleg valt de uiteindelijk te vormen zodedikte niet goed te regelen, omdat die van vele factoren afhangt. Hoewel er geen theoretisch scherpe grens valt te trekken aan de zone met intensieve doorworteling blijkt in de praktijk blijkt toch wel een duidelijke sterke afname van de doorworteling in de diepte, meestal tussen 5 en 20 cm onder het maaiveld. Die afname vindt meestal over enkele centimeters plaats. Dat maakt een schatting van de zodedikte voldoende nauwkeurig.

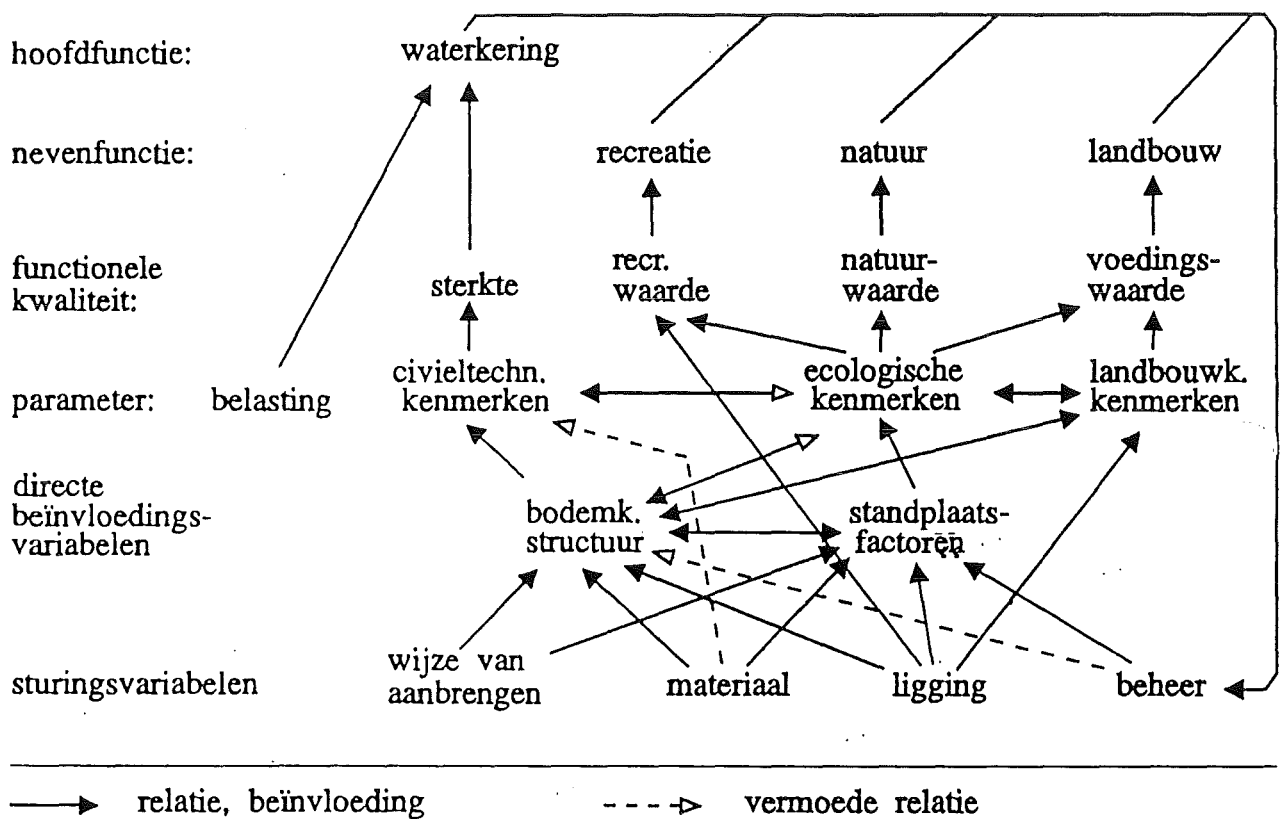
Soms is een duidelijk te onderscheiden toplaag van ander materiaal aanwezig. Dat kan het gevolg zijn van een bewuste aanleg t.b.v. de vestiging van een bepaalde plantengemeenschap, of van stapsgewijze aanpassingen van het waterkeringsprofiel of van bodemvormende processen.

### *Functies van grasmatten op dijken*

Toen in het begin van de 70-er jaren een begin werd gemaakt met de versterking van de rivierdijken ontstonden er sterke protesten tegen de massale en uniforme wijze waarop deze dreigde te worden aangepakt. De Commissie Rivierdijken heeft toen aangegeven dat er mogelijkheden zijn om veel meer dan voorheen de belangen van de veiligheid te combineren met andere bij de dijkversterking betrokken maatschappelijke belangen en die van de natuur. Een projectgroep van de TAW heeft daarop het rapport "Aanleg, beheer en onderhoud van de Grasmat op rivierdijken" [3] opgesteld dat kwalitatieve aanwijzingen geeft hoe, op rivierdijken, de belangen van veiligheid, natuur



Figuur 1. Opbouw en indeling van de grasmat



Figuur 2. Grasland als dijkbekleding, relatie tussen functies en beheer

en landbouw op elkaar afgestemd kunnen worden. Het geven van kwantitatieve aanwijzingen stuitte toen echter nog op een gebrek aan inzicht in en kennis van de ontwikkeling en hoedanigheid van de vegetatie, en de wijze waarop een grasmat een bijdrage aan de sterkte geeft.

In het kort kunnen aan een grasmat eisen worden gesteld i.v.m. de functies:

- waterkering, voor dijken natuurlijk de primaire eis,
- recreatie,
- natuurbehoud en -ontwikkeling,
- landschapsschoon,
- landbouw.

Over de landbouwkundige mogelijkheden is het één en ander vermeld in Flevovericht 120 (2), en voor het landschappelijke aspect wordt verwezen naar een studie van Staatsbosbeheer [5].

#### *Vestigingsvoorwaarden voor grasmatten*

Een grasmat kan men vinden op die plaatsen van een waterkering waar de milieudynamiek niet te hoog is. Dit wil zeggen: de planten moeten zich blijvend kunnen vestigen. Het betreffende waterkeringselement mag daarom niet:

- te lang onder water komen, te zwaar door golven worden belast, te sterk worden begraasd en betreden, te sterk uitdrogen, te zout worden door bespoeling met zeewater, en het moet:

- een substraat bieden dat stabiel is (d.w.z. op z'n plaats blijft liggen) dat voldoende (maar niet te veel) voedingsstoffen en bodemvocht bevat in de doorwortelde zone.

In het algemeen geschiedt aanleg van een grasmat door het aanbrengen van een kleilaag op het grondlichaam van de kern. Soms volstaat men met spontane vestiging van de vegetatie. Dikwijls bevordert men de vestiging van planten op dat substraat door:

- inzaaien met een zaadmengsel, uitspreiden van een worteldelen en zaden bevattende bovenlaag van een eerder (eventueel elders) verwijderde zode of bezoden. De laatste 2 methoden kunnen leiden tot een toplaag met een van de onderlaag afwijkende samenstelling.

Hiermee geeft men een eerste aanzet voor een vegetatie. Het soort vegetatie: de plantengemeenschap die op den duur stand houdt op de deklaag, zal in evenwicht zijn met de "vestigingsvoorwaarden" van dat type, de zogenaamde standplaatsfactoren. Een deel van die factoren legt men vast bij de aanleg, bijvoorbeeld door de sturingsvariabelen taludhelling, ligging boven grondwater en te keren waterstanden, zandgehalte van het substraat, e.d. Een ander deel heeft de beheerder in de hand door het beheer. In de natuurtechniek en ook verder in deze bijdrage wordt gesproken over "beheer" van grasland als maaien, beweiden, bemesten, e.d. wordt bedoeld. Dat is in civieltechnische zin: "onderhoud". De "beheers"-bare sturingsvariabelen maken beïnvloeding mogelijk van de vegetatie door het beheer te gebruiken als instrument voor verbetering (lees; beter vervullen van één of meer functies)!

In het schema (figuur 2) zijn de relaties aangegeven tussen de sturingsvariabelen en de functies van de grasmat.

#### **SCHADEMECHANISMEN**

Schade tijdens hoge waterstanden kan op vijf onderscheiden wijzen optreden. Golven en stroming veroorzaken in de eerste instantie diverse vormen van erosie:

1. het wegspoelen van afzonderlijke gronddeeltjes en kleine aggregaatjes tussen de wortels uit. Men moet denken aan een aggregaat- en deeltjesafmeting van 0,1 tot 2 mm doorsnede. Als dit leidt tot een geleidelijke, min of meer gelijkmatige erosie in de tijd en over een groter bekledingsoppervlak en langs de wanden van grotere porien wordt dit meestal niet als schade opgemerkt of ervaren. Dit mechanisme kan echter ook tot zodanige grondverplaatsingen leiden, dat het deklaagoppervlak oneffen wordt of de zode wordt verstoord;
2. het plotseling uitspoelen van grotere aggregaten (tot 2 x vuistgrootte); t.g.v. waterdrukverschillen tussen de porien in het substraat en het buitenwater. Oneffenheden in het deklaagoppervlak bevorderen het

- optreden van zulke drukverschillen;
3. het door plaatselijk sterkere erosie doorbreken van de zode. De erosievormen 2 en 3 zijn meestal onacceptabel, omdat ze vervolgschade (voortschrijdende erosie van de kern of stabiliteitsverlies van bekleding en/of kern) kunnen inleiden. De overige bezwijkmechanismen leiden tot het in zeer korte tijd verdwijnen van grote delen van de grasmat:
    4. afschuiving van de grasmat langs een glijvlak door de onderlaag, t.g.v. verzadiging of grondwaterstromingen. Dit kan alleen gebeuren bij steile taluds;
    5. het opbreken of -rollen van de zode, uitgaande van een gat, door golfwerking of langsstroming. Meestal is dit vervolgschade van de eerste 3 mechanismen.

#### *De samenhang binnen de grasmat*

De grasmat biedt weerstand aan bovengenoemde mechanismen door zijn interne samenhang. De bovengrondse delen spelen slechts een ondergeschikte rol bij het dempen van de belasting. De meeste weerstand wordt geboden door de zode. Hoe de erosie in die laag in zijn werk gaat, is in detail onderzocht met behulp van enkele kleinschalige proefopstellingen bij Grondmechanica Delft.

- \* In de wortellaag zijn het niet alléén de wortels die sterkte leveren. Ook de bodemstructuur in het deklaagmateriaal, het substraat, is zeer belangrijk. Het betreft de samenhang van afzonderlijke gronddeeltjes en van tot aggregaten gebonden gronddeeltjes. De hypothese is, dat, in de veelal zandige klei, kleideeltjes zijn verkit tot aggregaatjes ter grootte van zandkorrels die onder de optredende hydraulische krachten niet uiteen vallen. De korrels (zandkorrels of aggergaatjes) die erodeerbaar zijn, hebben meestal een diameter van 0,1 tot 2 mm, zonder typische kleieigenschappen.
- \* Grotere aggregaten worden door de wortelstructuur bijeen gehouden. De aggregaten van 0,1 tot 2 mm worden bijeengehouden door schimmeldraden en kitstoffen van diverse oorsprong en duurzaamheid. Dit zijn zetmeelachtige stoffen, geproduceerd door een verscheidenheid aan biologische activiteiten (denk aan wormen, kleinere dieren en bacteriën). Ook wortels scheiden kitstoffen af, tot de helft van hun gewicht per groeiseizoen.
- \* De erosiebestendigheid is dus het resultaat van een dynamisch evenwicht tussen een groot aantal samenhangende processen in de wortellaag. Het totstandkomen van een redelijke erosiebestendigheid vergt zeker enkele jaren. Dit geeft overigens een goede verklaring voor de kwetsbaarheid van jonge grasmatten.

Het is de vraag of het zinvol of zelfs mogelijk zal zijn deze processen afzonderlijk in detail te bestuderen. Een wat meer globale aanpak ligt voor de hand, zoals onderzoek naar de relatie tussen plantengemeenschap en erosiegevoeligheid onder een bepaalde belasting, of naar seizoensinvloeden.

Recent vegetatie-onderzoek op rivier- en zeedijken levert een vrij goed inzicht in de samenhang tussen grondsoort, beheer en overige omstandigheden enerzijds en de vegetatie (gezien als concrete plantengemeenschappen) en doorworteling anderzijds. Ook zijn er sterke aanwijzingen voor een relatie tussen de doorworteling en de erosie-bestendigheid. Een vegetatiekundige kan, alleen al aan de hand van de soortensamenstelling (of de plantengemeenschap) en andere uiterlijke kenmerken van de vegetatie zoals openheid, conclusies trekken over de toestand van de beworteling onder het oppervlak. Dit is vooral voor de toetsing van belang. Er zal worden getracht deze werkwijze zodanig op te zetten en te beschrijven, dat deze voor beheerders hanteerbaar wordt bij toetsing.

#### **DE INVLOED VAN HARDE ELEMENTEN IN GRASMATTEN**

##### *Doorgroeistenen en geotextielen*

Doorgroeistenen vormen in het algemeen een tussenvorm tussen een grasmat en harde bekleding.

Aangenomen wordt dat doorgroeistenen aan de grasmat een grotere sterkte geven, voornamelijk door de bescherming tegen erosie die substraat en wortelstelsel vinden in de holten van de steen. Ten eerste beperken ze het blootgestelde oppervlak. Ten tweede verkleinen ze de golfbelasting op het overgebleven substraat als een deel uit de gaten is gespoeld. Voor een vergroeiing van de wortelstructuur met de steen lijkt het wel wenselijk de holten met grond te vullen en géén doek onder de stenen toe te passen dat de doorgroei van wortels belemmert. Ze zijn ook wel eens toegepast op plaatsen waar regelmatig schade aan de grasmat optrad doordat het gras niet goed wou groeien. In die gevallen lijkt het aanbrengen van deze stenen verloren moeite, omdat ze op zichzelf de grasgroei niet bevorderen. Bij incidentele golfaanval die te zwaar kan zijn voor een enkele grasmat is het echter een tussenvorm die kan besparen ten opzichte van een geheel dichte harde bekleding. Doorgroeistenen worden ook wel toegepast om vertrapping door vee bij rasters en andere harde objecten te beperken en de berijdbaarheid te vergroten, of met het oog op het landschapsschoon. De kosten van aanleg zijn hoger dan van de enkele grasmat en het onderhoud (het maaien) is wat lastiger als de stenen niet zuiver in het dijkoppervlak liggen.

Het effect van geotextielen hangt af van het type. In grasmatten worden voornamelijk twee typen geotextielen toegepast:

1. juteweefsel. Dit heeft een geringe dikte. Het dient ter bescherming van het zaaigoed door erosiereductie en tijdelijke vastlegging van het substraattoepervlak. Enige tijd na aanleg en (hopelijk) na vestiging van een goede grasmat is het verteerd.
2. ruimtelijke niet-geweven kunststofmat tot zo'n 3 cm dikte. Ze worden oppervlakkig gelegd en ingezaaid, of kant en klaar geleverd als een rolzode. Wortels groeien er moeiteloos doorheen. De mat lijkt enigszins op een wortelmat. Hij zal de sterkte van een zode voor mechanische belastingen wellicht vergroten. Ook wordt hij wel toegepast als "transportwapening" van gekweekte graszoden. Misschien wordt de grondmechanische stabiteit van de zode vergroot. Een positief effect op de erosiebestendigheid van zode valt slechts te verwachten door reductie van de golf- en stromingsbelasting als de mat iets is blootgespoeld. Toch is de structuur beslist niet zo fijn als bij "echte" wortels. De kleine aggregaatjes die het eerst worden ge-erodeerd, worden er niet door vastgehouden. Ook scheidt een kunststofmat natuurlijk geen verkittende stoffen af. Een nadeel op de lange duur kan zijn, dat de mat door beschadiging (bij maaien, beweiden door runderen, ijsgang) toch plaatselijk boven de grond komt en dan moeilijk te verwijderen is zonder het gras verder te beschadigen.

#### *Bomen en struiken*

Bomen en struiken beïnvloeden de sterkte van de grasmat door:

- beschaduwing en bladval. Die veroorzaken in het algemeen een minder regelmatig gesloten zode en een minder goede doorworteling;
- doorworteling. Deze is veel grootschaliger dan die van een graslandvegetatie en reikt veel dieper. Een bijdrage aan de koppeling van aggregaten in de zode zal minder zijn. De stabiliteit van de deklaag in zijn geheel kan worden vergroot. Wel wordt nogal eens gevreesd voor diepgaande beschadiging van de deklaag bij windworp van bomen. Op dijken zal deze vrees wellicht vaak ongegrond zijn, omdat de doorworteling dieper zal gaan, vanwege een veel lagere ligging van de gemiddelde grondwaterspiegel dan bijvoorbeeld bij polderland;
- concentratie van de betreding. Dieren schurken zich graag aan bomen en palen, en zoeken de schaduw op.

Bomen en struiken kunnen de belasting op de grasmat beïnvloeden door:

- golfreductie;
- contractie in afstromend water en golfoploop bij stammen, en vorming van wervelstraten. Dit veroorzaakt een plaatselijk veel grotere belasting van de grasmat;
- windbelasting (zie opmerking hierboven).

Harde constructies zoals palen, bebouwing, verlaten, gemalen e.d. beïnvloeden de sterkte door concentratie van de betreding en eventueel door beschadwing, en de belasting door contractie en wervelstraatvorming.

#### DE VERANDERENDE VISIES OP GRASMATTEN

De wijze waarop de mens de grasmat hanteert als functioneel element van een waterkerende dijk, was eeuwenlang alleen een kwestie van ervaring. Pas na de stormvloed van 1953 is de kennis hierover bijeen gebracht in het rapport "Grasmat op dijken" [1].

Overigens moet men hierbij bedenken dat men de grasmat op grond van de ervaringen bij deze stormvloed niet als een zeer problematisch onderdeel van de dijken ervoer. Weliswaar had veelal het afschuiven van het met gras begroeide binnentalud dat de doorbraken ingeleid, maar de oorzaken werden (en worden) niet zozeer gezocht in de erosie van de grasmat zelf, als wel in het grondmechanische gedrag van het binnentalud onder invloed van golfoverslag in combinatie met de grote steilheid van en de doorlatendheidsverhoudingen in dat talud.

Bij de grootschalige zeedijkversterkingen die sindsdien ter hand werden genomen, stuitte men incidenteel wel op vragen betreffende de constructieve en sterkte-aspecten van de grasmat, zoals:

- vanaf welk niveau kan een grasmat de golfaanval weerstaan, ofwel tot welk niveau moet een harde bekleding worden opgetrokken?
- hoe bevordert men de groei van een grasmat in een relatief zout milieu?
- welke eisen moeten aan een afdekkende kleilaag worden gesteld op een dijk die verzwaard wordt met een kern van zand?
- in welke gevallen (in het bijzonder bij aanwezigheid van een hoogwater-vrij voorland) kan een harde bekleding achterwege blijven?

Op deze vragen werd in het algemeen een ad-hoc-antwoord gevonden vanuit de bestaande inzichten. Gericht onderzoek kwam pas op gang aan het eind van de 60-er jaren na de oprichting van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW).

Uit deze periode komt ook nog het rapport "Inzaai en onderhoud van de grasmat op dijken" [2] voort, dat in feite een (meer landbouwkundig) vervolg is van het rapport "Grasmat op dijken"

De vragen betreffende de stabiliteit van een met gras begroeid binnentalud onder invloed van golfoverslag kwamen in deze periode niet aan de orde. Men versterkte de dijken, op grond van de ervaringen tijdens de stormvloed, zo, dat de hellingen van de binnentaluds flauw genoeg waren om enigszins overslagbestendig te zijn. Tevens maakte men de kruinen hoog genoeg om overslag van betekenis, ook onder ontwerpomstandigheden, te voorkómen.

Na 1980 is onderzoek op gang gekomen in twee richtingen: enerzijds onderzoek naar de erosiebestendigheid van gras op klei en anderzijds naar de ontwikkeling van kruidenrijkere graslandvegetaties onder diverse omstandigheden. In eerste instantie moet dit onderzoek methoden opleveren om te kunnen meten in welke mate functies als veiligheid of natuurbehoud worden gediend. Dit stadium van onderzoek is nog volop aan de gang. De resultaten van dit onderzoek zullen het mogelijk moeten maken om de effectiviteit van gerichte sturende (beheers-) maatregelen te beoordelen.

Om iets meer concreet te worden zullen enige resultaten van het tot nu toe verrichte onderzoek worden aangehaald.

#### Erosie-onderzoek

Voor erosie-onderzoek zijn methoden ontwikkeld om grote proefstukken (tot 0,9 m dik met een oppervlakte tot zo'n 10 m<sup>2</sup>) te steken en in een proefopstelling te plaatsen. Er zijn proeffaciliteiten (golf- en stroomgoten) om onregelmatige golven tot een hoogte van tegen de 2 m te produceren of alternerende snelheden langs een talud tot maximaal 4 m/s.

Enkele monsters uit zeedijken zijn aldus beproefd en bleken een dergelijke aanval tientallen uren te kunnen weerstaan. Het grasblad bleek reeds na enkele uren te zijn weggesleten. De zode was echter zeer erosiebestendig. Na het doorslijten van de zode (bij deze proefstukken: tot 3 à 5 cm diepte)

zette de erosie progressief door, daar de onderlagen van, in dit geval, vrij zandige klei relatief weinig weerstand boden. Binnenkort zal weer een golfproef op grote zoden worden verricht in de Deltagoot. Op kleinere proefstukken rivierdijk-grasmat werden langdurige proeven met golven tot 0,25 m gedaan. De meeste grasmatten hielden het uit tot het einde van de proef; één grasmat werd zeer snel ge-erodeerd. Uitbreiding van deze proevenreeks wordt voorzien in 1993.

Op deze wijze werden kwantitatieve relaties tussen golfaanval en sterkte van specifieke grasmatten gevonden. De resultaten van een enkele proef zijn voorlopig niet overdraagbaar op grasmatten die ook maar in één parameter van de beproefde verschillen. De waarde van deze kostbare proeven is echter groot ter verificatie van het gedrag van grasmatten in concrete kritieke situaties en van gepostuleerde gedragsmodellen die voort zullen komen uit nader fundamenteel onderzoek.

Er werden ook vergelijkende erosieproeven ontworpen die op kleine grasmonsters kunnen worden uitgevoerd. Te noemen zijn de zogenaamde "centrifuge"-proeven, die worden uitgevoerd in een toestel dat enigszins op een huis-houdcentrifuge lijkt. Een stilstaand cilindervormig monster van doorwortelde grond wordt opgehangen in een met water gevulde draaiende cilinder. De meting levert een beschrijving op van de gewichtsafname van het monster als functie van de wrijvingskracht die het rondstromende water op het monster uitoefent.

Daarnaast is er zowel voor toepassing in het laboratorium als in het veld een douchekop-erosieproef ontwikkeld. Vanuit een sproeier valt water vanaf een geringe hoogte op een grasmat-oppervlak van ca. 0,25 m<sup>2</sup> en stroomt af. Gemeten wordt het materiaalverlies als functie van de tijd.

Het voordeel van deze typen proeven is dat ze vrij goedkoop en handzaam zijn. Ze hebben twee nadelen. De wijze waarop de grasmat wordt belast, heeft slechts een beperkte gelijkenis met de belasting in de realiteit. De resultaten zijn alleen geschikt voor kwalitatieve vergelijking van grasmatten. Een schatting van de sterkte van een bepaalde grasmat onder een reëel voorkomende belasting zou slechts ruwweg mogelijk zijn door interpolatie van de bekende erosiebestendigheden van, bijvoorbeeld nauwkeurig op sterkte beproefde, grasmatten.

Van de resultaten van de met deze methoden uitgevoerde metingen kan wel worden gezegd dat ze vrij redelijk in staat zijn bepaalde tendenzen in de sterkte, in afhankelijkheid van enkele parameters (zoals b.v. de diepte onder het oppervlak, de worteldichtheid of bedekkingsgraad van de vegetatie), weer te geven.

De erosie-onderzoeken bevestigen de bestaande gedachte dat een grasmat onder bepaalde omstandigheden een opvallend grote erosiebestendigheid kan hebben. Het blijft echter een probleem om deze omstandigheden scherp te omschrijven. Wel geldt voor gras, in sterkere mate dan voor andere bekleedstypen, dat de duur van de blootstelling aan de belasting zeker zo belangrijk lijkt als de zwaarte ervan. Ook bij een betrekkelijk lichte belasting kan, als deze lang genoeg aanhoudt, schade optreden. Voor de relatie tussen belasting en duur worden in buitenlandse literatuur wel grafieken gegeven. [6] Deze zijn bedoeld voor overlaten en waterlopen die incidenteel water afvoeren. Vanwege de eenzijdig gerichte stroming zijn ze niet bruikbaar voor beoordeling van grasmatten onder golfbelasting. Om dezelfde reden wordt ook afgezien van proeven in goten met een vaste stroomrichting.

Om algemeen bruikbare regels op te stellen, moet inzicht worden verkregen in de fysische mechanismen die de sterkte bepalen en de beschrijvende parameters daarvan.

Inmiddels wordt het erosiemechanisme bij Grondmechanica Delft in detail onderzocht met een kleinschalige proefopstelling met in en uit de grasmat stromend water. Zeer belangrijk waren de bevindingen t.a.v. de grootte van de ge-erodeerde deeltjes en de bindingen tussen deeltjes [9].

#### *Vegetatie-onderzoek*

Door de Landbouwuniversiteit Wageningen is uitvoerig onderzoek gedaan naar het vóorkomen van kruidenrijke vegetaties op rivier- en zeedijken (litera-



tuur: {4},{6},{7}). Een belangrijke overweging bij het opzetten van dit onderzoek was de sterke achteruitgang in het vóórkomen van het als waardevol beoordeelde stroomdalgrasland en andere kruidenrijke plantengemeenschappen in Nederland. Zelfs binnen de onderzoeksperiode nam het aantal lokaties met zulke vegetaties belangrijk af, zowel ten gevolge van dijkverbeteringen als ten gevolge van veranderingen in beheerswijze. Onderzocht is, onder andere, welke plantengemeenschappen (dit zou men kunnen omschrijven als vegetatietypen met een vaste soortensamenstelling) op de dijken voorkomen. Er is uitvoerig beschreven onder welke omstandigheden deze zich op de rivierdijken handhaven. Daarnaast is onderzocht in hoeverre ze de bodem bedekken, hoe de wortelstelsels van deze plantengemeenschappen zich ontwikkelen en hoe verschillende vormen van beheer de verschillende eigenschappen en het vóórkomen van de diverse soorten beïnvloeden.

Tenslotte is de erosiegevoeligheid van de verschillende plantengemeenschappen bepaald met de vergelijkende kleinschalige erosieproeven.

Enkele voor deze bijdrage relevante resultaten zijn:

- De kleibekleding van veel dijken is maar matig erosiebestendig. Ze hebben een goed ontwikkelde vegetatie nodig als bescherming tegen erosie.
- De beheerswijze bepaalt zeer sterk de plantengemeenschap en daarmee de doorworteling van de grasmatten.
- Stroomdalgraslanden vragen een ondergrond van lichtere samenstelling dan tot nu toe gemiddeld bij rivierdijken gewenst wordt geacht. De zwaarste typen grond waarop ze zich kunnen handhaven voldoen echter nog juist aan de eisen voldoen. Op zwaardere gronden (bijvoorbeeld op zeedijken) kunnen echter ook interessante kruidenrijke plantengemeenschappen groeien, mits het beheer daar ook op is gericht.
- Stroomdalgraslanden vragen een relatief droge en voedselarme grond. Steile taluds bevorderen dit door bezonning, uitloging en afstroming, maar zijn geen noodzakelijke voorwaarde.
- Stroomdalgraslanden komen op buitentaluds alleen voor boven het grenspeil, dus op een niveau dat minder dan eens per één of twee jaar wordt overspoeld. Op dit niveau wordt op civieltechnische gronden slechts zelden een harde bekleding gewenst.
- Sterke bemesting is voor de meeste kruidenrijke plantengemeenschappen funest. Eén keer gier dumpen maakt een groeiplaats al gauw voor een jaar of tien ongeschikt. Voorlopig worden als geschikte beheersmethoden beschouwd: extensieve beweiding of één of twee keer per jaar maaien waarbij het maaisel wordt afgevoerd.
- Als graslandvegetatie die bescherming tegen erosie moet bieden, levert een kruidenrijke vegetatie een betere doorworteling op dan een eenzijdig samengestelde grasmatten in overigens vergelijkbare omstandigheden.
- De doorworteling van een kruidenrijke vegetatie is minstens zo goed als en vaak beter dan die van grasmatten die door beheerders van waterkeringen op grond van ervaring als goed worden beoordeeld. Ook de bodembedekking doet niet onder voor die van een traditionele grasmatten. In het algemeen zal een plantengemeenschap van droge en voedselarme lokaties een dichter en dieper gaand wortelstelsel bezitten, dan één die makkelijk aan vocht en voeding kan komen.
- Op grond van de uitgevoerde erosieproeven kan van de erosiebestendigheid hetzelfde worden gezegd als van de doorworteling, behoudens de beperking dat, door de afwijkende belasting in de proeven, de geldigheid van de conclusies voor werkelijke belastingsituaties nog zal moeten worden bevestigd.
- Dat op zeedijken kruidenrijke vegetaties veel minder voorkomen dan op rivierdijken, is toe te schrijven aan de meer uniforme en intensieve wijze van beheer. Een aangepast beheer biedt ook hier mogelijkheden tot het verkrijgen van een betere doorworteling.

Hoewel de verschillende onderzoeken naar het erosiemechanisme nog niet zover zijn dat gedragsmodellen kunnen worden opgesteld, zijn er toch aanzetten mogelijk voor eenvoudige regels voor de praktijk van aanleg, beheer en beoordeling van grasmatten.

## TOETSING VAN GRASMATTEN

Toetsing houdt het beoordelen van de kwaliteit van de grasmat als element van de waterkering in. De kwaliteit is dan de verhouding tussen de (voor dat element maatgevende) belasting en de sterkte.

### De "sterkte-kant"

De grasmat moet qua sterkte getoetst worden op:

- de doorworteling;
- de erosiebestendigheid van het substraat op zich;
- de weerstand tegen afschuiven in het substraat;

De beoordelingsmethode zal zodanig worden opgezet, dat begonnen wordt met kenmerken die met het oog waarneembaar zijn aan het oppervlak van de grasmat. Bij een beoordeling van deze kenmerken als "twijfelachtig" of "slecht" zal dieper in de constructie moeten worden doorgedrongen.

Men begint met de erosiebestendigheid van de zode. De doorworteling is daarvoor (waarschijnlijk) een goede maat. De doorworteling valt goed af te leiden uit:

- primair: de plantengemeenschap
- secundair: de bedekking door de vegetatie van die plantengemeenschap.

De doorworteling van de zode kan ook worden onderzocht door monsternamen en -analyse.

Als de doorworteling onvoldoende is voor het onder de maatgevende belasting bijeenhouden van deeltjes en aggregaatjes, moet men de erosiebestendigheid van het zodesubstraat met classificatieproeven toetsen. In [8] is aangegeven hoe de erosiebestendigheid van kleiige materialen kan worden vastgesteld.

Valt deze beoordeling slecht uit, dan is onderzoek naar de erosiebestendigheid van de onderlaag nodig door het graven van profielkuilen voor beoordeling van de bodemstructuur en het doen van classificatieproeven. Classificatieproeven alléén zijn niet voldoende. Als het watergehalte bij oorspronkelijke aanbrengen van de deklaag en de verdichtingswijze niet bekend zijn, moet de bodemstructuur worden bekeken.

De grondmechanische stabiliteit staat los van de erosiegevoeligheid. Omdat voor een stabiliteitstoetsing onderzoek van een monsternamen uit de onderlaag nodig is, ligt het voor de hand deze te laten samenvallen met een beoordeling van de onderlaag. Eventueel nodig geachte monsternamen kan dan voor beide beoordelingen in één operatie (lees: kuil) plaatsvinden.

Een beoordeling is alleen zinvol als de vegetatie niet sterk zal veranderen. De beheerswijze mag dus niet op korte termijn veranderen of kortgeleden zijn veranderd, en de grasmat is niet recent aangelegd of belangrijk hersteld. Voor de termijnen moet men denken aan:

- 4 jaar voor het toetsingstijdstip
- 5 jaar (d.w.z. tot de volgende toetsing) na het toetsingstijdstip

Onder deze voorwaarden wordt de grasmat "normaal onderhouden".

### De "belastings-kant"

Als het gedragsmodellen van erosie van grasmatten bekend zou zijn, dan is het mogelijk om optredende krachten door hydraulische belasting te vergelijken met de krachten die gronddeeltjes binden. Nu langzaam duidelijk wordt op welke schaal de erosie plaatsvindt, blijkt de kennis omtrent de waterdrukken op die schaal tamelijk beperkt. Bij het erosie-onderzoek in de Deltagoot zullen daarom ook veel hydraulische metingen worden gedaan. Totdat meer bekend wordt, zal voor de toetsing worden gewerkt met een kwalitatieve indeling van de belastingen. Een combinatie van golfhoogte, stroomsnelheid, taludhelling en vooral ook: tijdsduur plaatst een specifieke belasting op grond van ervaringen in één van de categorieën: Laag, Middelmatig, Hoog.

De sterkte zal ook per onderdeel van de grasmat in een aantal categorieën worden ingedeeld om aldus een eenvoudige, voorlopig nog kwalitatieve toetsing van grasmatten mogelijk te maken.

Grasmatten hebben één extra voordeel boven harde bekledingsconstructies. De sterkte van een grasmat hangt in hoge mate af van de wijze van beheer. Een als "twijfelachtig" of "slecht" beoordeelde grasmat kan wellicht door verandering van beheer na enige tijd in een betere beoordelingscategorie belanden.

Dat vraagt in het algemeen een aanpassing van het bestaande beheer om een meer kruidenrijke en dieper wortelende grasmat te verkrijgen. Meestal betekent dit: een minder intensief landbouwkundig gebruik, bijvoorbeeld vermindering van de beweidingsdruk. Dat kan extra kosten voor maaien en afvoeren van hooi met zich mee brengen. Overigens mag worden verwacht, dat de beweiding met schapen in de toekomst veel minder interessant wordt, zodra de verschillende premies op schapenteelt wegvallen. De haalbaarheid van zulk gewijzigd beheer hangt mede af van plaatselijke en regionale omstandigheden.

Momenteel lopen experimenten met verandering in beheersvormen op zee- en rivierdijken. Het effect op de vegetatie, de doorworteling en, zo mogelijk, de erosiegevoeligheid zullen worden bekeken.

#### *Toetsing met ervaringsgegevens*

Heeft een grasmat in de laatste tientallen jaren voldaan en is geen verandering in beheer en belastingen opgetreden, dan valt die grasmat als "goed" te kwalificeren. Voorwaarde is, dat de maatgevende belasting(en) zijn opgetreden gedurende de periode waarin die ervaring is verkregen. Deze belasting hoeft niet noodzakelijkerwijs te hebben gewerkt op het gehele met grasmat beklede waterkeringsgedeelte. Een gunstige ervaring laag op de dijk mag (mits geldend voor eenzelfde belastingsniveau) ook gelden voor een hoger gelegen plaats als de grasmat daar dezelfde kenmerken vertoont. Men moet dan denken aan plantengemeenschap en substraatsamenstelling.

#### LITERATUUR

- [1] "Grasmat op Dijken",  
Werkgroep "Grasmat op Dijken", ingesteld door het Koninklijk Instituut voor Ingenieurs en het Koninklijk Genootschap voor Landbouwwetenschappen, juli 1958.
- [2] "Inzaai en onderhoud van de grasmat op dijken",  
ing. P.J. Huisman  
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Flevobericht 120,  
Lelystad, november 1976.
- [3] "Aanleg, beheer en onderhoud van de grasmat op rivierdijken",  
Subwerkgroep 9<sup>B</sup> van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, april 1981.
- [4] "Natuurtechnische en civieltechnische aspecten van rivierdijkvegetaties"  
K.V. Sykora en C.I.J.M. Liebrand, Landbouwuniversiteit,  
vakgroep Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde,  
Wageningen, 1987.
- [5] "Een scherpe grens; Ontwerpstudie naar de ruimtelijke kwaliteit van verzwaarde rivierdijken",  
Y.C. Feddes en F.L. Halenbeek, Staatsbosbeheer, Utrecht, 1988;  
Rapport 1 uit de reeks "Bouwen aan een levend landschap",
- [6] "Vegetatie van Nederlandse zeedijken, plantengemeenschappen in relatie tot standplaatsfactoren", J.T.C.M. Sprangers, Landbouwuniversiteit, Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde, Wageningen, 1989
- [7] "Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestendigheid van rivierdijkvegetaties", F.F. Van der Zee, Landbouwuniversiteit, Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde, Wageningen, 1992 (verschijnt binnenkort)
- [8] "Nieuwe eisen voor klei voor dijkbouw", J.A. Muijs, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, december 1989; Waterbouwinfo 7
- [9] "Opbouw en erosie van graszoden", G.A.M. Kruse, Grondmechanica Delft, 1991

OW 14

*Bemestbaar geeft oppervlaktelijke  
bevochtiging, slecht voor dijk  
- Kruiden doodopuitaan ook slecht*

blz. 10