



Extensief graslandbeheer op zeedijken

Hans Sprangers

effecten
op vegetatie,
wortelgroei
en
erosiebestendigheid

7-1-97

Technische Universiteit Delft
Bibliotheek Faculteit der Civiele Techniek
(Boulevard de Feijenoordweg 1)
Postbus 3042
2001 CA DELFT

TPN

96-01

2283915

* BL M.6 B / * WW R02 D

Extensief graslandbeheer op zeedijken

Effecten op vegetatie, wortelgroei
en erosiebestendigheid

Technische Universiteit Delft
Bibliotheek Faculteit der Civiele Techniek
(Bentleyweg 1)
Postbus 5048
2600 GA DELFT

mei 1996

Hans Sprangers

1. Rapport nr. A3 95 - 26	2. Serie nr.	3. Ontvanger catalogus nummer	
4. Titel en sub-titel Extensief graslandbeheer op zeedijken; effecten op vegetatie, wortelgroei en erosiebestendigheid		5. Datum rapport Mei 1996	6. Kode uitvoerende organisatie
		8. Nr. rapport uitvoerende organisatie	
7. Schrijver Drs. J.T.C.M. Sprangers		10. Projektnaam TAWA/GRAS	
9. Naam en adres opdrachtnemer Vakgroep Terrestrische Oecologie en Natuurbeheer Sectie Natuurbeheer en Plantenecologie Werkgroep behoud en herstel van de soortsdiversiteit Landbouwuniversiteit Wageningen, Bornsesteeg 69, 6708 PD Wageningen.		11. Kontaktnummer	
		13. Type rapport Onderzoeksrapport	
12. Naam en adres opdrachtgever Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Van der Burghweg 1, Postbus 5044, 2600 GA, Delft.		14. Kode andere opdrachtgever	
		15. Opmerkingen Onderzoek ten behoeve van Werkgroep A "Belasting en Bekleding" van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen	
16. Referaat Na het stoppen van bemesting in combinatie met een verminderde begrazingsdruk of hooibeheer in een aantal proefvakken op zeedijken, zijn gedurende 4 jaar de effecten bestudeerd op soortensamenstelling, zode- en worteldichtheid van het grasland. Ook zijn het verloop van de worteldichtheid gedurende het seizoen en de ruimtelijke heterogeniteit onderzocht. Met behulp van kleinschalige erosieproeven is de erosiebestendigheid van het grasland getoetst. Enkele praktische richtlijnen voor het beheer van dijkgrasland worden beschreven.			
17. Trefwoorden dijk, bekledingen, gras, beheer, erosiebestendigheid		18. Distributie systeem DWW/TAW/LUW	
19. Classificatie Openbaar	20. Classificatie deze pagina	21. Aant. blz. 233	22 Prijs f 60

Extensief graslandbeheer op zeedijken
Effecten op vegetatie, wortelgroei en erosiebestendigheid

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van
Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde,
ten behoeve van Werkgroep A "Belasting en Bekleding"
van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.

mei 1996.

J.T.C.M. Sprangers

Vakgroep Terrestrische Oecologie en Natuurbeheer
Werkgroep behoud en herstel van de soorten diversiteit
Landbouwniversiteit Wageningen
Bornsesteeg 69, 6708 PD Wageningen.

ISBN 9090096930

Omslag-ontwerp en lay-out: Sprangers marketingcommunicatie Oss
Fotografie: Hans Sprangers, Jan Muijs (blz. 7)
Tekeningen: Herman Klees, Joep Frissel
Omslagfoto: buitentalud Westerscheldedijk bij Biezelingse Ham (Zuid-Beveland)

Drukwerk: Koninklijke Drukkerij G.J. Thieme bv Nijmegen

Korte samenvatting

In een aantal proefvakken op dijken langs de Nederlandse kust is de bemesting van het grasland beëindigd en zijn, na 4 jaar weide- of hooibeheer, botanische samenstelling, bedekking, bovengrondse biomassa, worteldichtheid en erosiebestendigheid onderzocht. Als referentie zijn ook langdurig onbemeste, soortenrijke hooilanden onderzocht. De productie van bovengrondse biomassa in dit type grasland bedraagt ongeveer 5 ton droge stof $\text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$. De worteldichtheid en erosiebestendigheid zijn 2x zo hoog als in (intensief) bemest weiland. De bedekking is wel lager maar de verdeling van spruiten over het proefvak is homogeen. Op een diepte van 0-3 cm is er geen verschil in worteldichtheid. In bemest weiland varieert de wortelhoeveelheid ($\text{m} \cdot \text{dm}^{-3}$) gedurende het seizoen voornamelijk in de bovenlaag met relatief hoge waarden in juli en september. In onbemest hooiland varieert de wortelhoeveelheid onder de toplaag (op een diepte vanaf 3 cm), met hoge waarden in april en september.

Niet meer bemesten van zeedijkgrasland leidt bij een beheer van weiden, hooien of hooien met nabeweiding na 4 jaar tot een afname van de productie van 10-11 ton droge stof $\text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ naar 6,5-7,5 ton $\text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$. De overgang van bemest weiden naar onbemest hooien leidt tot een toename van het aandeel goed wortelende grassen en kruiden, en een toename van de worteldichtheid ($\text{m} \cdot \text{dm}^{-3}$) en erosiebestendigheid (erosiecentrifugeproeven) op een diepte van 5-10 cm, terwijl de bedekking van de vegetatie gelijk blijft. In onbemeste, beweide varianten en varianten met een gecombineerd beheer van hooien en naweiden, zijn minder duidelijke effecten van extensivering waargenomen. Continuering van het experiment is nodig om te onderzoeken of extensivering op lange termijn bevorderlijk is voor de erosiebestendigheid van zeedijkgrasland.

Abstract

In grassland on Dutch seadikes the influence of cessation of fertilizer application in combination with different management regimes on factors affecting water erosion was experimentally investigated. From 1991 to 1994 botanical composition, vegetation cover and root density are studied, and erosion susceptibility is tested in a laboratory device for water erosion by centrifugation. Non-fertilized, species-rich grasslands are also investigated as a reference. The aboveground biomass production of these grasslands is about 5 tonnes dry matter $\text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$, which is half the amount of fertilized grasslands. The root density in $\text{m} \cdot \text{dm}^{-3}$ as well as the erosion resistance (time needed for the loss of % weight) is twice as high compared to the fertilized grasslands, at a depth of 3 cm and below.

Cessation of fertilizer application together with hay-making on formerly sheep-grazed dike grassland, led to a decrease in the aboveground biomass production from 10-11 tonnes $\text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ to 6.5-7.5 tonnes $\text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$. There is an increase in root density and erosion resistance at a depth of 5-10 cm, and a change in the dominance of species of nutrient-poor soils. This proves the positive effects of a more extensive management of dike grasslands for improving resistance against erosion, although less obvious results were observed in experiments with sheep-grazing and cessation of fertilizer. Continuation of the experiments is necessary in order to investigate the long term effects of hay-making as well as sheep-grazing without the use of fertilizer on root density and sod quality.



Intensief bemest dijkgrasland bij Rilland-Bath (1989): een op het oog goed gesloten grasmat



Dezelfde locatie na de februaristorm in 1990: de grasmat is over grote lengte aangetast tot NAP +6 m (hoogste waterstand hoogwater NAP + 5,04 m)



Op sommige plekken is klei weggespoeld tot gaten van 40 m²

Voorwoord

Na de hoogwaterperiode van februari 1995 en de dreigende stijging van de zeespiegel door klimaatswijzingen ten gevolge van een verhoogde CO₂-uitstoot, staan veiligheid en betrouwbaarheid van dijken opnieuw in de belangstelling. Eens in de 1250 jaar voor rivierdijken en eens in de 4000 jaar voor zeedijken mag het water over de dijk komen. Hoogte en constructie van de dijk zijn hierop aangepast. Maar voor het zover is moet de dijk het water keren. Specifieke eisen aan bekleding en onderhoud van de dijken moeten deze functie veilig stellen. Dit verslag draagt bij aan die veiligheid. Het bespreekt de resultaten van veldexperimenteel onderzoek naar de meest toegepaste dijkbekleding: gras.

Op de voorkant staat maar één naam vermeld. Dit wekt de suggestie dat één persoon het werk heeft verricht. Deze veronderstelling is onjuist: veel mensen hebben een bijdrage geleverd aan het 'zeedijkenproject'. Die mensen wil ik hier graag noemen.

In de eerste plaats bedank ik Joep Frissel en Herman Klees. Zij hebben enorm veel werk verricht. In het veld (vroeg weg, laat thuis!), in het laboratorium (veel wortelmonsters!), bij de analyse, bij de tussentijdse rapportage en zeker ook bij voltooiën van dit eindrapport, steeds heb ik op hen kunnen rekenen en voelde ik me gesteund door hun efficiënte werkwijze. We vormden een goed team. Lastige discussies over de 'zin/onzin' van onderzoek of methode gingen we niet uit de weg. Door hun inzet en inhoudelijke betrokkenheid heeft het onderzoek aan diepgang gewonnen.

Graag bedank ik Karlè Šykora, voor zijn directe en intensieve begeleiding van het onderzoek vanuit de vakgroep TON en voor het zeer kritisch lezen en verbeteren van de concepttekst van het rapport. Ook Louis Fliervoet dank ik voor zijn begeleiding vanuit de Adviesgroep Vegetatiebeheer (IKC-n) en persoonlijke betrokkenheid. Van meet af aan heeft hij onderzoek én onderzoeker van nabij gevolgd. Als mede-auteur van het projectvoorstel is hij samen met Karlè verantwoordelijk voor het tot stand komen van het zeedijkenonderzoek, dat, aansluitend op eerder onderzoek naar dijkvegetaties, in het kader van een samenwerkingsverband tussen de Vakgroep en de Adviesgroep Vegetatiebeheer in opdracht van TAW kon worden uitgevoerd. Graag bedank ik hier professor P. Zonderwijk, onder wiens leiding het onderzoek is gestart. Ook na zijn emeritaat heeft hij het onderzoek met enthousiasme begeleid en wist hij menig betrokkene binnen TAW-verband te overtuigen van de noodzaak civieltechnisch en ecologisch onderzoek te integreren.

Ik bedank Jan Muijs en Jan-Willem Seijffert voor de begeleiding vanuit Rijkswaterstaat/DWW, voor de belangstelling waarmee zij de resultaten van het onderzoek volgden en voor hun begrip voor de extra inspanningen die het werk op de zeedijken met zich mee bracht. Onze regelmatige bezoeken aan dijken en

de levendige discussies over gras en erosiebestendigheid, hebben bijgedragen tot mijn kennis van civieltechnische aspecten van dijkconstructies.

Ronneke Jansen en Maloe Dekker hebben in het kader van hun doctoraalstudie Biologie het onderzoek naar ruimtelijke variatie van dijkgrasland uitgevoerd en daarmee een waardevolle bijdrage aan het onderzoek geleverd.

Jacques Withagen (AB/DLO) bedank ik voor zijn uitgebreide hulp bij de statistische verwerking van de gegevens over ruimtelijke en temporele variatie. Ook Bert Smit bedank ik hartelijk voor zijn bijdrage: het beschikbaar stellen en aan de praat houden van het door hem ontwikkelde beeldanalyse-systeem voor wortelmetingen.

Verder bedank ik mijn kamergenoten en collega's van Adviesgroep en Vakgroep voor hun directe en indirecte ondersteuning: Henk Heemsbergen (glasscherpe adviezen over de praktijk van het graslandbeheer), Roelf Pot (WP-desk bij uitstek en andere computerhulp), Herman van Oeveren (systeembeheer en computerhulp), Cyril Liebrand (inhoudelijke discussies en onderzoektips), Wietske van Dijk (lay-out-tips en assistentie in het veld), André Schaffers (theoretische discussies en hulp bij statistiek), Ivo Raemakers en Dick Belgers (assistentie bij erosieproeven), Jaap Blijenberg en René Siep (uitgebreide technische assistentie), Lianne Haest en Jan Koekkoek (chemische analyses), Moniek Pastoors (laboratoriumassistentie). Friso van der Zee bedank ik voor zijn hulp bij de statistische verwerking, de inhoudelijke discussies die we samen hebben gehad, zijn hulp bij de presentatie van resultaten op het symposium te Bedrichov, Tsjechië, en zijn morele steun in 'moeilijke tijden'. Ali Ormel en in de eindfase Gerda Westphal wil ik graag bedanken voor de nauwgezette administratie van soms zeer ingewikkelde financiële projectconstructies.

Zonder de hulp van waterschappen en pachters was het onderzoek niet mogelijk geweest. Waterschappen hebben kosteloos mankracht en materiaal ter beschikking gesteld voor inrichting van de proefvakken en uitvoering van het extensieve beheer. Pachters hebben - weliswaar tegen een geringe vergoeding - letterlijk rare bochten moeten maken om het gewijzigde beheer van proefvakken in te passen. Al met al kosten zowel inrichting als beheer van de proef veel extra werk: afrasteren van proefvakken, inscharen en maaien volgens veranderde beweidings- en hooischema's, handmatig afvoeren van maaisel op proefvakken, waar met machines niet kan worden gemanoeuvreed, uitmaaien van distelhaarden, die voorheen chemisch werden bestreden. De discussies met HTD's, dijkbeheerders en pachters hebben mij veel geleerd over de praktijk van het graslandbeheer. Ik wil hen hier graag noemen en hartelijk danken voor hun inzet en hulp bij het onderzoek:

M. Ubbens, N. Bakker, *Waterschap Noorderzijlvest, Onderdendam*;
Dhr. De Weert, T. Bosje, J. Smit, J. van der Ploeg, J. van der Werf, J.W. Langenberg, *Waterschap Fryslân, Leeuwarden*; pachters J. Hoekstra,

Minnertsga, S. Tichelaar, Wijnaldum en S. Banga, Blija;
R. Buursink, W. Koster, W. Louw, M. Nieuwjaar, F. Schaddenhorst,
P. Zondervan, S. Zuidwijk, *Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in
Hollands Noorderkwartier, Alkmaar, District Kust en District Purmerend*;
pachters Dhr. Schuit, St. Maartensbrug, Dhr. Modder, Schoorl, Dhr.
Onderwater, 't Zand, M.M. Vroone, Hippolytushoef en S. Schreuder, Edam;
P. van der Maas, B. Van Lieren, A.P. Beaufort, *Waterschap Noord- en Zuid-
Beveland, Goes*; pachters J.K. Krijger, Goes, A. Harthoorn, Nisse, O.J. Goud,
Waarde, Dhr. Goense, Rilland;
M. de Kroon, J. De Rijk, *Waterschap Hulster Ambacht, Hulst*; pachters H.J.
Huige, Ossenissee en Gemeente Hontenissee (Dhr. Dieleman);
A. Provoost, W. Van Damme, *Waterschap het Vrije van Sluis, Oostburg*;
pachter E.A.H. Buijsse, Biervliet;
J. De Visser, kantonniër, *Rijkswaterstaat-Dienstkring Deltakust, Burgh-Haam-
stede*;
W. Blokland, *Zuid-Hollands Landschap, Ouddorp*;
P. Schrijver, *Waterschap Goeree-Overflakkee, Middelharnis*;
C. van de Made, C. Bogerd, kantonniërs, *Rijkswaterstaat - Directie Flevoland*.

Tenslotte bedank ik Patty voor het geduld bij de afronding van dit verslag en het overnemen van een deel van mijn gezinstaken tijdens de intensieve schrijfperiode, en onze kinderen voor het zonder klagen accepteren van een gemiste zomervakantie.

Ik hoop dat dit boek voor velen een hulp zal zijn bij idee-vorming en bijdraagt tot de discussie over extensivering van dijkgraslandbeheer.

Hans Sprangers.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	
1.1	Opzet van dit rapport	1
1.2	Achtergronden	3
	<i>Erosiebestendigheid van dijkgrasland</i>	3
	Opbouw grastaluds	4
	Erosie-mechanismen	9
	<i>Vegetatie-type en beheer</i>	10
	Verspreiding	10
	Vruchtbaarheid	11
	Erosiebestendigheid van vegetatietypen	12
	Extensivering van het beheer	13
	Natuurwaarde	16
1.3	Hypothesen en onderzoeksvragen	17
2	Algemene onderzoeksopzet	
2.1	Beheersvormen en onderzoekslocaties	21
2.2	Fasering en organisatie van het onderzoek	28
3	Vegetatie	
3.1	Inleiding	33
3.2	Methode	35
3.3	Botanische samenstelling	43
	<i>Plantengemeenschappen</i>	43
	<i>Ordinatie</i>	48
	<i>Standplaatsfactoren</i>	49
	<i>Effecten van extensivering</i>	52
3.4	Soortenrijkdom	59
	<i>Plantengemeenschappen</i>	59
	<i>Effecten van extensivering</i>	60
3.5	Bedekking en zedichtheid	63
	<i>Plantengemeenschappen</i>	63
	<i>Effecten van extensivering</i>	66
3.6	Discussie	68
	<i>Vegetatie en standplaats</i>	68
	<i>Extensivering</i>	71
	<i>Conclusies</i>	73

4	Productie, wortelgroei en nutriëntenhuishouding	
4.1	Inleiding	77
4.2	Methode	80
4.3	Bovengrondse biomassa	85
	<i>Beheersvormen</i>	85
	<i>Plantengemeenschappen</i>	88
4.4	Wortelgroei	89
	<i>Beheersvormen</i>	89
	effect extensivering	89
	opbouw van het wortelpakket	93
	<i>Plantengemeenschappen</i>	96
4.5	Nutriëntenhuishouding	101
	<i>Beheersvormen</i>	101
	<i>Plantengemeenschappen</i>	103
4.6	Correlaties	105
4.7	Discussie	107
	<i>Conclusies</i>	111
5	Temporele en ruimtelijke variatie	
5.1	Inleiding	113
5.2	Methode	115
5.3	Temporele variatie	119
	<i>Biomassa</i>	119
	<i>Doorworteling</i>	119
5.4	Ruimtelijke variatie	128
	<i>Vegetatie</i>	128
	<i>Bedekking en zodedichtheid</i>	128
	<i>Doorworteling</i>	129
5.5	Discussie	135
	<i>Conclusies</i>	137

6	Erosiebestendigheid	
6.1	Inleiding	139
6.2	Methode	141
6.3	Afschuifweerstand	147
6.4	Erosiesproeioproeven	150
6.5	Centrifugeproeven	154
	Verskil in erosieparameters tussen locaties	154
	Correlaties en regressiemodellen	158
	Verschillen tussen beheersvormen	160
	Classificatie van monsters op grond van plasticiteitsindex	164
6.6	Discussie	171
	Conclusies	174
7	Samenvatting	179
8	Aanbevelingen voor onderzoek en beheer	
8.1	Aanbevelingen voor verder onderzoek	187
8.2	Betekenis van het onderzoek voor de praktijk van graslandbeheer	190
	LITERATUUR	199
	BIJLAGEN	205

1 Inleiding

1.1 Opzet van dit rapport

Voor u ligt het verslag van 4 jaar onderzoek naar het effect van extensief beheer op vegetatie en erosiebestendigheid van zeedijkgrasland. Besproken worden resultaten van veldexperimenten die gedurende 4 seizoenen zijn uitgevoerd op een twintigtal locaties op zeedijken langs de Nederlandse kust. De centrale onderzoeksvraag is: neemt door een extensivering van het beheer de worteldichtheid en erosiebestendigheid van zeedijkgrasland toe? De proef komt in het kort hierop neer. In alle proefvakken is de bemesting stopgezet. De intensiteit van beweiding is verminderd of er is overgeschakeld naar een hooibeheer. Ook de combinatie van hooien met weiden is getest. Vervolgens zijn elk jaar aan het eind van de winter gegevens verzameld over zodedichtheid en omvang en ruimtelijke verdeling van het wortelstelsel. In de zomer zijn de botanische samenstelling en de productie van het dijkgrasland bepaald en zijn metingen verricht met betrekking tot bodemsamenstelling en nutriëntenhuishouding. In het vierde jaar tenslotte is begin maart de erosiebestendigheid van het grasland in de proefvakken bepaald met behulp van kleinschalige erosieproeven.

In 1989 is de verscheidenheid aan vegetatietypen en beheersvormen op zeedijken beschreven (Sprangers 1989, Sprangers et al. 1991). Bovendien werden zode- en worteldichtheid gemeten. Deze metingen gaven resultaten die vergelijkbaar zijn met het onderzoek in het rivierengebied (Sprangers 1989). Sterk bemest en beweid grasland en bemest of geklepeldmaaid hooiland hebben ook op zeedijken een lage erosiebestendigheid. Dit onderzoek is een vervolg op deze studies. Het doel is een relatie te leggen tussen erosieweerstand enerzijds en vegetatiekenmerken als doorworteling, soortensamenstelling en gras-kruidenverhouding anderzijds, uitgaande van aanwezige bodemeigenschappen en expositie van het talud. De beheersintensiteit (bemestingsniveau in combinatie met weide- of hooibeheer) geldt daarbij als sturende factor.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Werkgroep A "Belasting en Bekleding" van de Technische Adviescommissie van de Waterkeringen. Het maakt onderdeel uit van een breed opgezet onderzoeksplan waarin naast botanische ook grondmechanische en erosietechnische aspecten van grasbekledingen op dijken in experimenteel en modelmatig onderzoek worden bestudeerd. Binnen dit kader zijn verschillende instituten werkzaam: Grondmechanica Delft, Waterloopkundig Laboratorium, Landbouwuniversiteit Wageningen en Heidemij

(zie o.m. het jaarverslag 1993 van de Technische Adviescommissie voor de waterkeringen, Anonymus 1994).

Omdat de effecten van een afname van beheersintensiteit pas op langere termijn duidelijk meetbaar zijn en er na 4 jaar stoppen met bemesting veelal sprake is van een overgangssituatie - de resultaten van dit onderzoek met een looptijd van 4 jaar wijzen ook in die richting -, is het extensieve beheer in de proefvelden in seizoen 1995 en 1996 voortgezet. De continuering van het beheer stelt ons in staat om ook op lange termijn (bijvoorbeeld 8 jaar) de effecten van extensief graslandbeheer op vegetatie en erosiebestendigheid te onderzoeken.

De opbouw van het rapport is als volgt. In de Inleiding (hoofdstuk 1) wordt naast rapportindeling en **status van het onderzoek** (§ 1) ingegaan op **achtergronden** (§ 2) en **onderzoeksvragen** (§ 3). In het onderzoek staan de doorworteling van de graszode, erosiebestendigheid en beheerseffecten centraal. Voor een goed begrip van de gevonden resultaten is het van belang op de hoogte te zijn van huidige kennis omtrent de opbouw van grastaluds, de samenhang tussen wortelwerking en klei-eigenschappen, erosieprocessen en effecten van beheer. Ik heb ervoor gekozen deze onderwerpen binnen het kader van dit rapport in de paragraaf "achtergronden" uitgebreid te bespreken. Bovendien vormt dit overzicht van reeds bestaande kennis de basis voor de formulering van onderzoeksvragen.

In hoofdstuk 2 wordt de **algemene onderzoeksopzet** besproken: ligging van proeflocaties, ingestelde beheersvormen, fasering en organisatie van het onderzoek. In hoofdstuk 3 - 7 worden achtereenvolgens de wetenschappelijke resultaten besproken van het onderzoek naar **vegetatie en bedekking** (hoofdstuk 3), **doorworteling en nutriënten-huishouding** (hoofdstuk 4), **seizoensvariatie en ruimtelijke variatie** (hoofdstuk 5) en **erosiebestendigheid** (hoofdstuk 6). Elk hoofdstuk bestaat uit een korte *inleiding*, een paragraaf *methode*, waarin wordt ingegaan op wijze van bemonstering van de betreffende parameters uit dat hoofdstuk, een paragraaf *resultaten*, met een analyse van de verzamelde gegevens, gevolgd door *discussie*, waarin de resultaten worden besproken in verhouding tot soortgelijk onderzoek en conclusies uit eerdere hoofdstukken. De discussie wordt afgesloten met een puntsgewijze vermelding van de conclusies.

Hoofdstuk 7 is een **samenvatting** van het onderzoek met de belangrijkste resultaten en conclusies. In hoofdstuk 8 wordt ingegaan op de **betekenis voor verder onderzoek** en de **praktijk van het graslandbeheer**. Hier worden op grond van de resultaten van het onderzoek aanbevelingen gedaan voor voortzetting van het extensiveringsexperiment en handreikingen voor graslandbeheer beschreven.

1.2 Achtergronden

Erosiebestendigheid van dijkgrasland

Gras is de meest bekende en ook gangbare vorm van dijkbekleding. Zowel op rivierdijken als op primaire en secundaire zeedijken vormen graszoden, vaak in combinatie met 'harde bekledingen' als asfalt en blokken, de beschermende afdeklag voor onderliggende klei. Uit grootschalige erosieproeven (Anonymus 1984, Smith 1993, Kruse 1994) met golven van 1,5 m hoogte op graszoden gestoken uit een Friese dijk, blijkt dat deze over uitstekende erosiewerende eigenschappen beschikken en een belangrijke rol spelen bij de erosiebestendigheid. Na meer dan 16 uur golfbelasting is er slechts sprake van slijterosie waarbij enkele centimeters bodemmateriaal zijn verdwenen. Grote schade treedt pas op als de graszode lokaal, vlak onder het inslagpunt, sterk is aangetast (Anonymus 1994, Smith 1993). Ook bij een gegeneerde overslag van meer dan $5 \text{ l m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ kan slechts zeer geringe plaatselijke aantasting van het binnentalud worden vastgesteld (Kruse 1994). Proeven met bekledingen van aaneengesloten betonblokken van 20 cm dikte geven een heel ander resultaat: soms is na 2 uur golven met een golfhoogte van 1 m al schade opgetreden. Kennelijk is een grasbekleding door 'elastische' eigenschappen goed in staat grote golfkrachten te verwerken. Tegen deze achtergrond is het nuttig voorwaarden en omstandigheden te kunnen bepalen, waaronder op de sterkte van gras als dijkbekleding kan worden gerekend. Het is mogelijk om in specifieke situaties te zwakke blokkenbekledingen door een grasmat te vervangen.

De snelheid waarmee het erosiegat is ontstaan, uitgedrukt in bodemafname per tijdseenheid (3-4 mm/uur) is laag in het gebied van 0-6 cm diepte waar de meeste wortels zitten (ongeveer 65 % van het totale wortelpakket, Sprangers 1994). In de laag 6-15 cm diepte met nog eens 20 % van de wortels is de snelheid 2-3 cm per uur. In de laag 15 cm en dieper met nog slechts 15 % van het wortelpakket is de erosiesnelheid geraamd op enkele dm/uur overeenkomstig de proeven met kale klei. Verder blijkt uit reststerkteproeven dat grond onder de zode een grotere sterkte heeft dan grond onder blokken, waarschijnlijk door de invloed van doorworteling op de cohesie van de grond op enkele decimeters diepte of door een lagere doorlatendheid (Kruse 1994). De erosie wordt dus waarschijnlijk bepaald door de aard van de kleilaag (structuur en korrelgrootteverdeling) in samenhang met wortelwerking (binding fijne bodemdeeltjes en verhoging porositeit), zodedichtheid (spruitbezetting) en worteldichtheid (netwerk) van de toplaag (0-10 cm). De porositeit lijkt daarbij van groot belang te zijn voor het opvangen van golfkrachten.

Bij de erosiebestendigheid van grastaluds zijn de volgende twee aspecten van cruciale betekenis: de opbouw van de graszode, in het bijzonder de samenhang

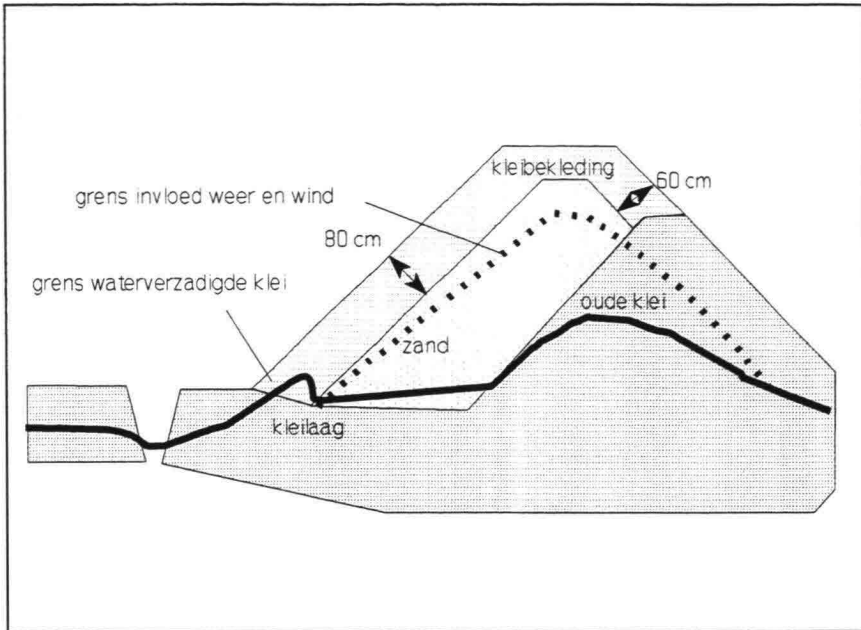
tussen plantewortels en bodemstructuur, en de erosiemechanismen waardoor schade aan het talud optreedt. Beide aspecten worden hier kort besproken.

Opbouw grastaluds

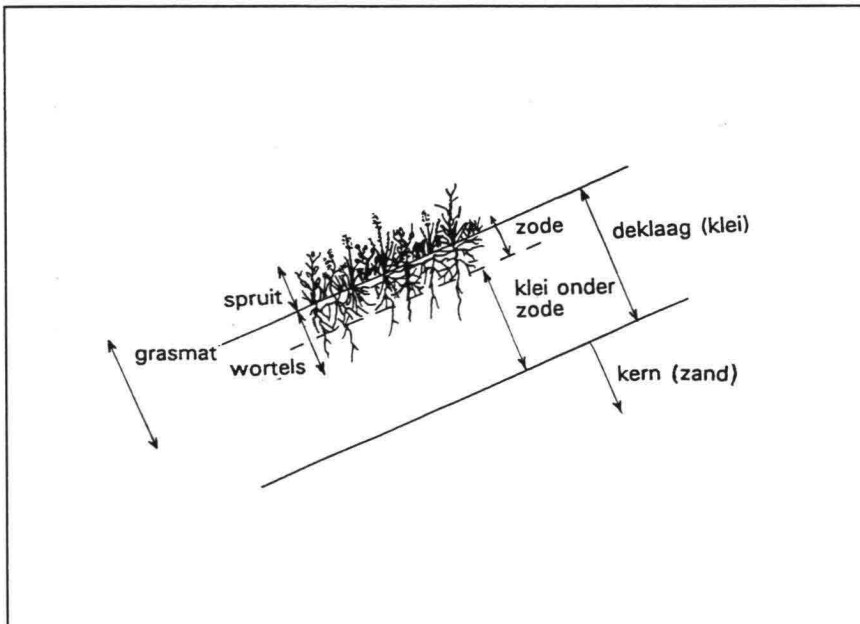
Zee- en rivierdijken zijn meestal opgebouwd uit een kern van zand met daarop een afdeklaag van klei (**figuur 1.1**). Klei wordt toegepast vanwege de geringe doorlatendheid en vormvastheid. Onder invloed van klimaatsomstandigheden (krimpen, zwellen), wortelgroei en bodemfauna-activiteit ontstaat in de niet verzadigde zone een bodemstructuur in de buitenste 1-2 m van het kleipakket, gekenmerkt door de vorming van grotere en kleinere, meestal hoekige aggregaten, met daartussen poriën. In principe doet bodemstructuur afbreuk aan de kwaliteit van de klei doordat de doorlatendheid wordt verhoogd (Anonymus 1994). Onder invloed van vegetatie wordt de infiltratie van de bovenlaag verhoogd door structuurvorming (Coppin & Richards 1990). Structuurvorming treedt ook op onder steenzetting of asfalt (Anonymus 1994).

De kleinste aggregaten (0,02 - 2 mm) worden in de graszode (**figuur 1.2**) en direct daaronder aangetroffen. Onder de zode is de structuur groffer met grotere, hoekige aggregaten tot 0,2 m (*klei onder zode*, zie **figuur 1.2**). Bodemaggregaten, waarbij grotere weer uit kleinere aggregaatjes kunnen bestaan, worden afhankelijk van grootte bijeengehouden door onderlinge coagulatie ($< 2 \mu$), chemische binding door slecht afbreekbare organische stoffen van bacteriële oorsprong (2 - 20 μ), chemisch stabiel organisch materiaal van wortels en mycorrhiza (polysachariden, lipiden) en cementerende kalk-, silica-, ijzer- en aluminiumverbindingen (20 - 250 μ), en door een fijn netwerk van wortels en schimmeldraden (250 - 2000 μ) (Kruse 1993 en referenties daarbinnen). Aggregaten groter dan 500 μ kunnen door fijne wortels verbonden zijn doordat ze de aggregaten binnendringen. Partikels van 3000 - 5000 μ worden door het wortelnetwerk op hun plaats gehouden, waarbij al dan niet penetratie plaatsvindt (Van Essen & Kruse 1994). Door deze aggregaatbinding en cementatie kan met name in de doorwortelde zone een sterk cohesieve bodem ontstaan, waarbij fijnheid en stabiliteit van de aggregaten bepalend is voor poriestructuur en doorlatendheid en daarmee de erosiebestendigheid van de zode.

Wortels vormen een belangrijke factor voor deze structuurvorming en stabiliteit in kleibodems. Ze zijn van invloed op zowel aggregaatvorming als aggregaatstabiliteit. Door biomassa-productie, rhizodepositie en daarmee samenhangende microbiële groei en levering van aggregaatbindende stoffen, hebben bodems onder grasland een relatief stabiele structuur (Lichtenegger 1985, Lynch 1990). Aggregaatstabiliteit is positief gerelateerd met de gemiddelde wortellengte en het wortelgewicht (Perfect et al. 1990). Ook zijn de bindende invloed van wortels en rhizodepositie positief gerelateerd met wortellengte in de bodem (Kruse 1993). Door uitdroging rond de wortels kan aggregaatvorming van kleine



Figuur 1.1 Dijkprofiel met permanent verzadigde zone en aan weersinvloeden blootgestelde zone. Bron: Anonymus 1994



Figuur 1.2 Opbouw kleilaag met grasland-bekleding. (Bron: Anonymus 1994, figuur aangepast)

deeltjes worden bevorderd: door de hoge zuigspanning en capillaire werking komen kleideeltjes zo dicht opeen te liggen dat aantrekkingskrachten gaan domineren (Coppin & Richards, 1990).

Wortelharen verankeren de groeiende wortel aan bodemdeeltjes. Ook schimmeldraden dragen bij aan vorming en instandhouding van aggregaten. De lengte van hyfen blijkt positief gerelateerd te zijn met de hoeveelheid stabiele aggregaten $> 2000 \mu$. Daarnaast kunnen kleine aggregaten ontstaan doordat kleideeltjes sterk gebonden worden door koolwaterstofkapsels om (afgestorven) bacteriekolonies. Dergelijke aggregaten in bodems met een hoog gehalte aan lutum en organische stof zijn onder oudere graslanden zeer stabiel (cf. Kruse 1993). In stabiele vegetaties is er een dynamisch evenwicht tussen aanmaak en afbraak van aggregaten (Kruse 1993). In de doorwortelde zone is de structuur fijner dan in de grond onder de zode. Van Essen & Kruse (1993) vinden in een erosieonderzoek aan monsters van graszoden in zones met hoge worteldichtheid een structuur van fijne aggregaten, terwijl in zones met een lage worteldichtheid grote, mechanisch sterke aggregaten voorkomen. Door indringing in de bodemelementen dragen wortels bij aan een fijnere bodemstructuur. Daarnaast vormen zij voedsel voor gravende bodemfauna. De activiteit van deze bodemdieren leidt ook tot een fijnere structuur. Krimpscheuren die direct na de aanleg in klei voorkomen, worden door de wortels gehomogeniseerd (Anonymus 1994), mits ze niet te diep gaan en niet wijder zijn dan enkele mm's (Muijs, 1996). Het microklimaat wordt door wortels beïnvloed, waardoor schommelingen in temperatuur en vochtgehalte worden afgezwakt (Coppin & Richards 1990).

Diepte en dichtheid van het wortelnetwerk zijn dus van belang voor de stabiliteit van het kleidek. Factoren die direct van invloed zijn op doorworteling en rhizosfeer als vegetatiesamenstelling en beheersvorm (bemesting, hooien of maaien) zijn derhalve ook bepalend voor hoeveelheid en stevigheid van aggregaten in de doorwortelde bodem. Ook seizoenseffecten en watergehalte spelen een rol. Bacteriepopulaties zijn het grootst aan het eind van de zomer, hetgeen van invloed is op de stabiliteit van kleine aggregaten. Ook de hoeveelheid schimmels gedurende het seizoen is van invloed op de aggregaatstabiliteit (cf Kruse 1993). Na de winter (bij een hoog vochtgehalte) is de hoeveelheid aggregaten van de grote fractie ($> 2000 \mu$) relatief laag; aan het eind van de zomer is deze hoog. Voor de grotere aggregaten geldt een dynamisch evenwicht, waarbij bindingen voortdurend worden vernieuwd. Zo'n evenwicht kan via rhizodepositie in en om de aggregaatjes door een fijnmazig wortelnet in stand worden gehouden. Een dergelijk fijn verdeeld wortelpakket draagt ook bij aan een fijnere structuur in cohesieve grond via invloed op watergehalteveranderingen op kleine schaal. Door intensieve betreding, sterke wisselingen in zoutgehalte van het poriewater en bepaalde organische stoffen kan de stabiliteit van een dergelijke dynamische fijne structuur in cohesieve grond afnemen (Kruse 1993).



Doorgraving voormalige primaire dijk bij Holwerd; zode in Deltagoot getest op erosiebestendigheid



*Golfbelastingsproeven met
grasbekleding
(golfhoogte 1,4 m)*



*Door specifieke eigenschappen
van het gras-kleicomplex heeft
de bekleding 16 uur golven
goed doorstaan*



*Er is enkele cm grond wegge-
spoeld; grasspruiten liggen
bloot, maar blijven verankerd in
ondergrond*

Erosie-mechanismen

In het TAW-rapport "Eisen klei voor dijken" (Anonymus 1994) worden drie vormen van klei-erosie genoemd: (i) "oplossen van klei" (dispersie), (ii) oppervlakte-slijtage van individuele korrels en kleine aggregaatjes en (iii) erosie van brokken klei.

Welke vorm of vormen van erosie optreden, hangt af van aard van de belasting en zode-eigenschappen. Bij lage golven kan deeltjes-erosie (i en ii) optreden wanneer waterdrukken en waterbewegingen de bindende krachten in de zode overwinnen. Bij hoge golven kan door drukopbouw erosie van grotere brokken (iii) plaats vinden wanneer de zode ontbreekt of beschadigd is (cf. Anonymus 1984, Seiffert & Philipse 1990, Smith 1993). Gronddeeltjes in de zode worden bijeengehouden door zwaartekracht, onderlinge cohesie en cohesie aan het wortelnet. Bij stroming langs en door de zode zijn poriestructuur, doorlatendheid en verzadigingsgraad van belang voor effectiviteit van waterbeweging bij golfklappen. Uit proeven is gebleken dat de bij golfaanval bereikte stroomsnelheden langs en door zodegrond niet voldoende is om gecementeerde deeltjes los te weken. Ook individuele graswortels kunnen door hun relatief hoge sterkte (0,1 - 2 N) zeer hoge stroomsnelheden weerstaan (Lichtenegger 1985, Kruse 1993). Bovendien is de watersnelheid bij golfoploop vlak boven het talud verminderd door het relatief ruwe oppervlak van de zode. Deze 'ruwheid' van de zode, waardoor stroomsnelheid aan het oppervlak wordt verminderd en transport van deeltjes wordt tegengegaan hangt af van de bedekking of spruidichtheid van de zode (Coppin & Richards, 1990). Erosie op het niveau van kleine aggregaten kan alleen optreden bij deeltjes waarvan de chemische binding aan elkaar of aan wortels niet effectief is. Dit is het geval bij zanddeeltjes en grotere aggregaten. Voor fijne deeltjes met een relatief groot chemisch reactief oppervlak is het aantal chemische bindingen groot. Slijtage op de schaal van lutumdeeltjes zal dus gering zijn. Zandgehalte en grootte van aggregaten (structuur) zijn waarschijnlijk bepalend voor de mate van interne erosie. Aanwezigheid van een fijnmazig wortelstelsel kan door inklemming erosie van deeltjes ter grootte van zandkorrels tegengaan. Ook na uitspoeling van zandig materiaal zal het achterblijvend wortelnetwerk erosie door oppervlaktestroming beperken. Hiaten in de doorworteling leiden tot sterke erosie van weinig cohesieve grond. Ook bij cohesieve grond kan erosie toenemen door hiaten of zwakke plekken in het wortelnet, doordat inklemming van omliggende brokken afneemt bij lokale uitspoeling van structurelementen. Voor een goede erosiebestendigheid is zodedichtheid en ruimtelijke homogeniteit in doorworteling van belang.

Hieruit blijkt dat doorworteling een bepalende factor is voor de erosiebestendigheid van grastaluds. Niet alleen het wortelstelsel als geheel, maar ook individuele wortels zijn goed bestand tegen hoge erosiekrachten en kunnen

waterbeweging op het grondoppervlak beperken. De stroming door de zode wordt echter niet direct door het wortelstelsel beïnvloed. Maatgevend voor de doorlatendheid is de poriegrootte (Kruse 1993). Indirect is wortelgroei wel van belang. Vorming van poriën treedt onder meer op doordat oude wortels afsterven. Volgens Coppin & Richards (1990) wordt de totale porieruimte vergroot door de diepte van de doorworteling. Daarnaast is (mede door wortelgroei bepaalde) cohesie van zodegrond een belangrijke parameter. De mate van doorworteling is dus van invloed op de erosiebestendigheid: direct door beperking van de waterbeweging, indirect door vergroting van de porieruimte en cohesie/struktuurvorming van de grond. We kunnen stellen dat erosiebestendigheid van grasbekledingen wordt bepaald door het type grond in combinatie met zode- en worteldichtheid en mogelijk ouderdom van de grasmat. Deze laatste twee factoren hangen samen met vegetatie en beheer.

Vegetatietype en beheer

Vegetatiesamenstelling en beheer zijn geen onafhankelijke factoren. Afhankelijk van standplaats (bodemgesteldheid en expositie) kunnen op dijken bij een weide- of hooibeheer verschillende vegetatietypen tot ontwikkeling komen. De aard van het gevoerde beheer en onderhoud is bepalend voor zodedichtheid en mate van doorworteling. De vegetatie kan daarbij fungeren als een indicator voor de (civieltechnische) kwaliteit van de grasmat.

Uit eerder onderzoek naar vegetaties van zee- en rivierdijken blijkt een duidelijk verband tussen vegetatiesamenstelling, beheer, mate van doorworteling, zodedichtheid en erosiebestendigheid (Sýkora & Liebrand 1987, Sprangers 1989, Sprangers et al. 1991, Van der Zee 1992). Soortrijk extensief beheerd dijkgrasland wordt gekenmerkt door een relatief hoge wortel- en zodedichtheid. Hiertoe behoren de vegetatietypen Stroomdalgrasland, Glanshaverhooiland en Kamgrasweide, die afhankelijk van standplaatsfactoren als expositie en bodemgesteldheid en een beheer van hooien of weiden op dijken voorkomen. Intensief bemest en beweid productieweiland, waartoe de soortenarme Beemdgrasraaigrasweide wordt gerekend en het geklepelmaaide verruigde graslandtype waarbij het maaisel blijft liggen (fragmentair Glanshaverhooiland), worden gekenmerkt door een laag soortenaantal, relatief hoge bovengrondse productie, lage worteldichtheid en in het geval van de geklepelmaaide vegetaties een zeer lage bedekking.

Verspreiding

De totale oppervlakte dijkgrasland op primaire waterkeringen in Nederland bedraagt ongeveer (2000 km x 0,04 km =) 80 km², waarvan naar schatting rivier- en zeedijken ieder de helft innemen. In het rivierengebied bestaat onge-

veer 90 - 95 % van het dijkgraslandareaal uit productieweiland en verruigd hooiland (van der Zee 1992, Fliervoet 1992). Minder dan 2 km² wordt ingenomen door soortenrijk grasland. Op een enkele uitzondering na, komen soortenrijke vegetaties op primaire zeedijken niet voor: ongeveer 85 % is soortenarm productieweiland en 15 % soortenarm productiehooiland (Sprangers 1994). De belangrijkste reden hiervoor is het intensieve agrarische gebruik (schapenhouderij of hooiwinning). Op secundaire dijken wordt soms wel soortenrijk grasland aangetroffen. Grofweg worden 4 vegetatietypen onderscheiden (Sprangers 1989): (i) *Beemdgras-raaigrasweide*, soortenarm, intensief begraasd weiland met een mestgift van 100-200 kg N ha⁻¹.j⁻¹; (ii) *Kamgrasweide*, minder soortenarm, licht bemest (maximaal 100 kg N ha⁻¹.j⁻¹) periodiek beweide grasland, dat vooral in Friesland en Groningen wordt gekenmerkt door goed onderhoud (weidesleep, bloten, bekleien) (Bakker 1988); (iii) *Soortenarm Glanshaverhooiland*, bemest grasland (100-200 kg N ha⁻¹.j⁻¹), voornamelijk in Zeeland voorkomend met 2 hooisnedes per jaar, gekenmerkt door een open zode met soms maar 2-3 soorten; (iv) *Soortenrijk Glanshaverhooiland*, onbemest hooiland met een gevarieerde kruiden- en grassensamenstelling, dat doorgaans één keer per jaar wordt gehooid.

Vruchtbaarheid

De relatie tussen beheer en soortensamenstelling en boven- en ondergrondse productie van grasland is in verschillende onderzoeken beschreven. Soortenarme, bemeste graslanden zoals de Beemdgras-raaigrasweide worden gekenmerkt door een relatief lage ondergrondse biomassa, terwijl in half-natuurlijke soortenrijke gemeenschappen de ondergrondse biomassa hoog is (cf. Bakker, 1989). In een soortenrijk grasland bestaat de vegetatie uit meerdere grassoorten en hebben kruiden een belangrijk aandeel. Elke soort bezit een eigen wortelpatroon dat, afhankelijk van het nutriënteniveau in de bodem en van concurrentie, meer of minder is ontwikkeld. Er heeft zich een gevarieerd wortelpakket gevormd, waarbij graswortels veelal de bovenlagen en kruiden meer de diepere lagen doorwortelen (Lichtenegger 1985, Schiechl 1985). Bodems van gemeenschappen met meerdere plantesoorten bezitten een grotere ruimtelijke heterogeniteit door verschillen in rhizodepositie met als gevolg een verschillend effect op nutriëntenmineralisatie en omzetting van organische stof door microbiële activiteit (Miles 1987). Dit is samen met de hogere worteldichtheid gunstig voor de aggregaat-stabiliteit.

Bij bemesting neemt de wortelhoeveelheid af. Voor Engels raagras, dominante soort in de Beemdgras-raaigrasweide, geldt dat de mate van stikstofbemesting die nodig is voor het verkrijgen van maximale wortelmassa veel lager is dan die voor een maximale spruitproductie (Sibma & Ennik, 1988). Bij agrarisch beheerde dijkgraslanden is een maximale opbrengst het doel. Intensieve

beweidings heeft een oppervlakkige doorworteling (Fiala & Studeny, 1988) en een verkorting van de levensduur van de wortels tot gevolg. Vermindering van het bladoppervlak remt de wortelgroei (Throughton 1981). Bij klepelmaaien blijft maaisel liggen. Door mineralisatie van dit organisch materiaal wordt de vruchtbaarheid van de bodem groter. Bovendien blijft onder invloed van het strooisel het vochtgehalte constanter (Sýkora & Liebrand 1988). Hierdoor blijft de worteldichtheid laag. Regelmatig maaien zoals bijvoorbeeld bij gazonbeheer geeft een vergelijkbaar beeld. Het leidt weliswaar tot een gesloten grasmat maar ook tot een verminderde en oppervlakkige doorworteling (Coppin & Richards 1990).

Een ander aspect is de vochtvoorziening. Dijkgrasland is grotendeels aangewezen op regenwater. Een oppervlakkige doorworteling zoals bij het bemeste grasland, leidt tot een grotere droogtegevoeligheid. Bij een hooibeheer van 1-2 x maaien met afvoer van maaisel zijn, in onbemeste situaties, de wortels vaak gelijkmatiger over het bodemprofiel verdeeld (Sprangers et al., 1991) en bovendien niet tot de bovenlaag beperkt. Een dieper doorworteld pakket is gunstig voor de bodemstabiliteit, doordat structuurvorming en aggregaatbinding ook in diepere bodemlagen plaatsvinden. Bovendien is bij aanwezigheid van diepere wortels de droogtegevoeligheid minder door transport van water uit diepere bodemlagen naar boven (Caldwell et al. 1991).

Bij hoge N-bemesting en zware sneden zoals bij intensief gebruikt grasland het geval is, neemt de zode in dichtheid af en krijgt, in vergelijking met een onbemeste zode, een open en pollig karakter (Sibma & Ennik, 1988). Bij overbeweiding ontstaan open plekken in de grasmat en langs vaak betreden en bemeste plekken gaan ongewenste kruiden als *Urtica dioica* (Grote brandnetel), *Stellaria media* (Vogelmuur), *Cirsium arvense* (Akkerdistel) en *Cirsium vulgare* (Speerdistel) en grassen als *Hordeum murinum* (Kruipertje) woekeren. Chemische bestrijding van deze planten heeft vaak een averechts effect: de open plekken in de grasmat worden bij het hoge nutriënteniveau weer door dezelfde ongewenste planten gekoloniseerd. Het bij weilanden achterwege blijven van onderhoudswerkzaamheden als bloten en slepen kan leiden tot verruiging. De grasmat krijgt een pollige structuur waarin *Dactylis glomerata* (Kropaar), *Festuca arundinacea* (Rietzwenkgras) en *Elymus repens* (Kweek) gaan domineren. Ook klepelmaaien leidt tot verruiging, gekenmerkt door dominantie van *Elymus repens* (Kweek), *Anthriscus sylvestris* (Fluitekruid) en *Heracleum sphondylium* (Bereklaauw) (cf. Sýkora & Liebrand 1988).

Erosiebestendigheid van vegetatietypen

In het onderzoek aan rivierdijken is de erosiebestendigheid van de verschillende vegetatietypen met eenvoudige erosieproeven getest. Sýkora & Liebrand (1987) concluderen dat stroomdalgrasland en Kamgrasweiden/Beemdgras-raaigras-

weiden dezelfde erosiebestendigheid hebben. Goed erosiebestendige locaties zijn over het algemeen onbemest. Geklepelmaaid grasland is het meest gevoelig voor oppervlakkige uitspoeling (Sýkora & Liebrand, 1987, Van der Zee, 1992). Daarbij blijkt de openheid van de zode bepalend voor de erosiegevoeligheid. Tijdens een proef met een erosiecentrifuge zijn geen significante verschillen in erosieweerstand tussen vegetatietypen en beheersvormen aangetoond (Van der Zee, 1992). Bij een erosiecentrifugeproef worden grondmonsters door ronddraaiend langstromend water geërodeerd. Wel bestaat er een verband tussen erosiegevoeligheid en een combinatie van textuur en doorworteling. Verder blijkt ook uit dit onderzoek dat monsters van goed doorwortelde stroomdalgraslanden op relatief zandige bodems een laag bezwijkingspercentage, dus een goede erosiebestendigheid hebben.

Bij een recent modelonderzoek in de Scheldebak van het Waterloopkundig Laboratorium (Verheij, 1995), is de sterkte van graszoden, gestoken in de verschillende vegetatietypen op rivierdijken, onder maatgevende omstandigheden in een golfbak getest. De zoden afkomstig van verruigd Glanshaverhooiland met een beheer van klepelmaaien vertonen aanzienlijke erosie. De overige monsters, afkomstig van Stroomdalgrasland, Glanshaverhooiland en Kamgrasweide, doorstaan de belasting met golven van 0,3 m gedurende 60 uur, zelfs na het opzettelijk aanbrengen van initiële beschadiging, zonder aanmerkelijke schade. Met uitzondering van de bedekking, blijken andere sterkteparameters waaronder worteldichtheid, niet voldoende onderscheidend. De bedekking is in de geklepelmaaide grasmatten relatief zeer laag. Monsters van de intensief beweide en bemeste Beemdgras-raaigrasweide, gekenmerkt door een goede bedekking maar lage worteldichtheid, ontbreken helaas in deze proef. Mogelijk is doorworteling hierdoor niet onderscheidend.

Uit dit onderzoek en uit de eerder genoemde kleinschalige erosieproeven met rivierdijkvegetaties, kan worden afgeleid dat alleen de grasmatten met een "extreem" beheer, zoals *klepelmaaien* en *intensief weiden en mesten* onvoldoende erosiebestendig zijn. Dit komt overeen met schadewaarnemingen tijdens de februaristormen in 1990 waarbij aanzienlijke schade is opgetreden aan de grasmat en aan onderliggende klei van de zeedijk bij Rilland-Bath. De grasmat behoort tot het zeer intensief bemeste en beweide beemdgras-raaigrasstype (Johanson 1990). Ook tijdens de hoogwaterperiode in februari 1995 bleek juist schade te zijn opgetreden aan grastaluds met een beheer van klepelmaaien en overbemesting en overbegrazing (Anonymus 1995).

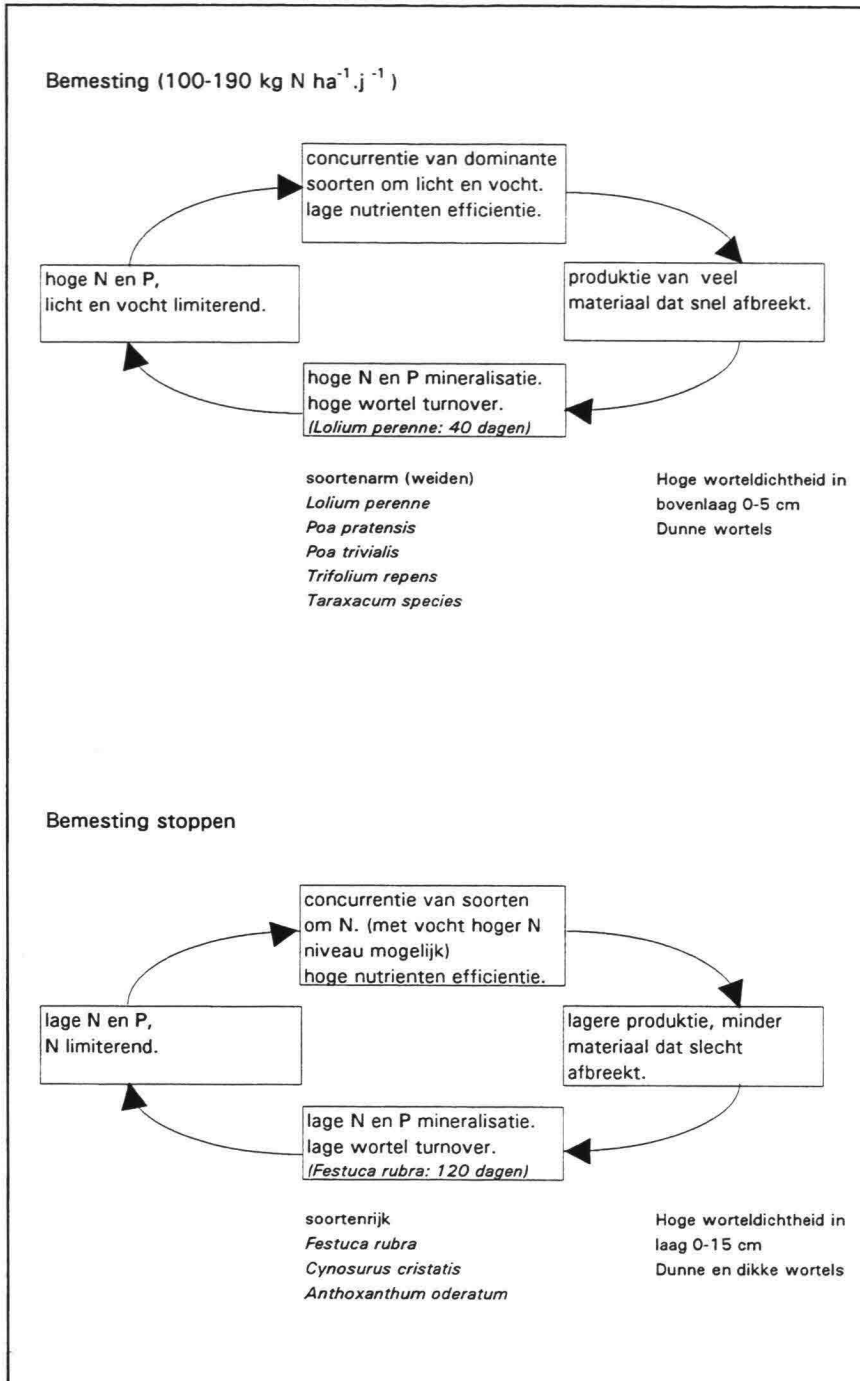
Extensivering van het beheer

Niet meer bemesten is een belangrijk onderdeel van extensivering. Vervolgens moeten beweidingsintensiteit en/of maairegiem worden aangepast aan de verlaagde productie. Zorgvuldig (periodiek) weiden en/of hooien is nodig om

voldoende gewas af te voeren met als doel het nutriëntenniveau in de bodem te verlagen (*verschraling*). Om de ontwikkeling van gewenste kruiden niet te verstoren dient bij een verschralend beheer het gebruik van herbiciden voor bestrijding van bijvoorbeeld *Cirsium arvense* (*Akkerdistel*) of *Stellaria media* (*Vogelmuur*) achterwege te blijven. Deze soorten zullen op langere termijn verdwijnen ten gevolge van het extensievere beheer.

In diverse studies worden effecten van verschralend graslandbeheer beschreven. Het stoppen van bemesting leidt in de eerste 2-3 jaar tot een aanzienlijke daling van de graslandproductie. Deze neemt daarna in 5-8 jaar tijd geleidelijk af tot het niveau van vergelijkbaar soortenrijk half-natuurlijk grasland (Oomes & Altena 1987). Lange termijn verschralingsexperimenten in grasland (Drentse Aa) geven hetzelfde beeld. Jaarlijkse opbrengsten fluctueren aanzienlijk door weersverschillen (Oloff & Bakker 1991). Het nutriëntengehalte in de bodem daalt (Bakker 1987, Oloff et al. 1994). Door de verlaagde bovengrondse biomassa krijgt de zode een meer open structuur (Coppin & Richard 1990), waardoor aan minder voedselrijke omstandigheden aangepaste soorten zich kunnen vestigen. Beweiden of hooien zonder bemesting leidt tot een lichte toename in soortdiversiteit en een toename van soorten indicatief voor voedselarme bodems. De samenstelling van de vegetatie in de uitgangssituatie is hierbij van grote invloed (Bakker 1985).

Niet meer bemesten leidt tot een toename van de ondergrondse biomassa (Oloff et al. 1994). Bij een verlaagd N-aanbod investeren planten meer in hun wortels om het absorptievermogen te verhogen (Boot 1990). Dit gebeurt door allocatie van biomassa en door morfologische veranderingen. Wortel-spruitverhouding, wortellengte, worteldiameter en lengte en dichtheid van wortelharen nemen toe. Van der Zee (1992) vindt op rivierdijken een hogere worteldichtheid in vegetatietypen van voedselarme omstandigheden. Volgens Boot (1990) berust het verschil in grootte en morfologie van het wortelstelsel deels op soortspecificiteit en deels op verschillen in omgevingsfactoren zoals aanbod van water en nutriënten. Daarbij hebben soorten van voedselarme standplaats bij lage N-voorziening een grotere lengte en dichtheid aan wortelharen. Bij locale verschillen in N-aanbod, reageren planten door een proliferatie van wortels in zones met verhoogd nutriëntengehalte (Grime 1990). Dominante soorten als *Arrhenatherum elatius* (*Glanshaver*) ontwikkelen een uitgebreid wortelsysteem in een groot bodemvolume in tegenstelling tot de minder algemene soorten, die een fijschalige, intensieve groei vertonen op een geselecteerd plekje met een hoger nutriëntenniveau. Een toename van de heterogeniteit in N-gehalte in de bodem door verschraling (cf. Boot 1990) heeft mogelijk een algehele toename van doorworteling tot gevolg, waarbij verschillende soorten, dominante en subdominante met verschillende strategieën in evenwicht verkeren. *Lolium perenne* (*Engels raaigras*) heeft een snelle wortelturnover in vergelijking



Figuur 1.3 Processen die een rol spelen bij verschraving van zeedijk-grasland

met *Festuca rubra* (Rood zwenkgras) en *Holcus lanatus* (Witbol) (Throughton 1981). Plantesoorten dragen op verschillende wijze bij aan N-mineralisatie en omzetting van organische stof, wat bijdraagt aan de ruimtelijke heterogeniteit van de bodem. Een toename van de soortenrijkdom is dus gunstig voor bodemstabiliteit. Daarbij hebben soorten met een lagere biomassa-turnover, die na het stoppen van bemesting dominant worden, zoals bijvoorbeeld *Festuca rubra* door een lagere rhizodepositie een minder stimulerend effect op N-mineralisatie, waardoor afname van het nutriënteniveau wordt versterkt. In **figuur 1.3** worden verschillende processen die een rol spelen bij verschraling weergegeven.

Natuurwaarde

Een belangrijk aspect van extensivering is de mogelijke toename van de soortenrijkdom. In de meeste gevallen heeft extensivering van het beheer herstel van soortenrijk grasland tot doel (Bakker 1989, Olff 1994). Een verschrallend graslandbeheer leidt tot een afname van de productie en biedt daardoor mogelijkheden voor een grotere soortenrijkdom. Een toename van soortenrijkdom en vestiging van zeldzamere soorten zal pas op langere termijn, ongeveer na 15 jaar, plaatsvinden (cf. Oomes & Mooi 1985, Bakker 1987, 1989). In vergelijking met een hooibeheer worden bij beweiding minder voedingsstoffen afgevoerd en duurt verschraling langer (Fliervoet 1992, Bullock 1994).

Voor dijkvegetaties is de verwachting dat de natuurwaarde, na een periode van ongeveer 10-15 jaar natuurtechnisch beheer, zal toenemen, afhankelijk van bodemsamenstelling en standplaats (Sýkora et al. 1990). Mogelijk speelt expositie daarbij een rol. Zuid geëxponeerde hellingen drogen meer uit en hebben daardoor een lagere nutriëntenbeschikbaarheid hetgeen gunstig is voor de ontwikkeling van soortenrijke graslanden (Sýkora & Liebrand 1988). Dijken functioneren bovendien ook nu al als recreatief gebied, als mogelijke migratiebaan voor insecten en kleine zoogdieren, en als wijkplaats voor planten. Een extensief beheer kan deze rol versterken. Zeldzame soorten als *Torilis nodosa* (Knopig doornzaad), *Sherardia arvensis* (Blauw walstro), *Lathyrus nissiola* (Graslathyrus), *Lathyrus tuberosus* (Aardaker), *Orobanche lutea* (Rode bremraap), die nu al op primaire dijken voorkomen kunnen zich dan uitbreiden. Minder algemene soorten als *Galium verum* (Echt walstro), *Briza media* (Bevertjes), *Koeleria macranta* (Fakkkelgras), *Campanula rotundifolia* (Grasklokje), voorkomend op tweede dijken, kunnen zich vestigen. Op een sinds 1986 geëxtensiveerd proefvak op de Hondsbossche Zeewering bijvoorbeeld is in 1995 de relatief zeldzame *Oranje luzernevlinder* aangetroffen. Het vak wordt eind juni gehooid en biedt door de late maaidatum ruimte voor vlinders.

1.3 Hypothesen en onderzoeksvragen

Aan de abiotische omstandigheden waaronder bodemfysische eigenschappen van zeedijkgrasland en aan de erosiebestendigheid van het kleidek zelf, is weinig te veranderen. Beïnvloeding en manipulatie van factoren die de stabiliteit en doorlatendheid - en daarmee de erosiebestendigheid - van de bodem mede bepalen lijken wel mogelijk. Plantensamenstelling, zodedichtheid, doorworteling, vruchtbaarheid en microbiële activiteit kunnen door middel van het gevoerde beheer worden veranderd.

Zeedijken worden grotendeels intensief agrarisch beheerd en hebben daardoor vaak een erosiegevoelige zode. Door een ander beheer van dit productiegrasland, bijvoorbeeld door niet meer te bemesten, zal ook de vegetatie-samenstelling zich wijzigen. Mogelijk neemt de worteldichtheid en daarmee de erosiebestendigheid toe.

Het *doel* van dit onderzoek is na te gaan of een extensief beheer op zeedijken, door de verwachte verandering in plantensamenstelling en worteldichtheid, bevorderlijk is voor de erosiebestendigheid van het grasland. Daarbij is uitgegaan van de volgende uitgangspunten (*hypothesen*).

- a. Niet meer bemesten en vervolgens minder frequent weiden of hooien van bemest zeedijkgrasland (extensivering) leidt - afhankelijk van de uitgangssituatie en mogelijk al op korte termijn - tot een toename van het aantal soorten, het aantal kruiden en van soorten die indicatief zijn voor relatief voedselarme omstandigheden. Een hooibeheer op een voorheen beweide dijk geeft daarbij de grootste verandering.
- b. Extensivering leidt niet tot een sterke daling van de zodedichtheid.
- c. Door het stoppen van de bemesting nemen dichtheid en diepte van de doorworteling toe, neemt de bovengrondse biomassa af en verandert de nutriëntenhuishouding. De verdeling over het bodemprofiel hangt af van het beheer (hooien of weiden).
- d. Soortenrijk onbemest hooiland heeft een lagere seizoensfluctuatie in worteldichtheid (lagere turnover) dan bemest weiland.
- e. Een ruimtelijk homogene begroeiing en dichte zode zoals bij intensief bemest en niet overbeweid grasland, betekent automatisch een ruimtelijk homogene verdeling van wortelbiomassa en vice versa.
- f. Door een extensief graslandbeheer neemt de erosiebestendigheid toe.

Voor toetsing van deze uitgangspunten dienen de volgende *onderzoeksvragen* (gerangschikt naar onderwerp) te worden beantwoord:

1. Hoe veranderen, door niet meer te bemesten, botanische samenstelling, bedekking en zodedichtheid van zeedijkgrasland, en wat is het effect van beheersvorm (weiden en/of hooien) hierbij ? (hoofdstuk 3).
2. Wat is het effect van extensivering en beheersvorm op productie, wortelgroei en chemische samenstelling van bodem en gewas ? (hoofdstuk 4)
3. Hoe groot is de seizoensvariatie en ruimtelijke variatie in doorworteling en zodedichtheid in bemest en onbemest grasland ? (hoofdstuk 5)
4. Is een extensief graslandbeheer gunstig voor de erosiebestendigheid ? (hoofdstuk 6)



Bemest weiland (± 85% van het zeedijkareaal)



Kruipertje en open plekken op veel belopen plaatsen



Bemest hooiland: zeer open zode



Soortenrijk hooiland

2 Algemene onderzoeksopzet

2.1 Beheersvormen en onderzoekslocaties

In dit onderzoek wordt onder extensief beheer verstaan:

1) niet bemesten; 2) geen bestrijdingsmiddelen toepassen; 3) bij voorkeur periodiek weiden of 1-2x per jaar hooien en 4) onderhoudswerkzaamheden uitvoeren als bloten en slepen. In overleg met waterschappen (waterstaatkundige goedkeuring) en pachters (uitvoering van het gewijzigde beheer) zijn een aantal onderzoekslocaties geselecteerd, verspreid over primaire zeekeringen en hoofdwaterkeringen in Nederland. Daarbij zijn zowel door schapen beweide als gehooide en, in enkele gevallen, geklepelmaaide dijken opgenomen. Op deze manier is geografische spreiding in de proefvakken gewaarborgd en zijn de twee voornaamste vormen van beheer, weiden en hooien, vertegenwoordigd. In **figuur 2.1** zijn de verschillende locaties op kaart aangegeven.

In eerste opzet geldt het extensieve beheer voor een periode van 4 jaar (1991-1994). Bij de selectie van de terreinen is uitgegaan van de volgende criteria:

- de grasmat moet minimaal 5 jaar oud zijn (gerekend vanaf het jaar van inzaaien);
- het grasland moet ten minste 5 jaar intensief zijn beheerd (mèt bemesting, hoge veebezetting (15-40 schapen per hectare) en in de meeste gevallen met chemische bestrijding van kruiden);
- het dijkvak moet representatief zijn voor een groter dijktraject; overhoeken en bijzondere situaties komen in eerste instantie niet in aanmerking;
- de dijktrajecten mogen niet teveel verschillen wat betreft de ligging ten opzichte van zee en heersende windrichting in verband met mogelijke invloed van zout water; de meeste buitentaluds hebben een noord tot noordwest expositie.
- De verandering van het beheer moet praktisch uitvoerbaar zijn.

Bij de keuze van de beheersvarianten is zoveel mogelijk aangesloten bij de huidige en eventueel toekomstige praktijk van dijkgraslandbeheer. Om kruidengroei te bevorderen is de maaidatum van de eerste snede in de onbemeste vakken uitgesteld tot omstreeks 1 juli. In overleg met dijkbeheerders zijn op beweide dijken vijf beheersvarianten onderscheiden.



Figuur 2.1 Situering onderzoekslocaties. Voor de betekenis van de codering zie ook tabel 2.1 en 2.2

- **I (voortzetten huidig beheer) =**
bemesting (100 - 200 kg N ha⁻¹);
gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen;
periodiek omweiden (1/4 - 1/11) met hoge veebezetting (15-25 dieren per hectare), continue beweiding (maart-december), of een systeem van weiden-hooien-weiden.
- **HH (2x hooien) =**
geen bemestingchemische bestrijding;
1e snede hooien 15/6 - 1/7;
2e snede hooien of maaisel groen afvoeren 1/9 - 15/9.
- **HW (hooien met naweiden) =**
geen bemestingchemische bestrijding;
1e snede hooien 15/6 - 1/7;
naweiden 15/8 - 15/9.
- **WW (2x weiden) =**
geen bemestingchemische bestrijding;
1e periode weiden 15/4 - 15/5;
2e periode weiden 15/8 - 15/9.
- **CW (continu weiden) =**
geen bemestingchemische bestrijding;
jaarrond beweiding met minder schapen (4-8 dieren per hectare).

Op de gehooide dijken zijn twee varianten onderscheiden: een met en een zonder bemesting:

- **HI (voortzetten huidig beheer) =**
bemesting (100 - 200 kg N ha⁻¹);
mogelijk gebruik chemische bestrijdingsmiddelen;
1e snede hooien (begin juni) of maaisel groen afvoeren, zo mogelijk 2e snede in augustus;
Ook: gazonbeheer met lichte bemesting (Den Helder) of klepel-maaien zonder bemesting (Ijsselmeerdijk).
- **HE (extensief hooien) =**
geen bemestingchemische bestrijding;
1e snede hooien 15/6 - 1/7;
2e snede hooien of maaisel groen afvoeren 1/9 - 15/9.

Als referentie zijn drie minimaal 20 jaar onbemeste dijkgraslanden in het onderzoek betrokken. Hierdoor is het mogelijk lange-termijn-effecten van extensief beheer te onderzoeken en te vergelijken met reacties op korte termijn. De referentiedijken worden een keer per jaar omstreeks begin juli gehooid. De vegetatie wordt gekenmerkt door een hoge soortenrijkdom. Ook zijn twee

Tabel 2.1: Onderzoekslocaties en beheersvarianten op beweidde dijken.

LOCATIE	DP/vak	EXP	BEHEER					ING DAT
			be- mest	onbemest				
				I	HH	HW	WW	
G1 (Groningen-Eemshaven)	103-104	NW	x	x	x	x	x	4/91
G2 (Groningen-Eemshaven)	haven	2	x	x	x	x		8/91
FB (Friesland-Lauwersmeer)	94	N + vl	x	x	x	x		4/91
FA (Friesland-Boonweg)	35 - 36	NW	x	x	x	x		4/91
FC (Friesland-nabij Slachterdijk)	23	NW	x	x				4/91
NA* (Amsteldiepdijk)	13,7 - 13,8	N	x	x	x			5/91
NH (Hondsbosscsche zeewering)	nabij Camperduin	W	x	x	x			4/91
NZ (Hazedijk 2 ^e dijk HBZ)	vak A + B (noord)	2	x	x	x			4/91
NS (Zijperzeedijk)	vak A (noord)	2	x	x				4/91
NY (Zeevangzeedijk-Edam)	95 - 97	2	x	x	x	x	x	9/91
ZG (Zimmermanpolder-Rilland)	20 - 24	ZW	x	x	x			4/91
ZM (W-Annapolder-ZakvZuidBev)	5c, nabij Zuivering	ZW	x				x	4/9
ZK (Hoedek.kerke-ZakvZuidBev)	24-29	O	x			x		5/91
ZH (Nijspolder-Ossensisse)	14-16	W	x	x	x	x		5/91
ZB (Nr. Eén)	3 - 5	NW	x	x	x	x		8/91
ZBH (Breskens-haven)	6	W	x				x	6/91

*) recent ingezaaide dijk: locatie alleen gebruikt voor analyse van de vegetatie;

I = bemesten + regelmatig weiden; HH = niet bemesten + hooien; HW = niet bemesten + hooien en naweiden; WW = niet bemesten + 2 periodes weiden; CW = niet bemesten + continu weiden; EXP = expositie buitentalud; DP = dijkspaal; ING DAT = ingangsdatum gewijzigd beheer; 2 = tweede dijk; vl = voorland.

locaties onderzocht, die bij de aanvang van het experiment zijn ingezaaid. Van deze plekken zijn alleen de vegetatiegegevens in de analyse betrokken.

Tabel 2.1 en tabel 2.2 geven een overzicht van onderzoekslocaties en beheersvarianten op de dijken die tot de aanvang van de proef werden beweid en gehooit. Ook is de ingangsdatum van het gewijzigde beheer aangegeven. De locaties zijn voorzien van een code. De eerste letter geeft de provincie aan waartoe het betreffende dijkvak hoort, de tweede de naam van het dijkvak of pachter. Samen met de code voor het beheer (zie pagina 20) worden de codes gebruikt bij de bespreking van de resultaten. De code *NH-HH* bijvoorbeeld betekent: het proefvak in Noord-Holland op de Hondsbosscsche Zeewering met een beheer van 2x hooien zonder bemesting; *ZH-HW* betekent: het proefvak in Zeeland, beheerd door pachter Huige, met een beheer van hooien en naweiden zonder bemesting.

De lengte van de proefvakken varieert van 35m tot 100m. In enkele gevallen is de lengte 150 m. Met een gemiddelde breedte over binnen- en buitenbeloop van 40 m komt dit overeen met een oppervlakte van 0,14 tot 0,4 ha,

Tabel 2.2 Onderzoeklocaties en beheersvarianten op gehooide dijken.

LOCATIE	DP/vak	EXP	BEHEER		ING-DAT
			HI	HE	
ND (Den Helder)	139 - 147	NW	x ^g	x	4/91
NH ^{**} (Hondsbr. Zeew.)	Leihoek	W		x	86
NZ ^{ref} (Zijperzeedijk)	t.h.v. zijweg	2		x	± 70
NMO (Monnickendam)	51-53	2	x ^k	x	9/91
NUI (Uitdam)	59-60	2	x ^k	x	9/91
ZO ^{ref} (Oudelandse zeedijk)	-	2		x	± 70
ZZK ^{ref} (Zandkreekdam)	-	2		x	75
ZGO [*] (Bath)	40 - 44	Z		x	9/91
ZHA (Biez.Ham-Noordpolder)	9 - 11	Z	x	x	5/91
ZK (Biez.Ham-Moert.dijk)	13 - 15	O	x	x	4/91
ZK ^{ref} (Biez.Ham-Moert.dijk)	12 - 13	O		x	65
ZPE (Perkpolder-Honten.)	73 - 76	N	x	x	5/91
ZHP (Hoofdplaat)	50 - 52	N	x	x	6/91
ZZA (Zwartepolder-oost)	11 - 13	W	x	x	6/91
ZZD (Zwartepolder-zuid)	7 - 8	NW	x	x	6/91

*) in 1991 ingezaaide dijken, **) sinds 1986 niet meer beweid en bemest: gegevens van deze locaties zijn alleen gebruikt voor analyse van de vegetatie. EXP = expositie buitentalud; DP = dijkpaal; ING DAT = ingangsdatum gewijzigd beheer; 2 = tweede dijk; ^{ref} = referentiedijk; HI = bemesten / 1-2x hooien of ^k = klepelmaaien en ^g = gazonbeheer.; HE = niet bemesten en 1-2x hooien.

respectievelijk 0,6 ha per proefvak. Op een locatie kunnen, afhankelijk van de gerealiseerde beheersvarianten, meerdere proefvakken voorkomen. Om het effect van expositie en invloed van opspattend of inwaaiend zeewater te bestuderen zijn binnen- en buitentalud afzonderlijk onderzocht. In elk proefvak is op het midden van binnen- en buitenbeloop een permanent vierkant (pq) uitgezet van 5 x 5 m². In deze pq's zijn alle metingen verricht. De pq's van verschillende locaties die overeen komen in beheer en expositie worden in het onderzoek als herhalingen beschouwd. **Figuur 2.2** geeft een schematische afbeelding van een locatie met proefvakken en permanente vierkanten.

Om praktische redenen is met betrekking tot de hoogte van de mestgift in de bemeste proefvakken ("I") uitgegaan van het niveau dat op de percelen gangbaar is. Voor het dijkgrasland in Friesland en op de Hondsbossche zeevering bijvoorbeeld bedraagt de mestgift doorgaans niet meer dan 100 kg N ha⁻¹.j⁻¹. In Zeeland worden hogere bemestingsniveaus gehanteerd tot ongeveer 200 kg N ha⁻¹.j⁻¹. Gezien de relatief lage mestgift op zeedijken in vergelijking met vlak grasland, waar hoeveelheden van 250 - 400 kg N ha⁻¹.j⁻¹ gebruikelijk zijn, is afgezien van beheersvarianten met een intermediaire bemesting (50 - 100 kg N ha⁻¹.j⁻¹).

De veebezetting is in de praktijk moeilijk aan te passen aan de verminderde productie. Op de intensief beheerde dijken varieert de bezetting met het seizoen. Doorgaans wordt beweid met 15-20 oaien per ha. Na het lammeren in

	I	HH	HW	WW	
buitenberm					
buitentalud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
kruin					
binnentalud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
binnenberm					

Figuur 2.2 Schema van een proeflocatie met beheersvarianten en pq's.

februari-maart kan de feitelijke bezetting aan het eind van de weideperiode oplopen tot 40 dieren per ha. De periode van grazen hangt af van de lengte van het dijkvak, gemiddeld 3-4 weken per 600 m dijk lengte. Omdat de proefvakken door hetzelfde koppel schapen wordt beweide, is aanpassing aan de verminderde productie mogelijk door regeling van de beweidingduur. Voor een extensief beheer geldt dat het beter is kort te begrazen met een relatief hoge veedichtheid (cf. Sýkora et al. 1990). Een uitzondering vormen de continu beweidde proefvakken: hier wordt juist het effect onderzocht van een voortdurende beweiding met een relatief lage bezetting (4-8 dieren per ha).

Tijdens het verloop van het experiment bleek een juiste afstemming van bezetting en begraaide periode in de daarvoor afgesproken tijd niet altijd mogelijk. Afhankelijk van de productie is in vak "WW" (2x weiden) bij onvoldoende begrazing gehooit, tegelijk met de eerste maaibeurt in de proefvakken "HW" en "HH". Lang gras wordt door schapen minder goed afgevreten, het gras gaat liggen en wordt dan vertrapt. In dit opzicht is het beter de weideperiodes aan te passen, bijvoorbeeld door de eerste periode te verlengen of 1x extra te weiden omstreeks half juni, wanneer dominante grassoorten hun maximale groei hebben bereikt. Naast een extra hooisnede zijn 1-2x per jaar - als gangbare onderhoudsmaatregel - in de weidevarianten "HW", "WW" en "I" niet afgegraasde bloeistengels gemaaid (bossen maaien of bloten), in ieder geval 1 keer vóór de winter. Bij een sterk gedaalde productie is bij variant "HH" en "HE" in enkele gevallen volstaan met 1x hooien in juli.

Vanwege beheerstechnische redenen, was het niet mogelijk op alle beweidde dijken de vier beheersvarianten ("HH", "HW", "WW" en "CW") in te stellen.

Vooraf variant "CW" (continu weiden met weinig dieren) bleek voor pachters moeilijk inpasbaar te zijn. Daarom zijn slechts enkele proefvakken met dit beheer gerealiseerd.

2.2 Fasering en organisatie van het onderzoek

Het onderzoek is opgedeeld in 5 fasen (zie **tabel 2.3**). Voor de meeste locaties is de uitgangssituatie vastgelegd in 1991 (fase 1). Op enkele plekken is het gewijzigde beheer pas na het eerste seizoen ingegaan ("NY", "NMO", "NUI", "ZPE", "ZHP"). Hier is in 1992 de beginsituatie opgenomen. Het effect van extensivering op *botanische samenstelling* en *boven- en ondergrondse biomassa* is na 3-4 jaar gewijzigd beheer bepaald door metingen aan vegetatie in juni-juli 1994 (fase 4). Metingen aan *bedekking*, *worteldichtheid (lengte)* en *erosie-sterkte* zijn in februari-maart 1994 uitgevoerd, aan het eind van de winter, in waterstaatkundig opzicht de meest erosiegevoelige periode. Voor deze metingen geldt effectief een extensiveringsperiode van 3 seizoenen.

Om het verloop van het extensiveringsproces te kunnen volgen zijn in proefvakken van een aantal locaties ("G2", "FA", "DH", "NH", "ZK", "ZPE", "ZH", "ZHP", "ZB", zie **tabel 2.1** voor locatiebeschrijving) elk jaar monsters genomen van vegetatie/biomassa (juni-juli) en bedekking/worteldichtheid (maart). Opnamen van de botanische samenstelling zijn elk jaar op vrijwel alle locaties gemaakt. Door deze opzet waarbij de ontwikkeling van zowel de intensieve als extensieve varianten is gevolgd zijn er grofweg twee manieren van vergelijken mogelijk om het effect van extensivering te meten: 1) vergelijking van opnamen in de verschillende beheersvarianten gemaakt in 1991 met opnamen van dezelfde pq's uit 1994 en eventueel tussenliggende jaren, en 2) vergelijking van opnamen gemaakt in 1994 in "I" (respectievelijk "HI") met die in "HH" (respectievelijk "HE"), "HW" of "WW". Daarbij worden alleen die locaties vergeleken, waar dezelfde varianten voorkomen. Een nadeel van de eerste mogelijkheid is dat de pq's in "HH" ("HE"), "HW", "WW" bij opname in juni-juli '91 al één keer niet zijn bemest en dus theoretisch al veranderd kunnen zijn t.o.v. de uitgangssituatie.

Voor onderzoek naar temporele en ruimtelijke variatie (fase 2 en 3) zijn uitsluitend metingen verricht in de "intensieve" vakken ("I") van "FA", "NH" en "ZH" en op de referentiedijken "ZO", "ZZK" en "ZK". Hier wordt bemest weiland dus vergeleken met onbemest hooiland.

Bij de opzet en inrichting van proefvakken is door de waterschappen in ruime mate organisatorische en praktische ondersteuning verleend, onder meer bij de keuze van onderzoekslocaties, het maken van afspraken met pachters en het plaatsen van afrasteringen. In Noord-Holland, Friesland en Groningen worden dijken door de waterschappen onderhouden. Zij hebben ook zorg gedragen voor uitvoering en kosten van het gewijzigd beheer. Wel is hier aan pachters na elk seizoen in opdracht van DWW/TAW een vergoeding als compensatie voor

Tabel 2.3 Fasering van het onderzoek

fase een (mrt 91 - okt 91):

- 1) Instellen proefvakken met gewijzigd beheer
- 2) Vastleggen uitgangssituatie: doorworteling, zodedichtheid, vegetatie en bodemgesteldheid

fase twee (okt 91 - okt 92):

- 1) Onderzoek naar temporele variatie in doorworteling, biomassa productie en mineraliseerbaar-N
- 2) volgen van botanische samenstelling, worteldichtheid en zodedichtheid in de proefvakken met extensief beheer op enkele geselecteerde locaties.
- 3) Uitwerken gegevens van de uitgangssituatie (fase 1)

fase drie (okt 92 - okt 93):

- 1) Onderzoek naar ruimtelijke variatie in doorworteling, zodedichtheid en botanische samenstelling van dijkgrasland.
- 2) Volgen van botanische samenstelling, worteldichtheid en zodedichtheid in de beheersvarianten van enkele geselecteerde varianten.
- 3) Voortzetten metingen in 9 proefvakken t.b.v. temporele variatie.
- 4) Uitwerken en interpreteren van veldgegevens fase 2.

fase vier (okt 93 - okt 94):

- 1) Onderzoek naar erosiebestendigheid van dijkgrasland onder verschillend beheer m.b.v. erosieproeven (sproeikopmethode en erosiecentrifugetoestel GD)
- 2) Vaststellen van veranderingen in botanische samenstelling, vegetatiestructuur, biomassa, beworteling, holheid van de begroeiingen in de diverse proefvakken en beheersvarianten.
- 3) Uitwerken en interpreteren van gegevens fase 3.

fase vijf (okt 94 - december 95):

- 1) Verwerken gegevens fase 4 en eindrapportage.

betaalde pacht uitgekeerd. In Zeeland, waar pachters zelf verantwoordelijk zijn voor het dijkgraslandbeheer, is het aangepaste beheer door hen uitgevoerd, tegen een vergoeding voor verminderde opbrengst en extra werkzaamheden. Hier wordt pachtrestitutie door de waterschappen verleend. De volgende waterschappen werkten mee aan het onderzoek:

- *Waterschap het Het Vrije van Sluis, Oostburg*
- *Waterschap Hulster Ambacht, Hulst*
- *Waterschap Noord- en Zuid-Beveland, Goes*
- *Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen van het Hollands Noorderkwartier, Alkmaar met District Kust en District Purmerend.*
- *Waterschap Fryslân, Leeuwarden/St. Jacobiparochie*
- *Waterschap Noorderzijlvest/Ommelanderzeedijk, Onderdendam*

Doordat het onderzoek in 1991 pas in maart begon, kon het gewijzigde beheer, waaronder het weglaten van stikstofbemesting, niet overal het eerste seizoen

ingaan. Vaak was voordat afspraken konden worden gemaakt al een eerste mestgift toegepast en werd in de periode februari - april beweide. Ook na de beginfase is naast het veldwerk middels veelvuldig (telefonisch) contact en bezoeken aan waterschappen en pachters veel aandacht besteed aan instellen en bijstellen van beheersafspraken. Voor elke maaibeurt bijvoorbeeld is met beheerders overlegd over het precieze tijdstip, gelet op dan geldende weersomstandigheden. Ondanks ieders inspanning vormde continuering en correcte uitvoering van het beheer een voortdurende bron van zorg. Een aantal proefvakken is door foutief uitvoeren van het beheer, zelfs na drie jaar, afgevallen. Abusievelijk bemesten van proefvakken dan wel het niet bemesten van de intensieve variant is de meest gemaakte fout. Ook zijn hiaten ontstaan in reeksen van metingen doordat tegen afspraken in gemaaid was en de biomassa niet meer kon worden bepaald. Door gebruik te maken van logboekformulieren zijn van elke plek nauwkeurige details over mestgiften, gebruik bestrijdingsmiddelen, maaifrequentie, veebezetting en perioden van beweiding verzameld. Hierdoor kunnen beheersgegevens worden ingepast, en eventueel afwijkende resultaten worden verklaard.



Proefvakken op beweide dijken



Proefvakken op gemaaide dijken

3 Vegetatie

3.1 Inleiding

Extensivering van het beheer, zoals het stoppen van mestgift, heeft invloed op de botanische samenstelling van grasland. Gemiddeld zal het aantal soorten indicatief voor voedselarme situaties toenemen (Bakker 1987). In hoofdstuk 1 is uiteengezet dat een toename van de soortenrijkdom gunstig is voor de bodemstabiliteit door de gedifferentieerde bijdragen van de plantensoorten aan doorworteling en N-heterogeniteit in de bodem. Deze verandering in soortensamenstelling berust waarschijnlijk vooral op verandering in vegetatiestructuur en niet zozeer op beheersvorm of verschraling van de bodem (Bakker 1987). Een toename van kruiden treedt daarbij in verhouding eerder op dan een verandering in de dominantieverhoudingen van grassen (Bullock 1994). Grote verschuivingen ten gevolge van verschraling zijn pas na langere periode merkbaar. In de Drentse Aa met graslanden in verschillende stadia van verschraling, is *Lolium perenne* (Engels raaigras) in de beginfase dominant, na 10 jaar stoppen met bemesten is de soort vervangen door *Holcus lanatus* (Witbol), en na 20 jaar zijn *Festuca rubra* (Rood zwenkgras) en *Anthoxanthum odoratum* (Reukgras) dominant (Olf et al. 1994). Het gaat hier om hooiland. Toch worden in verschralingsonderzoek ook korte termijn effecten op de dominantie van grassen gemeld. Smith & Rushton (1994) vinden dat kleine beheersveranderingen in vegetaties van ouder grasland al snel effect hebben op het dynamisch evenwicht. Ook Bullock (1994) vindt na enkele jaren niet meer bemesten in begraasd grasland een kleine verandering in frequentie van de dominante grassoorten.

Hoewel de verschillen na de korte, in dit onderzoek toegepaste, periode van extensivering niet groot zullen zijn, is *botanische samenstelling* een goede parameter om effecten van extensivering en verschillen in beheer te bestuderen. In eerder dijksonderzoek bleken juist de soortenrijkere graslanden gecorreleerd te zijn met een hogere erosiebestendigheid. Het is van belang te weten wat korte-termijn-veranderingen in de botanische samenstelling betekenen voor de civieltechnische kwaliteit. Anders gezegd: wat is het effect hiervan op bedekking en doorworteling? De vraag is of het aantal grassen of kruiden toeneemt en of er dominantieverschuivingen plaatsvinden die van invloed zijn op de zodedichtheid. Daarom worden in dit hoofdstuk ook de veranderingen in bedekking en zodedichtheid van de vegetatie besproken.

De verandering in botanische samenstelling van de proefvakken kan plantensociologisch worden geanalyseerd. Van opnamen uit het eerste en uit het laatste jaar van onderzoek kan voor elk van de jaren worden nagegaan tot

welke gemeenschap zij behoren (cf. Sýkora et al., 1990). De plantensociologische classificatie kan bovendien worden vergeleken met eerdere typologieën (Sprangers, 1989, Van der Zee, 1992). Ecologische interpretatie van de onderscheiden gemeenschappen vindt plaats aan de hand van gemeten waarden (bodemtextuur, expositie), van berekende indicatiewaarden (Ellenbergwaarden voor voedselrijkdom, vochtvoorziening, hooien/weiden), en van het beheer. Verbanden tussen vegetatietypen en andere gemeten milieuvariabelen als gehalten N, P en K van gewas en bodem, worden in hoofdstuk 4 behandeld. Veranderingen in soortenrijkdom en bedekking worden onderzocht door per beheersvorm opnamen van permanente quadraten uit 1991 te vergelijken met die uit 1994. Daarnaast worden op de verschillende locaties de waarden voor deze parameters uit 1994 in de bemeste vakken vergeleken met die in de onbemeste vakken.

Vraagstelling

De in hoofdstuk 1 geformuleerde onderzoeksvraag kan nu als volgt worden genuanceerd:

- Hoe verandert door niet meer te bemesten na 4 jaar de botanische samenstelling van zeedijkgrasland ?
- In hoeverre spelen standplaatsfactoren (expositie, korrelgrootteverdeling) daarbij een rol ?
- Wat is de betekenis van de verschillende beheersvormen (weiden, hooien of een combinatie van beiden) voor de verandering in de botanische samenstelling ?
- Neemt door extensivering het aantal soorten toe ? Verandert daarbij de grassen-kruiden-verhouding ?
- Hoe veranderen bedekking en zodedichtheid van het grasland door extensivering ?
- Bij welke maaifrequentie en welk schapenbeheer is de vegetatie optimaal gesloten ?
- Leidt aanwezigheid van kruiden in de zomer tot een geringe bedekking van de vegetatie in de winter ?

3.2 Methode

Permanente quadraten (pq's)

Na definitieve keuze van de onderzoekslocaties zijn in het eerste jaar van onderzoek op binnen- en buitentalud van proefvakken permanente quadraten (pq's) uitgezet van 5 x 5 m². De pq's zijn steeds op het midden van het talud gelokaliseerd en zijn representatief voor het hele dijkvak. Bedekking en zode-dichtheid zijn in het eerste jaar in april en volgende jaren in februari-maart gemeten. In de maanden juni-juli zijn in alle jaren vegetatie-opnamen gemaakt volgens de Braun-Blanquet methode (Westhoff & Van der Maarel, 1973, Werger 1974) met aangepaste schaal (Barkman et al, 1964, Van der Maarel, 1979). Gegevens over expositie en helling zijn in het eerste jaar genoteerd. Om technische redenen (afbakening proefvakken, afspraken over gewijzigd beheer ter plekke), zijn in het eerste jaar op een aantal locaties alleen bedekking en zode-dichtheid gemeten en alleen vegetatie-opnamen gemaakt in de pq's van variant "I" (voortzetting intensieve beheer). Aangenomen wordt dat soortensamenstelling en andere parameters van dit vak in het eerste jaar representatief zijn voor de ernaast gelegen vakken, waar het extensieve beheer nog moet beginnen.

Classificatie

Voor analyse van de botanische samenstelling zijn opnamen uit 1991 en 1994 met behulp van TWINSPAN (Hill 1979b, Jongman et al. 1987) verwerkt tot een tabel waarin clusters van opnamen worden onderscheiden met een overeenkomende soortensamenstelling. Met het programma CLUTAB (Jongman et al. 1987, aangepast door Van der Zee 1992) is vervolgens een *synoptische tabel* gemaakt, waarin per soort in 5 klassen het percentage van voorkomen in de verschillende clusters is aangegeven: I = 0-20%; II = 21-40 %; III = 41-60 %; IV = 61-80 %; V = 81-100 %. Het verschil tussen de clusters (plantengemeenschappen) wordt beschreven aan de hand van zogenaamde differentiërende soorten. Een soort wordt differentiërend genoemd bij een verschil van 2 presentieklussen of 2 abundantieklussen. Verwantschap met in de literatuur beschreven syntaxa (Westhoff & Den Held 1975, Ellenberg 1978, Oberdorfer 1983) is bepaald door de soorten in plantensociologische groepen in te delen en door per gemeenschap het procentuele aandeel van deze groepen te berekenen. De gemeenschappen worden benoemd naar de associatie of subassociatie waarmee zij het meest overeenkomen. Op lager niveau worden eventueel nog varianten onderscheiden. Wanneer er alleen op hoger niveau (verbond of klasse) verwantschap is, wordt de gemeenschap met een of twee aspectbepalende soorten aangeduid. Tussen haken wordt dan het verbond of de klasse vermeld, waartoe de gemeenschap behoort.

De gemeenschappen bestaan uit zowel opnamen uit 1991 als opnamen uit 1994. Om een indruk te krijgen van de mate van verandering in botanische samenstelling is per gemeenschap én voor de verschillende beheersvormen het aantal opnamen weergegeven dat na 4 jaar tot een andere gemeenschap behoort en het aantal opnamen dat niet is veranderd. Deze verschuiving in de verdeling van opnamen over de gemeenschappen geeft de betekenis van extensivering en beheersvorm voor de onderscheiden gemeenschappen aan. Het effect van gewijzigd beheer op frequentie en dominantie van soorten is onderzocht door per beheersvorm opnamen te groeperen en voor elk cluster de frequentie (presentieklasse I - V) en de gemiddelde bedekking (gemiddelde ordinale schaal) te berekenen. Soorten met minimaal twee klassen verschil in presentie of abundantie tussen bemeste en onbemeste varianten in 1994 zijn toe- of afgenomen. Net als bij het onderscheiden van differentiërende soorten bij de botanische samenstelling, is ook hier dus een verschil van twee klassen als norm gehanteerd. Nieuwe soorten zijn genoteerd ook als het verschil slechts 1 klasse was. Op dezelfde wijze zijn ook per beheersvorm begin- en eindsituatie (pq's uit 1991 en 1994) vergeleken. Voor een aantal soorten is de gemiddelde toe- of afname in bedekking bepaald. Daarbij zijn verschillen tussen beheersvormen onderzocht met een enkelvoudige variantie-analyse (ONEWAY-ANOVA), gevolgd door een LSD-toets (Least Significant Distance).

Ordinatie

De opnamen zijn geordineerd met behulp van het programma DECORANA (Hill, 1979a) volgens de DCA-methode (Detrended Correspondance Analysis, Jongman et al. 1987). De gemiddelde scores per cluster zijn berekend en in het diagram opgenomen. Voor de interpretatie van de ordinatiediagrammen zijn de ordinatie-scores gecorreleerd met gewogen gemiddelde indicatiewaarden van Ellenberg (Ellenberg 1978, Kruijne et al. 1967, Sýkora & Liebrand 1987), door berekening van de Pearson-correlatiecoëfficiënt.

Om effecten van extensief beheer zichtbaar te maken zijn per beheersvorm de gemiddelde ordinatie-scores berekend van pq's uit '91 en '94 en zijn verschuivingen ten opzichte van de beginsituatie in het ordinatiediagram aangegeven. Verschillen in gemiddelde score uit '91 en '94 zijn getoetst met enkelvoudige variantie-analyse (Oneway-ANOVA).

Standplaatsfactoren

Hellingshoek en expositie zijn bepaald met een hellingshoekmeter en kompas. Per pq is de hoeveelheid directe zonnestraling (min/dag) op het dijktaalud vastgesteld aan de hand van een helling-expositiediagram (gemiddelde dagelijkse hoeveelheid zonnestraling in juli op 53° NB, volgens Grime & Loyd, 1973).

Per gemeenschap de gemiddelde hoeveelheid zonnestraling bepaald. Verschillen tussen gemeenschappen zijn getoetst met enkelvoudige variantieanalyse (Oneway-ANOVA) gevolgd een LSD-toets (Least Significant Distance).

Per gemeenschap is een frequentieverdeling gemaakt van het aantal opnamen over talud en regio en beheersvorm. Verschillen in de verdeling van opnamen tussen de diverse categorieën zijn getoetst met een Chi-kwadraat-test.

In juli 1991 zijn op een aantal locaties in pq's van variant "I" op binnen- en buitentalud bodemonsters gestoken met een gutsboor (\emptyset 2 cm) in de laag 2-12 cm onder maaiveld (mengmonster van 10 steken). Na droging (48 u bij 40°) zijn de monsters met een hamer fijngemaakt en gezeefd (2mm). De korrelgrootteverdeling of granulaire samenstelling is bepaald aan de hand van sedimentatiesnelheid van bodemdeeltjes (Hoeba et al. 1989). De volgende fracties zijn onderscheiden: lutum = % deeltjes $< 2 \mu\text{m}$; silt = 2 - 63 μm ; zand = 63 - 2000 μm . De hoeveelheden zijn na bepaling van het organische stofgehalte (Kurmies) en kalkgehalte (Scheibler) op 100 % gesteld. In een textuurdriehoek (Steur et al. 1987) zijn de bodemonsters weergegeven. Daarbij is ook aangegeven uit welke gemeenschap een bepaald monster afkomstig is en tot welke regio het monster behoort. Verschillen in bodemtextuur tussen gemeenschappen en regio's zijn getoetst met enkelvoudige variantie-analyse (Oneway-ANOVA) en LSD-test.

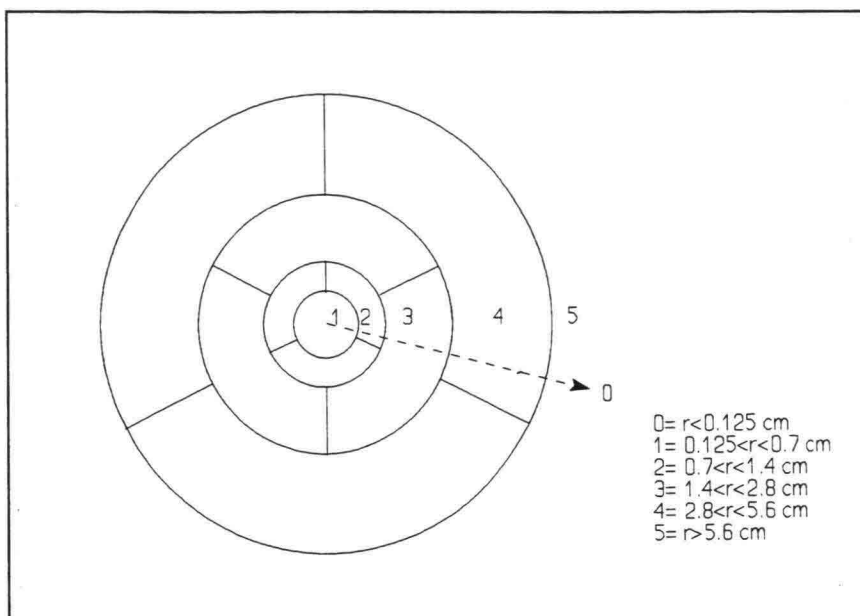
Soortenrijkdom

Per gemeenschap is het gemiddeld aantal soorten berekend en is het aandeel aan soorten grassen, kruiden en mossen aangegeven. Ook is per gemeenschap het quotiënt van de bedekking van kruiden en de bedekking van grassen (KGR = kruid-gras-ratio) bepaald. Het aantal minder algemene tot zeldzame soorten met Uurhokfrequentieklasse kleiner dan 6, is per gemeenschap bepaald.

Vervolgens zijn Pearson-correlatiecoëfficiënten berekend van het aantal soorten en de KGR met de gemiddelde stikstofindicatiewaarden van de opnamen. Deze berekende waarden geven de soortenrijkdom van de onderscheiden gemeenschappen aan en de relatie met de voedselrijkdom.

Om direct het effect van het toegepaste beheer te onderzoeken is per beheersvorm het gemiddeld aantal soorten, het gemiddeld aantal soorten kruiden en het gemiddelde quotiënt tussen kruidenbedekking en totale bedekking (KTR) van pq's uit 1991 vergeleken met deze waarden voor pq's uit 1994. Daarnaast is in 1994 het gemiddeld aantal soorten, kruiden en KTR van intensief beheerde pq's vergeleken met gemiddelde van extensief beheerde pq's. Verschillen zijn getoetst met behulp van een enkelvoudige variantie-analyse (Oneway-ANOVA) en berekening van de LSD-waarde voor paarsgewijze vergelijking van de onderscheiden groepen.

De relatie kruidenaandeel in de vegetatie met bedekking is onderzocht door



Figuur 3.1 Raampje met ringen voor bepaling afstand meetpunt-spruit.

middel van berekening van de Pearson-correlatiecoëfficiënt tussen KGR/KTR en gemeten zodeparameters.

Bedekking/zodedichtheid

De bedekking van de vegetatie in de pq's is bepaald met behulp van een raster van 50×50 cm² met 81 meetpunten. De vegetatie wordt op 2 cm hoogte afgeknipt waarna per meetpunt de aanwezigheid van hogere planten (blad of spruit) wordt genoteerd. Mossen en dood plantenmateriaal worden niet mee-gerekend. De meting wordt 4 keer ad random in het pq uitgevoerd. Het gemiddeld aantal genoteerde planten als percentage van het totaal aantal kruispunten is gehanteerd als een maat voor de bedekking. Door het knippen van de vegetatie tot op 2 cm hoogte wordt de bladbedekking geminimaliseerd. Effectief wordt de procentuele *spruitbezetting* gemeten: het percentage spruiten (met blad op 2 cm hoogte) per oppervlakte-eenheid. Bij de bespreking van de resultaten zal echter de term 'bedekking' worden gebruikt.

De zodedichtheid is bepaald met behulp van de *raampjesmethode* (Neuteboom 1993). Hiermee worden twee parameters bepaald: 1) *spruitdichtheid* (SD), de frequentie van 'afstandsklassen' tussen spruiten in de graszode over 100 random metingen; 2) *open-plek-grootte* (OPG), de gemiddelde grootte van open plekken in de graszode. Van elk meetpunt (prikken met een breinaald) wordt met behulp van een raampje met concentrische ringen (figuur 3.1) bepaald

Tabel 3.1 Bij benadering bepaalde oppervlakte van de open plek per klasse

Klasse	Oppervlakte (cm ²)
0	0,02
1	0,79
2	3,85
3	15,39
4	61,58
5	246,30

binnen welke afstand (r) de dichtsbijzijnde bewortelde plantbasis voorkomt. Daarbij gelden de volgende klassen: 0 = $r < 0,125$ (raken); 1 = $0,125 < r < 0,7$; 2 = $0,7 < r < 1,4$; 3 = $1,4 < r < 2,8$; 4 = $2,8 < r < 5,6$; 5 = $r > 5,6$. De verdeling van de score over de onderscheiden klassen ($F_k\%$) is een maat voor de openheid van de zode en het gemiddeld oppervlak van open plekken. Voor bepaling van de spruitdichtheid (SD) wordt per klasse (k) het absentiepercentage ($Abs_k\%$) berekend (1) en op logschaal uitgezet tegen de straal van de klasse. De verkregen curves zijn karakteristiek voor de open-plekkenstructuur en benaderen in de praktijk een rechte lijn (Neuteboom, 1993).

$$Abs_k\% = 100 - \sum_0^k F_k\% \quad (1)$$

De richtingscoëfficiënt van de lijn is berekend met behulp van lineaire regressie en is een maat voor de dichtheid van de zode. Hoe lager de richtingscoëfficiënt (RICO), hoe dichter de zode. De spruitdichtheid kan worden uitgedrukt als $SD = |RICO|$. Voor de berekening van de gemiddelde open-plek-grootte, is eerst het gemiddelde oppervlak per klasse bij benadering berekend (tabel 3.1), door bij het oppervlak van de binnenste ring van een klasse, de helft van het verschil in oppervlakte van de buitenste en binnenste ring op te tellen. Wanneer bijvoorbeeld van de 100 meetpunten er 10 in klasse 3 vallen, dan is er op 10 punten in het pq bij benadering een open plek van 15,4 cm² gemeten. Door het aantal meetpunten per klasse (m_k), vermenigvuldigd met het bijbehorende oppervlak (opp_k), op te tellen en vervolgens te delen door het totaal aantal meetpunten (N), wordt de gemiddelde open-plek-grootte (OPG) verkregen (2).

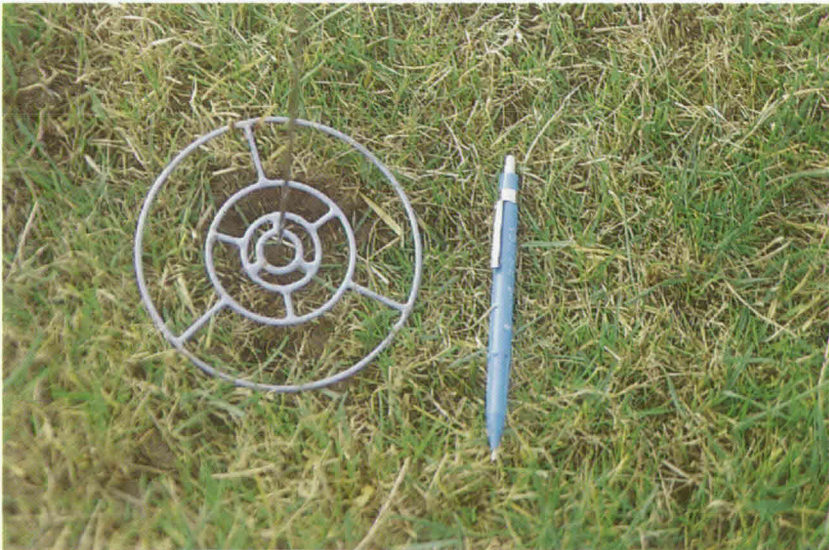
$$OPG (cm^2) = \frac{\sum_{k=0}^5 (m_k \cdot opp_k)}{N} \quad (2)$$

Veranderingen in bedekking en zodedichtheid ten gevolge van extensief beheer zijn onderzocht door vergelijking van pq's uit 1991 en 1994 en een vergelijking van gemiddelde waarden in opnamen van intensieve en extensieve varianten in 1994. Verschillen tussen beheersvormen zijn onderzocht met enkelvoudige variantieanalyse (Oneway-ANOVA), gevolgd door een LSD-test. Ook is onderzocht of er in 1994 per beheersvorm verschillen in zodeparameters zijn tussen de regio's Noord- en Zuid-Nederland. Tenslotte is de correlatie berekend tussen zodeparameters en het kruidenaandeel in de bedekking van de grasmatten (KTR). Voor statistische analyses is gebruik gemaakt van SPSS PC⁺ (Norusis 1986).

Vegetatie-opnamen maken (juni-juli)



Meten van bedekking en zodedichtheid (februari-maart)



3.3 Botanische samenstelling

Plantengemeenschappen

In totaal zijn 194 plantesoorten aangetroffen in 303 opnamen uit 1991 en 1994. Er zijn 10 plantengemeenschappen (clusters) onderscheiden. In bijlage 1 is voor de verschillende proefvakken een overzicht gegeven van opnamenummer en clusternummer. De gemeenschappen worden gekenmerkt door positief en negatief differentiërende soorten (**tabel 3.2**). In bijlage 2a is een synoptische tabel gegeven waarbij soorten volgens plantensociologische groepen zijn gerangschikt. Bijlage 2b bevat een lijst met aangetroffen plantesoorten met Nederlandse en Latijnse namen. De gemeenschappen zijn beschreven en benoemd op grond van plantensociologische samenstelling, relatieve aandeel van syntaxa in een gemeenschap (**tabel 3.3**), en differentiërende en constante soorten (i.e. soorten met presentieklasse IV en V in de synoptische). In **tabel 3.3** is te zien dat de klasse- en verbondsoorten van de Glanshavergemeenschappen (**Molinio-Arrhenatheretea**) in alle gemeenschappen goed vertegenwoordigd zijn, met uitzondering van gemeenschap 5. Daarbinnen is er een relatief groot aandeel van soorten van Kamgrasweide (**Lolio-Cynosuretum**) in gemeenschap 1 en 2 en soorten van Glanshaverhooiland (**Arrhenatheretum**) in gemeenschap 8, 9 en 10 en in mindere mate gemeenschap 7. De floristische samenstelling van de overige gemeenschappen wordt vooral gedomineerd door soorten van Beemdgras-Raaigrasweide (**Poö-Lolietum**) en bijbehorende klasse (**Plantaginetalia**) in combinatie met een relatief kleiner aandeel van klasse- en verbondskensoorten van de Glanshavergemeenschappen. Hier volgt een korte syntaxonomische beschrijving van de gemeenschappen. Elke naam is voorzien van een code die bij verdere analyses zal worden gebruikt. De nummering is volgens de TWINSPAN-indeling. In **tabel 3.2** zijn de gemeenschappen zo gerangschikt dat een diagonale structuur wordt verkregen. In **tabel 3.3** is de volgorde volgens de plantensociologische (bijlage 2) aangehouden.

Gemeenschap 1: **Lolio-Cynosuretum** met *Geranium molle* (LCYg).

Aantal opnamen: 57; gemiddeld aantal soorten: 14. Relatief soortenarme Kamgrasweide, gekenmerkt door een relatief groot aandeel van **Poö-Lolietum**-soorten. Voornamelijk voorkomend in Friesland en Groningen.

Differentiërend: *Geranium molle*, *Cynosurus cristatus*. Negatief differentiërend: *Elymus repens*, *Dactylis glomerata*. Constante soorten: *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *Bellis perennis*, *Brachythecium rutabulum*, *Trifolium dubium*, *Taraxacum species*, *Bromus hordeaceus ssp. hordeaceus*, *Cerastium fontanum*.

Tabel 3.2 Differentiërende soorten (minstens 2 klassen verschil tussen de onderscheiden gemeenschappen).

Gemeenschap:	5	4	1	2	3	10	6	7	8	9
Code:	PION	POO	LCYg	LCYr	LCYf	ARRr	ARRf	ARRc	ARRo	ARRb
Aantal opnamen:	12	66	57	27	55	7	9	36	23	11
Gem. aantal srt:	10	12	14	18	18	8	12	13	25	34
Capsella bursa-pastoris	III	I	-	I	I	-	-	I	-	-
Matricaria recutita	II	I	-	-	+	-	-	+	-	-
Matricaria discoidea	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Senecio vulgaris	II	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Stellaria media	III	II	+	I	+	I	-	I	+	I
Tussilago farfara	II	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Geranium molle	-	II	V	II	III	-	I	-	+	I
Cynosurus cristatus	-	-	IV	III	+	-	-	+	I	II
Veronica arvensis	-	II	II	III	II	-	-	I	I	I
Ranunculus repens	I	I	II	-	III	I	II	+	I	-
Leontodon autumnalis	-	-	-	-	II	-	-	-	+	-
Plantago coronopus	-	-	-	-	II	-	-	-	-	-
Cirsium arvense	II	II	I	I	IV	I	I	III	I	I
Alopecurus pratensis	-	-	-	-	-	III	-	+	+	-
Heracleum sphondylium	-	-	-	-	+	III	-	-	+	II
Phragmites australis	-	-	-	-	-	III	-	-	+	-
Urtica dioica	-	-	-	-	-	III	-	I	+	-
Fissidens species	-	-	-	-	+	III	-	-	+	-
Glechoma hederacea	I	+	-	-	I	III	III	I	I	I
Polygonum amphibium	-	-	-	-	+	II	II	-	-	-
Festuca arundinacea	-	I	-	+	+	-	V	III	IV	I
Crepis capillaris	-	-	I	I	II	-	II	-	IV	II
Festuca pratensis	-	I	-	-	-	-	-	I	III	I
Lathyrus nissolia	-	-	-	-	-	-	-	+	II	-
Origanum vulgare	-	-	-	-	-	-	-	-	II	-
Allium vineale	-	-	-	-	+	I	-	I	III	V
Daucus carota	-	-	-	+	-	-	-	I	IV	V
Geranium dissectum	-	II	I	II	I	-	II	II	IV	IV
Senecio erucifolius	-	+	-	-	-	-	-	I	III	III
Vicia sativa ssp. nigra	-	-	-	+	I	-	-	II	III	V
Holcus lanatus	-	+	-	II	II	-	-	I	II	IV
Anthoxanthum odoratum	-	-	-	-	-	-	-	-	+	IV
Briza media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II
Carex flacca	-	-	-	-	-	-	-	-	I	II
Leucanthemum vulgare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III
Cirsium vulgare	-	I	I	I	I	-	-	I	+	IV
Eryngium campestre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV
Galium verum	-	-	-	+	+	-	-	-	-	IV
Avenula pubescens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III
Luzula campestris	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II
Medicago arabica	-	I	-	I	+	-	-	I	I	III
Myosotis arvensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III
Ononis repens ssp. spin	-	-	-	I	+	-	-	-	-	III
Pastinaca sativa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II
Potentilla reptans	-	-	-	I	I	-	-	-	+	IV
Rumex acetosa	-	-	+	I	+	-	-	-	I	III
Centaurea jacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III
Pseudoscleropodium purum	-	-	-	+	-	-	-	+	-	II
Trifolium repens	III	I	IV	III	V	I	-	I	+	-
Poa annua	II	I	II	I	I	-	-	+	-	-
Hordeum murinum	I	II	I	II	V	-	-	-	-	-
Lolium perenne	V	V	V	V	V	I	V	I	II	III
Poa trivialis	III	V	V	V	V	-	IV	V	IV	IV
Elymus repens	III	IV	I	III	IV	V	V	III	IV	III
Poa pratensis	IV	III	IV	IV	IV	II	II	IV	V	V
Dactylis glomerata	II	IV	+	IV	II	V	V	V	V	V
Agrostis stolonifera	-	III	III	IV	IV	-	III	I	I	III
Festuca rubra	IV	IV	IV	IV	V	-	III	IV	V	V
Arrhenatherum elatius	-	I	-	-	+	V	III	I	IV	IV
Ranunculus bulbosus	-	I	I	III	+	-	-	IV	II	V

Tabel 3.3 Procentuele aandeel van plantensociologische groepen per gemeenschap

PLANTENSOCIOLOGISCHE EENHEDEN	PLANTENGEMEENSCHAPPEN									
	2	1	3	4	5	6	10	7	8	9
Molinio-Arr	42	39	34	32	23	40	35	37	42	42
<i>Arrhenatheretum</i>	1	0	2	1	0	4	10	6	7	8
<i>Lolio-Cynosuretum</i>	11	15	9	7	12	7	2	2	3	3
Origanetalia	0	0	0	1	0	0	0	2	5	2
Koel-Cory/Fest-Bro	6	1	3	3	0	0	0	3	3	17
Plantaginetalia	4	4	10	6	12	12	12	9	6	2
<i>Poö-Lolietum</i>	17	25	18	19	23	22	9	14	10	6
Artemisietea	2	1	5	4	3	6	17	6	4	3
Chenop./Sysimb.	5	2	6	11	18	2	4	7	7	6
Overig	12	13	12	15	10	8	10	14	13	10

Glanshavergemeenschappen: Molinio-Arr = Molinio-Arrhenatheretea/-alia/-ion incl. Cynosurion; **Glanshaverhooiland:** *Arrhenatheretum*; **Kamgrasweide:** *Lolio-Cynosuretum*; **Struweelzomen:** Origanetalia; **Graslanden van zandige droge gronden:** Koel-Cory/Fest-Brom = Koelerio-Corynephoretea + Festuco-Brometea + Mesobromion; **Gemeenschappen op verdichte bodems:** Plantaginetalia; **Beemdgras-raaigrasweiden:** *Poö-Lolietum*; **Ruderale ruigtekruiden:** Artemisietea; **Ruderale soorten van open standplaatsen:** Chenopodietea, Chenopodion, Sisymbrietalia.

Gemeenschap 2: *Lolio-Cynosuretum* met *Ranunculus bulbosus* [fragmentair: Subassociatiegroep B, ononidetosum] (LCYr).

Aantal opnamen: 27; gemiddeld aantal soorten: 18.

Redelijk goed ontwikkeld *Lolio-Cynosuretum*; in Friesland, Noord-Holland en (na extensivering) in Zeeland.

Differentiërend: *Veronica arvensis*, *Cynosurus cristatus* (met 1), *Ranunculus bulbosus* (binnen de weilanden). Constante soorten: *Lolium perenne*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis stolonifera*, *Festuca rubra*, *Bellis perennis*, *Trifolium dubium*, *Brachythecium rutabulum*, *Taraxacum species*, *Bromus hordeaceus* ssp. *hordeaceus*, *Cerastium fontanum*, *Achillea millefolium*.

Gemeenschap 3: Fragmentair *Lolio-Cynosuretum* met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense* (LCYf).

Aantal opnamen 55 met gemiddeld 18 soorten. gemeenschap gekenmerkt door zowel soorten van *Molinio-Arrhenatheretea* als *Plantaginetalia*. Overgang *Lolio-Cynosuretum*/*Poö-Lolietum*. Vooral in Noord-Holland, bijvoorbeeld ook bij gazonbeheer in Den Helder.

Differentiërend: *Leontodon autumnalis*, *Cirsium arvense* (met 7), *Plantago coronopus*. Constante soorten: *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, *Poa trivialis*, *Elymus repens*, *Poa pratensis*, *Agrostis stolonifera*, *Festuca rubra*, *Bellis perennis*, *Taraxacum species*, *Cerastium fontanum*.

Gemeenschap 4: Poö-Lolietum met *Stellaria media* en *Hordeum murinum*. (POO)

Aantal opnamen: 66 met gemiddeld 12 soorten per opname. Relatief soortenarm productieweiland. Voornamelijk voorkomend in Zeeland. De gemeenschap heeft geen eigen differentiërende soorten maar wordt gekenmerkt door het bijna uitsluitend voorkomen van de volgende soorten: *Lolium perenne**, *Poa trivialis**, *Poa pratensis*, *Taraxacum species**, *Trifolium repens*, *Ranunculus repens* en *Plantago major*. De met * gemerkte komen voor met een frequentie van IV of V. Verder komen als constante soorten voor: *Elymus repens*, *Dactylis glomerata* en *Festuca rubra*.

Gemeenschap 5: Pioniergemeenschap met *Lolium perenne* en *Stellaria media* [Plantaginetalia/Chenopodion/Sisymbrietalia] (PION).

Aantal opnamen 12 met gemiddeld 10 soorten: soortenarme pioniergemeenschap op pas ingezaaide dijken.

Differentiërend: *Capsella bursa-pastoris*, *Matricaria discoidea*, *Senecio vulgaris*, *Stellaria media*, *Tussilago farfara*. Constante soorten: *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Festuca rubra*.

Gemeenschap 6: Gemeenschap met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens* [Plantaginetalia/Molinio-Arrhenatheretea] (ARRf)

Aantal opnamen: 9. Gemiddeld 12 soorten. Soortenarme hooiland- of weilandgemeenschap op slecht afgeweide dijken in Zeeland, IJsselmeerdijk nabij Edam en een bemeste gehooide dijk in Zeeland.

Differentiërend: *Festuca arundinacea*. Constant: *Lolium perenne*, *Poa trivialis*, *Elymus repens*, *Dactylis glomerata*, *Taraxacum species*.

Gemeenschap 7: Arrhenatheretum elatioris met *Cirsium arvense* (ARRc).

Aantal opnamen: 36. gemiddeld aantal soorten: 13. Soortenarm minder goed ontwikkeld Glanshaverhooiland op Zeeuwse dijken.

Differentiërend: *Cirsium arvense* (met 3), *Festuca arundinacea* (met 6 en 8). Constante soorten: *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*.

Gemeenschap 8: Arrhenatheretum elatioris met *Festuca pratensis* en *Origanum vulgare* [fragmentair: Subassociatiegroep B, brizetosum] (ARRo).

Aantal opnamen 23 met gemiddeld 25 soorten. Redelijk ontwikkeld **Arrhenatheretum** met enkele soorten van de **Origanetalia** differentiërend t.o.v.

gemeenschap 9. In Zeeland vooral op (primaire) dijken in de Zak van Zuid-Beveland.

Differentiërend: *Festuca arundinacea* (met 6 en 7), *Crepis capillaris*, *Festuca pratensis*, *Lathyrus nissolia*, *Origanum vulgare*, *Allium vineale* (t.o.v. 1-7), *Daucus carota* (met 9), *Geranium dissectum* (met 9), *Senecio erucifolius* (met 9).

Constante soorten: *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Elymus repens*, *Poa trivialis*, *Bellis perennis*, *Brachythecium rutabulum*, *Trifolium dubium*, *Taraxacum species*, *Bromus hordeaceus ssp. hord.*, *Cerastium fontanum*, *Plantago lanceolata*.

Gemeenschap 9: **Arrhenatheretum elatioris subassociatiegroep B, brizetosum met *Anthoxanthum odoratum* en *Briza media*** (ARRb).

11 opnamen met gemiddeld 34 soorten: soortenrijk hooiland voorkomend op minstens 15 jaar onbemeste dijken in Zeeland, Zuid-Holland en nabij de Hondsbossche zeevering. De gemeenschap fungeert als referentie in het onderzoek. Kenmerkend zijn soorten behorend tot de **Koelerio-Corynephoretea/Festuco-Brometea** ter onderscheid van gemeenschap 8.

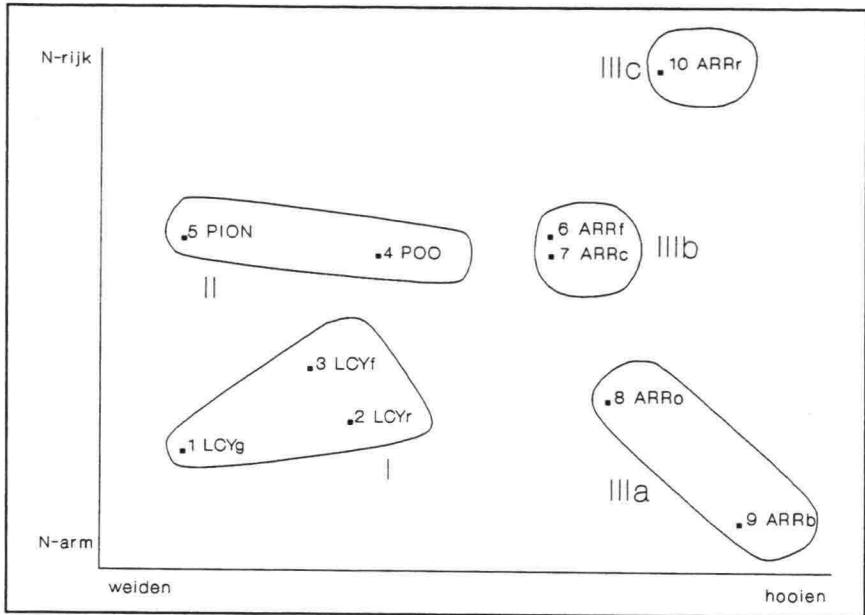
Differentiërend: *Allium vineale*, *Daucus carota* (met 8), *Geranium dissectum* (met 8), *Senecio erucifolius* (met 8), *Vicia sativa ssp. nigra*, *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*, *Leucanthemum vulgare*, *Cirsium vulgare*, *Eryngium campestre*, *Galium verum*, *Avenula pubescens*, *Luzula campestris*, *Medicago arabica*, *Myosotis arvensis*, *Ononis repens ssp. spinosa*, *Potentilla reptans*, *Rumex acetosa*, *Centaurea jacea*, *Ranunculus bulbosus* (met 2).

Constante soorten zijn: *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Arrhenatherum elatius*, *Trifolium dubium*, *Bromus hordeaceus ssp. hord.*, *Cerastium fontanum*, *Achillea millefolium*, *Plantago lanceolata*.

Gemeenschap 10: **Gemeenschap met *Arrhenatherum elatius* en *Heracleum sphondylium*** [fragmentair *Arrhenatheretum elatioris* subgroep A, inops] (ARRr).

Aantal opnamen: 7; gemiddeld aantal soorten; 8. Verruigd, soortenarm glanshaverhooiland, slechts 1x gemaaid (Zeeland) of geklepeldmaaid (IJsselmeerdijk), met een relatief groot aandeel van ruderaal ruigtekruiden (**Artemisietea**).

Differentiërend: *Heracleum sphondylium*, *Urtica dioica*, *Alopecurus pratensis*, *Phragmites australis*, *Fissidens species*. Constante soorten: *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Elymus repens*.



Figuur 3.2 Gemeenschappen afgebeeld in een ordinatiediagram op basis van gemiddelde decoranascores van de opnamen.

Ordinatie

In het ordinatiediagram (figuur 3.2) is de rangschikking van de verschillende gemeenschappen weergegeven. Per gemeenschap zijn de gemiddelde decoranascores van de opnamen langs decorana-as 1 en decorana-as 2 berekend en in het diagram uitgezet. Op deze manier is een vereenvoudigd diagram verkregen, waarin de plaats van de gemeenschappen ten opzichte van de assen makkelijk is te interpreteren. Correlatie van de decorana-scores met de indicatiewaarden van Ellenberg geven het volgende resultaat: as 1 is gecorreleerd met de indicatie voor hooiland/weiland-soorten ($r=0,80$; $p < 0,001$; waarden variëren van 2-5: variërend van nooit hooien - wisselweiden - hooien met nabeweiding - nooit beweide); as 2 met de indicatie voor voedselrijkdom van het substraat ($r = 0,75$; $p < 0,001$; de waarden lopen ongeveer van 4-7: stikstofarm/matig stikstofrijk tot vaker op stikstofrijke plekken).

Langs as-1 (weiland-hooilandindicatie) zijn rechts de hooilandgemeenschappen 6 tot en met 10 gerangschikt, waarbij de gemiddelde decoranascore van gemeenschap 9 verschilt van 6,7,8 en 10 ($p < 0,05$). Deze gemeenschap, het **Arrhenatheretum elatoris-brizetosum** (soortenrijk hooiland op onbemeste dijken) wordt dus, in vergelijking met de andere hooilandgemeenschappen, het best gekenmerkt door hooiland-indicatiesoorten. Links zijn de weilandgemeenschappen 1 tot en met 5 weergegeven, met 1 en 5 verschillend van 2, 3 en 4, en 3

verschillend van 4, duidend op een relatief groter aandeel van weiland-indicatorsoorten voor 1 en 5, respectievelijk 3. Van de weilandgemeenschappen wordt dus gemeenschap 1, het **Lolio-Cynosuretum met *Geranium molle*** (Kamgrasweide uit Friesland en Groningen) het best gekarakteriseerd door weiland-indicatorsoorten.

Langs as-2 (voedselarm-voedselrijk) is gemeenschap 9 (**Arrhenatheretum elationis-brizetosum**) het meest voedselarm en gemeenschap 10 (**Gemeenschap met *Arrhenatherum elatius* en *Heracleum sphondylium***; verruigd hooiland) het meest voedselrijk. De **Kamgrasweide met *Geranium molle*** (gemeenschap 1) en de **Kamgrasweide met *Ranunculus bulbosus*** (gemeenschap 2) zijn relatief voedselarmer dan de fragmentaire **Kamgrasweide met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense*** (gemeenschap 3). Het **Arrhenatheretum elationis met *Festuca pratensis* en *Origanum vulgare*** (gemeenschap 8) komt qua voedselrijkdomindicatie overeen met gemeenschap 1 en 2. Het **Poö-Lolietum** (gemeenschap 4), De pioniergemeenschap (gemeenschap 5) en de minder ontwikkelde glanshaverhooilanden (gemeenschap 6 en 7) hebben een relatief hoge waarde voor voedselrijkdom.

Afgezien van de **pioniergemeenschap met *Lolium perenne* en *Stellaria media*** (gemeenschap 5) kunnen de onderscheiden gemeenschappen tot drie hoofdgroepen worden gerekend. Deze zijn (zie ook **figuur 3.2**):

I Kamgrasweiden (gemeenschap 1, 2 en 3, relatief licht bemest en indicatie voor relatief lage voedselrijkdom); **II Beemdgras-raaigrasweiden** (gemeenschap 4, bemest, indicatie voor hogere voedselrijkdom); **III Glanshaverhooilanden** met IIIa de onbemeste en relatief soortenrijke gemeenschappen 8 en 9, IIIb de bemeste soortenarme gemeenschappen 6 en 7, en IIIc de verruigde hooilandgemeenschap 10.

Standplaatsfactoren

Expositie

Er is een gelijkmatige verdeling van gemeenschappen over hellingen met een verschillende expositie naar noord, zuid, west, oost. Het verschil in voorkomen van gemeenschappen over deze categorieën is niet significant. Het **verruigde Arrhenatheretum** (gemeenschap 10) en het soortenarme **Arrhenatheretum met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens*** (gemeenschap 6), voorkomend op steile zuidhellingen hebben een iets hoger aantal zonne-uren dan de andere gemeenschappen, maar het verschil is niet significant.

Met uitzondering van de **Gemeenschap met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens*** (gemeenschap 6), die alleen op binnenbelopen voorkomt, zijn de gemeenschappen min of meer gelijk verdeeld over binnen- en buitentaluds. Beemdgrasraaigrasweiden worden wat vaker op buitentaluds en Glanshaverhooiland op binnentaluds aangetroffen. De verschillen zijn niet significant.

Tabel 3.4 Verdeling van aantal (procenten) opnamen over Noord- en Zuid-Nederlandse dijken per gemeenschap.

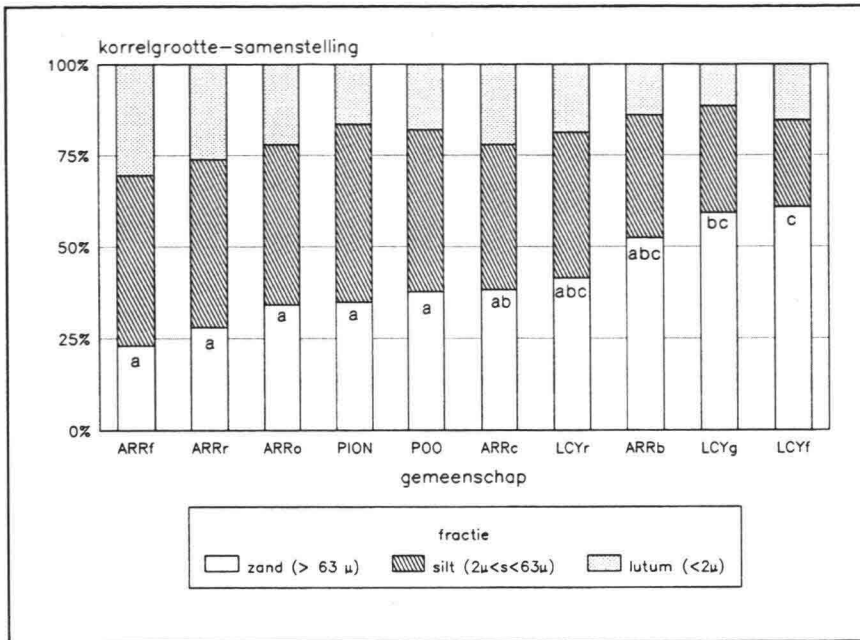
Gemeenschap	Noord	Zuid
1 LCYg	54 (20)	
2 LCYr	16 (6)	9 (3)
3 LCYf	30 (11)	15 (5,5)
4 POO	2 (1)	62 (23)
5 PION	5 (2)	4 (2)
6 ARRf	3 (1)	5 (2)
7 ARRc	1 (0,5)	29 (11)
8 ARRo	2 (1)	19 (7)
9 ARRb	3 (1)	8 (3)
10 ARRr	3 (1)	4 (1,5)

Regio

Er is een duidelijk effect van geografische spreiding op de verdeling van opnamen uit Noord-Nederland (i.e. Hondsbossche Zeewering, IJsselmeer- en Waddendijken) en Zuid-Nederland (i.e. Delta- en Scheldedijken) (Chi-kwadraat, $p < 0,001$, zie tabel 3.4). De Kamgrasweide-varianten komen vooral op de Noord-Nederlandse dijken voor, Beemdgras-Raaigrasweiden en Glanshaverhooilanden op dijken in Zuid-Nederland. Dit onderscheid lijkt eerder het gevolg te zijn van verschil in beheer dan van geografische verschillen. Op de noordelijk gelegen dijken wordt gemiddeld minder ($75 - 100 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$) bemest dan op de zuidelijke dijken ($150 - 200 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$). Ook vindt in het noorden meer onderhoud plaats zoals slepen, bloten, en een extra maaibeurt bij hoge producties. De intensief beheerde weilanden zijn ondanks dit verschil in bemesting tot één categorie ("I") gerekend.

Textuur

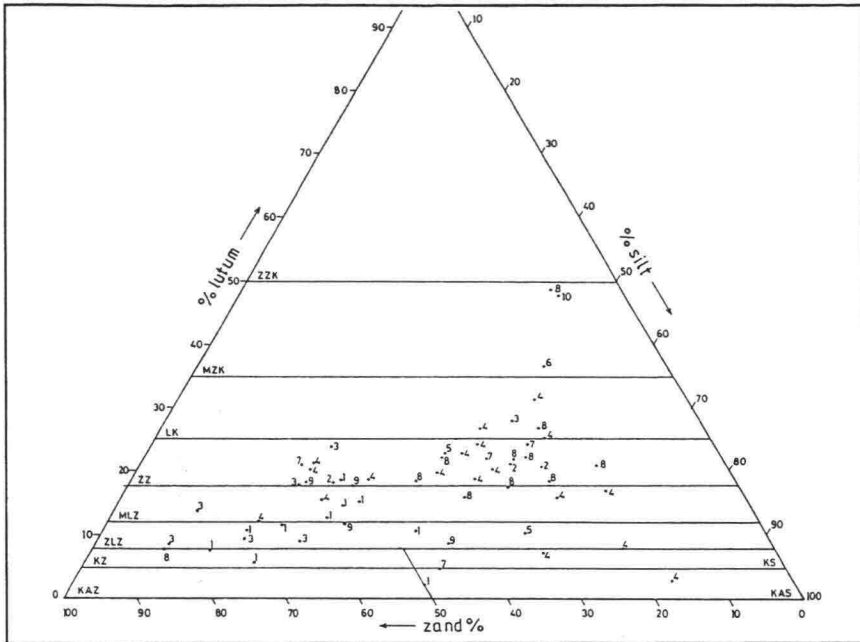
De textuur van de bodem is bepaald in de "I"-varianten van de uitgangssituatie. In figuur 3.3 is de gemiddelde korrelgrootteverdeling per gemeenschap weergegeven. Er blijkt geen verschil te zijn in de lutum- ($< 2 \mu$) en siltfractie ($< 63 \mu$). Alleen met betrekking tot het zandgehalte is er een significant verschil ($p < 0.01$) tussen de gemeenschappen: gemiddelde waarden van monsters van Kamgrasweide met *Geranium molle* (gemeenschap 1) en Kamgrasweide met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense* (gemeenschap 3) zijn significant hoger dan de



Figuur 3.3 Korrelgrootteverdeling per gemeenschap. Gemiddelden zonder een gemeenschappelijke letter verschillen significant ($p < 0,01$ na arcsinustransformatie)

waarden voor zandpercentage in enkele andere gemeenschappen (figuur 3.3). In figuur 3.4 is de korrelgrootteverdeling van de verschillende monsters uitgezet in de kleidriehoek (Steur, 1978). Daarbij zijn de nummers van de gemeenschappen aangegeven. Hieruit blijkt eveneens een relatief hoog zandgehalte voor de opnamen van gemeenschap 1 en gemeenschap 3, maar over het algemeen komen de opnamen van een cluster gespreid in de figuur voor. Dit betekent dat de korrelgrootte-samenstelling van weinig invloed is op de botanische samenstelling. Wel kan een globale indicatie worden gegeven over de bodemsamenstelling per gemeenschap volgens de in de driehoek onderscheiden klassen. De bodems van gemeenschap 1 behoren voornamelijk tot de typen "zeer lichte zavel" en "matig lichte zavel". Gemeenschap 2 wordt aangetroffen op "zware zavel". Gemeenschap 3 komt voor op "zeer lichte zavel" tot "lichte klei". Gemeenschap 4 op "kleiarm silt", "zware zavel" en "lichte klei". Van gemeenschap 5 en 6 is maar één monster genomen; zij blijven hier buiten beschouwing. Gemeenschap 7 komt voor op "zware zavel", gemeenschap 8 op "matig lichte zavel" tot "lichte klei" en gemeenschap 9 op "zeer lichte zavel" en "zware zavel".

Analyse van gemiddelde waarden voor de fracties zand, lutum en silt van monsters van dijken uit Noord- en Zuid-Nederland geeft het volgende resultaat. Er is geen verschil in lutumgehalte (N: 16 %, Z: 18,9 %), maar voor de fractie



Figuur 3.4 Zand-silt-lutumdriehoek met opnamen en clusternummers.

silt geldt in Zuid-Nederland (42,5 %) een hoger percentage dan in Noord-Nederland (31,9 %; $p < 0,01$ na arcsinustransformatie), en voor de zandfractie een lager percentage in Zuid-Nederland (38,6) ten opzichte van Noord-Nederland (52,1 %; $p < 0,005$). Naast het hierboven genoemde verschil in bemesting en onderhoud, is er dus ook een verschil in silt- en zandfractie tussen Noord- en Zuid-Nederlandse dijken.

In bijlage 3 is een kleidriehoek met (a) opnamenummers (zie ook bijlage 1) en (b) regio-aanduiding opgenomen. Bij (a) kan voor elke bemonsterde locatie de korrelgrootte-samenstelling worden afgelezen. In (b) krijgt men een indruk van het verband tussen geografische spreiding en de bodemsamenstelling.

Effecten van extensivering

Het effect van extensivering van het beheer op de botanische samenstelling is op twee manieren onderzocht: 1) de verandering van verdeling van pq's over de gemeenschappen tussen 1991 en 1994; 2) de verschillen in decorana-scores en in het voorkomen van soorten per beheersvorm (zie ook § 2).

Gemeenschappen

Vergelijking van de verdeling van opnamen in 1991 en 1994 over de onderscheiden gemeenschappen (tabel 3.5) geeft aan in hoeverre de floristische

Tabel 3.5 Verdeling van het aantal opnamen uit 1991 en 1994 over de gemeenschappen.

	91/ 94	1994									Tot. 91	
		1 LCYg	2 LCYr	3 LCYf	4 POO	5 PION	6 ARRf	7 ARRc	8 ARRo	9 ARRb		10 ARRr
	1 LCYg	29	6									35
	2 LCYr	1	7									8
	3 LCYf		1	16	2			1	1			21
	4 POO		4	1	23		2	3				33
	5 PION			4	3	3						10
	6 ARRf			1			4	1				6
	7 ARRc							6				6
	8 ARRo							3	3			6
	9 ARRb								3			3
19 91	10 ARRr							1	1		4	6
	Tot94	30	18	22	28	3	6	15	5	3	4	
	94-91	-5	+10	+1	-5	-7	0	+9	-3	0	-2	

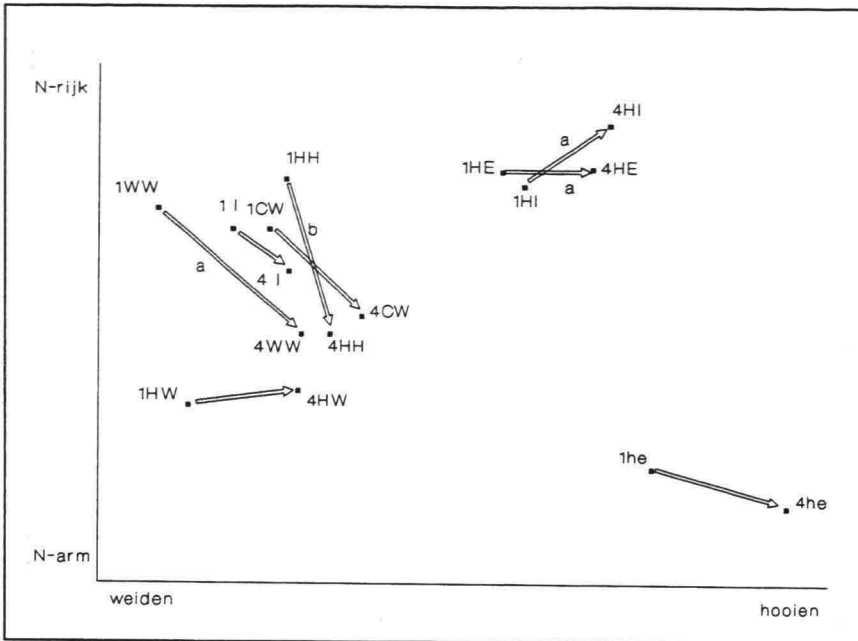
samenstelling is veranderd. Opnamen die in 1994 bij een andere gemeenschap zijn ingedeeld dan in 1991, hebben een andere soortensamenstelling gekregen. In de tabel kan worden nagegaan in hoeverre gemeenschappen zijn veranderd en welke verschuivingen er hebben plaatsgevonden. Van gemeenschap 1 (**Kamgrasweide met *Geranium molle***, LCYg) zijn 6 opnamen overgegaan naar gemeenschap 2, de relatief soortenrijkere **Kamgrasweide met *Ranunculus bulbosus*** (LCYr), 29 opnamen zijn niet tot een andere gemeenschap gaan behoren. Eén opname van gemeenschap 2 is overgegaan naar gemeenschap 1. Van de 21 opnamen uit gemeenschap 3 (**Kamgrasweide met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense***, LCYf) zijn er 16 onveranderd, 1 is er overgegaan naar gemeenschap 2, 2 worden in 1994 tot de **Beemdgras-Raaigrasweide** (POO, gemeenschap 4) gerekend en twee opnamen zijn tot het Glanshaverhooiland gaan behoren (ARRc, gemeenschap 7 en ARRo, gemeenschap 8). Van de 33 Beemdgrasraaigrasopnamen bleven er 23 tot dezelfde gemeenschap behoren, 4 gaan naar gemeenschap 2, 1 naar gemeenschap 3, 2 naar gemeenschap 6 (**Gemeenschap met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens***, ARRf), en 3 naar het **Arrhenatheretum met *Cirsium arvense*** (ARRc, gemeenschap 7). Van de pioniervegetatie (gemeenschap 5) zijn 4 opnamen overgegaan naar het **fragmentair Lolio-Cynosuretum** (gemeenschap 3, LCYf) en 2 opnamen naar de **Beemdgras-Raaigrasweide** (POO, gemeenschap 4). Gemeenschap 6 verliest een opname aan het **Glanshaverhooiland met *Cirsium arvense*** (gemeenschap 7) en een aan gemeenschap 3 (**fragmentair Lolio-Cynosuretum**), maar krijgt ook 2 opnamen van gemeenschap 4.

Tabel 3.6 Verdeling van opnamen uit 1991 en 1994 over beheersvormen per gemeenschap. VO= verschil onbemest: verschil aantal opnamen '94-'91 van WW + HW + HH + CW

jaar	I		WW		HW		HH		CW		VO	HI		HE		%I
	91	94	91	94	91	94	91	94	91	94		91	94	91	94	
1 LCYg	10	9	7	7	8	6	8	6	2	2	-4					30
2 LCYr	3	4	2	3	2	5	1	5		1	+9					22
3 LCYf	4	2			2	2	7	6		1	0	3	2	3	3	25
4 POO	11	12	5	3	4	3	5	1	4	2	-9	2	2	2	2	56
6 ARRf	1	1	1	2			1	2	1		+1	1	1	1		33
7 ARRc		1					1	2		1	+2	3	5	3	6	40
8 ARRo								1			+1	2		3	3	0
9 ARRb																
10 ARRr												3	2	3	1	66
Totaal	29	29	15	15	16	16	23	23	7	7		14	12	15	15	15
%verschil	14 %		20 %		19 %		35 %		29 %			25 %		27 %		

Het *Arrhenatheretum* met *Cirsium arvense* heeft er 9 opnamen bij gekregen: 1 van gemeenschap 3, 3 van gemeenschap 4, 1 van gemeenschap 6, 3 van gemeenschap 8 en 1 van gemeenschap 10. Gemeenschap 8, relatief soortenrijk **Glanshaverhooilanden** met *Festuca pratensis* en *Origanum vulgare* (ARRo) heeft dus 3 opnamen afgestaan maar er zijn er 2 bijgekomen (gemeenschap 3 en gemeenschap 10). Gemeenschap 9 (soortenrijk hooiland op referentiedijken) is onveranderd, en van gemeenschap 10, het **verruigde Glanshaverhooiland** (ARRr), zijn 2 opnamen overgegaan naar relatief soortenrijkere hooilandgemeenschappen (7 en 8). Ten gevolge van extensivering treden dus kleine verschuivingen op in de botanische samenstelling in de richting van relatief soortenrijkere gemeenschappen (gemeenschap 2: +10 opnamen en 7: +9 opnamen), ten koste van de relatief soortenarme gemeenschappen (gemeenschap 1: -5, gemeenschap 4: -5, en gemeenschap 10: -2).

Dit effect wordt eveneens zichtbaar wanneer voor elke gemeenschap de verdeling over de verschillende beheersvormen wordt weergegeven van opnamen uit 1991 en 1994 (tabel 3.6). Bij de categorieën "I" en "HI" is de bemesting voortgezet. Bij "WW", "HW", "HH", "CW" en "HE" is de bemesting gestopt. In de kolom "verschil onbemest" is de toe- of afname van het aantal opnamen in de varianten "WW", "HW", "HH" en "CW" gesommeerd. Het aantal opnamen van de relatief soortenarme gemeenschappen 1 en 4 is gedaald (-4, resp. -9), terwijl dit in de relatief soortenrijkere gemeenschappen 2 (+9), 7 (+2) en 8 (+1) is gestegen. Verder blijkt uit tabel 3.6 dat in de beheersvorm "HH" de verandering in opnamenverdeling relatief groot is: 35 % van de opnamen uit '91 is onder een andere gemeenschap gerangschikt. Onder invloed van dit beheer zijn 4 opnamen tot de **Kamgrasweide** met *Ranunculus bulbosus*



Figuur 3.5 Ordinatie diagram met gemiddelde decorana-scores per beheersvorm in 1991 (1) en 1994 (4); a = significant verschil langs as-1 ($p < 0,05$); b = significant verschil langs as-2 ($p < 0,05$).

Het verschil tussen jaar 1 en jaar 4 is significant voor as-1 voor de beheersvormen "WW", "HE" en "HI" (in het diagram aangegeven met "a"), en significant op as 2 voor de beheersvorm HH ("b"). Dit is in overeenstemming met de verwachte verschraving van de bodem bij het stoppen van bemesting. Het veranderde beheer in de vakken "WW" heeft blijkbaar nog niet het gewenste effect: hier wordt juist géén verschuiving naar rechts verwacht maar eerder een significante verschuiving langs as-2. Het veranderde beheer heeft nog geen significant effect op de soortensamenstelling van "HW" en "CW" maar de trend is overeenkomstig de verwachting. "HE" heeft wel meer hooilandsoorten, maar de N-indicatie is niet veranderd. Ook "HI" wordt gekenmerkt door een toename van hooilandsoorten. In de varianten "I" en "he" (referentiedijken) is het beheer in principe gelijk gebleven. De veranderingen die hier optreden duiden mogelijk op jaarlijkse schommelingen in standplaats of beheer.

Dominantie en frequentie van soorten

Het effect van gewijzigd beheer op dominantie en voorkomen van een aantal soorten is weergegeven in **tabel 3.7**. Soorten die in minstens twee beheersvormen een verandering vertonen, zijn weergegeven. In Bijlage 4 is een compleet overzicht gegeven van alle soorten die zijn toe- of afgenomen.

Na 4 jaar extensivering is er in de onbemeste vakken, ten opzichte van de

(LCYr) gaan horen, en is het aantal opnamen van **Beemdgras-Raaigrasweide** (POO) gereduceerd (van 4 tot 1). Ook is de **Kamgrasweide met *Geranium molle*** (LCYg) afgenomen (van 8 naar 6) en is het aantal opnamen van Glanshaverhooiland (gemeenschap 6, 7 en 8) iets gestegen. Van variant "WW" is 20 % veranderd en van "HW" 19 %. Voor CW is het percentage 29 %, maar het aantal locaties is echter gering. In de variant waar bemesting is voortgezet ("I") zijn de veranderingen gering (14 %). Dit is ook het geval bij de bemeste ("HI") en onbemeste ("HE") variant op gehooide dijken. Kennelijk heeft extensivering hier op korte termijn minder effect.

Ook is in **tabel 3.6** te zien dat in '91 alle onderscheiden gemeenschappen, met uitzondering van het op referentiedijken voorkomende **Arrhenatheretum elatioris subass.groep B, brizetosum** (ARRb), in de bemeste varianten ("I" en "HI") voorkomen. De variatie in botanische samenstelling is dus al in de uitgangssituatie in 1991, bij aanvang van het beheersexperiment, aanwezig. Verder valt op dat gemeenschap 3 (**fragmentair Lolio-Cynosuretum met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense***, LCYf) en gemeenschap 4 (**Poö-Lolietum**) ook bij een maaibeheer voorkomen.

Ook in 1994, na 4 jaar extensief beheer, bestaan gemeenschappen uit opnamen van zowel bemeste als onbemeste varianten. In **tabel 3.6** is in de kolom "% I" aangegeven hoeveel procent van de opnamen in 1994 afkomstig is van een bemeste variant ("I" of "HI"). Dit geeft aan in hoeverre een gemeenschap past bij een intensief of extensief beheer. De **Beemdgras-Raaigrasweide** heeft - in overeenstemming met de verwachting - het hoogste percentage bemeste opnamen. Het relatief soortenrijke **Glanshaverhooiland met *Festuca pratensis* en *Origanum vulgare*** (ARRo) en het **Arrhenatheretum elatioris brizetosum** (ARRb) bestaan alleen uit onbemeste opnamen. Van de Kamgrasweidevarianten heeft het relatief soortenrijkere **Lolio-Cynosuretum met *Ranunculus bulbosus*** (LCYr) de minste bemeste opnamen. Van de Glanshaverhooilanden heeft het **Arrhenatheretum elatioris met *Cirsium arvense*** relatief veel opnamen van bemeste varianten. Door het geringe aantal opnamen bij ARRf en ARRr heeft het percentage minder indicatieve waarde.

Ordinatie

Om het effect van extensivering zichtbaar te maken in de ordinatie van opnamen, zijn de gemiddelde DECORANA-scores per beheersvorm berekend voor beide jaren en in het ordinatiediagram weergegeven (**figuur 3.5**).

In de meeste gevallen zien we een verschuiving in de tijd van links boven naar rechts beneden. Na interpretatie aan de hand van indicatiegetallen bleek de eerste as gecorreleerd te zijn aan een afname van weide- en een toename van hooilandsoorten. De tweede as bleek positief gecorreleerd aan de N-indicatie. Bij de meeste beheersvormen zien we dus een verschuiving naar voedselarmere bodems en naar hooibeheer.

Tabel 3.7 Toe- en afname van een aantal soorten in onbemeste varianten ten opzichte van de bemeste beheersvorm

soorten	Toe- of afname in frequentie/abundantie in onbemeste vakken per beheersvorm in 1994									
	I-HH '94		I-WW '94		I-HW '94		I-CW '94		HI-HE '94	
	N (19)	Z (6)	N (9)	Z n = 6	N (12)	Z (4)	N (3)	Z (6)	N (5)	Z (8)
<i>Festuca rubra</i>		+		+ ^a		+ ^a	+	+		
<i>Cynosurus cristatus</i>			+ ^a	n			+ ^a	n	- ⁿ	n
<i>Trifolium dubium</i>		+		- ^a	+ ^a	+	-			
<i>Brachythecium rutabulum</i>		+		+		+		+		
<i>Arrhenatherum elatius</i>		+				+ ⁿ	- ^a	+ ⁿ	+ ^a	
<i>Agrostis stolonifera</i>			+ ^a				+ ^a			- ^a
<i>Plantago lanceolata</i>					+	n	n	n		
<i>Ranunculus bulbosus</i>		+ ⁿ	n	+		+				n
<i>Sonchus asper</i>	n	+				+	n	n	n	
<i>Leontodon autumnalis</i>	+		+ ⁿ		+ ⁿ					
<i>Leontodon saxatile</i>	+ ⁿ		+		+ ⁿ					
<i>Lolium perenne</i>	- ^a	- ^a			- ^a	- ^a	- ^a			
<i>Bellis perennis</i>				+ ^a	- ^a		+		- ^a	+
<i>Cerastium fontanum</i>		+ ^a					+ ^a		+	
<i>Poa pratensis</i>							+	+		
<i>Taraxacum species</i>	-	+	+					+		
<i>Hordeum secalinum</i>			n	+ ⁿ	n	+				

+ = frequentietoename met minimaal twee klassen verschil; +^a = toename van abundantie met minimaal twee klassen verschil; +ⁿ = nieuwe soort met minimaal twee klassen verschil (van 0 naar II); n = nieuwe soort met 1 klasse verschil (van 0 naar I); - = frequentie-afname met minimaal twee klassen verschil; -^a = afname van abundantie met minimaal twee klassen verschil; N = Noord-Nederland; Z = Zuid-Nederland; tussen haken het aantal opnamen.

bemeste varianten, een toename van de grassoorten *Festuca rubra* (vooral op Zuid-Nederlandse dijken in zowel gehooide als beweide varianten), *Cynosurus cristatus* (vooral op beweide dijken), *Arrhenatherum elatius* (vooral op gehooide dijken met uitzondering van een spaarzaam continu beweide variant in Zuid-Nederland), *Agrostis stolonifera* (alleen op Noord-Nederlandse beweide dijken), *Poa pratensis* (alleen in de continu beweide variant) en *Hordeum secalinum* (in de periodiek beweide varianten). De abundantie van *Lolium perenne* is duidelijk afgenomen in varianten die ook gehooide of continu worden beweide. Van de kruiden zijn toegenomen *Plantago lanceolata*, *Ranunculus bulbosus*, *Sonchus asper* (niet in de periodiek beweide variant "WW"), *Leontodon autumnalis* en *Leontodon saxatile* (alleen in Noord-Nederland), *Cerastium fontanum* en *Taraxacum species*. *Trifolium dubium* neemt toe in varianten die gehooide worden ("HH" en "HW"), maar in uitsluitend beweide vakken ("WW" en "CW") neemt de soort af. *Bellis perennis* neemt juist toe in beweide varianten en heeft een lagere abundantie in vakken die (ook) gehooide worden ("HW" en "HI").

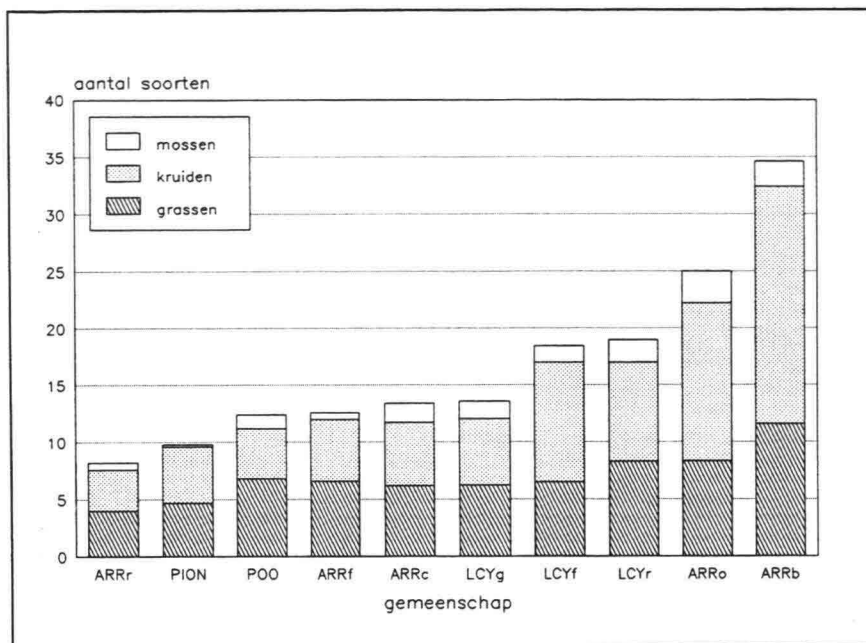
Tabel 3.8 Verschil in gemiddelde bedekking per beheersvorm tussen pq's 1994-1991. Waarden die significant verschillen ($p < 0,05$) zijn vetgedrukt.

Beheer	I	WW	HW	HH
<i>Bromus hordeaceus</i>	0,2	0,1	-0,8	-1,3
<i>Cynosurus cristatus</i>	1,8	2,6	2,0	0,7
<i>Hordeum secalinum</i>	-2,5	2,5	2,0	3,0
<i>Lolium perenne</i>	-0,1	-1,7	-1,5	-0,9
<i>Poa trivialis</i>	2,5	0,0	1,3	1,4
<i>Festuca rubra</i>	-0,5	3,2	0,4	0,8

Op Zuid-Nederlandse dijken neemt de mossoort *Brachythecium rutabulum* toe in zowel gehooide als beweide varianten.

Berekening van de toe- of afname van de gemiddelde bedekking van soorten per beheersvorm tussen pq's uit 1994 en 1991 (tabel 3.8), geeft ongeveer hetzelfde beeld: *Cynosurus cristatus*, *Festuca rubra*, *Hordeum secalinum* en *Poa trivialis* nemen toe, *Lolium perenne* en *Bromus hordeaceus* nemen af. *Cynosurus cristatus* en *Festuca rubra* hebben in "WW" een significant hogere toename in vergelijking met andere varianten; *Hordeum secalinum* neemt toe in alle onbemeste varianten en *Poa trivialis* neemt toe in de bemeste en onbemeste variant. Uit de vergelijking per beheersvorm van de frequentie en abundantie van soorten van pq's uit 1994 en 1991 (zie Bijlage 4) blijkt verder een toename van *Hordeum murinum* in de bemeste variant en *Cirsium arvense*, *Ranunculus repens*, *Geranium dissectum*, *Senecio erucifolius* (alleen in Zuid-Nederland) en *Trisetum flavescens* in onbemeste vakken. Afgenomen zijn onder andere in Noord-Nederland de presentie van *Brachythecium rutabulum*, *Poa annua*, *Trifolium repens*, *Torilis nodosa* en *Matricaria recutita*. Op Zuid-Nederlandse onbemeste dijken zijn dat *Capsella bursa-pastoris* en *Stellaria media*.

3.4 Soortenrijkdom, kruiden/grassenverhouding



Figuur 3.6 Gemiddeld aantal soorten per gemeenschap met aantal grassen, kruiden en mossen

Plantengemeenschappen

Met uitzondering van de goed ontwikkelde glanshaverhooilanden (gemeenschap ARRo en ARRb, voorkomend op referentiedijken) is de soortenrijkdom van de dijkgraslandvegetatie laag (figuur 3.6). De pioniervegetatie (PION) en het verruigde Glanshaverhooiland (ARRr) hebben het laagste aantal soorten. Bij een oppervlakte van 25 m² komen in de Beemdgras-raaigrasweide (POO), de Kamgrasweide met *Geranium molle* (LCYg) en de beide minder ontwikkelde glanshaverhooilanden (ARRa en ARRc) 13-14 soorten voor. De Kamgrasweide met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense* (LCYf) en de goed ontwikkelde Kamgrasweide met *Ranunculus bulbosus* (LCYr) zijn iets soortenrijker. Het aantal kruiden is verantwoordelijk voor het groter aantal soorten in LCYf. Dit geldt ook voor LCYr, ARRo en ARRb, maar deze gemeenschappen hebben ook meer grassoorten. Het aantal mossen is in de beter ontwikkelde gemeenschappen iets hoger. In de soortenrijkere gemeenschappen hebben kruiden ook een groter aandeel in de totale bedekking dan in de soortenarme gemeenschappen (zie tabel 3.9). Alleen de pioniergemeenschap (PION) vormt hierop een uitzondering. Uit correlatieberekeningen blijken het soorten- en kruidenaantal en de K/T-ratio

Tabel 3.9 Ratio kruidenbedekking/totale bedekking en aantal minder algemene en zeldzame soorten (UFK < 6) per gemeenschap

Gemeenschap	K/T	UFK < 6
ARRr	0,09	0
PION	0,21	2
POO	0,12	2
ARRf	0,14	0
ARRc	0,11	2
LCYg	0,24	2
LCYf	0,33	8
LCYr	0,37	3
ARRo	0,37	5
ARRb	0,42	6

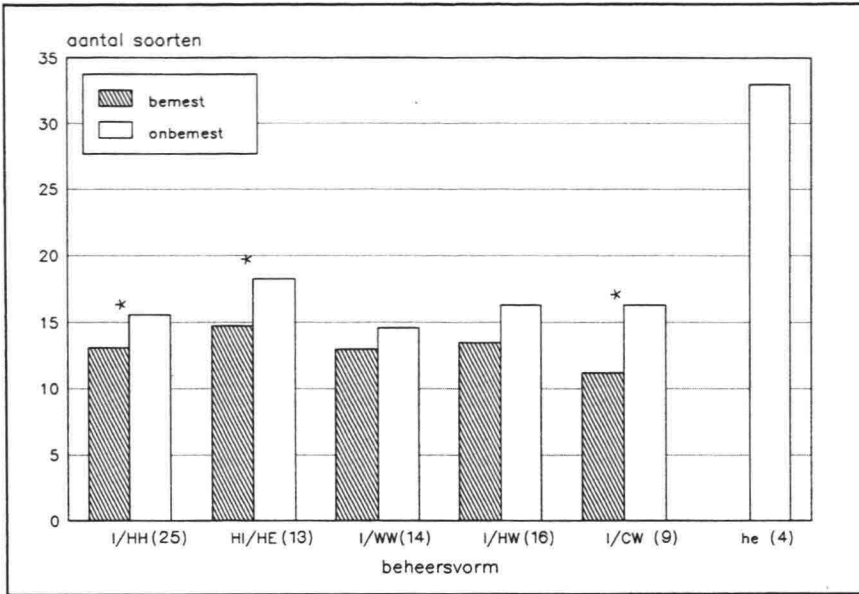
(kruidenbedekking / totale bedekking) negatief gecorreleerd te zijn met de gemiddelde stikstofindicatiewaarden van de opnamen (r respectievelijk 0,43; 0,43 en 0,44 bij $p < 0.001$). Bij een groter soortenaantal en kruidenaandeel in de opnamen zijn de aanwezige soorten gemiddeld meer indicatief voor voedsel-armere bodems.

In **tabel 3.9** is ook het aantal minder algemene tot zeldzame soorten (UFK-klasse < 6) aangegeven. Voor de goed ontwikkelde glanshavergemeenschappen is dit aandeel relatief hoog, evenals bij gemeenschap LCYf. Voor de overige gemeenschappen is het aandeel UFK-soorten gering.

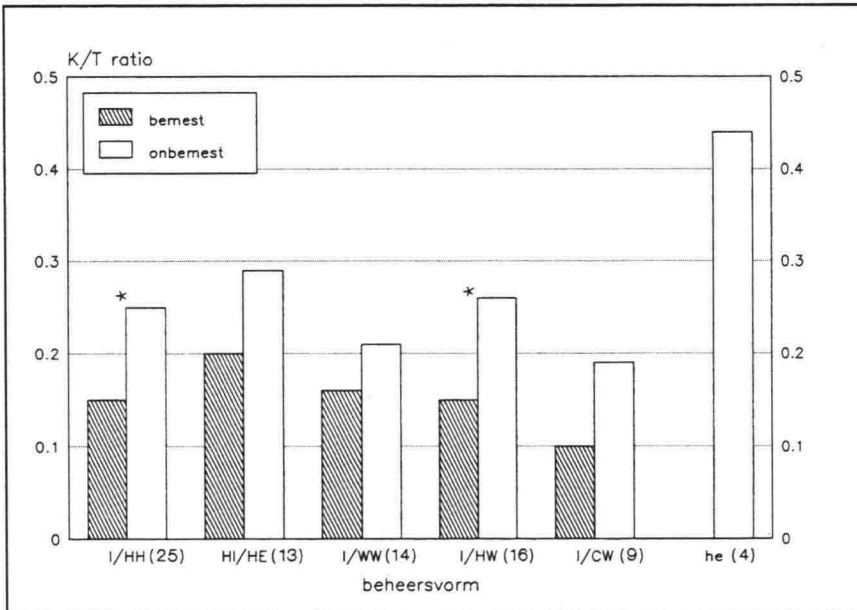
Effecten van extensivering

Na 4 jaar extensief beheer is het soortenaantal ten opzichte van de bemeste variant significant ($p < 0,05$) toegenomen in de hooivarianten "HH" (2 x hooien op voorheen beweede dijken) en "HE" (1-2x hooien op voorheen gehooide dijken), en in de continu beweede variant "CW" (**figuur 3.7**). Bij de andere twee onbemeste beheersvormen met beweiding "WW" (periodiek weiden) en "HW" (hooien met nabeweiding) is het verschil niet significant. Het gaat hier niet alleen om een toename van het aantal kruiden. In de onbemeste varianten is de toename van het aantal kruiden alleen niet significant. Wel is het kruidenaandeel in de totale bedekking significant toegenomen ($p < 0,05$) in "HH" en "HW" ten opzichte van de bemeste variant (**figuur 3.8**).

Vergelijking van pq 's in de proefvakken met extensief beheer tussen 1991 en 1994 is niet goed mogelijk omdat in 1991, vóór de vegetatieopnamen in juni, al niet meer is bemest. In variant "HH" treedt in het eerste seizoen al een lichte toename van soorten- en kruidenaantal op, dat daarna weinig meer verandert. De relatieve kruidenbedekking neemt pas toe na het vierde seizoen ($p < 0,05$).



Figuur 3.7 Gemiddeld aantal soorten in bemeste en onbemeste beheersvarianten (I intensief weiden; HH 2x hooien; WW 2x weiden; HW hooien + weiden; CW continu w.; HI = int. hooien; HE = 1-2x hooien)



Figuur 3.8 Gemiddelde kruidenbedekking t.o.v. totale bedekking (K/T-ratio) in bemeste en onbemeste beheersvarianten (zie figuur 3.7 voor betekenis van beheersvormen)

Voor de varianten "WW" en "HW" is het effect net andersom: een lichte toename ("WW" significant, $p < 0,05$) van soorten en kruiden in jaar 4, maar een relatieve kruidenbedekking die in jaar 1 eerst toeneemt en vervolgens weer afneemt. In "WW" en "HW" heeft extensivering eerst een effect op aandeel kruiden en daarna soortenaantal, en bij "HH" is er eerst een effect op aantal soorten en daarna pas op het aandeel van kruiden in de vegetatie.

Op de referentiedijken (he) zijn het soorten-, kruidenaantal en de relatieve kruidenbedekking nauwelijks veranderd. Zij zijn gemiddeld twee keer zo hoog als in de geëxtensiveerde proefvakken.

3.5 Bedekking en zodedichtheid

Plantengemeenschappen

Bij de beschrijving van de bedekking en zodedichtheid van de onderscheiden gemeenschappen is uitgegaan van de eindsituatie (1994). Daarbij zijn de waarden van opnamen van 1994 per gemeenschap gemiddeld (tabel 3.10). De metingen van bedekking zijn niet in alle opnamen verricht. Van één gemeenschap, het **verruigde Glanshaverhooiland** (ARRr) is maar één opname bemonsterd. Deze gemeenschap is daarom niet in de analyses opgenomen en wordt in tabel 3.10 niet vermeld.

De drie typen Kamgrasweiden hebben een goede bedekking (> 80 %, indeling volgens een rapport van het Waterloopkundig laboratorium en Grondmechanica Delft, Anonymus 1984). Het **fragmentair Lolio-Cynosuretum met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense*** (LCYf) heeft ten opzichte van het **Lolio-Cynosuretum met *Geranium molle*** (LCYg) en het **Lolio-Cynosuretum met *Ranunculus bulbosus*** (LCYr) een significant ($p < 0,05$) lagere bedekking (81 % vs. 89 en 88 %). Het kruidenrijke **Arrhenatheretum elatioris, Subassociatiegroep B, brizetosum** (ARRb) valt in de categorie 'matig' (70 - 80 %) en het **Poö-Lolietum** (POO), het **Arrhenatheretum elatioris met *Cirsium arvense*** (ARRc) en het **Arrhenatheretum elatioris met *Festuca pratensis* en *Origanum vulgare*** (ARRo) behoren tot de categorie 'slecht' (52-70 %). De Kamgrasweiden verschillen significant van deze drie typen ($p < 0,05$). Het kruidenrijke hooiland (ARRb) verschilt significant van het **Glanshaverhooiland met *Cirsium arvense*** (ARRc) ($p < 0,05$). De richtingscoëfficiënt (RICO) van de absentie-frequentiecurven als maat voor de spruitdichtheid (hoe kleiner de richtingscoëfficiënt, des te hoger de spruitdichtheid), laat een soortgelijk onderscheid zien tussen de gemeenschappen (tabel 3.10). De kamgrasweide-varianten (LCYg, LCYr, LCYf) én het kruidenrijke hooiland (ARRb) verschillen significant ($p < 0,05$) van de **Beemdgras-Raaigrasweide** (POO), de niet soortenrijke variant van het **Glanshaverhooiland met *Cirsium arvense*** (ARRc) en het relatief soortenrijke **Glanshaverhooiland met *Origanum vulgare***. Ook wat betreft open-plekgrootte (OPG) verschillen de laatste twee gemeenschappen van de overige gemeenschappen. In de Kamgrasweiden (LCY, LCYr en LCYf) en het soortenrijke Glanshaverhooiland (ARRb) zijn de open plekken klein. Voor de Kamgrasweiden gaan hoge bedekking, relatief hoge spruitdichtheid (lage RICO) en kleine open plekjes samen. In het kruidenrijke hooiland (ARRb) is dit niet het geval. De bedekking (spruitbezetting) is relatief laag, bijvoorbeeld lager dan in de **Kamgrasweide met *Ranunculus bulbosus*** (LCYr), maar de waarden voor RICO en OPG zijn eveneens relatief laag en verschillen niet tussen beide gemeenschappen. Dit komt omdat de planten in het soortenrijke hooiland diffuus over het oppervlak zijn verdeeld, waardoor toch een dichte zode met relatief kleine open

Tabel 3.10 Bedekking, open-plek-grootte (OPG), spruitdichtheid (RICO) en aantal molshopen per gemeenschap in 1994; gemiddelden die geen letter overeenkomstig hebben verschillen significant ($p < 0,05$)

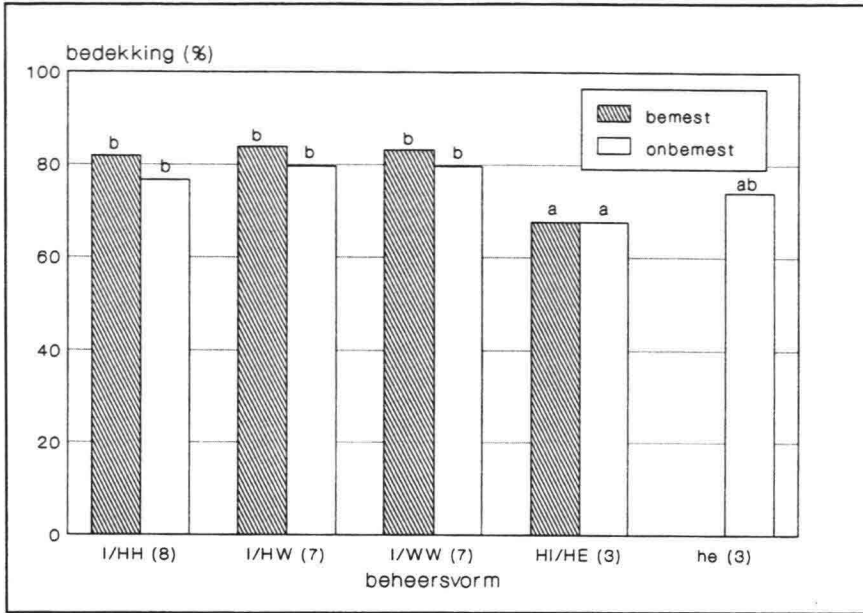
Gemeenschap (n opnamen)	Bedekking (%)	OPG (cm ²)	RICO	Molshopen
LCYg (20)	89 ^d	0,8 ^a	-1,4 ^a	10 ^a
LCYr (8)	88 ^d	1,9 ^b	-1,11 ^b	30 ^{ab}
LCYf (3)	81 ^c	2,8 ^{bc}	-1,13 ^b	50 ^{bc}
POO (11)	64 ^{ab}	4,2 ^{cd}	-0,63 ^c	175 ^d
ARRc (4)	56 ^a	6,2 ^d	-0,52 ^c	42 ^{cd}
ARRo (3)	65 ^{ab}	4,8 ^d	-0,41 ^c	80 ^{cd}
ARRb (2)	72 ^{bc}	1,8 ^{abc}	-1,2 ^{ab}	110 ^{cd}

plekjes wordt verkregen. Bij de **Beemdgras-Raaigrasweide** (POO) en het soortenarme **Glanshaverhoiland met *Cirsium arvense*** (ARRc) gaat een lage bedekking gepaard met lage spruitdichtheid (hoge waarden voor RICO) met relatief grote open plekken.

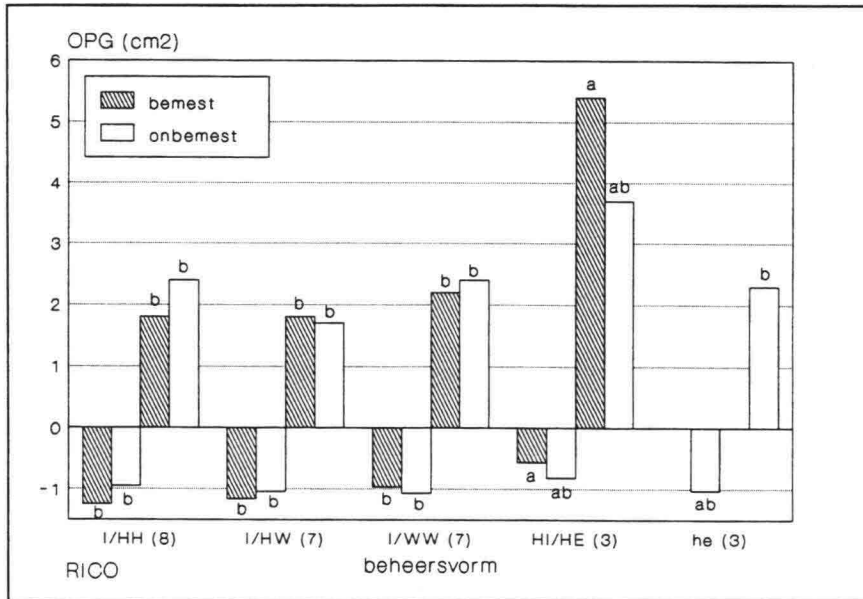
Uit berekeningen van de Pearson-correlatiecoëfficiënt blijken de zodeparameters onderling sterk te zijn gecorreleerd. Bovendien is bij $p < 0,001$ de bedekking (na arcsinustransformatie) negatief ($r = 0,46$), en zijn richtingscoëfficiënt en open-plekgrootte (na logtransformatie) positief ($r = 0,43$ en $r = 0,52$) gecorreleerd met de gemiddelde stikstof-indicatiewaarden van de opnamen. Dit betekent dat soorten die bij een hoge bedekking of dichte zode aanwezig zijn, op relatief voedselarme omstandigheden duiden en omgekeerd.

Berekening van de Pearson-correlatiecoëfficiënt tussen zodeparameters en het kruidenaandeel in de bedekking van de grasmat (K/T-ratio = % kruidenbedekking / totale bedekking) geeft een positieve correlatie ($r = 0,35$, $p < 0,001$) met bedekking (na arcsinustransformatie) en negatieve correlaties met open-plek-grootte ($r = 0,38$, $p < 0,001$, na logtransformatie) en richtingscoëfficiënt ($r = 0,31$, $p < 0,01$). Deze zwakke, maar significante correlaties geven aan dat een relatief hoog percentage kruidenbedekking (in de zomer gemeten) samen gaat met een hoge zodedichtheid (gemeten aan het eind van de winter).

In de Beemdgras-Raaigrasweiden, de meest bemeste vegetatie, worden de meeste molshopen aangetroffen (tabel 3.10). Het **Lolio-Cynosuretum met *Geranium molle*** (LCYg) en het **Lolio-Cynosuretum met *Ranunculus bulbosus*** (LCYr) hebben het laagste aantal molshopen. Dit komt vooral doordat mollen in de noordelijker gelegen Kamgrasweiden actief worden bestreden. In Zeeland gebeurt dit nauwelijks. De verschillen tussen de overige gemeenschappen zijn niet significant. Bij $p < 0,001$ blijkt bedekking negatief ($r = 0,53$) en open-plekgrootte positief ($r = 0,61$) gecorreleerd te zijn met het aantal molshopen.



Figuur 3.9 Bedekking in bemeste en onbemeste beheersvarianten in 1994 (I intensief weiden; HH 2x hooien; HW hooien + weiden; WW 2x weiden; HI intensief (3x) hooien; HE 1-2x hooien; he referentie)



Figuur 3.10 Spruitdichtheid (RICO) en open-plekgrootte (OPG) in bemeste en onbemeste beheersvarianten in 1994 (zie figuur 3.9 voor verklaring beheersvormen)

Effecten van extensivering

Er is, na een periode van 4 jaar, geen significant verschil in bedekking gevonden tussen bemeste, intensief beheerde en onbemeste, extensief beheerde proefvakken (**figuur 3.9**). Wel is de bedekking in de varianten op gehooide dijken ("HI" en "HE") significant lager ($p < 0,05$) dan die in beweide ("I", "WW") en voorheen beweide varianten ("HH", "HW"). Ter vergelijking is in **figuur 3.9** de gemiddelde bedekking van de referentieproefvakken met soortenrijk hooiland opgenomen. Deze verschilt niet significant van een van de andere beheersvarianten. Ook in spruitdichtheid (RICO) en open-plekgrootte (OPG) is er geen significant verschil tussen bemeste en onbemeste beheersvarianten opgetreden na 4 jaar extensivering (**figuur 3.10**). Op hooidijken is in de onbemeste variant "HE" de spruitdichtheid iets toegenomen en de open-plekgrootte afgenomen ten opzicht van de bemeste proefvakken ("HI"). Alleen variant "HI" verschilt nu nog significant van de varianten op beweide dijken ($p < 0,05$). Ter vergelijking zijn in **figuur 3.10** de waarden voor spruitdichtheid en open-plekgrootte van de referentiedijken opgenomen. Deze komen overeen met de waarden voor beweide dijken. Uit de vergelijking van pq 's uit 1991 en 1994 blijkt dat er in de bemeste vakken geen verandering is opgetreden in bedekking, spruitdichtheid en open-plekgrootte.

Evenals beheersvormen met niet al te intensieve beweiding en bemesting, vertonen gehooide referentiedijken ("he") en de hooivariant op beweide dijken ("HH") een goede zodedichtheid. Een extensief hooibeheer toegepast op beweide dijken leidt dus op korte termijn niet tot een daling van de zodedichtheid. En ook op langere termijn blijft bij onbemest hooien de zodekwaliteit gehandhaafd. Bij bemest hooien of klepelmaaieren ("HI") is de zodedichtheid laag. Extensivering van hooidijken leidt op korte termijn tot een lichte verbetering van de zode.

Over het algemeen worden in de bemeste varianten meer molshopen geteld. Het verschil met de onbemeste varianten is echter niet significant.

Er is geen verschil in zodekwaliteit geconstateerd tussen binnen- en buitenbe-loop. Er is wel een significant verschil in hoogte van zodedichtheidparameters tussen dijken uit Noord- en Zuid-Nederland (**tabel 3.11**). Binnen een regio zijn verschillen ten gevolge van het beheer niet significant. Dit geldt met name voor de varianten "I", "HH", "HW", en "WW". De varianten "HI" en "HE" op gehooide dijken, die ten opzichte van de varianten op beweide dijken wel significant verschillen, liggen voornamelijk in Zuid-Nederland. In **tabel 3.11** is te zien dat op Zuid-Nederlandse dijken zowel in bemeste als onbemeste varianten de bedekking en spruitdichtheid (= |RICO|) lager en de open plekken groter zijn. Vanwege actieve bestrijding van mollen op Noord-Nederlandse dijken is het aantal molshopen op dijken in het zuiden hoger.

Tabel 3.11 Zodedichtheidsparameters in Noord- en Zuid-Nederland per beheersvorm (N en Z verschil significant: * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$; tussen haakjes het aantal opnamen)

	I		WW		HW		HH	
	N(10)	Z(6)	N(8)	Z(2)	N(10)	Z(2)	N(10)	Z(5)
BED(%)	87	75**	89	78 ^{ns}	88	65*	89	59**
RICO	-1,36	-0,7**	-1,46	-0,63*	-1,26	-0,7*	-1,24	-0,56*
OPG (cm ²)	0,97	3,2**	0,92	3,7*	0,99	2,9*	1,2	4,7**
MOL	25	164** (8)	9	111** (5)	7	201* (4)	9	93*

Ook diverse onderhoudsmaatregelen die op de Waddendijken en de Hondsbosche en Helderse zeewering worden toegepast (slepen, bloten, bekleien) vormen mogelijk een verklaring voor het verschil in zodedichtheid tussen beide regio's.

3.6

Discussie

Vegetatie en standplaats

Plantensociologische classificatie van opnamen met intensief en extensief beheer en van pq's uit verschillende jaren geeft inzicht in de verandering van opnamen ten gevolge van extensivering. Ook kan het effect van standplaatsfactoren worden bestudeerd (cf. Sýkora et al. 1990). Door classificatie van het opnamemateriaal uit 1991 en 1994 zijn floristische spreiding en samenstelling van de vegetatie in de proefvakken onderzocht. Tussenvliegende jaren zijn wel bemonsterd, maar zijn (nog) niet in de analyses betrokken. In Van der Zee (1992) wordt een landelijke typologie van alle dijkvegetaties in Nederland gegeven. Hierbij is ook gebruik gemaakt van zeedijkopnamen van de inventarisatie uit 1989 (Sprangers, 1989). De meeste opnamen van beweidde zeedijken worden in deze landelijk dijkentypologie tot de Beemdgras-Raaigrasweiden gerekend. In de inventarisatie van 1989 van alleen zeedijken worden ook Kamgrasweiden met varianten onderscheiden (Sprangers, 1989, Sprangers et al. 1990). Op zich is dit niet vreemd. Syntaxonomisch gezien is het **Poö-Lolietum** op te vatten als een verarmd **Lolio-Cynosuretum** (Westhoff & Den Held, 1975, Sýkora, 1982). Op de zeedijken wordt een gemeenschap nog tot het **Lolio-Cynosuretum** gerekend als naast soorten van de kencombinatie van het **Poö-Lolietum** ook andere soorten van vooral het Glanshaververbond voorkomen. Om varianten te onderscheiden waarvan de standplaatsfactoren - waaronder het beheer - verschillen, is deze onderverdeling van het **Lolio-Cynosuretum** in meer of minder verarmde vormen nuttig. Gelet op het lage soortenaantal (gemiddeld 12-14 soorten op 25 m²), de over het algemeen geringe ouderdom en het intensieve beheer moeten - met uitzondering van het **Lolio-Cynosuretum met *Ranunculus bulbosus*** - deze verarmde vormen van Kamgrasweiden op landelijk nivo tot de Beemdgras-Raaigrasweide worden gerekend.

De in dit onderzoek onderscheiden typen sluiten goed aan bij de classificatie van graslandopnamen uit 1989 (Sprangers, 1989). Het onderscheid in Kamgrasweidevarianten lijkt vooral te worden bepaald door geografische locatie in Nederland in combinatie met mestgift en onderhoud. De relatief soortenrijkere variant (**Lolio-Cynosuretum met *Ranunculus bulbosus***) komt op Friese dijken voor en in de geëxtensiverde vakken van Zeeland. Een iets soortenarmere vorm (**Lolio-Cynosuretum met *Geranium molle***) is voornamelijk beperkt tot Groningen en Friesland. Op de Hondsbossche Zeewering, Amsteldiepdijk en Helderse zeewering treffen we een variant aan gekenmerkt o.a. door *Rood zwenkgras* en *Plantago coronopus* (**fragmentair Lolio-Cynosuretum met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense***). Deze variant komt ook voor in enkele extensieve vakken van beweidde en gehooidde dijken in Zeeland. Met andere woorden: opnamen die op

de Waddendijken zowel in de begin- alsook in de eindsituatie zijn gemaakt, behoren tot vegetatietypen waartoe ook opnamen behoren van Zuid-Nederlandse dijken na 4 jaar extensivering. Hoewel zand- en siltgehalte van dijken in Noord- en Zuid-Nederland verschillen, lijkt *het beheer* toch de meest bepalende factor. Na extensivering komen de door een relatief hoog zandgehalte gekenmerkte gemeenschappen ook in Zuid-Nederland voor op dijken met een relatief hoog siltgehalte. Het **Lolio-Cynosuretum met *Geranium molle*** vormt hierop een uitzondering; deze komt alleen in Noord-Nederland voor.

De soortenarme Beemdgras-Raaigrasweide met hoge indicatiewaarde voor voedselrijkdom, wordt bijna alleen op Zuid-Nederlandse dijken aangetroffen. Dit is in overeenstemming met het algemeen beeld van dijkgrasland op Nederlandse dijken: in het noorden komen de iets soortenrijkere, minder bemeste en goed onderhouden weilandtypen voor in tegenstelling tot de soortenarme, zwaar bemeste en matig tot slecht onderhouden beweide dijken in het zuiden. De uitgangssituatie is dan ook van groot belang om het effect van extensivering te kunnen interpreteren (Bakker, 1989). In Noord-Nederland zal extensivering anders uitwerken dan in Zuid-Nederland. Dit maakt het moeilijk algemene uitspraken te doen.

De varianten van Glanshaverhooiland komen voornamelijk in Zuid-Nederland voor en na extensivering op enkele locaties op Noord-Nederlandse dijken. De gemeenschappen zijn min of meer gelijk verdeeld over binnen- en binnentaluds, met uitzondering van het **Arrhenatheretum elatioris met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens***, dat alleen op het binnentalud voorkomt. Eventuele verschillen in groei-omstandigheden (zoutgehalte, vochtgehalte) komen niet duidelijk in de vegetatie-samenstelling tot uitdrukking.

Het soortenrijke vegetatietype dat als referentie dient treffen we op tweede dijken aan in Zuid-Nederland en bij de Hondsbossche Zeewering. Dit type heeft het grootste aantal soorten en kruiden (gemiddeld twee keer zo veel als in de andere typen) en een lage indicatiewaarde voor voedselrijkdom. Door het voorkomen van een aantal zeldzamere soorten is de natuurwaarde van dit type relatief hoog.

Hoewel de huidige natuurwaarde van zeedijkgrasland laag is komen ook op primaire zeedijken enkele minder algemene en bedreigde soorten voor. Voorbeelden zijn *Torilis nodosa*, *Sherardia arvensis*, *Lathyrus nissolia*, *Orobanche minor*, *Lathyrus tuberosus*, *Dipsacus fullonum*. Door een extensief beheer van zeedijkgrasland kunnen deze soorten zich handhaven en uitbreiden. Meer in het algemeen zal de ontwikkeling van soortenrijk Glanshaverhooiland of soortenrijke Kamgrasweide door middel van extensivering de natuurwaarde van zeedijken verhogen.

Over de hele linie blijkt een groot aandeel van kruiden in de grasmat (gemeten in de zomer) samen te gaan met een hoge zodedichtheid (gemeten net na de

Tabel 3.12 Criteria voor zodedichtheidsklassen

zode- dichtheids klasse	bedekking % (spruit- bezetting)	spruit- dichtheid (rico Abs-freqcurve)	gem open plek grootte (cm ²)	vegtype	beheer
goed	> 70	< -1	< 2	LCYr,LCYf LCYg, ARRb (ARRo)	onbemest hooiland, licht bemest weiland, gazonbeheer
matig	60-80	> -1 < -0,5	2 - 5	POO, (ARRo) ARRc,ARRf	bemest hooi- /weiland
slecht	< 60	> -0,5	> 5	POO, ARRf, ARRc, ARRr	zwaar be- mest wei-/ hooiland of 2x klepelen

winter !). Bovendien blijkt uit de negatieve correlatie van zodedichtheid met N-indicatie, dat soorten van dichte zodes indicatief zijn voor voedselarme omstandigheden. Het betreft hier voornamelijk hemicryptofyten: twee- en meerjarige kruiden met de winterknoppen op of iets onder de grond. Eenjarige kruiden als *Stellaria media* en *Capsella bursa-pastoris*, die vooral in bemest weiland een groot aandeel in de bedekking kunnen hebben, dragen niet bij tot de zodedichtheid.

Extensivering die leidt tot een hoger aandeel van kruiden in de vegetatie en een afname van voedingsstoffen in de bodem is dus gunstig voor de zodedichtheid en erosiebestendigheid van de vegetatie.

Kamgrasweiden (licht bemest) worden gekenmerkt door een hoge bedekking en spruitdichtheid, en soortenarme hooilanden (licht tot zwaar bemest of geklepeld) en de Beemdgras-Raaigrasweiden (zwaar bemest) door lage waarden voor deze parameters. In het onbemeste soortenrijke hooiland (referentie) is de bedekking (*spruitbezetting*) lager, maar de *spruitdichtheid* relatief hoog door een diffuse verdeling van spruiten over het oppervlak en door de aanwezigheid van kleine open plekjes. Dit betekent dat *bedekking* van de vegetatie niet zonder meer als indicatie voor zodedichtheid kan worden gehanteerd, zoals in het rapport "Erosiebestendigheid van gras op kleitaluds" van het Waterloopkundig Laboratorium en Grondmechanica Delft (Anonymus 1984) en in de bedekkingsklassen van Sýkora & Liebrand (1987) wordt toegepast. Voorgesteld wordt de criteria voor de bedekkingsklassen van grasland op zeedijken te baseren op spruitbezetting, spruitdichtheid en open-plekgrootte. Op deze manier kunnen drie klassen worden gevormd waarbij de eerste twee criteria bindend zijn (tabel 3.12).

Extensiveringing

Het effect van extensiveringing op *botanische samenstelling* is gering. Dit is niet vreemd omdat de extensiveringsperiode nog maar kort is. Voor verandering van soortensamenstelling is minstens 10 jaar nodig (Oomes, 1985, Bakker, 1989). Wel treden kleine verschuivingen op in de richting van relatief soortenrijkere gemeenschappen ten koste van de relatief soortenarme gemeenschappen. Een extensief hooibeheer ingesteld op beweide dijken (variant "HH") heeft nog het meeste effect. Er ontstaat dan vooralsnog geen hooilandgemeenschap, maar eerder een minder verarmde variant van Kamgrasweide. Enkele opnamen zijn wel tot Glanshaverhooiland gaan horen. Classificatie van opnamen van onbemeste varianten bij relatief soortenarme vegetatietypen en omgekeerd geeft aan dat de vegetatie nog in een overgangssituatie verkeert. Soorten indicatief voor meer voedselarme bodem namen op beweide dijken alleen onder invloed van het extensieve hooibeheer toe. Dit is in overeenstemming met verschrallings-experimenten op vlak grasland, waar al na 2-3 jaar een verlaging van het bodemnutriëntenniveau kan optreden (Bakker 1985). Door een beheer van twee keer maaien met afvoer zonder te beweiden is de verschralling het grootst. Onder invloed van twee keer weiden zonder bemesting nemen indicatorsoorten voor een hooibeheer toe. Dit kan worden verklaard doordat bij de afname van de beweidingsdruk in eerste instantie (reeds aanwezige) hooilandsoorten zich kunnen manifesteren. Het kan echter ook het gevolg zijn van het niet goed uitgevoerde beheer op enkele locaties, waarbij het gewas in de twee periodes weiden onvoldoende werd afgegraasd. Zowel in bemeste als in onbemeste proefvakken op hooidijken nemen hooilandindicatorsoorten toe. Mogelijk is dit het gevolg van een verschuiving van eerste maaidatum naar een later tijdstip in het jaar (van eind mei naar eind juni) waardoor meer hooilandsoorten tot ontwikkeling kunnen komen. Om praktische redenen werd deze verlate maaidatum ook voor de bemeste variant gebruikt.

De toename in de onbemeste vakken van soorten als *Cynosurus cristatus*, *Festuca rubra*, *Arrhenaterum elatioris*, *Trifolium dubium*, *Leontodon autumnalis*, *Ranunculus bulbosus*, *Plantago lanceolata* en afname van *Lolium perenne*, *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, geeft aan dat er op relatief korte termijn een verandering in de dominantie van soorten is opgetreden. Deze verandering is in overeenstemming met de resultaten van Oomes (1990) die ook in de eerste drie jaar na stoppen met bemesten van grasland op klei een sterke afname vindt van o.a. *Lolium perenne* en *Stellaria media*. Daarnaast is er toename van soorten indicatief voor voedselarme omdstandigheden (*Anthoxanthum odoratum*), maar ook soorten van matig voedselrijke standplaats als *Holcus lanatus*, een soort die ook in dit onderzoek aan dominantie heeft gewonnen op een aantal locaties. De verandering in voorkomen en dominantie van soorten is van invloed op het evenwicht in de vegetatie. Een begroeiing met

dominant *Lolium perenne* is gevoeliger voor schade door vorst, overbegrazing en droogte dan een grasmat met meer droogteresistente soorten als *Cynosurus cristatus* en *Festuca rubra*. Deze verschuiving in dominantie kan ook op korte termijn gevolgen hebben voor de doorworteling en erosiebestendigheid.

Cynosurus cristatus en *Festuca rubra* hebben een diepere doorworteling dan *Lolium perenne* (Kutschera & Lichtenegger, 1982, Van der Zee 1992). Door het verdwijnen van ondiep wortelende kruiden als *Stellaria media* en *Capsella bursa-pastoris* ten gunste van genoemde dieper wortelende grassen en ook kruiden met een vertakt wortelstelsel als *Trifolium dubium* en *Plantago lanceolata*, kan de doorworteling zijn toegenomen.

Het aantal soorten is iets toegenomen door extensivering. De toename is significant in de beide onbemeste hooivarianten (van 13 naar 16 soorten per 25 m² in "HH" en van 14 naar 18 soorten in "HE"). In de hooivariant ingesteld op beweide dijken ("HH") is door de overgang van een weide- naar een hooibeheer vestiging van andere soorten mogelijk. Daarbij is de verandering in vegetatiestructuur van belang (Bakker 1989). Door het niet meer regelmatig afgrazen van de vegetatie en de relatief late eerste maaidatum (eind juni) groeien grassen uit en vormen bloeistengels en minder stolonen. De zode wordt iets minder dicht. Door de veranderde concurrentie om licht zullen bijvoorbeeld rozetplanten als *Bellis perennis* verdwijnen en andere soorten als *Plantago lanceolata* zich vestigen. Ook bij de overgang van een bemest naar een onbemest hooibeheer ("HE") speelt de veranderde vegetatiestructuur een rol. Door de verminderde productie verandert de dominantie van enkele grassoorten, waardoor de concurrentie om licht wordt beïnvloedt. De vegetatie is opener en minder hoog. Andere soorten kunnen zich ontwikkelen en vestigen.

De toename in relatieve kruidenbedekking in enkele beheersvarianten ("HH" en "HW") is waarschijnlijk ook het gevolg van de veranderingen in vegetatiestructuur als directe reactie op het stoppen van de bemesting. Vergelijking van de situatie in 1991 en 1994 geeft daarbij het volgende onderscheid. In de gehooide variant "HH" neemt ten opzichte van de onbemeste beweide variant ("I") eerst het soortenaantal toe en pas na 4 jaar de relatieve kruidenbedekking. In de onbemest beweide variant "WW" (en in mindere mate "HW") gebeurt het omgekeerde: eerst in het eerste jaar een toename van relatieve kruidenbedekking ten opzichte van de bemeste variant "I" gevolgd door een toename van het aantal soorten in jaar 4. Bullock (1994) vindt dat bij beweiding verschraling in verhouding eerder leidt tot een toename van kruiden dan een verandering in de dominantieverhoudingen van grassen. Dit verschil tussen een hooibeheer en weidebeheer kan mogelijk worden verklaard, doordat in de beweide vegetatie kruiden selectief worden begraaasd. De toename van soorten door verminderde concurrentie als gevolg van extensivering wordt daardoor in de beweide graslanden beperkt.

Het soortenaantal van grasland op de referentiedijken is ongeveer 2-3 keer zo groot als dat van bemeste dijken. De geringe toename van soorten in de proefvakken in 4 jaar extensief beheer geeft aan dat op korte termijn het effect van extensivering op soortenrijkdom klein is en dat voortzetting van dit beheer gedurende langere tijd nodig is om de gewenste soortenrijke vegetatie te bereiken. Extensivering van het beheer met als gevolg een lagere productie, is echter nog geen garantie voor ontwikkeling van soortenrijk grasland. Het stoppen van bemesting in combinatie met een hooibeheer leidde in lange termijn experimenten wel tot een productiedaling maar niet tot een toename van de soortsdiversiteit (Berendse 1992).

Bij de verschillende beheersvormen is er tussen bemeste en onbemeste varianten geen significant verschil in zodedichtheid (bedekking, spruitdichtheid en open-plek-grootte) opgetreden. Dit betekent dat bijvoorbeeld een extensief hooibeheer op beweidde dijken op korte termijn geen verlaging van de zodekwaliteit geeft. Gezien de goede zodekwaliteit van de soortenrijke referentiedijken is de verwachting dat ook op lange termijn de bedekking in de gehooide variant goed blijft of zelfs verbetert. Overigens blijkt al uit de huidige gegevens dat bij een lager nutriëtniveau in de bodem een hoge relatieve kruidenbedekking gecorreleerd is met een hoge zodedichtheid. Ontwikkeling van kruidenrijke graslanden op dijken door extensivering van het beheer is gunstig voor de erosiebestendigheid. De verschillen in zodekwaliteit tussen dijken in Noord- en Zuid-Nederland zijn toe te schrijven aan het verschil in stikstofgift en een minder consequent onderhoud van beweidde dijken. Gehooide en bemeste dijken in Zeeland hebben een aanzienlijk lagere bedekking dan de licht bemeste Kamgrasweide-varianten. Door niet meer te bemesten worden open plekken minder groot maar de bedekking verbetert niet. Door een hoog nutriëntengehalte in de bodem of mineralisatie van aanwezig organisch materiaal is het stoppen van bemesting hier mogelijk minder effectief. Hier is een langere periode van verschraling nodig. De zodekwaliteit van referentiedijken (20 jaar onbemest hooien) komt overeen met die van de Kamgrasweide-varianten.

Conclusies

1. Er is een verschil tussen Noord-Nederlandse en Zuid-Nederlands dijkgraslanden. Kamgrasweiden komen voornamelijk op dijken langs Noord-Hollandse, Friese en Groningse kust (N), Beemdgras-raaigrasweiden en Glanshaverhooilanden worden in Zuid-Holland en Zeeland (Z) aangetroffen. Korrelgrootte-samenstelling is van weinig invloed op de botanische samenstelling. Hoewel de fracties zand ($N > Z$) en silt ($N < Z$) in dijkbodems van beide regio's verschillen, is het verschil in typen eerder het gevolg van beheersvorm (hooilanden komen in N nauwelijks voor) en van

hoogte van mestgift ($N < Z$) en onderhoud (in N vaker slepen, bloten, bekleien). Na extensivering komen kamgrasweiden ook in Z en glanshaverhooilanden ook in N voor. Verschillen in expositie komen niet in de vegetatie tot uitdrukking.

2. Door extensivering treden kleine verschuivingen op in de botanische samenstelling. Het aantal opnamen van relatief soortenrijke gemeenschappen neemt toe ten koste van de meer soortenarme gemeenschappen. Er treedt een verandering op in de dominantieverhoudingen. Frequentie en abundantie van onder andere *Festuca rubra*, *Cynosurus cristatus*, *Trifolium dubium* nemen toe; *Lolium perenne* en storingssoorten als *Stellaria media* en *Capsella bursa-pastoris* nemen af.
3. De verandering in botanische samenstelling is het grootst in de hooivariant op beweide dijken (2x maaien met afvoer van maaisel). Bovendien is hier is een significante toename van indicatorsoorten van voedselarme bodems en een significante toename van soortenaantal en relatieve kruidenbedekking aangetoond.
4. De soortenrijkdom van zeedijkgrasland is laag. Zowel binnen de Kamgrasweiden als Glanshaverhooilanden worden relatief soortenarme en soortenrijke typen onderscheiden. Beemdgras-Raaigrasweiden zijn soortenarm. Op primaire zeedijken komen enkele zeldzamere soorten voor. Het soortenaantal van de referentiedijken (soortenrijk Glanshaverhooiland) is 2-3x zo groot als in de andere gemeenschappen. In de onbemeste hooivarianten neemt het soortenaantal toe. In de hooivarianten op beweide dijken (2x hooien en hooien met nabeweiding) neemt het aandeel kruiden in de bedekking toe.
5. Kamgrasweiden (licht bemest) hebben een hoge zodedichtheid, soortenarme Glanshaverhooilanden (bemest of geklepeld) en Beemdgras-Raaigrasweiden (bemest) een lage zodedichtheid.
In de extensieve, onbemeste varianten neemt de bedekking niet af. Op beweide dijken is er ook geen verschil in bedekking tussen gehooide of beweide varianten. Bemeste en onbemeste varianten op gehooide dijken hebben een lagere bedekking in vergelijking met Kamgrasweide-varianten. De referentiedijken (soortenrijk glanshaverhooiland) hebben een relatief lagere bedekking maar hoge spruitdichtheid, overeenkomend met Kamgrasweide-varianten.
6. Er is een positieve correlatie tussen relatieve kruidenbedekking (gemeten in de zomer) en zodedichtheid (gemeten in de winter). Aanwezigheid van kruiden (hemicryptofyten) in de zomer leidt niet tot een geringe bedekking van de vegetatie in de winter.

Effecten van extensivering:



*Onbemest hooien op
voormalig beweide dijken*



*Soortensamenstelling
verandert, bedekking blijft
goed*

Onbemest hooien op gemaaide dijken



Klepelen (Afsluitdijk)



Meer kruiden, bedekking neemt toe

4 Productie, wortelgroei en nutriëntenhuishouding

4.1 Inleiding

Verschraling leidt op langere termijn op klei-op-veenbodems tot een minder snelle daling van de productie in vergelijking met zandbodems (Berendse 1992). Ten gevolge van weersverschillen treden schommelingen in de productie op (De Leeuw et al. 1990). Hoewel bij een experiment (Oomes 1990) de eerste twee jaar na stoppen van bemesting bij een beheer van twee keer per jaar hooien het productieniveau van grasland op kleibodems gelijk bleef, daalde de productie na vijf jaar tot het niveau van niet-productief grasland. Na zeven jaar steeg de productie echter weer. Na twee jaar nam de N-concentratie in het gewas licht af, en daalde na 10 jaar tot onder het niveau van het voedselarme grasland. De P-concentratie bleef vrijwel constant. Uit deze en andere (cf. Olf et al. 1994) experimenten blijkt dat mogelijk ook op korte termijn (4 jaar) een effect van extensivering (stoppen van mestgift) kan worden verwacht in de zin van een afname van N-concentratie in gewas en bodem. Mogelijk wordt dit effect op dijken beïnvloed door vocht dat gedurende de zomer op zuid-geëxponeerde hellingen een sterke limiterende factor is in vergelijking met vlak grasland. Door beëindiging van de mestgift neemt de biomassa-productie en N-concentratie in het gewas wel af, maar de N-fractie in de bodem daalt nauwelijks. Door de droge periode blijft een hoeveelheid N immobiel in de bodem aanwezig. Hierdoor wordt de verschraling vertraagd. Bovendien worden door deze invloed van vochthuishouding op de hoeveelheid beschikbare N op dijken, schommelingen in de jaarlijkse biomassa-productie door het klimaat sterker.

Een laag nutriënteniveau in grasland hangt samen met een relatief hoge worteldichtheid (Fiala, 1993). Door een daling van het nutriënteniveau in de bodem neemt de wortelbiomassa en wortel/spruitverhouding toe (Ericsson 1995, Fitter 1994, Olf et al. 1994). Toch is dit verband minder eenduidig dan over het algemeen wordt aangenomen. Boot (1990) en Olf et al. (1990) vonden in experimenten met soorten van rijke en arme standplaats een hogere *spruit/wortelverhouding* voor de soorten van lagere nutriëntenbeschikbaarheid. Wel hebben deze soorten een hogere *specifieke wortellengte* (lengte per wortelgewicht) (Berendse & Elberse 1990).

In deze onderzoeken gaat het om gedragingen van enkele soorten in kas-experimenten. Bij dit onderzoek in het veld gaat het om effecten van verschraling op worteldichtheid in grasland. De wortelgroei van afzonderlijke soorten wordt niet bestudeerd. De worteldichtheid wordt bepaald door in boommonsters

de lengte en het gewicht van de wortels te meten. Noch de lengte, noch het gewicht alleen zijn een goede aanduiding voor de mate van doorworteling. Het kan zijn dat veel dunne wortels met een hoge totale wortellengte niet homogeen verdeeld zijn in de bodem. Een hoog gewicht kan bij een hoge gemiddelde worteldiameter al met weinig wortels zijn bereikt. De *specifieke wortellengte*, hier uitgedrukt als de verhouding wortellengte/wortelgewicht van de boormonsters van de verschillende proefvakken, kan naast worteldichtheid informatie geven over aard en opbouw van het wortelpakket. Veranderingen daarin na beëindiging van bemesting zeggen iets over de wortelgroei-strategie van de vegetatie ten gevolge van verschraling. De *spruit/wortelverhouding* geeft informatie over investering van assimilaten in boven- of ondergrondse plantedelen.

Van de invloed van korte-termijn-veranderingen in nutriëntenuishouding op de worteldichtheid en de lengte/gewichtverhouding van wortels, is nog weinig bekend. In de proefvakken is deze relatie tussen nutriëntenvoorziening en boven- en ondergrondse productiviteit onderzocht. De veranderingen in biomassa, worteldichtheid en chemische samenstelling van bodem en gewas, als gevolg van het stoppen van de bemesting, zijn per beheersvorm geanalyseerd. Biomassa en worteldichtheid zijn ook per gemeenschap bepaald. Hierdoor wordt op basis van floristische samenstelling een indruk verkregen van de spreiding van deze parameters over het onderzochte materiaal.

Voor erosiebestendigheid is de doorwortelde diepte van belang (zie hoofdstuk 1). Veel aandacht is bij het onderzoek besteed aan de wortelverdeling over de diepte, met name de laag 0-20 cm beneden maaiveld. Tenslotte is onderzocht hoe worteldichtheid gecorreleerd is met korrelgroottesamenstelling van de bodem, bedekking, spruitdichtheid (RICO), open-plek-grootte, biomassa, en chemische parameters van bodem en gewas.

Vraagstelling

In dit hoofdstuk komen de volgende vragen aan bod:

- Wat is het effect van stoppen van bemesting op bovengrondse biomassa van zeedijkgrasland gedurende een periode van 5 jaar en in hoeverre is er daarbij verschil in beheersvorm (weiden, hooien of een combinatie van beiden) ?
- Wat is het effect van stoppen van bemesting op worteldichtheid en lengte/gewichtverhouding van wortels en in hoeverre spelen beheersvormen daarbij een rol ?
- Hoe verandert ten gevolge van extensivering de verdeling van wortels over het profiel ?

- Hoe hoog is de biomassaproductie en worteldichtheid in de verschillende gemeenschappen ?
- Wat is het effect van extensivering op chemische samenstelling van bodem, wortels en gewas ?
- Hoe is in 1994 worteldichtheid gecorreleerd met textuur, zodedichtheid, biomassa en chemische samenstelling van de bodem en gewas ?

4.2

Methode

Om de biomassaproductie te meten is telkens in proefvakjes van 0,25 m² de vegetatie geknipt. Deze monsters zijn 48 uur gedroogd bij 70 °C, waarna het droge stofgewicht (g.m⁻²) is bepaald. In begraasde proefvakken zijn naast de permanente quadraten exclusies geplaatst aan het begin van het groeiseizoen. De monsters zijn genomen van 15 juni tot 5 juli vlak voor het maaien. In deze periode bereikt de vegetatie de grootste bovengrondse biomassa (peak standing crop = psc). Omdat de gemiddelde temperatuur daar het hoogste is, is de monsternamen in Zeeland gestart en van daaruit naar het noorden voortgezet. Van een mengmonster van de 4 proefvakjes is het gehalte N, P, K, Na en Ca bepaald door middel van destructie (Walinga et al. 1995). De gehalten zijn uitgedrukt in % van het droge stof gewicht (= 0,1 g.kg⁻¹ d.s.) en in g.m⁻². In jaar 4 (1994) is op een aantal plaatsen de hergroei bepaald door het knippen van de vegetatie in de periode 20 september - 1 oktober.

Wortelmetingen zijn verricht aan grondboormonsters. Hiervoor is gebruik gemaakt van een wortelboor met uitdrukmechanisme met een diameter van 4 cm. Per opname zijn drie boringen verricht tot een diepte van 50 cm in 8 lagen: 0-3 cm (na verwijdering van de bovenste 1 cm begroeiing), 3-6 cm, 6-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm. De monsters zijn niet ad random gestoken: steeds is een begroeide plek opgezocht en zijn kale plekken gemeden. De bedoeling is hier verschillen in doorworteling te onderzoeken van de zode. Het effect van heterogeniteit in de zode en ruimtelijke verdeling van wortels komen in hoofdstuk 6 aan bod. Per laag is na het wegspoelen van de grond het wortelgewicht en de wortellengte bepaald. Voor de wortellengtebepaling is gebruik gemaakt van geautomatiseerde beeldverwerking na scannen van de uitgespreide wortelmonsters met een hoge-resolutie-3D-scanner (Smit et al. 1992). Deze methode blijkt voor graswortelmonsters vooral bij de bovenste lagen veel nauwkeuriger te zijn dan de eerder gebruikte handmethode (Newman 1966, Tennant, 1975). Bij de handmethode moet bij hoge worteldichtheden het aantal snijpunten met een raster worden geschat, waardoor de onbetrouwbaarheid toeneemt. Bovendien blijkt de nauwkeurigheid van de gridmethode sterk af te hangen van de persoon die de tellingen verricht (Bland & Mesarch, 1990). Wortelmonsters zijn gestoken in februari-maart, aan het begin van het groeiseizoen. Evenals met de bovengrondse biomassa zijn monsters in Zeeland het eerst gestoken en monsters in Groningen het laatst. De gegevens over wortelgroei worden uitgedrukt in *worteldichtheid* (m.dm⁻³ of g.dm⁻³), totale *gemiddelde productie* (g.m⁻² in 50 cm diepe laag), totale *gemiddelde wortellengte* (m.m⁻²), *specifieke wortellengte (SWL)* (m.g⁻¹) en *spruit-wortelratio (SWR)* (g.g⁻¹). De SWL is in dit onderzoek berekend per boormonster gestoken in verschillende proefvakken; de parameter zegt dus iets

over aanwezigheid van veel (hoge SWL-waarde) of weinig dunne wortels in een beheersvariant of vegetatietype. De spruit/wortelratio (SWR) is hier uitgedrukt als de verhouding bovengrondse/ondergrondse biomassa. Voor de berekening van deze parameter zijn tegelijk met de psc-monsternamen op een aantal locaties wortelboormonsters gestoken tot 30cm -mv (onder maaiveld). In verband met moeilijke indringbaarheid van de droge kleibodems kon niet dieper worden bemonsterd. Van deze monsters is alleen het wortelgewicht bepaald. Voor analyse van het gehalte N, P, K, Na zijn de monsters (gestoken in februari !) op dezelfde wijze verwerkt als hierboven beschreven voor gewasmonsters.

In de periode 15 juni - 5 juli (tegelijk met psc-bemonstering) zijn bodemonsters gestoken met een gutsboor van 3 cm doorsnede in de laag 0 tot 11 cm -mv. Per opname zijn 10 boringen verricht en na verwijdering van de bovenste centimeter (strooisellaag en overgang spruit/wortel) samengevoegd tot een mengmonster. Na 48 uur drogen bij 40 °C zijn de monsters met de hand fijn gemaakt en is de fractie > 2 mm afgezeefd. In een 0,01 M CaCl₂-extractie zijn oplosbaar N (N-NO₃, N-NH₄, N-totaal), P-P₂O₅, K en Na bepaald met behulp van auto-analyse-apparatuur en spectrofotometrie (Houba et al, 1989). Door middel van destructie (salicylzuur-zwavelzuur mengsel) is de totale hoeveelheid aanwezige stikstof, fosfor, kalium, natrium en calcium bepaald. De gehalten direct beschikbare chemische parameters (CaCl₂-methode) zijn uitgedrukt in mg.kg⁻¹ droge grond, de gehalten na destructie in g.kg⁻¹ droge grond. Te samen met de korrelgrootte-samenstelling (zie hoofdstuk 3), zijn in de monsters het gehalte organische stof (% humus, methode Kurmies) en kalkgehalte (% CaCO₃, methode Scheibler) bepaald. Met behulp van het gehalte organische stof en totaal-N is het C/N-quotiënt bepaald ($0,58 * \text{org.stofgehalte} / \% \text{ Ntot}$).

De gegevens zijn statistisch verwerkt met behulp van variantie-analyse (ANOVA, gevolgd door ONEWAY). Voor paarsgewijze vergelijking is de least significant difference berekend (LSD) en getoetst bij een betrouwbaarheid van 1 en 5 %. Voor analyse van onderlinge verbanden tussen gemeten variabelen is de Pearson-correlatiecoëfficiënt berekend. Bij deze berekeningen is gebruik gemaakt van het computerprogramma SPSS/PC+ (Norusis 1986). Het verloop van de worteldichtheid in het bemonsterde profiel en verschillen tussen beheersvormen, jaar van bemonstering en ligging op het talud zijn geanalyseerd met meervoudige variantieanalyse (MANOVA), gevolgd door een Npair-toets voor paarsgewijze verschillen, na parametrisering van dit verloop. De berekeningen zijn uitgevoerd met GENSTAT. De afname van de worteldichtheid in de diepte wordt benaderd door:

$$y = a + (b-a) r^{(x-1,5)}$$

met y = worteldichtheid in m.dm^{-3} , x = diepte in het profiel, en a, b en r zijn constanten, waarbij a de worteldichtheid op grotere diepte (gaat naar 0), b de worteldichtheid voorstelt op een diepte van 1,5 cm en r (< 1) het verloop aangeeft. Hoe kleiner r des te sneller de worteldichtheid afneemt met de diepte. Voor berekening van a, b en r is uitgegaan van de worteldichtheid (m.dm^{-3}) per laagje bij een gemiddelde waarde voor x voor elke laag (respectievelijk 1,5 - 4,5 - 8 - 12,5 - 17,5 - 25 - 35 - 45 cm diepte).



Exclosures voor biomassameting op beweide dijken

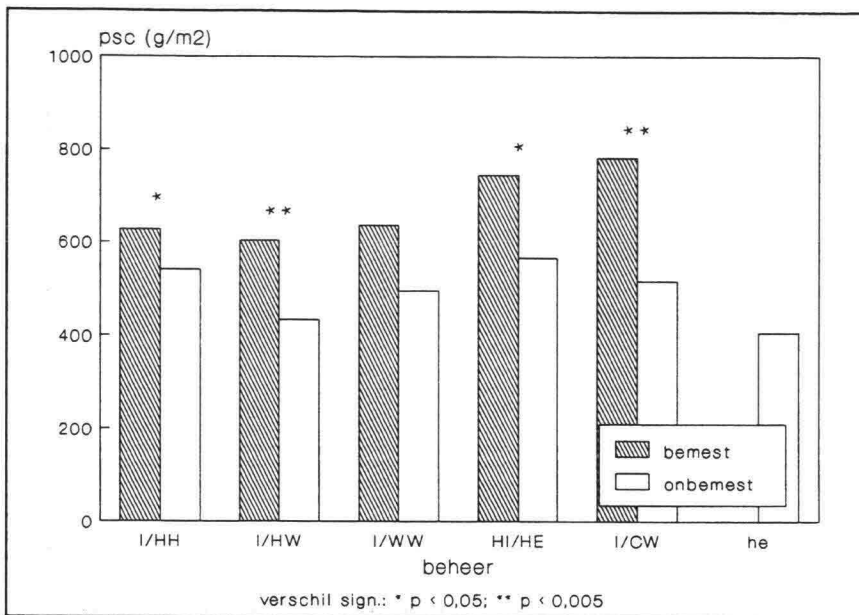


Wortelboormonsters in laagjes tot een diepte van 50 cm

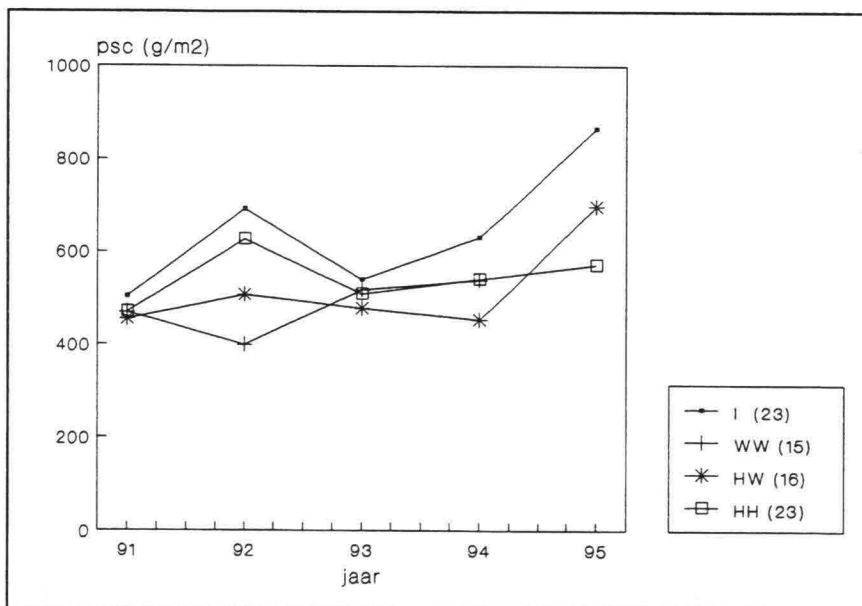
4.3 Bovengrondse biomassa

Beheersvormen

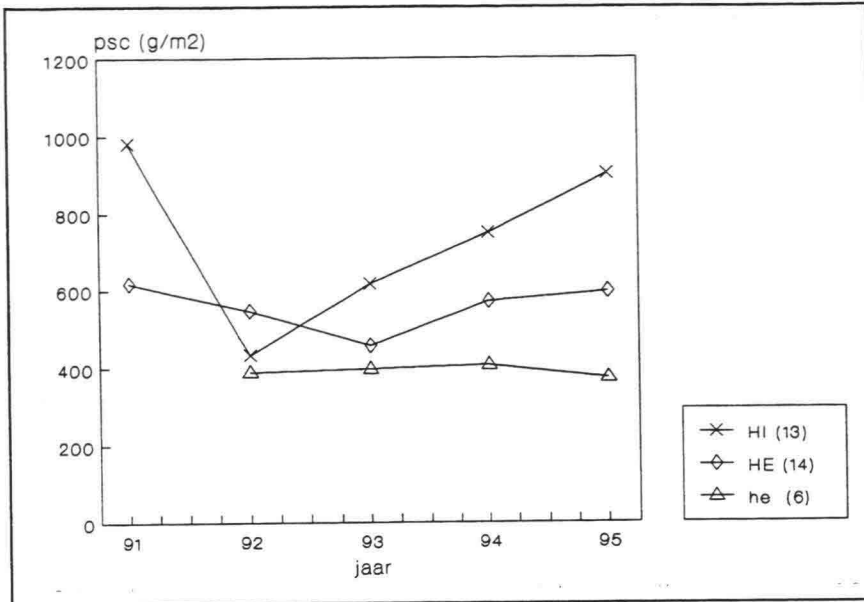
Met een variantie-analyse van de gemiddelde *peak standing crop* (PSC) in 1994 per beheersvorm van opnamen op binnen- en buitenbehoop op dijken in Noord- of Zuid-Nederland is een effect van het beheer aangetoond (ANOVA, drieweg-analyse, $p < 0,001$). Positie op de dijk en geografische ligging bleken geen onderscheidende factoren. Paarsgewijze vergelijking van de PSC in 1994 in bemeste en onbemeste beheersvarianten (**figuur 4.1**) laat het verschil in maximale biomassa per beheersvorm zien. Op beweide dijken is de PSC na 4 jaar extensief beheer in de hooivariant "HH", de hooien/weiden variant "HW" en de continu weiden variant ("CW") significant lager dan in de variant waar het intensieve beheer is voortgezet ("I"). Het verschil met variant "WW" (twee periodes weiden) is niet significant. Op hooidijken is de productie eveneens significant gedaald in de onbemeste variant ("HE"). Stoppen van bemesting leidt dus bij bijna alle beheersvormen tot een daling van de productie. De verschillen zijn echter niet groot. In de extensieve varianten varieert de PSC van 430-550 g d.s.m⁻² en in de intensieve variant van 600-750 g.m⁻². De productie van onbemest soortenrijk grasland (referentiedijken) bedraagt 405 g d.s.m⁻². In **figuur 4.2** is het verloop van de gemiddelde PSC gedurende 5 jaar extensive- ring voor de diverse beheersvarianten op beweide dijken weergegeven. Wat opvalt zijn aanzienlijke schommelingen tussen de jaren. In jaar 2 (1992) en 3 (1993) is er geen significant verschil tussen de beheersvarianten. In jaar 4 (1994) is de productie in "I" significant hoger dan in "HW" en "HH" (vergelijk **figuur 4.1**). Deze trend lijkt zich ook in het vijfde jaar (1995) voort te zetten. Het productieniveau in de extensieve, onbemeste varianten "HH" en "WW" daalt daarbij niet en lijkt zich in te stellen op een niveau van 550 - 600 g.m⁻², terwijl er vanaf 1993 bij de bemeste weidevariant ("I") een stijging is waar te nemen tot een niveau van 900 g d.s.m⁻². Een uitzondering vormt variant "HW". De PSC stijgt fors en verschilt in 1995 niet significant van "I". Op gehooide dijken (**figuur 4.3**) vertoont de PSC in de bemeste variant "HI" na de significant hoogste waarde in jaar 1 een flinke daling in jaar 2 en vervolgens weer een stijging tot in 1995 hetzelfde niveau wordt bereikt als de bemeste variant "I" op beweide dijken (± 900 g d.s. m⁻²). De biomassaproductie in de onbemeste variant ("HE") vertoont een rustiger verloop. Evenals variant "HH" op beweide dijken bedraagt de PSC in 1994 en 1995 ± 600 g d.s.m⁻². Het verschil met de de bemeste variant is in beide jaren significant. De productie op referentiedijken blijft constant op het nivo van 400 g.m⁻².



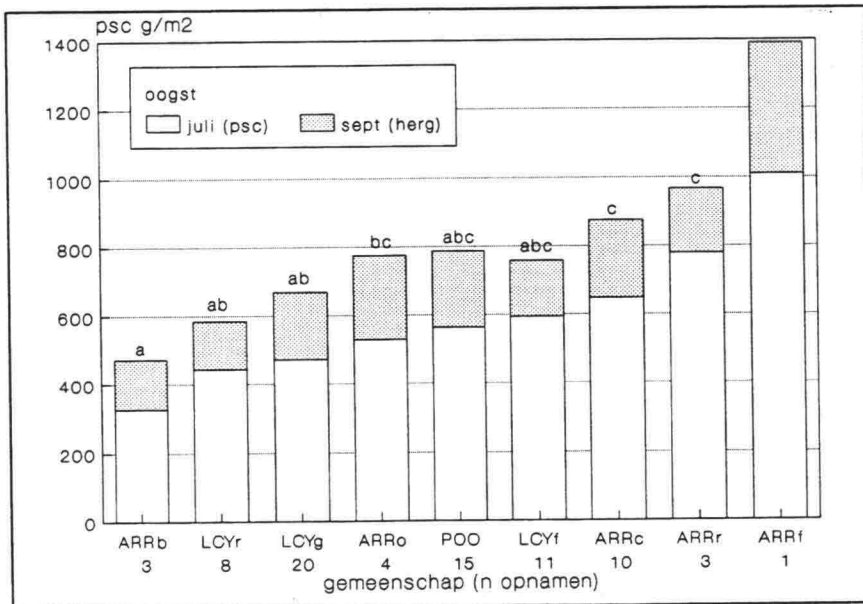
Figuur 4.1 PSC in bemeste en onbemeste beheersvarianten in 1994 (I intensief weiden; HH 2x hooien; WW 2x weiden; HW hooien + weiden; CW continu w.; HI = int. hooien; HE = 1-2x hooien); he = referentie)



Figuur 4.2 Het verloop van de productie in de periode 91-95 in beheersvarianten op beweide dijken (I = bemest weiden; WW = onbem. 2x weiden; HW = onbem. hooien + weiden; HH = onbem. 2x hooien)



Figuur 4.3 Het verloop van de productie in de periode 91-95 in beheersvarianten op gehooide dijken (HI= bemest hooien; HE= onbemest 2x hooien; he= onbemest 1x hooien/referentie)



Figuur 4.4 Jaarproductie per gemeenschap in 1994. Gemiddelden die geen enkele letter gemeenschappelijk hebben verschillen significant ($p < 0,05$).

Plantengemeenschappen

In **figuur 4.4** is de totale jaarproductie (peak standing crop in juli + hergroei in september) in 1994 per gemeenschap weergegeven. In de soortenarme varianten van Glanshaverhooiland, het *Arrhenatherum elatioris* met *Cirsium arvense* (ARRc) en de Gemeenschap met *Arrhenatherum elatius* en *Heracleum sphondylium* (ARRr), is de jaarproductie significant hoger dan in het soortenrijke *Arrhenatherum elatioris*, subgroep B, *brizetosum* en de Kamrasweide-varianten *Lolio-Cynosuretum* met *Ranunculus bulbosus* (LCYr) en *Lolio-Cynosuretum* met *Geranium molle* (LCYg). In de Gemeenschap met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens* (ARRf) is in 1994 de jaarproductie significant hoger dan in de andere gemeenschappen.

De PSC varieert in de beweide graslanden (LCYr, LCYg, LCYf, POO) van 450 - 600 g d.s.m⁻². De maximale biomassa-productie van de intensief beweide Beemdgras-Raaigrasweide (POO) is significant hoger dan van de Kamgrasweide met *Ranunculus bulbosus*. Ook is de PSC van de fragmentaire Kamgrasweide met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense* (LCYf) significant hoger dan in beide andere Kamgrasweide-varianten (LCYr en LCYg). In de soortenarme Glanshaverhooilanden (ARRc, ARRr en ARRf) bedraagt de PSC 650 - 780 (1000) g d.s.m⁻² en in de soortenrijke Glanshaverhooilanden (ARRb en ARRo) respectievelijk 330 g.m⁻² en 530 g.m⁻². De hergroei varieert van 19 tot 32 % van de jaarproductie. De gemiddelde PSC per gemeenschap met opnamen uit '91 en '94 verschilt nauwelijks van de gemiddelde PSC per gemeenschap met alleen '94-opnamen. Dit geeft aan dat de onderscheiden gemeenschappen ten aanzien van deze parameter consistent zijn.

Wortelgroei

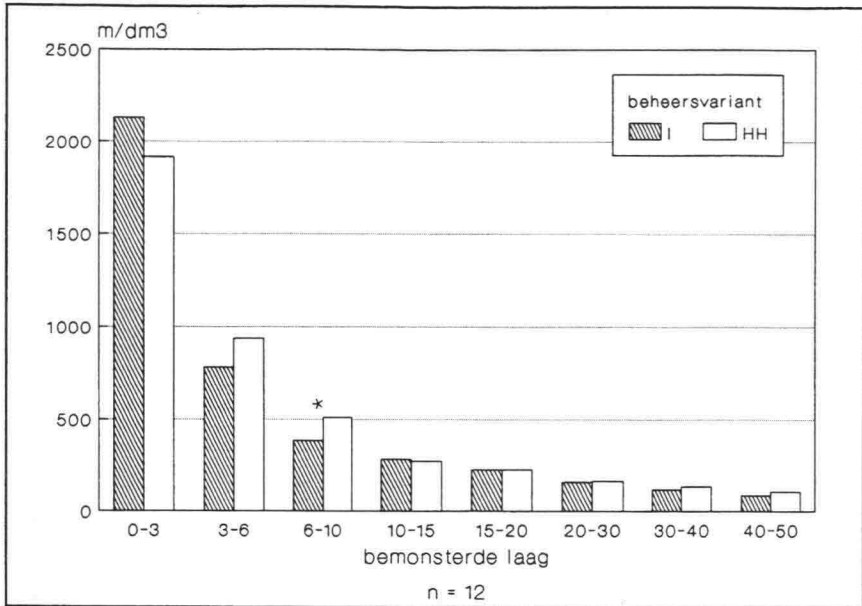
Beheersvormen

Effect van extensivering

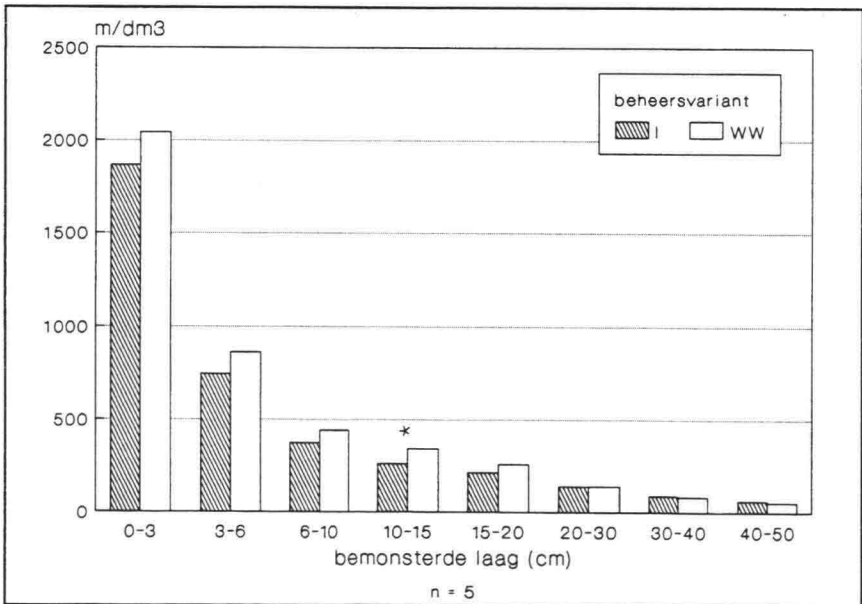
Om na te gaan hoe de doorworteling is veranderd door het extensieve beheer, wordt in het vierde jaar (1994) de gemiddelde worteldichtheid per laag in de onbemeste beheersvariant vergeleken met de worteldichtheid in de bemeste variant. Daarbij worden alleen die locaties betrokken waar beide varianten aanwezig zijn. In **figuur 4.5** zijn per bemonsterde laag de wortellengtes (m.dm^{-3}) weergegeven van bemest weiden ("I") en onbemest hooien "HH". Het blijkt dat in de onbemeste variant de wortellengte op een diepte van 6-10 cm significant groter is in vergelijking met de bemeste variant. De verschillen in de overige laagjes zijn niet significant. Het wortelgewicht (niet afgebeeld) vertoont met uitzondering van de laag van 0-3 cm diepte in alle lagen hogere waarden in de onbemeste variant, maar ook hier is het verschil alleen significant in de laag 6-10 cm beneden maaiveld. De overgang van bemest weiden naar onbemest hooien leidt dus tot een toename van de doorworteling op een diepte van 6-10 cm.

In de variant onbemest weiden ("WW") is in bijna alle lagen een toename ten opzichte van de bemeste variant "I" te zien van zowel wortellengte als wortelgewicht, maar het verschil is alleen significant voor de wortellengte op een diepte van 10-15 cm (**figuur 4.6**). In de onbemeste variant op hooidijken ("HE") is de wortellengte op een diepte van 3-6 cm en van 6-10 cm significant groter dan in de bemeste variant ("HI") (**figuur 4.7**). Ook het wortelgewicht lijkt in de eerste drie lagen te zijn toegenomen, maar de verschillen zijn niet significant. De overgang van bemest weiden naar onbemest weiden en ook van bemest hooien naar onbemest hooien leidt dus tot een toename van de wortellengte op een diepte van respectievelijk 10-15 cm en 3-10 cm. Verschillen in worteldichtheid tussen bemest weiden ("I") en onbemest hooien met nabeweiding ("HW") zijn niet significant (niet afgebeeld).

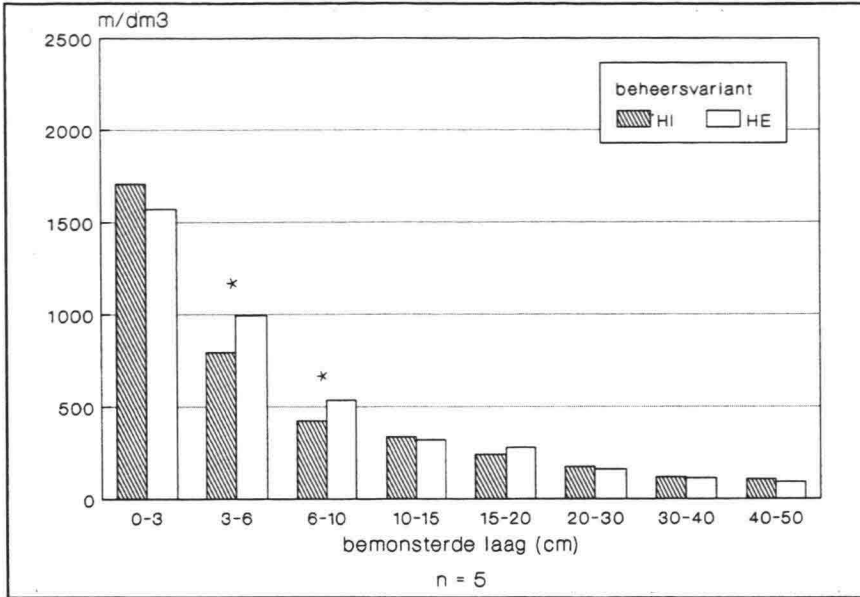
Om per beheersvariant het verloop van de worteldichtheid met de diepte te bepalen zijn de gemiddelde waarden voor de parameters a , b , en r (zie § 4.2) berekend voor de verschillende beheersvormen (**tabel 4.1**). Zoals hiervoor is uiteengezet is r dus een maat voor het verloop (hoe kleiner r , des te sneller de afname in worteldichtheid), b een maat voor de worteldichtheid op een diepte van 1,5 cm en a voor de (verwaarloosbare) hoeveelheid wortels op grotere diepte.



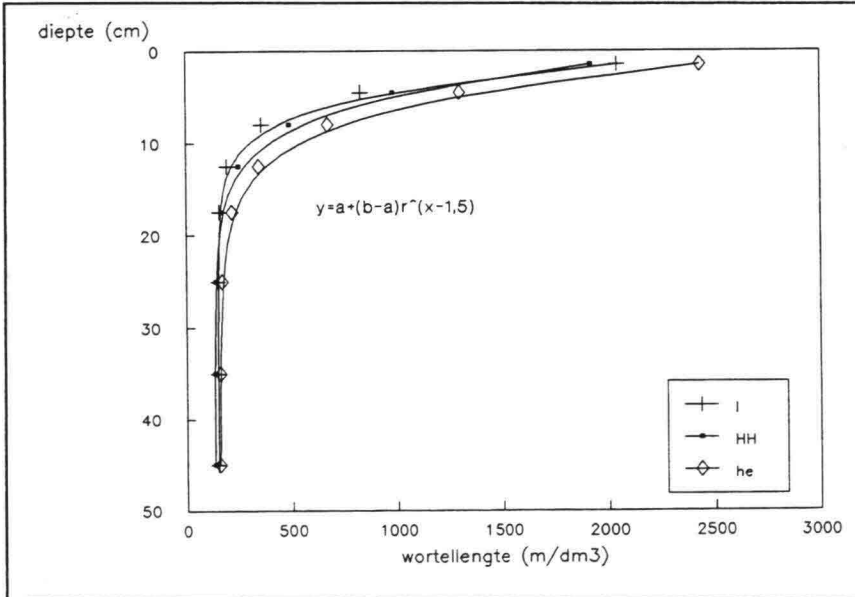
Figuur 4.5 Worteldichtheid in m/dm^3 per bemonsterde laag in de bemeste en onbemeste variant in 1994 (I = bemest weiden; HH = onbested hooien); * verschil sign. $p < 0,05$



Figuur 4.6 Worteldichtheid in m/dm^3 per bemonsterde laag in de bemeste en onbemeste variant in 1994 (I = bemest weiden; WW = onbested weiden); * verschil sign. $p < 0,05$



Figuur 4.7 Worteldichtheid in m/dm^3 per bemonsterde laag in de bemeste en onbemeste variant in 1994 (HI = bemest hooien; HE = onbemest hooien); * verschil sign. $p < 0,05$



Figuur 4.8 Verloop van de worteldichtheid (m/dm^3) met de diepte in 1994 in variant "l" (bemest weiden), "HH" (onbemest hooien) en "he" (onbemest hooien/referentie)

Tabel 4.1 Parameters (*a*, *b*, *r*) voor afname van worteldichtheid (m/dm^3) met de diepte; *b* = WL op 1,5 cm diepte, *r* = verloop; *a* = WL op grotere diepte; * significant verschil met "I" $p < 0.05$

beheer	I	HH	HW	WW	HI	HE	he
+/- mest	+	-	-	-	+	-	- (ref)
n locaties	13	12	5	5	6	6	3
<i>b</i>	2043	1922	2233	1867	1704	1586	2431
<i>a</i>	154	136	171	135	160	117	162
<i>r</i>	0,710	0,779*	0,690	0,745	0,767	0,802	0,795

Uit variantie-analyse van *r*-waarden over beheersvormen blijkt dat de *r*-waarde van de onbemeste hooivariant ("HH") significant hoger is dan de *r*-waarde in de bemeste weidevariant ("I"). Dit duidt op een minder snelle afname van de worteldichtheid met de diepte en is in overeenstemming met de significante toename van de wortellengte en wortelgewicht in laag 6-10 cm onder maaiveld in variant "HH" (zie **figuur 4.5**). Hoewel in variant "WW" (onbemest weiden) de hoeveelheid wortels in de laag van 10-15 cm diepte significant hoger is dan in variant "I" (zie **figuur 4.6**), is de *r*-waarde, dus de afname van wortels met de diepte niet significant verschillend. Ook de *r*-waarde van de onbemeste hooivariant "HE" verschilt niet significant van de bemeste variant "HI", terwijl de wortellengte in de laagjes 3-6 en 6-10 cm diepte wel groter is in "HE". "HE" en "HI" hebben ten opzichte van de beweide varianten "I", "WW" en "HW" lagere beginwaarden (*b*), maar relatief hogere *r*-waarden, duidend op een minder snelle afname van de worteldichtheid.

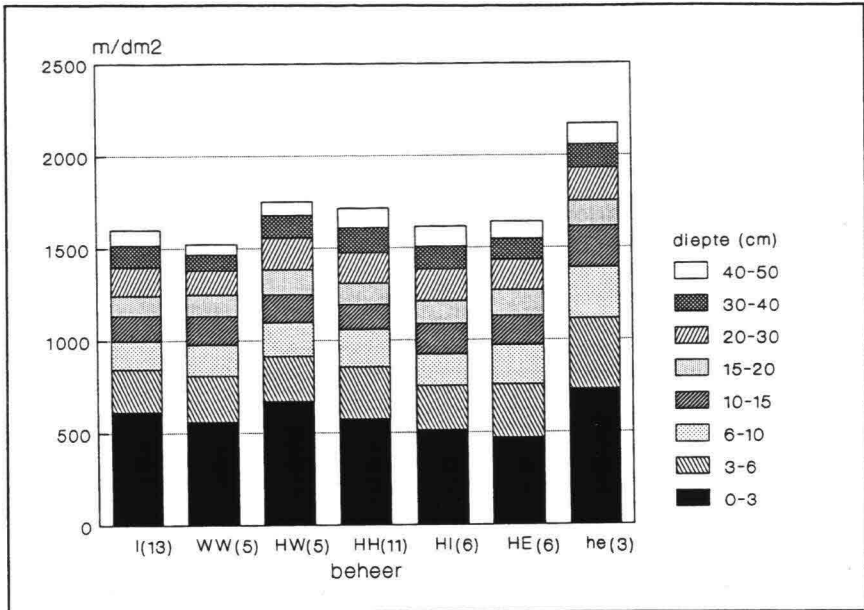
Door het gering aantal waarnemingen van variant "he" (referentie: soortenrijk hooiland) kon het verschil met de *r*-waarde van "I" niet statistisch worden bepaald. In **figuur 4.8** is de afname van worteldichtheid met de diepte in de drie beheersvarianten "I", "HH", en "he" weergegeven. Een duidelijk verschil in verloop is zichtbaar: de grafieken van "he" en ook "HH" verlopen minder steil dan de grafiek van "I". Dit betekent dat in de bemeste beweide variant op een diepte van 5 cm ongeveer 35 % van de hoeveelheid wortels uit de toplaag (1,5 cm diepte) aanwezig is en 12 % op een diepte van 10 cm. In het soortenrijke hooiland bevindt zich op 5 cm diepte nog ongeveer 50 % en op 10 cm nog 25 % van de hoeveelheid in de bovenste 1,5 cm. Na 4 jaar extensief hooibeheer in "HH" is er al een significante verschuiving merkbaar in het wortelverloop in de richting van het soortenrijke hooiland. Ook is duidelijk te zien dat verschillen in doorworteling tussen bemest weiland ("I") en gedurende lange tijd onbemest hooiland ("he") zich vooral manifesteren op een diepte van 5-15 cm.

Opbouw wortelpakket

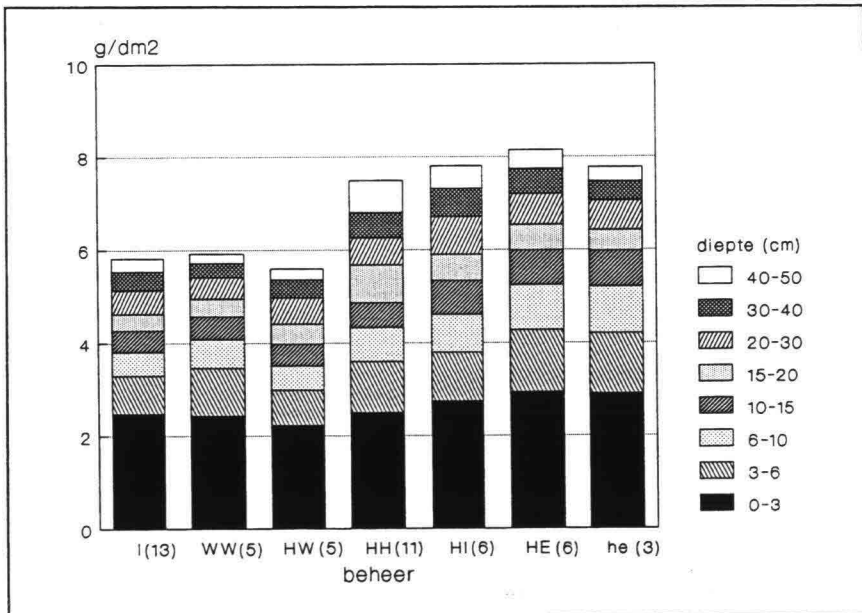
Voor onderlinge vergelijking van omvang en opbouw van het wortelpakket in de diverse beheersvormen, is de gemiddelde hoeveelheid wortels berekend per beheersvorm in 1994. Weergegeven is de gemiddelde cumulatieve wortellengte ($m \cdot dm^{-2}$) (figuur 4.9) en het gemiddelde cumulatieve wortelgewicht ($g \cdot dm^{-2}$) (figuur 4.10) over de verschillende laagjes in het totale bemonsterde profiel. Het onderscheid tussen de totale cumulatieve wortellengten (figuur 4.9) en wortelgewichten (figuur 4.10) in de beheersvormen is niet significant. Ook verschillen deze waarden niet van elkaar wanneer binnen- en buitentelud of verschillende regio's worden vergeleken. Er is wel verschil in wortelhoeveelheid per laagje. Meervoudige variantie-analyse toont aan dat in de laagjes op een diepte van 3-6 en 6-10 cm de wortellengte in de bemeste varianten ("I", "HI") lager is dan de gemiddelde wortellengte in de onbemeste groep ("HH", "WW", "HW", "HE", "he"), terwijl het type beheer hierbij geen onderscheidende factor vormt (ANOVA, $p < 0,05$). Dit is in overeenstemming met het hierboven aangegeven onderscheid tussen worteldichtheid in bemeste en onbemeste proefvakken (vergelijk figuur 4.5 - figuur 4.7). Verder blijkt dat op een diepte van 6-10 cm de wortellengte in het lange tijd onbemeste referentiegrasland ("he") groter is dan de wortellengte in de onbemeste weidevariant "WW" en hooien-weidenvariant "HW" (LSD na ONEWAY $p < 0,001$).

Vergelijking van de wortelgewichten per laagje (figuur 4.10) geeft eveneens significante verschillen tussen beheersvormen. In laagje 6-10 cm onder maaiveld is de wortelbiomassa in de onbemeste hooivarianten "he", "HE", "HH" en de bemeste hooivariant "HI" groter dan in de bemeste weidevariant "I", en in de onbemeste hooivarianten "he" en "HE" groter dan in de onbemeste weidevarianten "HW" en "WW" (ONEWAY met LSD, $p < 0,001$). Ook op een diepte van 20 - 30 cm is het gemiddelde wortelgewicht in de gehooide varianten groter dan de wortelbiomassa in beweide varianten ($p < 0,05$). In het algemeen geldt dus dat hooiland op bepaalde dieptes een groter wortelgewicht heeft dan weiland.

Hoewel er een verschil is in de *afname van de worteldichtheid (gemeten in m per dm^3) met de diepte* tussen de bemeste weidevariant "I", de onbemeste hooivariant "HH" en de soortenrijke referentiedijk "he" (zie figuur 4.8), is er weinig verschil in de *procentuele verdeling* van wortellengte en -gewicht over de laagjes in het bemonsterde profiel. In tabel 4.2 zijn voor elke beheersvorm de totale wortellengte, het totale wortelgewicht en de procentuele verdeling over 3 lagen weergegeven. Het blijkt dat in alle beheersvormen ongeveer 62 % van de totale wortellengte in de laag 0-10 cm onder maaiveld wordt gevonden. Voor de referentiedijk is deze waarde iets hoger (65 %) en voor de hooidijken ("HI" en "HE") iets lager (59 %). Op een diepte van 10-20 cm zit ongeveer 18 % en in



Figuur 4.9 Gemiddelde cumulatieve wortellengte (m/dm²) per beheersvorm in de laag 0-50 cm in 1994



Figuur 4.10 Gemiddelde cumulatieve wortelgewicht (g/dm²) per beheersvorm in de laag 0-50 cm in 1994

Tabel 4.2 Cumulatieve wortellengte (WLT), wortelgewicht (WGT) en hun procentuele verdeling; specifieke wortellengte (SWL) en spruit/wortelratio (SWR) per beheersvorm

parameter n	I 13	WW 6	HW 5	HH 11	HI 5	HE 5	he 3
WLT (m/5dm ³)	1600	1522	1754	1716	1615	1640	2172
% 0-10 cm	62	64	62	62	58	59	65
% 10-20 cm	16	18	17	15	18	19	16
% 20-50 cm	22	18	21	23	24	22	19
WGT (g/5dm ³)	5,9	5,9	5,6	7,4	7,8	8,2	7,7
% 0-10 cm	64	68	62	58	60	65	68
% 10-20 cm	15	15	16	18	17	16	13
% 20-50 cm	21	17	22	24	23	19	19
SWL	291 ^b	267 ^{ab}	309 ^b	282 ^b	210 ^a	207 ^a	283 ^{ab}
SWR	0,94	0,73	--	0,7	0,91	0,62	0,46

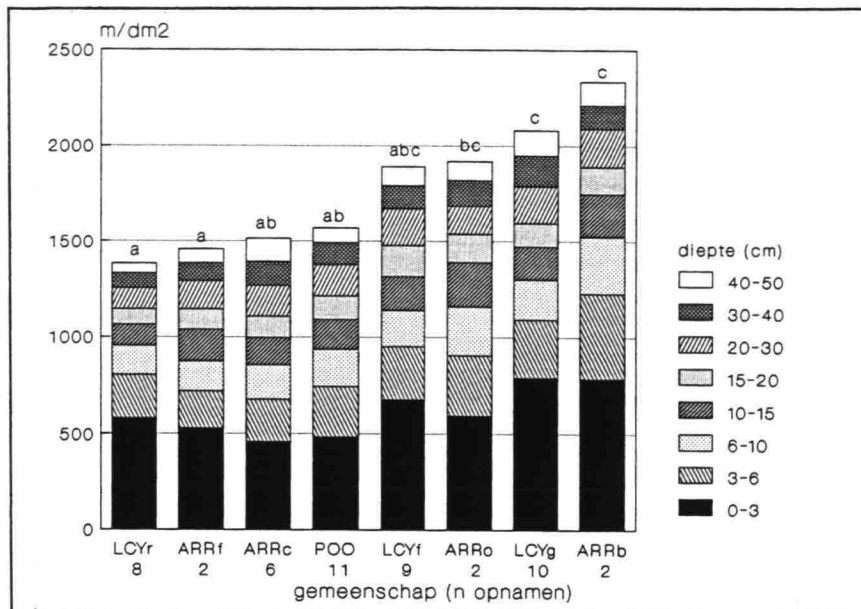
de laag 20-50 cm bevindt zich 18-22 % van de totale wortelhoeveelheid. Voor de wortelgewichten is de procentuele verdeling niet veel anders, maar de waarden in de laag van 0-10 cm diepte lopen iets meer uiteen. Voor beweide dijken geldt dat ongeveer 64 % van het totale wortelgewicht in de bovenlaag (0-10 cm) wordt aangetroffen, met 68% voor de geëxtensiverde variant "WW" en 58 % voor de geëxtensiverde variant "HH". Voor hooijdijken draagt dit percentage 60-65 % met een relatief hoge waarde voor de referentiedijk. In de laag 10-20 cm zit ongeveer 13-18 % en in laag 20-30 cm 17-24 % van de wortelbiomassa.

In **tabel 4.2** zijn voor de verschillende beheersvormen de *specifieke wortellengte* (SWL in m.g⁻¹) en de *spruit-wortelratio* (SWR, g.g⁻¹) weergegeven. De hooivarianten met een relatief hoog wortelgewicht "HE" en "HI" hebben een significant lagere SWL. Dit duidt op aanwezigheid van relatief dikke wortels. De hoge waarden voor variant "I" (bemest weiden) en "HW" (onbemest hooien + weiden) in combinatie met een laag wortelgewicht wijzen op aanwezigheid van veel dunne wortels in het bemonsterde bodemprofiel. De relatief hoge SWL voor variant "he" (referentie) en "HH" (onbemeste hooivariant op beweide dijken) duidt, in combinatie met de relatief hoge waarden voor totaal wortelgewicht en wortellengte in deze varianten (**tabel 4.2**), op een wortelpakket met veel dunne en ook dikke wortels. De *effectieve* worteldichtheid, in de zin van een dichte en homogene doorworteling van het bodemvolume, is hier mogelijk het grootst. De spruit/wortelratio (SWR) verschilt niet significant per beheersvorm. De waarde voor variant "he" (referentie: soortenrijk hooiland) is het laagst, duidend op een lage bovengrondse productie in combinatie met een hoge wortelbiomassa. In "I" (bemest weiland) is de SWR het hoogst, wat wijst op een lage investering in het wortelpakket. Analyse van SWR per samengevoegde groep

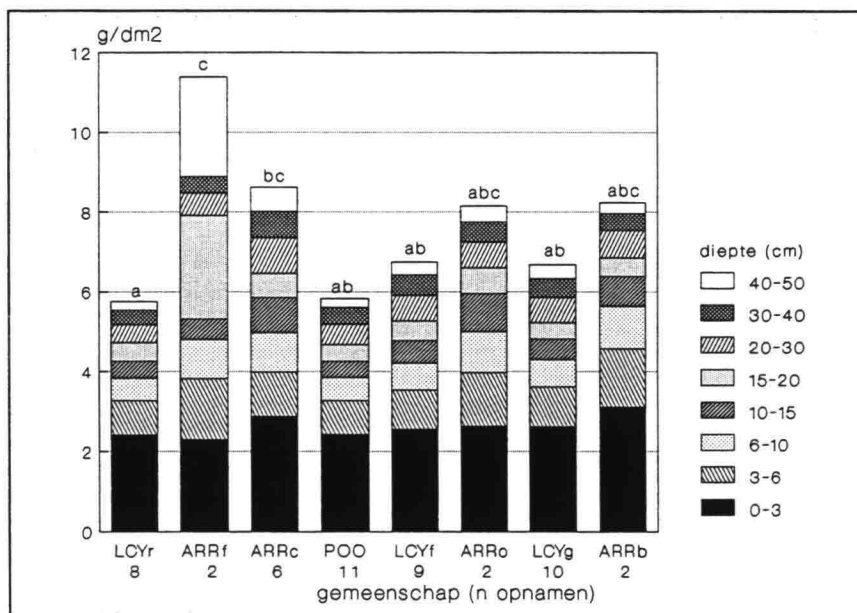
toont een significant ($p < 0,01$) lagere waarde voor de onbemeste varianten "WW", "HH" en "HE" (0,69) ten opzichte van de bemeste varianten "I" en "HI" (0,93). Dit wijst op een verschuiving in de groeistrategie van de vegetatie in de geëxtensiveerde vakken: meer investering in ondergrondse delen ten koste van bovengrondse biomassa-productie.

Plantengemeenschappen

Om aard en omvang van de doorworteling behorend bij een bepaald vegetatietype te kunnen omschrijven is per gemeenschap voor 1994 de cumulatieve wortellengte (figuur 4.11) en het cumulatieve wortelgewicht (figuur 4.12) van de verschillende bemonsterde laagjes berekend. Hoewel beheersvorm en vegetatietype sterk samenhangen, en resultaten van de worteldichtheidsanalyse per gemeenschap in 1994 goed aansluiten bij resultaten van de analyse met beheersvarianten, zijn er ook verschillen. De meeste gemeenschappen bestaan immers uit opnamen van zowel bemeste als onbemeste varianten (zie hoofdstuk 3). In overeenstemming met het eerder beschreven verschil tussen het wortelgewicht van hooiland en weiland, hebben de Glanshaverhooilanden een hoger totaal wortelgewicht dan de Kamgrasweiden en Beemdgras-Raaigrasweide (figuur 4.12). Het onderscheid is niet sterk: alleen de twee uiterste waarden voor de Gemeenschap met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens* en het Lolio-Cynosuretum met *Ranunculus bulbosus* (LCYr) zijn significant verschillend. De gemiddelde totale wortellengte per gemeenschap geeft het volgende beeld (figuur 4.11). Grote wortellengtes komen voor in de relatief soortenarme Kamgrasweide met *Geranium molle* (LCYg) en het soortenrijke Glanshaverhooiland ARRb (*Arrhenatheretum elatioris*, Subgroep B, *brizetosum*), en relatief lage in het soortenarm Glanshaverhooiland (ARRf en ARRc), de Beemdgras-Raaigrasweide (POO) en de Kamgrasweide met *Ranunculus bulbosus* (LCYr). het verschil is significant. Ook het *Arrhenatheretum elatioris* met *Festuca pratensis* en *Origanum vulgare* (ARRo) heeft een significant grotere wortellengte dan LCYr en ARRf. De grote wortellengte in de relatief soortenrijke Glanshaverhooilanden ARRb en ARRo gaat samen met een hoog wortelgewicht. Dit duidt op aanwezigheid van veel dunne maar ook dikke wortels in deze gemeenschappen. De specifieke wortellengte (tabel 4.3) is dan ook hoog. De Kamgrasweide met *Geranium molle* (LCYg) en de Kamgrasweide met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense* (LCYf) worden gekenmerkt door aanwezigheid van voornamelijk veel dunne wortels (grote wortellengte maar laag wortelgewicht; relatief hoge SWL, zie tabel 4.3). De beide soortenarme Glanshaverhooilanden ARRf en ARRc hebben vooral dikke wortels. Hier gaat een kleine wortellengte samen met een hoog wortelgewicht. De SWL is hier laag. De relatief soortenrijke Kamgrasweide met *Ranunculus bulbosus* (LCYr) heeft een kleine wortellengte en een laag wortelgewicht. Dit kan duiden op een overgangstadium met aanwezigheid van



Figuur 4.11 Gemiddelde cumulatieve (0-50 cm) wortellengte (m/dm²) per gemeenschap in 1994



Figuur 4.12 Gemiddelde cumulatieve wortelgewicht (g/dm² in 50 cm) per gemeenschap in 1994

Tabel 4.3 SWL, SWR, totale wortellengte (WLT) en -gewicht (WGT) per gemeenschap; gemiddelden die geen enkele letter gemeenschappelijk hebben verschillen significant ($p < 0,05$)

gem. n	LCYg 10	LCYr 8	LCYf 9	POO 11	ARRf 2	ARRc 6	ARRo 2	ARRb 2
SWL (m/g)	322 ^{cd}	250 ^b	290 ^{bc}	280 ^b	225 ^{ab}	178 ^a	244 ^{ab}	293 ^{bc}
SWR (g/g)	0,7	0,8	0,8	0,97	0,97	0,89	0,51	0,42
WLT (m/5dm ³)	2080 ^c	1385 ^a	1890 ^{abc}	1570 ^{ab}	1460 ^a	1765 ^{ab}	1915 ^{bc}	2340 ^c
WGT (g/5dm ³)	6,7 ^{ab}	5,75 ^a	6,75 ^{ab}	6,25 ^{ab}	11,4 ^c	8,6 ^{bc}	8,15 ^{abc}	8,25 ^{abc}

relatief weinig en voornamelijk dunne wortels. Hetzelfde geldt ook voor de soortenarme **Beemdgras-Raaigrasweide** (POO): ook hier is de wortellengte klein en het wortelgewicht laag. Het verschil in spruit-wortelratio (SWR, zie **tabel 4.3**) tussen de gemeenschappen is niet significant. De waarde is relatief hoog in POO en ARRf en laag in ARRo en ARRb, duidend op een lage investering in wortels in de bemeste **Beemdgras-Raaigrasweide** en de **Gemeenschap met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens***. In de soortenrijke Glanshaverhooilanden ARRo en ARRb is investering in wortels juist hoog.

Het verschil in wortellengte manifesteert zich vooral in de laagjes van 0-3 cm, 3-6 cm en 10-15 cm diepte. In de eerste laag heeft LCYg een significant ($p < 0,002$) grotere wortellengte dan LCYr, ARRc, en POO; ARRb groter dan POO; LCYf groter dan ARRc en POO. De relatief soortenarme Kamgrasweide (LCYg) wordt dus gekenmerkt door een hoge wortellengte in laag 0-3 cm. In de laag 3-6 cm heeft alleen het soortenrijke Glanshaverhooiland (ARRb) een significant grotere wortellengte ($p < 0,05$) dan de meeste andere gemeenschappen (ARRf, ARRc, LCYr, POO en LCYf). Verder is alleen de wortellengte in laag 10-15 cm in de relatief soortenarme Kamgrasweiden LCYg en LCYf, en de soortenrijke Glanshaverhooilanden ARRb en ARRo significant groter dan de wortellengte in LCYr. Het verschil in wortelgewicht is vooral merkbaar op een diepte van 6-10 cm (de Glanshaverhooilanden ARRf, ARRc ARRo en ARRb hebben een hoger wortelgewicht dan de Kamgrasweide LCYr), 10-15 cm (ARRb heeft een hoger gewicht dan LCYr, ARRc een hoger gewicht dan in de andere gemeenschappen) en 15-20 cm (ARRf > andere gemeenschappen). In laag 40-50 is het wortelgewicht in ARRf significant groter dan in de overige gemeenschappen. De **Gemeenschap met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens*** heeft kennelijk ook in diepere lagen dikke wortels.



Bemest weiland: hoge productie



Onbemest: lagere productie (en hogere worteldichtheid)



Bemest (na eerste snede beweid)



*Onbemest: lagere productie, hogere worteldichtheid, **Akkerdistel** weg*

4.5 Nutriëntenhuishouding

Beheersvormen

Van de bemeste en onbemeste beheersvarianten en van de referentiedijken zijn over n locaties de gemiddelde waarden van verschillende chemische parameters in bodem, gewas en wortels berekend. In **tabel 4.4** zijn deze waarden weergegeven. Wanneer een parameter verschilt tussen de variant met bemesting en de variant die gedurende 4 jaar geen bemesting heeft gehad, mag dat worden opgevat als een toe-of afname van die parameter ten gevolge van extensivering.

De waarde voor beschikbaar mineraal-N in de bodem ($N_{min} = N-NO_3 + N-NH_4$, zie **tabel 4.4**) is in de hooivariant zonder bemesting ("HE") significant lager dan in de hooivariant met bemesting ("HI"). Ook in de varianten "HH" (onbemest hooien op voorheen beweide dijken) en "he" (referentiedijk) worden relatief lage waarden gevonden, maar de verschillen zijn noch in de vergelijking tussen bemeste en onbemeste varianten, noch in een onderlinge vergelijking van beheersvormen, significant. Het gehalte aan direct beschikbaar Na (N_{as}) is laag in "he" (referentie). Direct beschikbaar K (K_s) is relatief hoog in de bemeste ("HI") en onbemeste ("HE") hooivariant. De C-N-verhouding is in de onbemeste hooivariant "HH" significant hoger dan in de bemeste weidevariant "I". De resultaten wijzen op een afname van beschikbaar N in de onbemeste hooivariant "HE" ten opzichte van de bemeste variant, en een toename (ophoping) van organisch materiaal in de onbemeste variant "HH" ten opzichte van de bemeste variant "I". Verder zijn de gehalten aan N-totaal (N_{totb}) en P-totaal (P_{totb}) in de bodem van de referentiedijk "he" relatief laag. In de onbemeste beweide varianten "WW" en "HW" worden significant hogere waarden voor P-totaal gemeten.

In gewas en wortels is het gehalte aan N-totaal (respectievelijk N_{totg} en N_{totw}) in de onbemeste hooivariant "HH" significant lager dan in de bemeste weidevariant "I" (zie **tabel 4.4**). In de andere beheersvarianten is er geen verschil in deze parameter tussen de bemeste en onbemeste vorm. Evenals bij andere parameters als soortenaantal, kruidenbedekking, wortelgroei en biomassa-productie het geval is, geldt ook nu dat een effect van 4 jaar extensivering, namelijk een afname van N in gewas en wortels, vooral merkbaar is in de onbemeste hooivariant op voorheen beweide dijken ("HH"). Het gehalte aan P-totaal in gewas en wortels verschilt niet tussen bemeste en onbemeste varianten.

De parameters zijn uitgedrukt in $g \cdot kg^{-1}$, wat kan worden opgevat als het percentage van de totale productie $\times 10$. Uitgedrukt in g/m^2 zijn N_{totg} (6,13 in "HH" en 8,5 in "I", en 6,0 in "HW" en 8,3 in "I"), P_{totg} (1,2 in "HW" en 1,7 in "I"), K_g (28 in "HE" en 54 in "HI"), en N_{ag} (2,9 in "HW" en 5,8 in "I", 2,4 in

Tabel 4.4 Chemische parameters in bodem, wortels en gewas in bemeste en onbemeste beheersvarianten (* = verschil met bemeste variant "I" of "HI" significant $p < 0,05$)

parameter	I	HH	I	HW	I	WW	HI	HE	he
n	13	13	16	16	15	15	9	8	3
bodem (mg/kg)									
Nmin	18,3	15,2	20,4	18,7	23,4	21,4	23,1	16,3*	17,1
Ks	65	64	49	56	54	74	101	102	74
Nas	47	51	57	62	38	47	37	37	24
C_N r.	10,9	13,6*	11,2	11,3	10,9	10,8	11,5	11,2	10,7
bodem_destructie (g/kg)									
Ntotb	2,1	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4	2,3	2,2	1,9
Ptotb	0,6	0,6	0,63	0,64	0,7	0,7	0,64	0,59	0,43
Kb	5,8	5,8	5,7	6,1	6,6	6,8	8,9	8,2	6,0
gewas (g/kg = % x10 van totale productie)									
Ntotg	13,8	12,1*	13,5	13,3	13,9	13,2	12,6	14,0	13
Ptotg	2,7	2,6	2,7	2,6	2,82	2,86	2,7	2,6	1,9
Kg	68	73	67	69	64	71	74	54	61
wortels (g/kg = % x10 van totale productie)									
Ntotw	12,6	11,2	-	-	12,9	12,0	11,4	10,1	8,9
Ptotw	1,5	1,4	-	-	1,6	1,7	1,1	1,2	0,9
Kw	2,7	2,9	-	-	2,8	2,8	3,6	3,4	2,9

"WW" en 5,5 in "I") significant kleiner en de hoeveelheid K in wortels (Kw, 2,0 in "HH" en 1,5 in "I") significant groter in de onbemeste varianten dan in de bemeste varianten. Deze verschillen worden beïnvloed door een afname van bovengrondse en een toename van de ondergrondse productie. Het uitdrukken van de parameters als percentage van de totale hoeveelheden gewas en wortels geeft een beter inzicht in de mate van vershraling of nutriëntenaafvoer. Uit onderlinge vergelijking van de gewas- en wortelparameters per beheersvorm blijkt dat op de minstens 20 jaar onbemeste referentiedijk "he" het gehalte aan N (Ntotw) en P (Ptotw) in de wortels lager is dan in de beweide varianten "I" en "WW". Dit stemt overeen met het verschil in specifieke wortellengte tussen deze beheersvarianten. Veel dunne wortels zoals in "I" en "WW" duiden op een hoger N- en P-metabolisme in vergelijking met het uit dikke en dunne wortels bestaande wortelpakket van "he". De lagere waarde voor N-totaal in de onbemeste variant "HH" wijst op de overgang naar een lager N-metabolisme. In het gewas is alleen het P-gehalte (Ptotg) significant lager in "he". Het N-gehalte (Ntotg) verschilt niet ten opzichte van de andere varianten.

Tabel 4.5 Chemische parameters in bodem, wortels en gewas per gemeenschap; abc = waarden die geen enkele letter gemeenschappelijk hebben verschillen significant

parameter	LCYg	LCYr	LCYf	POO	ARRf	ARRc	ARRo	ARRb	ARRr	
bodem (mg/kg)										
n	28	16	18	20	5	10	5	3	3	
p<0,001	Nmin	19,9 ^b	19,9 ^b	10,7 ^a	21,2 ^{bc}	22,8 ^{bc}	22,6 ^{bc}	15,6 ^{ab}	17,4 ^{ab}	29,7 ^c
p<0,001	Ks	49 ^a	50 ^a	60 ^{ab}	68 ^b	151 ^{cd}	102 ^c	116 ^{cd}	77 ^{abc}	173 ^c
p<0,001	Nas	67 ^b	31 ^a	78 ^b	21 ^a	30 ^{ab}	21 ^a	33 ^{ab}	20 ^{ab}	30 ^{ab}
p<0,05	C_N r.	11 ^{ab}	12 ^{ab}	14 ^c	11 ^{ab}	11 ^{ab}	11 ^{ab}	11 ^{ab}	10 ^a	11 ^{abc}
bodem_destructie (g/kg)										
p<0,001	Ntotb	2,6 ^{bc}	2,0 ^a	1,8 ^a	2,0 ^a	3,1 ^c	2,1 ^a	2,1 ^a	2,1 ^{ab}	3,4 ^d
p<0,001	Ptotb	0,8 ^{cd}	0,5 ^a	0,5 ^a	0,6 ^{ab}	0,9 ^d	0,7 ^{bc}	0,6 ^{ab}	0,4 ^a	0,8 ^{bcd}
p<0,001	Kb	6,3 ^{ab}	5,4 ^a	5,1 ^a	7,0 ^{bc}	9,2 ^d	8,9 ^d	8,8 ^{bcd}	6,1 ^a	13,9 ^e
gewas (g/kg = % x10 van totale productie)										
n	15	13	12	16	2	5	3	3	1	
n.s.	Ntotg	12,3	14,8	13,8	13,0	11,0	12,6	12,5	13,1	11,5
p<0,01	Ptotg	2,9 ^c	2,6 ^{bc}	2,7 ^{bc}	2,5 ^b	2,7 ^{bc}	2,6 ^{bc}	2,7 ^{bc}	1,7 ^a	2,6 ^{bc}
p<0,05	Kg	7,8 ^b	5,7 ^a	6,7 ^{ab}	6,8 ^{ab}	8,7 ^b	7,0 ^{ab}	6,8 ^{ab}	6,1 ^{ab}	7,6 ^{ab}
wortels (g/kg = % x10 van totale productie)										
n	14	5	8	8	2	4	3	2	-	
p<0,005	Ntotw	13,1 ^c	12,1 ^{bc}	11,0 ^{ab}	11,5 ^{ab}	10,0 ^{ab}	10,0 ^{ab}	9,4 ^a	9,1 ^a	-
p<0,001	Ptotw	1,8 ^c	1,6 ^{bc}	1,3 ^{ab}	1,2 ^{ab}	1,2 ^{ab}	1,1 ^a	1,1 ^a	0,9 ^a	-
n.s.	Kw	3,0	3,3	3,0	2,9	2,1	2,6	3,0	3,3	-

Plantengemeenschappen

De bevindingen stemmen overeen met de waarden van chemische parameters berekend voor de diverse gemeenschappen (tabel 4.5). In de Kamgrasweide-varianten (LCYg en LCYr) bevatten de wortels significant meer N (Ntotw) en P (Ptotw) dan in de soortenrijkere Glanshaverhooilanden (ARRo en ARRb). Ook dit wijst op de lagere turnover van nutriënten in de relatief soortenrijke Glanshaverhooilanden, die samenhangt met de aard van het wortelstelsel. Dit bestaat uit veel dikke wortels of uit dikke én dunne wortels (grote wortellengte en hoog wortelgewicht), waarin meer plantenmateriaal in de vorm van suikers is vastgelegd. In het voornamelijk uit dunne wortels bestaande wortelpakket van de Kamgrasweide-varianten (grote wortellengte en laag wortelgewicht) is dit niet het geval.

De hoeveelheid N in het gewas (Ntotg) verschilt niet significant tussen de gemeenschappen. Het P-gehalte (Ptotg) is laag in het soortenrijke *Arrhenatheretum elatioris brizetosum* (ARRb), en het gehalte aan kalium (Ktotg) is hoog in het soortenarme *Lolio-Cynosuretum met Geranium molle* en de soortenarme Gemeenschap met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens*. In de bodem worden hoge waarden gevonden voor N-totaal (Ntotb) en P-totaal (Ptotb) in de Kamgrasweide met *Geranium molle* (LCYg), de Gemeenschap met

Festuca arundinacea en *Elymus repens* (ARRf) en het verruigde Glanshaverhooiland met *Arrhenatherum elatius* en *Heracleum sphondylium* (ARRr), duidend op de relatief hoge voedselrijkdom in deze gemeenschappen. De waarden voor N- en P-totaal zijn laag in de soortenrijke Glanshaverhooilanden *Arrhenatherum elatioris* met *Festuca pratensis* en *Ornithopus vulgare* (ARRo) en *Arrhenatherum elatioris brizetosum* (ARRb), het Lolio-Cynosuretum met *Ranunculus bulbosus* (LCYr) en het fragmentair Lolio-Cynosuretum met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense* (LCYf). Ook de Beemdgras-Raaigrasweide wordt gekenmerkt door lage waarden voor deze parameters, maar de waarde voor direct beschikbaar N (N-min) is wel relatief hoog in deze gemeenschap. K-totaal is ook relatief hoog in de Beemdgras-raaigrasweide evenals in de soortenarme Glanshaverhooilanden (ARRf, ARRc, ARRr). N-mineraal is verder alleen laag in de relatief soortenrijke Glanshaverhooilanden (ARRo en ARRb) en in het fragmentaire Lolio-Cynosuretum met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense* (significant). De hoge C-N ratio in deze gemeenschap en de lage N-waarden duiden op ophoping van organisch materiaal en een lage mineralisatiegraad in deze gemeenschap. Beschikbaar kalium (Ks) is vooral hoog onder de Glanshaverhooilandgemeenschappen, met uitzondering van de soortenrijke variant (ARRb). Hoge waarden voor beschikbaar Na (Nas) in de bodem worden gemeten in de Kamgrasweide met *Geranium molle*, en de Kamgrasweide met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense*. Dit hangt mogelijk samen met zoutdepositie op de dijken waar deze gemeenschappen voornamelijk voorkomen (respectievelijk Eemshaven/Lauwersmeer en Hondsbossche Zeewering).

4.6 Correlaties

Om het verband tussen doorworteling en korrelgroottesamenstelling, zodedichtheid en chemische samenstelling van bodem, gewas en wortels te onderzoeken, zijn voor de verschillende in 1994 gemeten parameters de Pearson-correlatiecoëfficiënten berekend (tabel 4.6). Daarbij zijn alleen parameters met een significante correlatie weergegeven. Voor de gehalten lutum, zand en silt en de bedekking is eerst een arcsinustransformatie uitgevoerd.

Uit de berekening blijkt dat het *wortelgewicht* (WGT) negatief gecorreleerd is met het zandgehalte ($r = -0,37$) en dan vooral in de lagen op 3-6 cm (WG2, $r = -0,43$) en 10-15 cm diepte (WG4, $r = 0,38$). Bovendien is het wortelgewicht op een diepte van 10-15 cm (WG4), 20-30 cm (WG6) en 30-40 cm (WG7) positief gecorreleerd met het lutumgehalte ($r =$ resp. 0,48, 0,41 en 0,37). De dikkere wortels komen in het onderzochte gebied, zoals al eerder is geconstateerd, op de zwaardere kleibodems voor, en dringen ook tot de diepere lagen door. Het is de vraag of dit een effect is van textuur of beheer. Ook bestaat er een negatieve correlatie tussen het wortelgewicht (WGT) en het N-gehalte in wortels (Ntotw, $r = -0,44$). Dit geldt met name voor laag 3-6 cm -mv ($r = 0,47$), 6-10 cm -mv ($r = -0,53$) en 10-15 cm -mv ($r = -0,45$). In dikkere wortels is het N-gehalte relatief laag. Er is een lager N- en P- metabolisme en meer opslag in de vorm van suikers en investering in transportsysteem bij langere dikke wortels.

Specifieke wortellengte (WSP) is gecorreleerd met zandgehalte ($r = 0,45$), bedekking ($r = 0,49$), open-plekgrootte (OPG, $r = -0,49$) spruitdichtheid (RICO, $r = -0,39$) en N-totaal in wortels (Ntotw, $r = 0,42$). Graslandtypen met een hoge specifieke wortellengte en dus relatief veel dunne wortels met een laag wortelgewicht, komen op de meer zandige dijken in Noord-Nederland voor. Dit is in overeenstemming met de hierboven beschreven negatieve correlatie tussen wortelgewicht en zandgehalte. Een hoge specifieke wortellengte met relatief veel dunne wortels, zoals in de Kamgrasweidevarianten, of veel dikke én dunne wortels, zoals in de soortenrijke Glanshaverhooilanden, gaat samen met een hoge bedekking, kleine open plekje en hoge spruitdichtheid. Dit wijst op het belang van doorworteling voor de zodedichtheid. We zien dat ook *wortellengte* in de laag 0-3 cm (WL1) sterk positief is gecorreleerd met bedekking ($r = 0,54$, $p < 0,001$), en negatief met open plek grootte (OPG, $r = -0,61$) en RICO ($r = -0,63$). Een negatieve correlatie met de richtingscoëfficiënt betekent een positieve correlatie met spruitdichtheid. Doorworteling van de bovenlaag blijkt dus sterk samen te hangen met zodedichtheid in termen van spruitbezetting, grootte van open plekje en spruitdichtheid. Wanneer spruiten dicht bij elkaar staan is er veel *overlap* in wortelgroei van buren. Hierdoor ontstaat juist in de bovenste 1-3 cm van de bodem een dicht wortelnetwerk.

Tabel 4.6 *Correlatie van doorworteling met bodemsamenstelling, zode-dichtheid, spruit/wortelratio, N-gehalte in bodem en wortel (correlatie significant * = $p < 0,01$, ** = $p < 0,001$, $n = 37$)*

	LUT	ZAND	SILT	BED	OPG	RICO	SWR	NMIN	NTOTW
WLT	.1053	.0785	-.0693	.2025	-.3187	-.3733	-.4661*	-.2920	-.1465
WGT	.1863	-.3698*	.3656	-.3560	.2191	.0999	-.3469	-.2790	-.4402*
WSP	-.2446	.4506*	-.3759	.4861**	-.4903**	-.3898*	.1742	-.0186	.4169*
WL1	-.2095	.3536	-.2766	.5424**	-.6086**	-.6288**	-.3551	-.4006*	.0957
WL2	.1142	-.0327	.0442	.1285	-.2209	-.2766	-.5589**	-.2586	-.2073
WL3	.2075	-.1489	.1256	-.0621	-.0209	-.1100	-.5294**	-.0711	-.3623
WL4	.2594	-.1132	.1016	-.0693	-.0160	-.0754	-.2835	-.0001	-.2346
WL5	.1410	.0273	-.0107	-.0472	-.0746	-.1403	-.2451	-.1680	-.1664
WL6	.2540	-.0367	-.0043	-.0181	-.0821	-.1426	-.2309	-.0764	-.1937
WL7	.3304	-.1206	.0419	-.0867	-.0305	-.0515	-.2634	-.1205	-.1242
WL8	.2582	-.0946	.0380	-.0981	-.0107	-.0273	-.2396	-.2398	-.1668
WG1	.1352	-.0656	.0490	.0284	-.1855	-.2682	-.4625*	-.3797*	-.1972
WG2	.1117	-.4309*	.4267*	-.3007	.2244	.0975	-.5043*	-.1147	-.4674*
WG3	.2603	-.3642	.3298	-.3462	.2926	.1576	-.3883	-.0853	-.5319**
WG4	.4766**	-.3808*	.3305	-.3182	.2699	.1819	-.3178	.0288	-.4489*
WG5	-.0659	-.2538	.3041	-.3543	.2800	.2085	-.0008	-.1691	-.2228
WG6	.4101*	-.2348	.1617	-.1436	.1211	.0694	-.1989	.0306	-.3284
WG7	.3745*	-.2149	.1472	-.2058	.1928	.2021	-.1914	-.0150	-.2558
WG8	-.0399	-.2786	.3152	-.4035*	.2919	.2262	.0268	-.2336	-.2163

De samenhang tussen een hoog N-gehalte in wortels en hoge specifieke wortellengte heeft te maken met de hoge wortelturnover en het hoge N-metabolisme bij dunne wortels.

Er is een negatieve correlatie van *wortellengte* en *wortelgewicht* op een diepte van 0-3 cm (WL1 en WG1) met mineraal-N in de bodem (Nmin, $r = -0,40$, respectievelijk $-0,38$). In de bovenlaag van de bodem zijn de waarden voor wortellengte en wortelgewicht bij een hoge N-beschikbaarheid laag.

De *wortellengtes* op een diepte van 3-6 cm (WL2) en 6-10 cm (WL3) en *wortelgewichten* op een diepte van 0-3 cm (WG1) en 3-6 cm (WG2) zijn negatief gecorreleerd met de spruit-wortelverhouding (SWR $r = -0,56$ en $r = -0,53$). De uitbreiding van de wortelhoeveelheid ten koste van de investering in bovengrondse biomassa vindt blijkbaar plaats in dit traject van het doorwortelde profiel.

4.7 Discussie

De jaarproductie van 5 ton droge stof per ha ($500 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) in het onbemeste soortenrijke glanshaverhooiland (referentiedijk) komt overeen met de productie van al minstens 30 jaar onbemest vlak grasland (Bakker 1989, Oomes 1990, Olff & Bakker, 1991, Berendse et al, 1992). De jaarproductie van ca. 10 ton per ha in de bemeste dijkvakken (piekproductie vermeerderd met 26 % hergroei) ligt iets onder het niveau van bemest vlak grasland (10-12 ton per ha.) Mogelijk dat de vochtvoorziening gedurende de zomerperiode een hogere productie op dijken beperkt. De piekproductie in de geëxtensiverde vakken daalt binnen de proefperiode gemiddeld tot een niveau van 5-6 ton per ha. Op jaarbasis is dat 6,5-7,5 ton. In proefvakken in het Drentse A gebied met een verschillende duur van de periode na het stoppen van bemesting is eenzelfde niveau bereikt, dat na 14 jaar niet verder is gedaald (Olff & Bakker 1991). In een verschralingsexperiment in grasland op klei-op veen (Berendse et al., 1992) is de productie na 30 jaar hooibeheer zonder bemesting gedaald tot $7\text{-}8 \text{ ton per ha}\cdot\text{j}^{-1}$. De gemiddelde productie in onbemeste dijkvakken is dus in betrekkelijk korte tijd afgenomen tot een niveau, dat in verschralingsexperimenten in vlak grasland pas na een langere periode wordt bereikt en dan verder nauwelijks meer daalt. Voor ontwikkeling van soortenrijk grasland en vestiging van nieuwe soorten geldt een peak standing crop van maximaal 4 ton (Olff & Bakker 1991). Hoewel de productiviteit op dijken iets lager is in vergelijking met vlak grasland, en na het stoppen van bemesting in vrij korte tijd daalt tot het niveau van 15-30 jaar verschraald grasland, is het de verwachting dat een structurele productieverlaging tot op het niveau van de referentiedijken pas na langere tijd wordt gehaald.

Sterke schommelingen in de productie geven aan dat vanuit de aanwezige N-voorraad bij voldoende vocht mineralisatie en N-levering optreedt. Dit betekent dat in een periode met lage vochtvoorziening op dijken door verminderde afvoer van biomassa verschraling nauwelijks plaats vindt. Op de soortenrijke referentiedijken met een extensief beheer gedurende minimaal 15-20 jaar blijft de productie constant over de jaren en is ongevoelig voor microklimaatsschommelingen en weersinvloeden. De bodem is hier kennelijk voldoende verschraald om een stabiel evenwicht te krijgen tussen bodem en vegetatie. De biomassa wordt niet van tijd tot tijd door nalevering verhoogd. In dit verband moet bij de beoordeling van grasland op dijken ook op het aantal jaren na inzaaien worden gelet.

Vergelijking van de worteldichtheid in onbemeste proefvakken met de worteldichtheid in bemeste vakken per beheersvorm, geeft informatie over het effect van extensivering. De veranderingen manifesteren zich vooral op dieptes van 3-6 cm, 6-10 cm en 10-15 cm. Een hooibeheer zonder bemesting op voorheen beweide dijken (variant "HH") vertoont daarbij het meeste effect: wortellengte

en wortelgewicht nemen significant toe op een diepte van 6-10 cm. Ook Olff (1994) vond een toename van de ondergrondse biomassa na het stoppen van bemesting in hooiland. In de onbemeste weidevariant "WW" (2 x weiden) en de onbemeste hooivariant "HE" (1-2x hooien) neemt ten opzichte van de bemeste varianten "I" (periodiek weiden) en "HI" (2x hooien) alleen de wortellengte toe op een diepte van respectievelijk 10-15 cm en 3-10 cm. Het wortelgewicht verandert hier niet significant. In hoeverre de gewichtstoename van de wortels in variant "HH" het directe gevolg is van de overgang van weiden naar hooien is moeilijk aan te geven. Door het hooien wordt relatief het sterkst verschaald (afvoer van nutriënten) wat de afname van voedselrijkdom in de bodem ten gevolge van stoppen van bemesting en het effect daarvan op wortellengte kan versterken. Door het hooibeheer wordt de zode minder dicht, zodat andere soorten met een andere wortelgroei karakteristiek zich kunnen vestigen (Bakker 1989). Ook kan doordat bovengrondse plantedelen minder frequent worden verwijderd meer investering in wortels plaats vinden, waardoor diktegroei optreedt.

De gemeten toename van de doorworteling is in overeenstemming met de toename en afname in dominantie van soorten. *Lolium perenne*, indicatief voor kleine wortelhoeveelheden en hoge wortelturnover, neemt af na het stoppen van bemesting, en *Festuca rubra*, indicatief voor grote wortelhoeveelheden en lagere biomassa-turnover, neemt toe.

Bij de onderlinge vergelijking van de doorworteling in de verschillende beheersvormen in 1994, zijn wel verschillen tussen de bemonsterde laagjes aangetoond, maar de totale wortellengte en het totale wortelgewicht verschillen niet significant. Voor de wortellengte is de mestgift onderscheidend: in de onbemeste varianten "he" en "HH" is de wortellengte op een diepte van 3 - 10 cm groter dan de bemeste weidevariant "I" en bemeste hooivariant "HI". Het wortelgewicht op een diepte van 6-10 cm en 20 - 30 cm is in de gehooide varianten hoger dan in beweide varianten. Hooien lijkt dus vooral van invloed te zijn op wortelgewicht, terwijl het nutriënteniveau in de bodem bepalend is voor de wortellengte. Relatief veel dunne wortels met een hoge turnover in de bovenste laag van het profiel komen vooral in beweide systemen voor. Dit is in overeenstemming met het onderzoek van Fiala & Studeny (1988): intensieve beweiding leidt tot een oppervlakkige doorworteling met een korte levensduur van de wortels. Het is de vraag in hoeverre het voorkomen van dikke wortels op de meer zwaardere bodems een effect is van textuur of beheer. Het is mogelijk dat soorten met dikke wortels bij voorkeur op zware klei groeien of dat soorten op zware klei dikkere wortels maken. Maar anderzijds kunnen de hoge wortelgewichten op siltrijke bodems in Zeeland het gevolg zijn van het hooibeheer, en de lage wortelgewichten op bodems met een hoog zandgehalte in Noord-Nederland het gevolg van de beweiding.

De specifieke wortellengte (lengte/gewicht) is een goede maat voor de aard van het wortelpakket: de lage SWL-waarden en hoog wortelgewicht zoals in de bemeste en onbemeste hooivariant ("HI", "HE") duiden op aanwezigheid van dikke wortels. Hoge SWL-waarden en lage wortelgewichten (in de bemeste weidevariant "I" en onbemeste hooien-weidenvariant "HW") impliceren de aanwezigheid van veel dunne wortels. De hoge waarden voor SWL in combinatie met een hoog wortelgewicht (in het soortenrijk hooiland "he" en de gehooide, onbemeste variant "HH", duidt op aanwezigheid van zowel dunne als dikke wortels.

Het verloop van de worteldichtheid (in m.dm^{-3}) met de diepte verschilt significant tussen de onbemeste hooivariant "HH" en de bemeste weidevariant "I". Onder invloed van verschraling neemt door een toename van de wortellengte de worteldichtheid met de diepte minder snel af. In het soortenrijke grasland van de referentiedijken ("he"), gekenmerkt door een lage voedselrijkdom in de bodem, vertoont de doorworteling een nog geringere afname met de diepte. Het nutriënteniveau in de bodem is van belang voor dit verloop: bij een laag nutriëntengehalte is het verloop minder steil en het profiel gelijkmatiger doorworteld. Extensivering van het beheer kan dus al op korte termijn leiden tot een verbetering van de doorworteling door een toename van wortels op een diepte van 5-10 cm en een gelijkmatiger verdeling over het profiel. Vanwege de positieve invloed van wortelgroei op de bodemstabiliteit is een toename van de erosiebestendigheid van grasland door een dergelijke verbetering aannemelijk. Het verschil in wortellengte tussen de bemeste en onbemeste hooivarianten "HI" en "HE" op een diepte van 3-10 cm, komt (nog) niet tot uitdrukking in de berekening van het wortelprofiel. Het verloop in de onbemeste varianten "HW" (hooien met nabeweiding) en "WW" (2 x weiden) verschilt weinig van elkaar en van dat van de bemeste, beweede variant "I". Hoewel de eerste snede wordt gehooid heeft variant "HW" tot nu toe de eigenschappen van weiland. Verschillen in wortelprofiel tussen beheersvormen worden vooral veroorzaakt door verschillen in wortelhoeveelheid op een diepte van 3-15 cm. Berekening van de *procentuele verdeling* van de totale hoeveelheid wortels in 0-50 cm over laagjes van 10 cm, gaat aan deze verschillen voorbij. In dit opzicht verschaft het met het model berekende wortelverloop meer nauwkeurige informatie over de wortelverdeling.

Bij de vergelijking van de worteldichtheden per gemeenschap is het goed te bedenken dat de vegetatie nog in ontwikkeling is. Na 4 jaar extensief beheer, bestaan de onderscheiden plantengemeenschappen uit opnamen van zowel bemeste als onbemeste proefvakken. De soortenarme Beemdgras-Raaigrasweide bijvoorbeeld bestaat voor een groot deel uit bemeste opnamen, maar ook een aantal sinds 1991 onbemeste opnamen worden nog tot dit type gerekend.

Vergelijking van een parameter per beheersvorm geeft informatie over het effect van beheer. Vergelijking per gemeenschap geeft een omschrijving die past bij een karakteristieke soortencombinatie. Bij voortzetting van het extensieve beheer en een verdergaande verschraling treden mogelijk verdergaande verschuivingen op in de toekenning van opnamen (inclusief de daarin gemeten parameters) aan gemeenschappen.

Vergelijking van de worteldichtheden per gemeenschap is het duidelijkst aan de hand van de waarden voor specifieke wortellengte. Soortenrijk Glanshaverhooiland (*Arrhenatheretum elatioris brizetosum*) heeft veel dikke en dunne wortels (hoge waarden voor SWL en wortelgewicht). De **Kamgrasweide met *Geranium molle*** en de **Kamgrasweide met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense*** hebben vooral dunne wortels (hoge SWL, laag wortelgewicht), en de soortenarme Glanshaverhooilanden vooral dikke wortels (lage SWL, hoog wortelgewicht). De **Beemdgras-Raaigrasweide** en de **Kamgrasweide met *Ranunculus bulbosus*** hebben intermediaire SWL-waarden, met zowel een lage wortellengte als laag wortelgewicht, duidend op een lage totale wortelbiomassa. Dit verschil in wortelkarakteristiek heeft mogelijk te maken het verschil in strategie bij de verwerving van nutriënten. Boot (1990) onderscheid twee categorieën: (i) *exploratie* (lage SWL, groot doorworteld bodemvolume, lage worteldichtheid, dunne en dikke wortels, spruitwortelverhouding neemt af bij nutriëntenafname) en (ii) *exploitatie* (hoge SWL, klein doorworteld bodemvolume, hoge worteldichtheid, dunne wortels, SWL neemt toe bij lager nutriënteniveau). De soortenarme Glanshavergemeenschappen zouden wat betreft wortel-eigenschappen horen bij categorie (i) terwijl de relatief soortenarme Kamgrasweiden horen bij categorie (ii). Een hooibeheer leidt dus tot een strategie van exploratie en een weidebeheer tot een strategie van exploitatie van de bodem. Mogelijk wordt het soortenrijke hooiland gekenmerkt door worteleigenschappen die beide strategieën combineren. De gehooide, onbemeste variant "HH" vertoont worteleigenschappen die overeenkomen met soortenrijk hooiland. In die zin leidt extensivering van dijkgrasland op termijn tot een stabiele vegetatie met een goed ontwikkeld wortelpakket.

Na 4 jaar extensivering is verschraling van de bodem gering. Het gehalte aan N-totaal in de bodem is in de onbemeste vakken niet significant gedaald. In de onbemeste hooivariant "HH" is de C/N-verhouding toegenomen en het gehalte aan N-mineraal weinig gedaald. Netto heeft hier accumulatie van organische stof plaats gevonden. Wel is er een significante afname van het N-gehalte in gewas en wortels in de onbemeste hooivariant "HH" ten opzichte van de bemeste weidevariant "I". Dit duidt op een verminderde opname, dus verminderde beschikbaarheid van N. Het gehalte aan N-mineraal (oplosbaar N in NO₃ en NH₄) is gedaald in de onbemeste hooivariant "HE". Ook op referentiedijken is N-mineraal en N-totaal in de bodem niet veel lager dan in de bemeste en on-

bemeste beheersvarianten. Ook het gehalte aan direct beschikbaar K en de C/N verhouding verschillen weinig. Alleen het gehalte P-totaal is op de referentiedijken lager. Kennelijk is er op dijken een aanzienlijke voorraad immobiel N, waaruit in vochtige perioden door mineralisatie nalevering plaats vindt. Dit verklaart de soms onverwacht grote stijging van de productie in onbemeste vakken bij vochtige weersomstandigheden. Verschillen en verschuivingen in hoeveelheden N,P en K in de wortels hebben mogelijk te maken met veranderingen in morfologische en fysiologische strategie van wortels ten gevolge van het extensiveringsproces. Een hoog N-gehalte in wortels komt vooral voor bij dunne wortels met een hoge turnover. De gemeten daling van N-totaal in wortels van variant "HH" heeft mogelijk te maken met de toename van dikkere wortels en een afname van wortelturnover ten gevolge van een verlaagd N-aanbod in de bodem.

Een hoge bedekking en spruitdichtheid gaan samen met een grote wortellengte in de bovenlaag van het profiel. Volgens Matthew et al. (1991) is de overgang spruit-wortel van belang. Spruiten richten zich op aan het begin van het seizoen vanuit het onderliggend wortelpakket. De mate waarin vorming van knopen en stolonen vlak onder het oppervlak plaatsvindt is bepalend voor de spruitdichtheid.

Conclusies

- 1 Niet meer bemesten van zeedijkgrasland leidt bij een beheer van weiden, hooien of hooien met nabeweiding na 5 jaar tot een afname van de bovengrondse biomassa van 10 - 11 ton ha⁻¹.j⁻¹ naar 6,5 - 7,5 ton ha⁻¹.j⁻¹. De productie van onbemest soortenrijk hooiland bedraagt ongeveer 5 ton ha⁻¹.j⁻¹. In vergelijking met verschralingsexperimenten op vlak grasland is een periode van 5 jaar kort. Ten gevolge van verschillen in weersomstandigheden treden van jaar tot jaar grote schommelingen in de productie op.
- 2 Na beëindiging van de bemesting neemt na 4 jaar de doorworteling in zeedijkgrasland toe op een diepte variërend van 3-15 cm. In weiland neemt de wortellengte toe in de laag 10-15cm, in hooiland in de laag 3-10 cm en bij de overgang van (bemest) weiden naar (onbemest) hooien nemen wortellengte en wortelgewicht toe op een diepte van 6-10 cm. In het algemeen geldt: bij bemesting is de wortellengte lager (vooral op 6-10 cm diepte). De wortellengte van langdurig onbemest hooiland (referentie) is in de laag 6-10 cm groter dan de weidevarianten. Hooiland heeft een hoger wortelgewicht dan weiland, onafhankelijk van bemesting. Dit verschil is merkbaar op een diepte van 6-10 cm en 20-30 cm. Het wortelpakket van bemest hooiland bestaat vooral uit dikke wortels (lage

specifieke wortellengte) en bemest weiland uit dunne wortels (hoge specifieke wortellengte). Langdurig onbemest hooiland heeft zowel dikke als dunne wortels. Dit patroon ontwikkelt zich ook bij de overgang van bemest weiden naar onbemest hooien.

- 3 Hooien zonder bemesting op een voorheen beweidde dijk, leidt, in vergelijking met bemest weiland, na 4 jaar tot een minder sterke afname van de wortellengte met de diepte. De wortels zijn gelijkmatiger over het profiel verdeeld. Het verloop vertoont overeenkomst met dat van soortenrijk hooiland. Het wortelverloop in de andere beheersvarianten (hooien, hooien met naweiden, en twee periodes weiden zonder bemesting) verschilt niet met de bemeste variant. Waarschijnlijk is de periode van extensivering nog te kort om hier een effect te zien.
- 4 De productie in 1994 is het hoogst ($8-10 \text{ ton ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$) in de soortenarme Glanshaverhooilanden, iets lager in de soortenarme Kamgrasweiden en Beemdgras-Raaigrasweide ($7-8 \text{ ton ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$), en relatief laag ($5-6 \text{ ton ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$) in het soortenrijke Glanshaverhooiland en de soortenrijkere Kamgrasweide. De mate van doorworteling is hoog in de soortenrijke Glanshaverhooilanden (hoge waarden voor wortellengte en wortelgewicht). De Kamgrasweiden worden gekenmerkt door een grote wortellengte en een laag wortelgewicht (dunne wortels). De relatief soortenrijke Kamgrasweide en de Beemdgras-Raaigrasweide hebben een lage wortellengte en een laag wortelgewicht. In deze laatste gemeenschap is de spruitwortelverhouding hoog, duidend op een lage investering in de wortelgroei. In het soortenrijke Glanshaverhooiland (referentie) is de spruitwortelverhouding laag. De vegetatie is nog in ontwikkeling. Een vergelijking per vegetatietype is zinvol na voortzetting van de extensivering .
- 5 Na 4 jaar extensivering is verschralling van de bodem gering. Door schommelingen in de productie afhankelijk van vochtuishouding op dijken verloopt verschralling langzaam. Wel neemt het gehalte aan N af in gewas en wortels bij de overgang van bemest weiden naar onbemest hooien. Dit duidt mogelijk op een verlaging van de wortelturnover.
- 6 Grasland gekenmerkt door relatief dikkere wortels komt bij een hooibeheer op zwaardere bodems voor. Het N-gehalte in de wortels is laag. Grasland met dunne wortels wordt bij een weidebeheer op meer zavelige bodems aangetroffen. Het hoge N-gehalte duidt op een hoge wortelturnover. Een grote wortellengte in de bovenste 3 cm van de bodem impliceert een hoge bedekking en zodedichtheid.

5 Temporele en ruimtelijke variatie

5.1 Inleiding

Zowel in natuurlijke als beheerde systemen bestaat een grote ruimtelijke en temporele variatie in factoren die plantengroei beïnvloeden (Bell & Lechowicz, 1994). Nutriënten zijn heterogeen verdeeld in de bodem maar over het algemeen niet at random (Robertson & Gross, 1994). Planten vormen de grootste bron van organisch materiaal via wortellexudaten en turnover van fijne wortels. Dit veroorzaakt in ruimte en tijd intensieve immobilisatie of mineralisatie van nutriënten. Hierdoor ontstaat heterogeniteit in nutriëntenaanbod op een temporele schaal van weken en ruimtelijke schaal van enkele centimeters (Stark, 1994). Planten veroorzaken heterogeniteit, en zijn er ook weer afhankelijk van. Het vermogen tot zowel creëren als exploiteren van variatie in nutriëntenaanbod is groter bij soorten van een stabiele vegetatie (Stark 1994).

In dit onderzoek is het van belang te weten hoe groot de ruimtelijke en temporele variatie in vegetatie, bedekking en doorworteling is, en in hoeverre bemeste, relatief instabiele en onbemeste stabiele graslanden van elkaar verschillen. In grasland treedt in de zomer een toename van wortelbiomassa op, parallel aan de toename van de bovengrondse productie (Matthew et al., 1991, Fiala, 1993). De seizoensvariatie in wortelparameters bleek daarbij groot te zijn ten opzichte van verschillen door beheer (Matthew et al. 1991). In dit onderzoek zijn metingen van doorworteling en zodedichtheid steeds in de periode verricht waarin de kans op schade door hoog water groot is (eind van de winter). De doorworteling uit die periode geeft een goed beeld van verschillen tussen gemeenschappen en beheer en mogelijke gevolgen voor de bodemstabiliteit. Toch is het goed de seizoensvariatie in doorworteling te kennen van de verschillende gemeenschappen of van de verschillende beheerde graslandtypen. Het is mogelijk dat verschillen tussen beheersvormen of gemeenschappen fluctueren gedurende het seizoen. Mogelijk verschilt de situatie in november-december, wanneer de kans op hoog water ook groot is, van die in januari-februari. Een ander probleem voor beoordeling van erosiebestendigheid van grasland vormt de ruimtelijke heterogeniteit in zodekwaliteit. Grote, niet begroeide open plekken in grasland of plekken waar veel woekerende planten voorkomen, die afbreuk doen aan de zodekwaliteit, als *Stellaria media* (Vogelmuur), *Cirsium arvense* (Akkerdistel), *Capsella bursa-pastoris* (Herderstasje), *Hordeum murinum* (Kruipertje), zijn gemakkelijk te herkennen. Maar hoe homogeen is de doorworteling en zodedichtheid van een op het oog gesloten begroeiing over een bepaald dijkoppervlak ? Zitten er "zwakke" plekken in een grasmat en bij welk beheer komen deze voor ? Mogelijk is in soortenrijk onbemest grasland, waar

planten onderdeel zijn van en meer stabiele vegetatie, de verdeling van wortels over een bepaald oppervlak minder heterogeen dan in de onstabiele bemeste vegetaties. Om een antwoord te kunnen geven op dergelijke vragen is de ruimtelijke heterogeniteit bepaald van worteldichtheid en bedekking in bemest en onbemest grasland. Ook is gedurende één seizoen de variatie in ondergrondse en bovengrondse productie bepaald in bemest weiland en langdurig onbemest hooiland (referentie).

Vraagstelling

In dit hoofdstuk komen de volgende onderzoeksvragen aan bod:

1. Hoe verloopt de ondergrondse en bovengrondse productie gedurende het seizoen in bemest weiland en onbemest hooiland ?
2. Hoe varieert de doorworteling in de loop van het seizoen in bemest weiland en onbemest hooiland ?
3. Hoe groot is de ruimtelijk variatie in vegetatiesamenstelling en bedekking in longitudinale en transversale transecten van bemest weiland en langdurig onbemeste hooiland ?
4. In hoeverre is er verschil in de ruimtelijke variatie in doorworteling (horizontaal en verticaal) in bemest weiland en langdurig onbemest hooiland ?

5.2 Methode

Voor de bepaling van de temporele variatie in bemest weiland en onbemest hooiland zijn metingen verricht in de bemeste weidevarianten van drie proefvaklocaties en in de proefvakken van drie referentiedijken. Voor het intensieve beheer zijn de volgende locaties geselecteerd (zie ook hoofdstuk 2 voor omschrijving en geografische locatie; ook is de gemeenschap aangegeven waartoe de locatie behoort): Zeeland-Ossensisse (code "ZH-I", *Poo-Lolietum*), Friesland-Boonweg ("FA-I", *Lolio-Cynosuretum met Geranium molle*) en Hondsbossche zeevering ("NH-I", *Lolio-Cynosuretum met Festuca rubra en Cirsium arvense*). Voor het extensieve hooibeheer zijn de volgende referentiedijken bemonsterd: Oudelandse zeedijk (code "ZO-he", *Arrhenatheretum elatioris brizetosum*), Zandkreeksdam ("ZZK-he", *Arrhenatheretum elatioris brizetosum*) en Biezelingse Ham ("ZK-he", *Arrhenatheretum elatioris met Festuca pratensis en Origanum vulgare*). Het onderzoek begon in februari 1992 en liep door tot februari 1993. Elke 6 weken zijn biomassa-, wortel- en bodemvolumemonsters genomen. De biomassa is bepaald door in een permanent vierkant 4x een gewasmonster van 50x50 cm² tot op maaiveld te knippen en het droge stof gehalte te meten (kg·ha⁻¹). In de beweide varianten vindt biomassa-bepaling in een permanent enclosure plaats. Wortelgegevens zijn verzameld door in elk p.q. drie profielsteken tot 50 cm diep in 8 laagjes te steken (0-3 cm, 6-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm en 40-50 cm), en na uitspoeling het wortelgewicht en de wortellengte te bepalen. Voor een uitgebreide beschrijving van de methode bij de bepaling van biomassa en worteldichtheid verwijs ik naar hoofdstuk 4. Bodemvolumemonsters zijn gestoken met een volumegrondboor, waarna het vochtgehalte is bepaald na droging bij 40°C. Per p.q. zijn twee mengmonsters van elk 5 steken genomen. Biomassa en worteldichtheid zijn in de bemeste varianten op binnen- en buitentalud bepaald. Voor de statistische verwerking is gebruik gemaakt van het programma SPSS/PC+ (Norusis 1986). Met behulp van variantie-analyse (ANOVA) eventueel gevolgd door een LSD-toets voor paarsgewijze vergelijking, zijn voor de diverse parameters verschillen tussen periodes en beheersvormen getoetst.

Het onderzoek naar de ruimtelijke variatie is uitgevoerd in voorjaar en zomer van 1993 op dezelfde drie locaties: Zeeland-Ossensisse ("ZH-I"), Friesland-Boonweg ("FA-I") en Oudelandse zeedijk ("ZO-he"). Ook nu worden bemeste plekken ("ZH-I" en "FA-I") vergeleken met een langdurig onbemeste plek ("ZO-he"). Op de locatie Friesland-Boonweg is bovendien de sinds 1991 onbemeste hooivariant (code "FA-HH", gemeenschap *Lolio-Cynosuretum met Ranunculus bulbosus*) onderzocht. Voor bepaling van de ruimtelijke variatie in vegetatiesamenstelling zijn in elke variant 10 Braun-Blanquet opnamen gemaakt langs een 100m

lang traject op het midden van het dijktaalud. Daarnaast zijn opnamen gemaakt langs een transect dwars op de dijk: 3 opnamen op het binnentalud en 2 opnamen op het buitentalud. In de transectopnamen zijn bedekking, open-plek-grootte en spruitdichtheid (RICO) gemeten zoals omschreven in hoofdstuk 3. Voor meting van de variatie in doorworteling zijn op het midden van het binnentalud in een raster van 5 x 5 m² in plotjes van 1 m² wortelboormonsters gestoken in 8 laagjes tot een diepte van 50 cm. In het middelste plotje zijn 5 boringen verricht. In totaal zijn er dus per variant 29 wortelboormonsters genomen. In een variant ("FA-HH") zijn per plotje 2 monsters gestoken met een totaal van 48 boringen in het proefvlak. Om praktische redenen is van deze wortelboormonsters alleen het wortelgewicht per laagje bepaald.

In de plotjes van het raster zijn ook vegetatie-opnamen gemaakt.

De similariteit tussen de transectopnamen en de rasteropnamen is met behulp van het programma DENDRO (Schaffers, 1991) berekend op grond van bedekkingswaarden van de soorten in de opnamen volgens de volgende formule (Sørensen-index):

$$PS_{A,B} = \frac{2 * \sum \min(a,b)}{\sum A + \sum B} * 100 \%$$

Hierbij is $PS_{A,B}$ het percentage similariteit tussen opname A en B, $\min(a,b)$ de kleinste overeenkomstige waarde per variabele tussen A en B en $\sum A$, $\sum B$ de som van de waarden van de variabelen voor A en B. Voor vergelijking van beheersvarianten is per variant de gemiddelde similariteitsindex berekend voor de opnamen van het 100m-transect, het dwarstransect en het raster van 5 x 5 m². Als maat voor de variatie in bedekking, open-plek-grootte, spruitdichtheid en worteldichtheid is per variant de *variatioëfficiënt* (= standaarddeviatie als percentage van het gemiddelde) berekend. Voor analyse van eventuele patronen in de worteldichtheid in het raster van 5 x 5 m² is een toets voor auto-correlatie uitgevoerd (Moran's I). Het verloop van de worteldichtheid (gebaseerd op wortelgewicht) met de diepte, is benaderd met een vereenvoudigde versie van de formule uit hoofdstuk 4, voor het verloop van wortellengte met diepte:

$$y = b * r^x$$

Hierbij staat x voor de diepte van het bemonsterde profiel, y voor het wortelgewicht (g.dm⁻³), b voor de waarde in de bovenlaag en r voor (< 1) het verloop. Hoe lager de waarde voor r , des te groter de afname van het wortelgewicht met de diepte. Met een enkelvoudige variantie-analyse zijn verschillen in r -waarden tussen de 1m²-plotjes wat betreft plaats op het talud getoetst. Vervolgens is per variant de gemiddelde waarde voor r en b berekend met de bijbehorende variatioëfficiënt. Verschillen in gemiddelde r -waarde tussen varianten zijn getoetst met een enkelvoudige variantie-analyse. De analyses zijn uitgevoerd met behulp van het statistisch programma GENSTAT.



Soortenrijk hooiland (februari): hoge worteldichtheid



Soortenrijk hooiland zomeraspect



Soortenarm weiland (Rilland-Bath): ruimtelijk homogeen



Wortels voornamelijk in bovenlaag (0-5 cm)

5.3 Temporele variatie

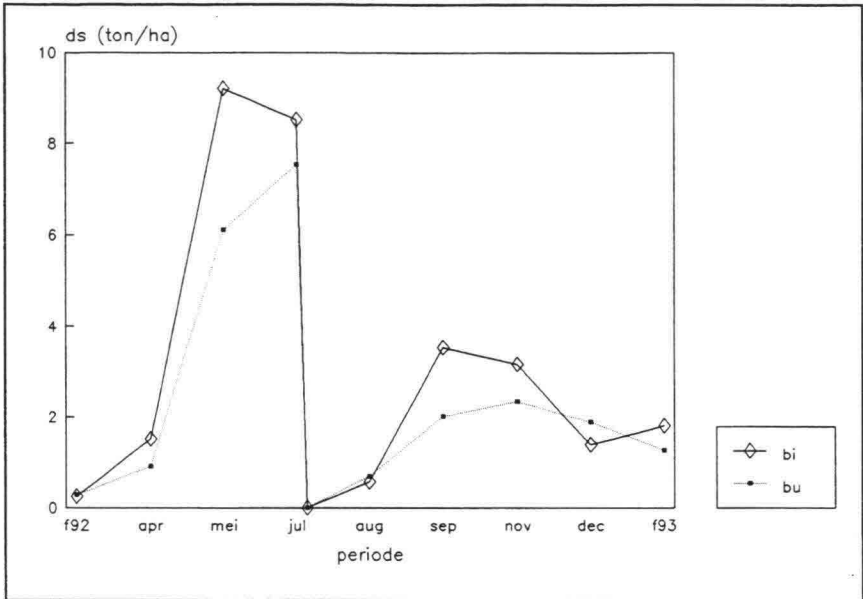
Biomassa

In **figuur 5.1** t/m **5.4** wordt het verloop van de bovengrondse plantengroei weergegeven op de onderzochte locaties. In Zeeland ("ZH-I", **figuur 5.1**) ligt bij een mestgift vroeg in het voorjaar het productiemaximum op het binnentalud in mei terwijl in Friesland ("FA-I", **figuur 5.3**) en Noord-Holland ("NH-I", **figuur 5.2**), waar ook iets later wordt bemest, in juni de grootste productie wordt gehaald, vlak voor het maaien begin juli. Afhankelijk van de mestgift varieert de maximale productie (peak standing crop) op het binnentalud van ongeveer 6,5 ton in Friesland en Noord-Holland tot 9,2 ton droge stof (d.s.) per hectare in Zeeland. Op de locatie in Zeeland en op de Hondsbossche Zeewering ("NH-I") is de maximale productie op het buitentalud lager. Op de locatie in Friesland verschilt de maximale productie niet tussen binnen en buitentalud. Vlak na de meting eind juni is het gewas gemaaid (begin juli), waarna de hergroei in het najaar is bepaald. De maximale hergroei op het binnentalud bedraagt in "ZH-I" 3,5 ton d.s. ha⁻¹, in "NH-I" 2,5 ton d.s. ha⁻¹ en in "FA-I" 1,7 ton d.s. ha⁻¹. Hiermee komt de jaarproductie op het binnentalud voor deze locaties op respectievelijk 12,7 ton d.s. ha⁻¹, 10 ton d.s. ha⁻¹ en 8,5 ton d.s. ha⁻¹. In Friesland en Noord-Holland is de hergroei op het buitentalud groter. Op het buitentalud bedraagt de jaarproductie in ZH-I 8,8 ton d.s. ha⁻¹, in NH-I 7,5 ton d.s. ha⁻¹, en in FA-I 9,8 ton d.s. ha⁻¹. In Friesland is de jaarproductie op het buitentalud groter dan de productie op het binnentalud.

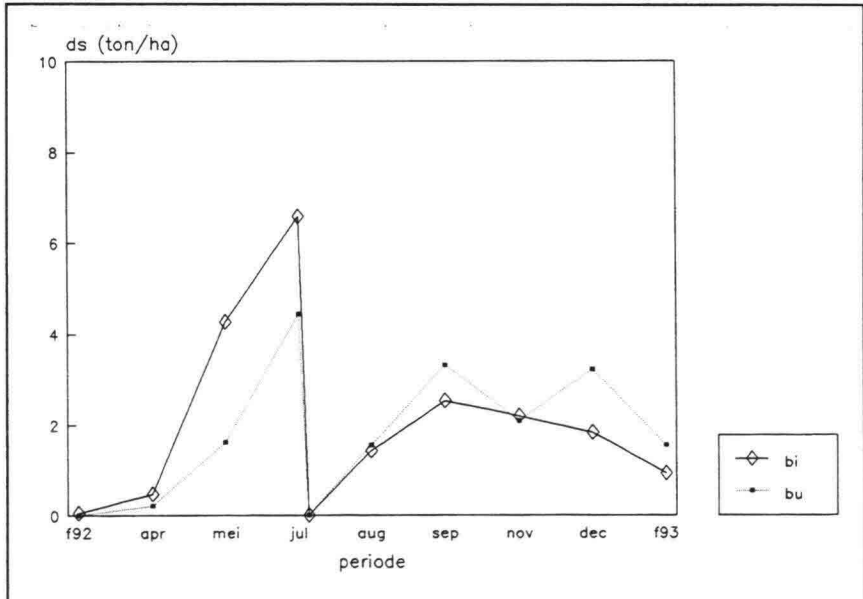
De maximale biomassa-productie treedt in de onbemeste hooidijken ook in juli op en bedraagt ongeveer 4 ton droge stof per ha, met uitzondering van de dijk aan de Biezelingse Ham (ZK-he, **figuur 5.4**) waar dit jaar bij vergissing door de pachter licht is bemest. In vergelijking met het bemeste weiland is de groeisnelheid in april-mei lager (minder steil verloop van de curven). De hergroei (2-3 ton d.s. ha⁻¹) verschilt hier niet veel van de hergroei in de bemeste en beweide vakken, variërend van 2,3 - 3 ton d.s. ha⁻¹ op het buitentalud. Het verschil tussen de gemiddelde biomassa-productie van de bemeste weilanden in juli (6,7 ton d.s. ha⁻¹) en de gemiddelde biomassa-productie van de onbemeste hooilanden op dat tijdstip (4,7 ton d.s. ha⁻¹) is significant ($p < 0,05$).

Doorworteling

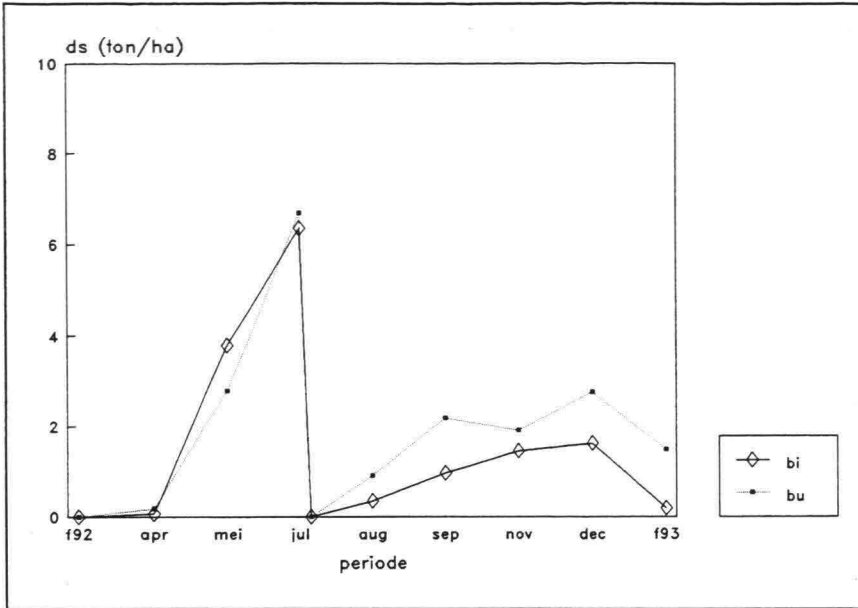
In **figuur 5.5** en **5.6** is het verloop gedurende het seizoen weergegeven van de gemiddelde boven- en ondergrondse biomassa in de bemeste weilanden en de onbemeste hooilanden (referentiedijken). In beide typen zijn de verschillen in wortelbiomassa-productie gedurende het seizoen niet significant. De variatie in de spruitwortelverhouding (SWR) komt dan ook sterk overeen met de variatie in



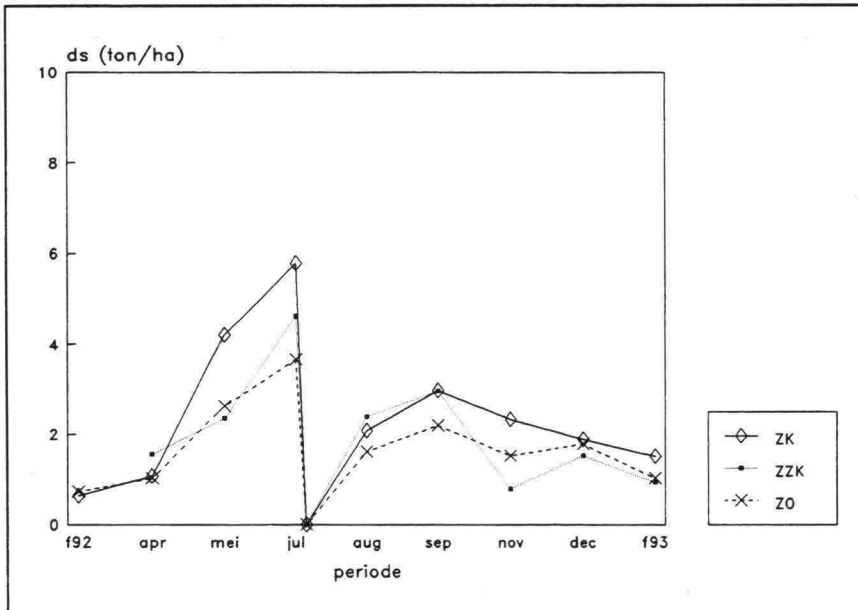
Figuur 5.1 Seizoensvariatie biomassaproductie in Zeeland-Ossensisse (ZH-I) binnen- (bi) en buitentalud (bu); 150 kg N/ha.j⁻¹, in mrt. en aug., periodiek beweid



Figuur 5.2 Seizoensvariatie biomassaproductie Hondsbossche Zeewering (NH-I) binnen- (bi) en buitentalud (bu); 90 kg N/ha.j⁻¹, in apr. en aug., periodiek beweid



Figuur 5.3 Seizoensvariatie biomassaproductie in Friesland-Boonweg (FA-I) binnen- (bi) en buitentalud (bu); $90 \text{ kg N/ha}\cdot\text{j}^{-1}$ in apr. en aug., periodiek beweid

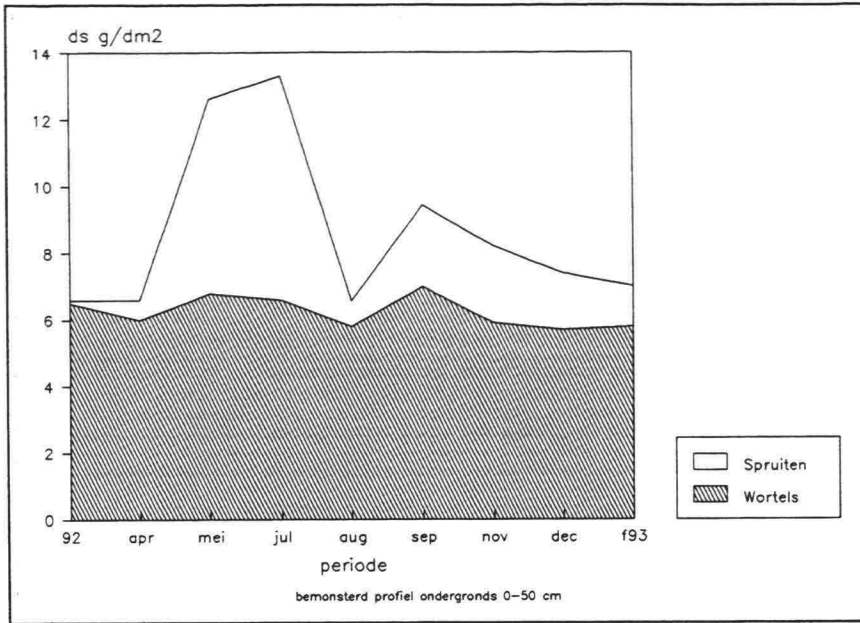


Figuur 5.4 Seizoensvariatie biomassaproductie buitentaluds referentiedijken (ZO-he, ZK-he, ZZK-he); $0 \text{ kg N/ha}\cdot\text{j}^{-1}$, 1 x gehooid in juli

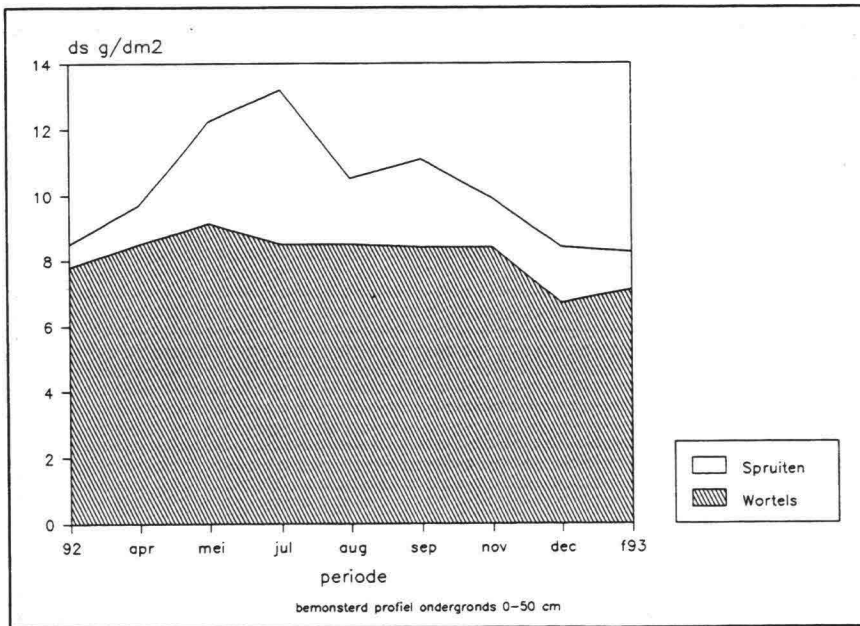
de bovengrondse biomassa-productie in beide typen grasland. Evenals de bovengrondse productie is de SWR van het bemeste weiland in juli significant hoger dan die van het referentiegrasland ($p < 0,05$). Gemiddeld over de bemonsterde perioden bedraagt de wortelproductie in het bemeste weiland ongeveer 6 ton droge stof per ha en 8 ton droge stof per ha in het onbemeste hooiland. Op de tijdstippen 'april', 'juli' en 'augustus' is de wortelmasse van het onbemeste hooiland significant hoger dan in het bemeste weiland ($p < 0,001$).

In **figuur 5.7** is de seizoensvariatie weergegeven in totale wortellengte in het bemonsterde profiel (0-50 cm) in het bemeste en onbemeste grasland. Uit enkelvoudige variantie-analyse gevolgd door een LSD-test blijkt dat op alle tijdstippen, met uitzondering van februari '92, de wortellengtes in het onbemeste hooiland significant hoger zijn dan de wortellengtes in het bemeste weiland ($p < 0,05$). Uit analyse van de gemiddelde wortellengte en het gemiddelde wortelgewicht in beide typen grasland *per laagje* blijkt dat op de meeste tijdstippen het verschil tussen het onbemeste hooiland en het bemeste weiland zich manifesteert in de diepere laagjes onder de bovenlaag van 6 cm. Op een diepte van 0-3 cm is het verschil in wortellengte en wortelgewicht tussen beide typen grasland niet significant. In februari '92 bijvoorbeeld is er geen significant verschil gevonden tussen totale wortellengte en totale wortelgewicht van beide beheersvormen, maar op een diepte van 10-20 cm is de wortellengte in het hooiland groter dan in het weiland en het wortelgewicht hoger op een diepte van 3-6 en 10-30 cm. In **tabel 5.1** is voor de verschillende tijdstippen aangegeven in welke laagjes de waarden voor wortellengte en wortelgewicht in het onbemeste soortenrijke hooiland significant hoger is. Duidelijk is te zien dat over het algemeen het verschil tussen beide typen vooral op een diepte van 3-15 cm aanwezig is en dat dit in de loop van het jaar weinig verandert. De verschillen per laagje zijn ook zichtbaar in de **figuren 5.9** en **5.10**.

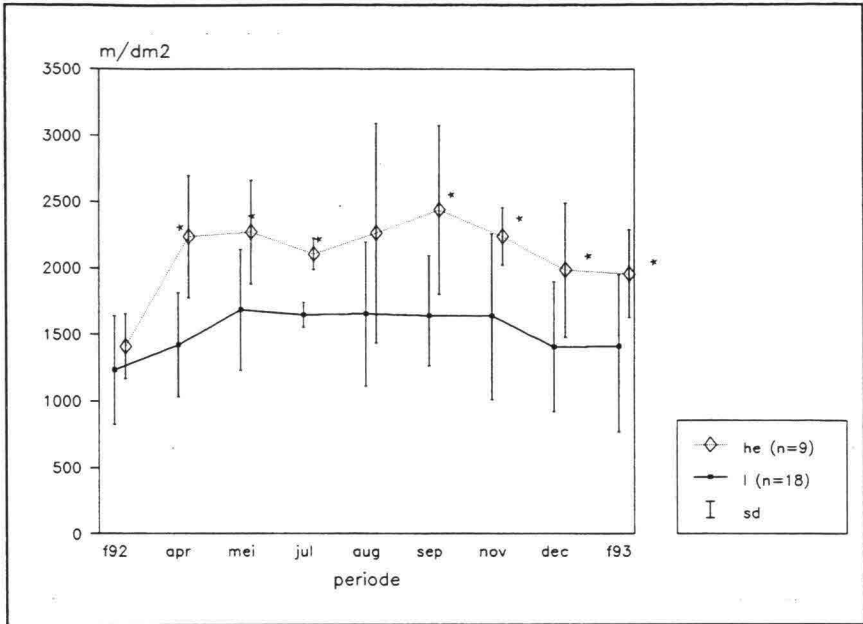
Kijken we naar het verloop van de wortellengte met het seizoen in beide typen grasland, dan gelden de volgende verschillen (**figuur 5.7**). In het weiland is de variatie in wortellengte over de diverse tijdstippen zwak significant ($p < 0,07$). De wortellengte neemt eerst toe van februari tot mei en blijft dan op het zelfde niveau totdat in november de wortellengte weer afneemt. Omdat het wortelgewicht nauwelijks verandert - er is geen significant verschil tussen wortelgewichten op de verschillende tijdstippen -, gaat het om een toe- en afname van vooral dunne wortels. De specifieke wortellengte neemt toe in april en mei en bij de tweede groeiperiode na augustus. De lage waarde in september is te wijten aan een lichte stijging van het wortelgewicht (vergelijk **figuur 5.5**). In het onbemeste hooiland is de variatie in de totale wortellengte over het seizoen groter ($p < 0,02$), met relatief hoge waarden in mei en september. De variatie in wortelgewicht gedurende het jaar is niet significant. Dit duidt, bij een gelijkblijvend gewicht, ook in het onbemeste hooiland op een toename van



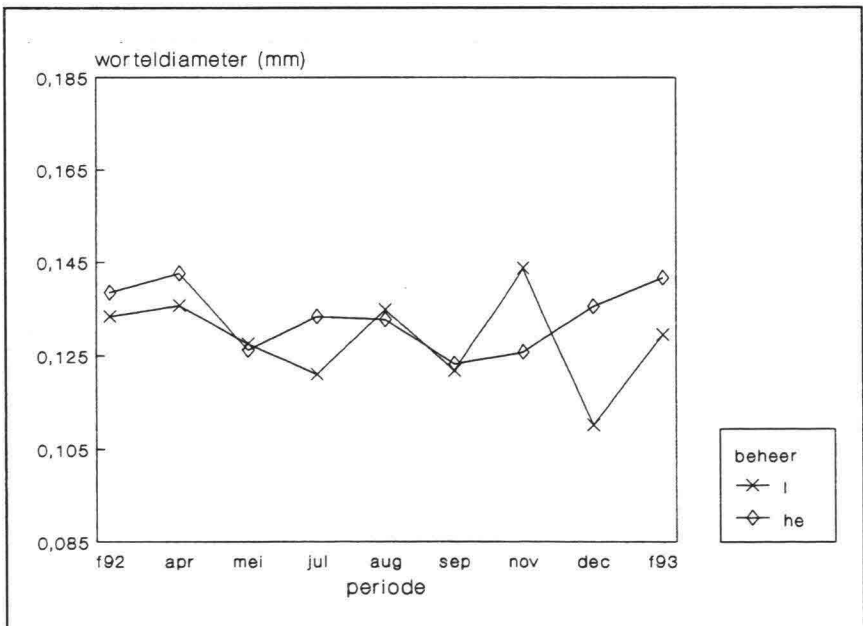
Figuur 5.5 Seizoensvariatie in de ondergrondse en bovengrondse biomassa in bemest weiland (n = 6)



Figuur 5.6 Seizoensvariatie in de ondergrondse en bovengrondse biomassa in onbemest hooiland (n = 3)



Figuur 5.7 Seizoensvariatie in totale wortellengte (m/dm²) in het bemonsterde profiel in bemest weiland (l) en onbemest hoogland (he)



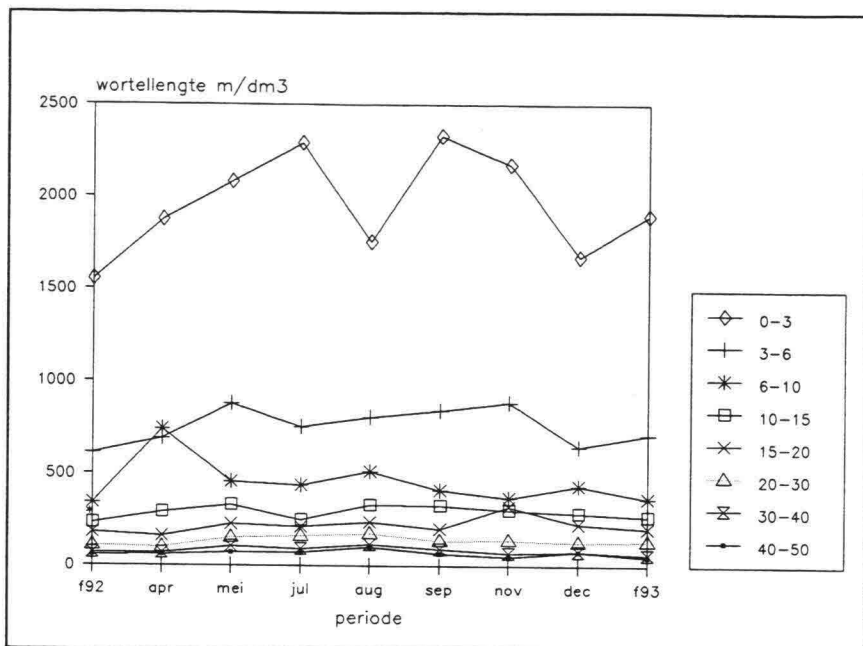
Figuur 5.8 Jaarvariatie in gemiddelde worteldiameter van bemest weiland (l) en onbemest hoogland (he)

Tabel 5.1 *Significante verschillen per periode in wortellengte (WL) en wortelgewicht (WG) per laagje tussen bemest weiland (l) en onbemest hooiland (he); * he > l, p < 0,05; ** he > l, p < 0,01*

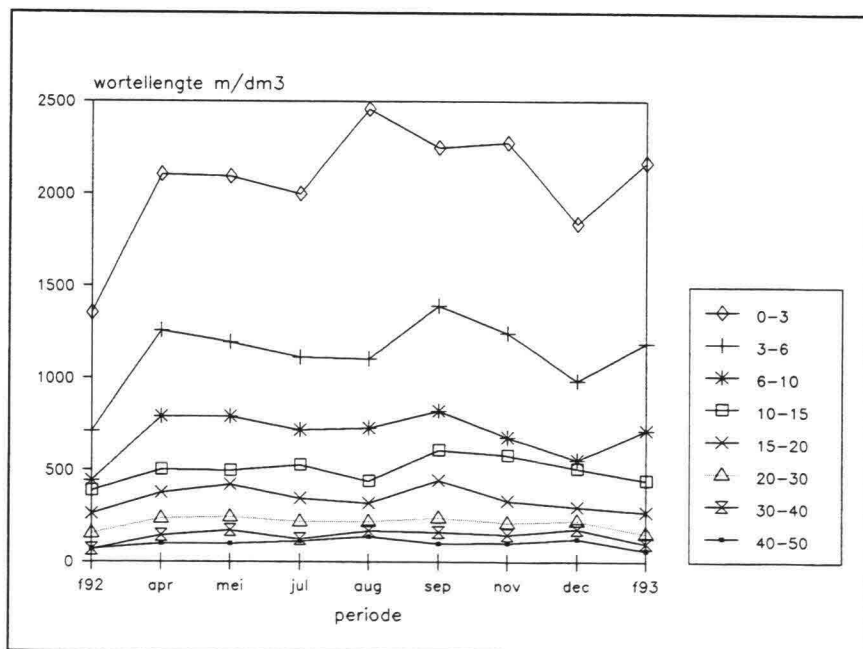
Diepte	f92	apr	mei	jul	aug	sep	nov	dec	f93
WLt		**	**	**	(*)	**	*	*	**
WL0-3									
WL3-6		**		**		**	*	*	**
WL6-10	**	*	*	**	(*)	**	**		**
WL10-15	**	**	*	**		**	**	**	**
WL15-20	*	**	**	**		**			
WL20-30		**	**			**		*	
WL30-40		**	**			**	**	*	*
WL40-50		*	*			*	**		
WGtotaal		**		**	**				
WG0-3					*				
WG3-6	*	**		**		*	*	*	*
WG6-10		*		**	**	**	*		*
WG10-15	**	**		**	*	**	*	**	**
WG15-20	*	**	**	**	**	**			
WG20-30	*	**		**				*	
WG30-40		**						*	
WG40-50		*	*	*					

vooral dunne wortels. De specifieke wortellengte verschilt niet significant met die van het bemeste weiland, met uitzondering van de waarde voor september. Hier neemt de wortellengte in het hooiland sterk toe. Dit betekent dat ondanks het verschil in totale wortellengte, de verhouding lengte/gewicht in beide typen grasland weinig verschilt. Dit is in overeenstemming met metingen van de worteldiameter (figuur 5.8). Er is weinig verschil tussen de gemiddelde worteldiameter in de twee graslandtypen. Ook de variatie in worteldiameter gedurende het jaar is voor beide typen gering. Op de referentiedijk daalt de gemiddelde worteldikte iets in mei en september en in de bemeste variant is er lichte daling in juli, september en december. Afname van de gemiddelde worteldiameter en dus een toename van het percentage dunne wortels volgt kennelijk op de toename van de bovengrondse productie.

Uit de analyse van het verloop van de wortellengte per laagje blijkt dat bij de bemeste weilanden de wortellengte op een diepte van 0-3 cm significant ($p < 0,01$) varieert in de loop van het jaar met relatief hoge waarden in de perioden juli en september-november, en dat de overige lagen tot een diepte van 30 cm geen significant verschil vertonen. Deze variatie sluit aan bij de toename van bovengrondse productie in mei-juli en de hergroei in september-november. De wortellengte varieert wel gedurende het seizoen in de diepere lagen 30-40 en 40-50 cm, maar de waarden zijn hier laag. In het onbemeste hooiland is de



Figuur 5.9 Seizoensvariatie in wortellengte per laagje van bemest weiland



Figuur 5.10 Seizoensvariatie in wortellengte per laagje van onbemest hooiland

variatie in de bovenlaag niet significant. Wel is er een significant verschil tussen de wortellengten op de verschillende perioden op een diepte van 3-6 cm ($p < 0,05$), 6-10 cm ($p < 0,05$), 15-20 cm ($p < 0,001$), 20-30 cm ($p < 0,05$), 30-40 cm ($p < 0,05$) cm, met relatief hoge waarden in april en september. Uitbreiding van het wortelnet door vorming van dunne wortels lijkt hier vooraf te gaan aan de toename van bovengrondse productie met een piek in juli. De toename van wortellengte in september valt wel samen met een toename van bovengrondse productie.

Bij het bemeste weiland spelen veranderingen in wortellengte zich vooral in de toplaag (3-6 cm) af (zie ook **figuur 5.9**). Een toename van wortellengte gaat samen met een toename van bovengrondse productie. In de onbemeste hooilanden (**figuur 5.10**) treden veranderingen in het wortelpakket gedurende het seizoen vooral op ónder de toplaag op een diepte van 3-20 cm, waarbij de sterke toename van de wortellengte voorafgaat aan de toename van de relatief lage bovengrondse productie. In het weiland varieert het wortelgewicht in de loop van het jaar alleen op een diepte van 40-50 cm ($p < 0,05$, hoge waarden in augustus en december) en in het hooiland op een diepte van 15-20 cm ($p < 0,05$, hoge waarden in mei en september) en 40-50 cm ($p < 0,05$, hoge waarde in augustus).

5.4 Ruimtelijke variatie

Vegetatie

Tussen de 25 opnamen van 1 m² in het proefvak van 5 x 5 m², de 10 opnamen van het 100m lange longitudinale transect en de 7 opnamen van het transect dwars over binnen- en buitentalud, is de similariteit berekend (Sørensen-index). De gemiddelde waarde per proefvak of transect is een maat voor de heterogeniteit van een locatie. In **tabel 5.2** worden de resultaten weergegeven. De referentiedijk ("ZO-he", behorend tot *Arrhenatheretum elationis brizetosum*) vertoont de grootste variatie in vegetatiesamenstelling. Vooral het verschil tussen binnen- en buitentalud is groot. De heterogeniteit is groter langs het 100m transect in vergelijking met het 5x5 m² proefvak. Dit geldt ook voor de andere locaties, met uitzondering van de onbemeste hooivariant "FA-HH" (*Lolio-Cynosuretum* met *Ranunculus bulbosus*). Ten opzichte van de bemeste variant "FA-I" (*Lolio-Cynosuretum* met *Geranium molle*) is de homogeniteit toegenomen langs het 100m transect. De homogeniteit is in zowel 5x5 proefvak als de beide transecten het grootst in het bemeste weiland "ZH-I" (*Poo-Lolietum*). Hier wordt ook het laagste aantal soorten per m² aangetroffen. Het kleine aantal soorten komt dus steeds gelijkmatig verdeeld in de proefvakken voor. In "FA-HH" is het aantal soorten/m² ten opzichte van de bemeste variant "FA-I" iets toegenomen. De relatief lage similariteit tussen 100m-transectopnamen duidt er in deze variant op dat het relatief kleine aantal soorten komt niet steeds homogeen verdeeld in de opnamen voorkomt. Het onbemeste hooiland "ZO-he" heeft het hoogste aantal soorten. De relatief grote variatie in vegetatiesamenstelling geeft aan dat soorten meer in mozaiekpatronen voorkomen.

Bedekking en zodedichtheid

In **tabel 5.3** is gemiddelde bedekking en grootte van open plekken in de opnamen langs het 100m transect en het dwarstransect weergegeven met de variatiecoëfficiënt. De gemiddelde bedekking in de opnamen van de bemeste weidevariant in Friesland ("FA-I") en in de sinds 3 jaar gehooide variant op dezelfde locatie ("FA-HH") is relatief hoog en homogeen over het 100m transect (lage waarden voor de variatiecoëfficiënt). Ook het dwarstransect op deze locaties heeft hoge bedekkingen en continuïteit. Open plekkjes in de zode zijn relatief klein. In de bemeste weidevariant "FA-I" kunnen ze in grootte aanzienlijk variëren (ongeveer 30 %). Voor de gehooide variant ligt dat percentage (variatiecoëfficiënt) lager (ongeveer 20 %). Het *Poo-Lolietum* van "ZH-I" wordt gekenmerkt door lage bedekkingen van de vegetatie in de opnamen langs zowel 100m-transect als dwarstransect, met een aanzienlijke variatie. De vegetatie is hier homogeen van samenstelling maar heterogeen in bedekking.

Tabel 5.2 Similariteitsindices en gemiddeld aantal soorten in het 25 m² proefvak ('raster'), het horizontale 100m transect en het dwarstransect

Locatie	veg.type	raster 25 plots		Hor. Transect 100m		Dwars transect	
		similar. index %	aantal srt/m ²	similar. index %	aantal srt/m ²	similar. index %	aantal srt/m ²
FA-I	LCYg	79,6	10	70,5	9	72,6	8
FA-HH	LCYg	78,3	13	83,0	15	79,0	12
ZH-I	POO	81,1	7	80,1	6	81,4	8
ZO-he (ref)	ARRb	69,6	24	60,2	28	58,1	24

Tabel 5.3 Gemiddelde bedekking en open-plek-grootte met variatie-coëfficiënten in het 100m transect en het dwarstransect; $a < b < c$ bij $p < 0,001$

Locatie	veg. type	Hor. transect 100m				Dwars transect			
		Bed %	var. %	OPG cm ²	var.	Bed%	var. %	OPG cm ²	var. %
FA-I	LCYg	81,2 ^c	6	2,14 ^a	32	89,4	6	3,40	22
FA-HH	LCYg	91,4 ^c	2	3,32 ^a	17	90,9	2	2,06	18
ZH-I	POO	44,9 ^a	19	16,9 ^c	43	53,0	26	13,8	30
ZO-he (ref)	ARRb	68,6 ^b	14	9,29 ^b	91	70,7	17	6,40	32

Dit kan worden toegeschreven aan de grote activiteit van mollen op deze locatie. Het soortenrijke hooiland van de Oudelandse zeedijk ("ZO-he") wordt gekenmerkt door een redelijke bedekking die niet al te veel varieert. De open plekjes vertonen een aanzienlijke variatie maar zijn gemiddeld over 100m- en dwarstransect minder groot dan in variant "ZH-I". Ook hier vormt de aanwezigheid van molshopen, waardoor in sommige plotjes langs het transect relatief grote open plekken voorkomen, een verklaring voor de hoge variatie.

Doorworteling

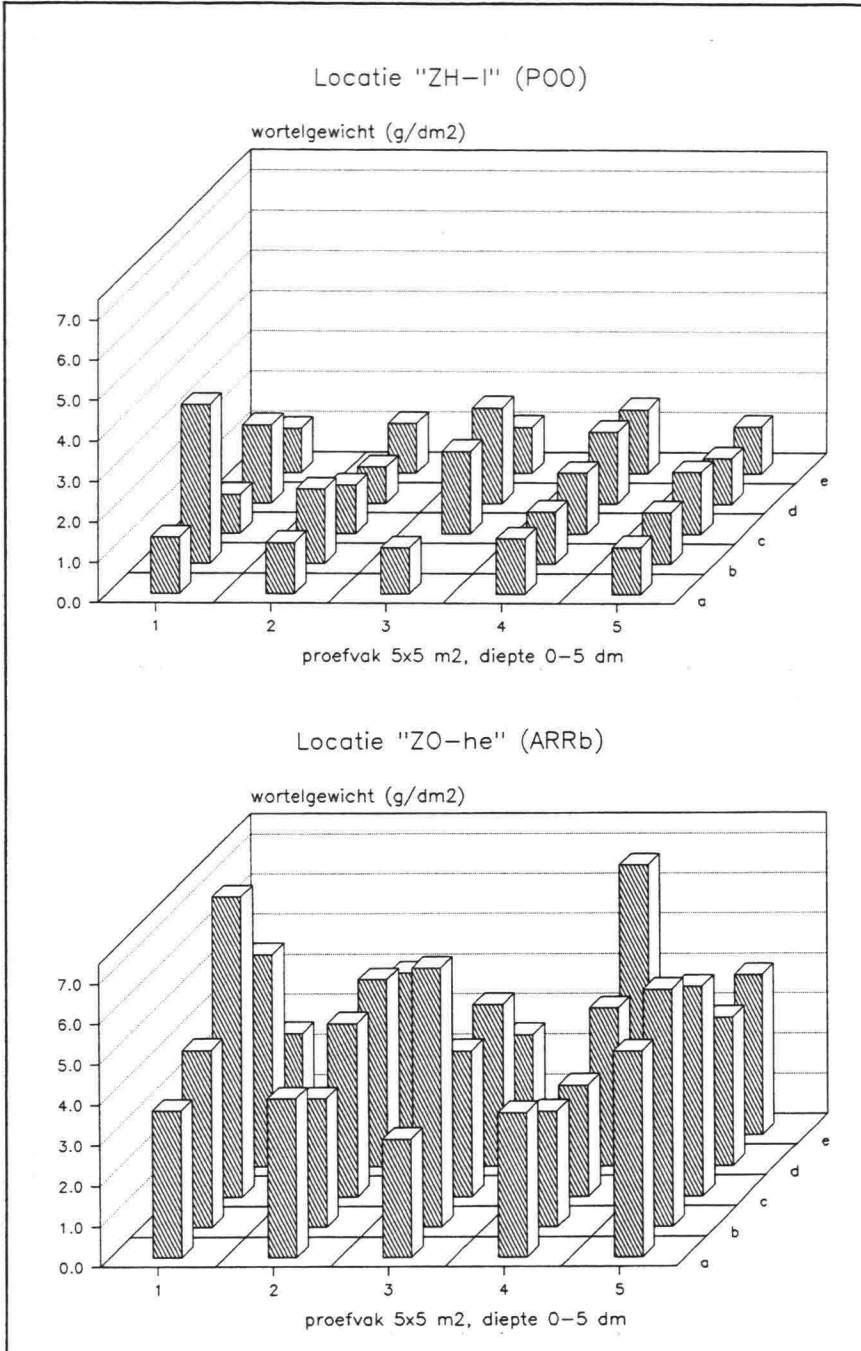
In tabel 5.4 is per locatie het gemiddelde wortelgewicht gegeven met variatie-coëfficiënten van de 25 plotjes in het 5x5 m² proefvak. Ook is de gemiddelde dissimilariteit weergegeven die tussen de plotjes is berekend met behulp van de Sørensen-index. Daarbij gelden de wortelgewichten per laagje als variabelen in de opname. In de varianten "FA-I", "ZH-I" en "ZO-he" is in 24 plotjes één wortelboring verricht, en vijf in het middelste plotje, in totaal dus 29 boringen. In variant "FA-HH" zijn per plotje twee wortelmonsters genomen met een totaal

Tabel 5.4 Gemiddelde wortelgewicht en gem. dissimilariteit van *n* monsters in 25 plotjes van het 5x5 m²raster per locatie; *a* < *b* < *c* bij *p* < 0,005

		25 plotjes in 5x5 m ² raster - bemonsterd profiel 0-50 cm				
Locatie	veg. type	n	WG g/dm ³	SD	varco %	Diss.%
FA-I	LCYg	29	2,25b	0,53	24	19
FA-HH	LCYr	48	1,54 ^a	0,63	41	29
ZH-I	POO	29	1,58 ^a	0,62	40	28
ZO-he (ref)	ARRb	29	4,16 ^c	1,26	30	20

van 48 boringen in het proefvak.

In de bemeste weidevariant in Zeeland ("ZH-I") is de gemiddelde worteldichtheid laag en de ruimtelijke variatie relatief groot (40 %). De licht bemeste weidevariant in Friesland ("FA-I") heeft een hoger gemiddeld wortelgewicht en een relatief kleine variatie (24 %). Ook de gemiddelde dissimilariteit tussen de wortelboringen is relatief laag (19 %) in vergelijking met "ZH-I" (28 %). Beide varianten worden gekenmerkt door een homogene vegetatiesamenstelling (zie **tabel 5.2**: 81 % similariteit voor de plotjes van "ZH-I" en 80 % in "FA-I"). Hieruit blijkt dat een homogene bovengrondse vegetatie niet hoeft samen te gaan met een homogene doorworteling. Wel is de bedekking (over het 100m transect) in "ZH-I" veel lager dan in "FA-I" (zie **tabel 5.3**). In het soortenrijke hooilandtype ("ZO-he") is de worteldichtheid (g.dm⁻³) het hoogst en de ruimtelijke variatie in het wortelgewicht relatief laag (30 %). De dissimilariteit tussen de bemonsterde plotjes (20%) is net als in "FA-I" eveneens laag. Deze twee locaties worden dus gekenmerkt door een homogene verdeling van de doorworteling. De vegetatiesamenstelling van het soortenrijke hooiland is echter relatief heterogeen evenals de zodedichtheid (zie **tabel 5.2** en **tabel 5.3**). Een heterogene vegetatiesamenstelling en zodedichtheid kunnen dus voorkomen bij een ruimtelijk homogene doorworteling. De gehooide variant in Friesland ("FA-HH") wordt gekenmerkt door een laag wortelgewicht met relatief hoge variatie, terwijl de bedekking, zodedichtheid en vegetatiesamenstelling ruimtelijk homogeen zijn. Dit is mogelijk het gevolg van de overgang van bemest weiden naar onbemest hooien, waarbij een (tijdelijke) afname in wortelmassa optreedt. Ter illustratie van de ruimtelijke verdeling zijn in **figuur 5.11** de wortelgewichten per plotje weergegeven voor het **Poo-Lolietum** ("ZH-I") en het soortenrijke hooiland ("ZO-he"). Duidelijk is het verschil in wortelgewicht te zien en de variatie in ruimtelijke verdeling. Om een indruk te krijgen van de spreiding in de waarden tussen de vier bemonsterde locaties, zijn in **figuur 5.12** de waarnemingen



Figuur 5.11 Ruimtelijke verdeling van wortelgewichten in bemest weiland ("ZH-I": *Poa-Lolietum*) en onbemest hooiland ("ZO-he": *Arrhenatheretum elatioris brizetosum*)

Tabel 5.5 Gemiddelde waarden voor r en b ($y = b * r^x$) en variatie-coëfficiënt per locatie; geen letters overeenkomstig = significant verschil $p < 0,05$

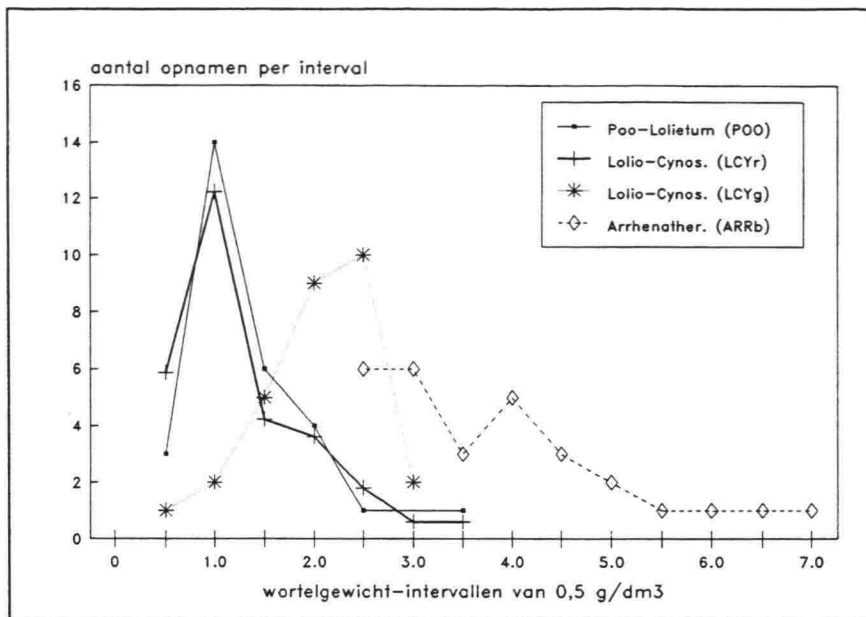
Locatie	veg. type	25 plotjes in 5x5 m ² raster - bemonsterd profiel 0-50 cm				
		n	gem b	varco %	gem r	varco %
FA-I	LCYg	29	27,14 ^b	37	0,76 ^a	8
FA-HH	LCYr	48	15,24 ^a	68	0,81 ^b	8
ZH-I	POO	29	15,49 ^a	76	0,80 ^b	11
ZO-he (ref)	ARRb	29	23,17 ^c	38	0,88 ^c	5

weergegeven verdeeld over een aantal gewichtsklassen. Voor variant "ZH-I" en "FA-HH" vallen de meeste waarnemingen in de lagere gewichtsklassen. De spreiding is klein: veel waarnemingen horen bij één klasse en weinig daarbuiten. Voor variant "FA-I" vallen de meeste waarnemingen in een hogere gewichtsklasse en is de spreiding iets groter. Bij "ZO-he" zijn de waarnemingen over zowel lagere als hogere gewichtsklassen verdeeld. Dit duidt op een gevarieerder, gelijkmatiger verdeeld wortelpakket.

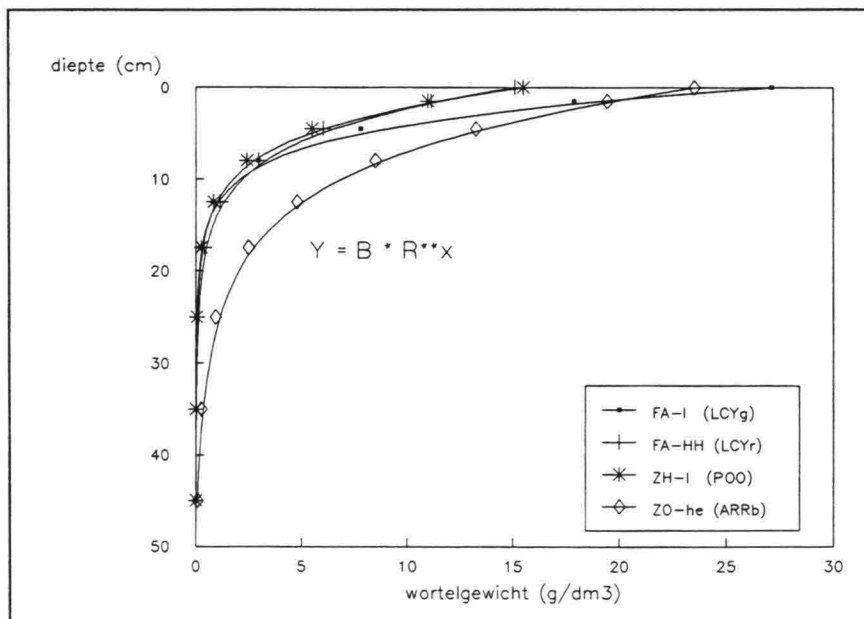
Variantie-analyse van de wortelgewichten per locatie laat geen significant verschil zien over het verloop van het talud in horizontale en verticale richting. Ook kan geen significante clustering van hoge of lage waarden (auto-correlatie, Moran's I) worden aangetoond.

Analyse van de waarden r (kleine r -waarde bij snelle afname met de diepte) en b (worteldichtheid bovenlaag) waarmee het verloop van de worteldichtheid met de diepte is geparаметeriseerd levert ook geen significant onderscheid tussen plotjes van een locatie in horizontale of verticale richting op het talud, of een significante auto-correlatie. Tussen de locaties zijn er wel significante verschillen tussen de gemiddelde r - en b -waarden, dus in het verloop van de worteldichtheid met de diepte. In **tabel 5.5** zijn per locatie de gemiddelde waarden voor r en b weergegeven. **Figuur 5.13** geeft het verband tussen diepte en worteldichtheid (*wortelmassa* per volume grond) voor de verschillende varianten grafisch weer. Dit in tegenstelling tot **figuur 4.8**. Daar is worteldichtheid uitgedrukt in *lengte* per volume grond.

De gemiddelde r -waarde in het soortenrijke hooiland (variant "ZO-he") verschilt significant van de r -waarde van de overige locaties. De r -waarde is het hoogst in deze variant waardoor de curve een minder steil verloop heeft en er ook relatief meer wortels voorkomen op een diepte van 5-20 cm in vergelijking met de licht bemeste weidevariant "FA-I". Hier is de r -waarde het laagst, waardoor de curve steil afloopt: veel wortels in de bovenlaag (hoge waarde voor b) en



Figuur 5.12 Verdeling van het aantal waarnemingen in de varianten ZH-I (POO), FA-HH (LCYr), FA-I (LCYg) en ZO-he (ARRb) over wortelgewichts-klassen



Figuur 5.13 Verloop van de worteldichtheid (g/dm³) met de diepte in de locaties

vervolgens een sterke afname. De *b*-waarden in het soortenrijke hooiland ("ZO-he") en het licht bemeste weiland ("FA-I") zijn significant hoger dan de *b*-waarden in het **Poo-Lolietum** ("ZH-I") en de onbemeste hooivariant op de Friese dijk ("FA-HH"). Hier komen dus meer wortels in de bovenlaag voor met een relatief kleine ruimtelijke variatie (lage variatiecoëfficiënten). De doorworteling van de bovenlaag van "ZH-I" en "FA-HH" wordt gekenmerkt door een relatief grote ruimtelijke variatie. De *r*-waarden van deze locaties zijn hoger dan in "FA-I", wat wijst op een minder steil verloop. Bovendien is de worteldichtheid in de bovenlaag lager. Hierdoor vertoont het verloop overeenkomst met dat van "ZO-he". De ruimtelijke variatie in het verloop van het wortelgewicht met de diepte is relatief klein voor alle locaties.

De lagere jaarproductie van bovengronds materiaal van het grasland op de Hondsbossche Zeewering (10 ton ha⁻¹) en de Friese dijk (8,5 ton ha⁻¹) in vergelijking met de jaarproductie op de locatie in Zeeland (12,5 ton ha⁻¹) is in overeenstemming met de lagere mestgift op de Friese dijk en de Hondsbossche Zeewering. Op deze locaties wordt bemest met $\pm 100 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ en in Zeeland $\pm 200 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ (zie hoofdstuk 4). Op de onbemeste dijken is de jaarproductie ongeveer 7 ton ha⁻¹. Dit komt overeen met de jaarproductie van 30 jaar onbemest vlak grasland op klei-op-veengrond (Berendse 1992). Het tijdstip waarop de maximale bovengrondse productie wordt bereikt lijkt ook af te hangen van de mestgift. In Zeeland ligt de piek in de bovengrondse productie in mei, terwijl op de andere onderzochte locaties met een lagere bemesting de voorjaarsproductie het hoogst is op het tijdstip van maaien eind juni/begin juli. Olff et al. (1994) vindt in een verschrallingsexperiment op vlak grasland, 2 jaar na stoppen met bemesting, in mei een hogere productie van bovengronds materiaal dan in juni, en 6 jaar na stoppen van de mestgift een hogere productie in juni. In productiegrasland is de groeisnelheid relatief hoog in april-mei en wordt in juni de hoogste drogestofopbrengst bereikt (Sibma & Ennik, 1988). In Friesland en op de Hondsbossche Zeewering is de hergroei op het buitentalud groter dan op het binnentalud. Dit is mogelijk het gevolg van een tweede mestgift in augustus die door de vochtiger omstandigheden op het buitentalud meer effect heeft. Het kan ook zijn dat bij achterwege blijven van een tweede mestgift, de productie op het buitentalud hoger is door de betere vochtvoorziening en extra mineraleninput van opwaaiend zeewater.

De productie van ondergrondse biomassa in bemest dijkgrasland bedraagt gemiddeld over de bemonsterde perioden 6 ton drogestof per ha (dood en levend materiaal). Bij een vernieuwing van de wortelmassa 1-2x per jaar betekent dat een jaarproductie van 6-9 ton drogestof per hectare. Dit is nog aanzienlijk meer dan de wortelproductie in vlak productiegrasland (4,5 t d.s. ha⁻¹) (Sibma & Ennik 1988). In het onbemeste hooiland op dijken bedraagt de jaarproductie van wortels 8-12 ton d.s. ha⁻¹. Het onbemeste hooiland wordt dus gekenmerkt door een hogere ondergrondse biomassa-productie ten opzichte van bemest weiland (met significante verschillen in april, juli en augustus), terwijl het bemeste weiland een ten opzichte van het hooiland hogere bovengrondse productie heeft, met een significant verschil in juli. Zowel in het bemeste weiland als in het onbemeste hooiland is de variatie in wortelmassa in de loop van het jaar niet significant. Variatie in de spruitwortelverhouding hangt dus samen met variatie in de bovengrondse productie. In het weiland is de spruitwortelverhouding hoog in mei en juli, evenals de bovengrondse productie. Hier wordt relatief weinig in de ondergrondse biomassa geïnvesteerd. In de onbemeste situatie lijkt een evenwicht te zijn ontstaan tussen een lage bovengrond-

se productie en handhaving van een relatief hoge wortelmasse.

Op alle tijdstippen gedurende het jaar is er een significant verschil in wortellengte tussen de bemeste en onbemeste graslanden op een diepte van 3-15 (20) cm. De seizoensvariatie is dus ondergeschikt aan het verschil in doorworteling tussen beide graslandtypen. De wortellengte in het bemeste weiland varieert gedurende het seizoen vooral in de bovenlaag van 0-3 cm, waarbij de toename van veelal dunne wortels parallel loopt met de toename van de bovengrondse productie. Het verloop in wortellengte vertoont sterke overeenkomst met soortgelijke metingen in een begrazingsexperiment in bemest grasland van het Beemdgras-Raaigrasstype in Nieuw Zeeland (Matthew et al. 1991). De maximum wortellengte in het zeedijkgrasland (1600 m.dm^{-2}) is echter groter dan in het begrazingsexperiment (1000 m.dm^{-2}). In beide gevallen gaat het om een toename van vooral dunne wortels gedurende het seizoen: ook Matthew et al. (1991) vindt een afname in gemiddelde worteldiameter. In het onbemeste hooiland op dijken neemt de wortellengte op een diepte van 3-15 cm diepte in april sterk toe, voorafgaand aan een lichte toename van de bovengrondse productie. Ook in september neemt de wortellengte toe, parallel met de toename van bovengronds materiaal. Olff et al. (1994) vindt een sterkere toename van fijne wortels in de periode april-mei, naarmate de bemesting van het grasland gedurende langere tijd is gestopt. Ook in kweldergrasland is de ondergrondse biomassa maximaal in april (Scholand et al. 1991). Deze toename van wortels in minder voedselrijke systemen heeft mogelijk te maken met optimale exploitatie van een heterogeen nutriëntenaanbod dat aanwezig is in bodems van soortenrijke graslanden (cf. Stark 1994).

De opnamen van bemest weiland (*Poo-Lolietum*) langs een 100m lang dijktraject worden gekenmerkt door een homogene vegetatiesamenstelling (18,2 % dissimilariteit), een relatief grote variatie in zodedichtheid (43 %), en - in een $5 \times 5 \text{ m}^2$ raster - een grote variatie in doorworteling (40 %). In onbemest soortenrijk hooiland (*Arrhenatheretum elatioris brizetosum*) is de variatie in vegetatiesamenstelling (30,4 % dissimilariteit) en zodedichtheid (91 %) groot, maar de variatie in doorworteling (30 %) kleiner. In licht bemest weiland (*Lolio-Cynosuretum*) is de variatie in vegetatiesamenstelling (20,4 % dissimilariteit), zodedichtheid (32 %) en doorworteling (24 %) relatief klein. Dit betekent dat bovengrondse homogeniteit in vegetatiesamenstelling en bedekking/zodedichtheid niet hoeft te worden weerspiegeld in een homogene doorworteling en omgekeerd. Patronen in de ruimtelijke verdeling van wortels zijn niet aangehouden. Dergelijke patronen zouden het gevolg kunnen zijn van mogelijke clusters van bodemeigenschappen (Robertson & Gross, 1994).

Dumortier (1991) vindt bij de verdeling van wortels in het bodemprofiel in natte hooilanden een snelle afname van het wortelgewicht in de bovenste 10 cm: $7,5 \text{ g.dm}^{-2}$, 2 g.dm^{-2} , $1,5 \text{ g.dm}^{-2}$ en 1 g.dm^{-2} wortelgewicht op een diepte van respectievelijk 2, 7, 12 en 17 cm. Deze waarden stemmen overeen met de

(omgerekende) waarden uit dit onderzoek: 6; 1,25; 0,5; 0,25 g.dm⁻² op een diepte van 2, 7, 12, en 17 cm in bemest weiland en 9,5; 4; 2; 1,25 g dm⁻² in het onbemeste hooiland. In vergelijking met het natte hooiland neemt de wortelmassa in het beweide dijkgrasland sneller en in het gehooide dijkgrasland langzamer af met de diepte. Dit is in overeenstemming met eerdere resultaten van onderzoek naar de afname van *wortellengte* met de diepte (hoofdstuk 4). In kweldergrasland neemt de wortelbiomassa in begraaide plots minder snel af met de diepte dan onbegraaide (en ook niet gehooide) plots (Scholand et al., 1991).

Ondanks het verschil op dijken tussen een snelle afname van wortels met de diepte in bemest weiland en een meer geleidelijke afname in onbemest hooiland, is de ruimtelijke variatie in de verdeling over het profiel voor beide typen gering. De onverwacht lage waarden voor wortelgewicht (g.dm⁻³) in de sinds 2 jaar onbemeste hooivariant in Friesland ("FA-HH") betreffen mogelijk een tijdelijke afname ten gevolge van weersgesteldheid (1993) of een nog niet stabiele vegetatie. In '94, een jaar later, worden in februari in variant "HH" al hogere wortellengten gemeten ten opzichte van "I". Voortzetting van het experiment is nodig om uitsluitsel te geven over wortelontwikkeling op lange termijn.

Conclusies

- 1 In bemest weiland wordt de maximale productie bij hoge bemesting in mei, en bij lichte bemesting in juni bereikt, gevolgd door een hergroei (na maaien in juli) in de periode augustus-december met een maximum in september. In langdurig onbemest hooiland ligt de piek van de voorjaarsproductie in juni en van de hergroei in september. De variatie in wortelmassa in de loop van het jaar is in beide typen grasland niet significant. In bemest weiland met een hoge bovengrondse productie (8,5 -12 ton ds ha.j⁻¹) en een relatief lage ondergrondse biomassa (6 ton ds ha⁻¹.j⁻¹) wordt relatief weinig in wortelmassa geïnvesteerd. Onbemest hooiland wordt gekenmerkt door een lage bovengrondse productie (7 ton ds ha⁻¹.j⁻¹) en een relatief hoge ondergrondse biomassa (7,5 ton ds ha⁻¹.j⁻¹).
- 2 De wortelhoeveelheid in m.dm⁻³ in bemest weiland varieert in de loop van het jaar voornamelijk in de bovenlaag (0-3 cm) met relatief hoge waarden in juli en september. In onbemest hooiland varieert de wortellengte net onder de toplaag (3-6 cm en voorts tot op een diepte van 40 cm). In april neemt de wortellengte sterk toe, daalt daarna licht, neemt weer toe in september en daalt daarna weer. In beide typen betreft de variatie vooral aanmaak en afbraak van fijne wortels. Het onbemeste hooiland heeft vanaf een diepte van 3-6 cm meer wortels (m.dm⁻²) dan het bemeste weiland en dat verandert niet gedurende het seizoen. In de bovenste 3

cm van het doorworteld profiel is er geen verschil tussen de worteldichtheid van beide graslandtypen

- 3 In vegetatietypen met een homogene samenstelling zoals de Beemdgras-Raaigrasweide, kan de ruimtelijke verdeling van wortels sterk variëren. In soortenrijk grasland, waar soorten minder homogeen verdeeld voorkomen en ook de zodedichtheid sterk kan wisselen, vertoont het wortelpakket minder ruimtelijke variatie. Een homogene vegetatiesamenstelling en een homogeen wortelpakket komen echter ook samen voor (Kamgrasweiden).

- 4 Er zijn geen patronen in de ruimtelijke verdeling van wortels aangetoond. Ook is het ruimtelijk verschil in de verdeling van wortels over het profiel tussen vegetatietypen klein. Wel neemt in onbemest hooiland de wortel-massa met de diepte minder snel af. Dit geldt ook voor het verloop van de wortel*engte* met de diepte (zie hoofdstuk 4).

6 Erosiebestendigheid

6.1 Inleiding

Een belangrijk onderdeel van het onderzoek naar vegetatiesamenstelling en erosiebestendigheid van zeedijkgrasland, is toetsing van erosiegevoeligheidsparameters met behulp van erosieproeven. Uit grootschalige modelproeven met golfbelasting van zoden afkomstig van zowel zee- als rivierdijken (Anonymus 1994, Smith 1993, Verheij et al. 1995) blijkt dat een begroeiing van gras een hoge bescherming biedt tegen erosie van het onderliggende kleidek. Voor de klei spelen een aantal grondmechanische eigenschappen een rol (Kruse 1994). Wat betreft de vegetatie zijn de mate van *bedekking* (spruitbezetting) en *doorworteling* van belang (Coppin & Richards, 1990, Kruse, 1993 en referenties daarin, Smith 1993). Ook op andere plaatsen zoals heuvel- en berghellingen blijken graswortels en spruiten een zeer efficiënte bescherming te bieden tegen erosie door uitspoeling (Schiechtl, 1985, Hrabec & Halva, 1993). Deze grasparameters zijn afhankelijk van het graslandbeheer, e.g. al dan niet mesten, hooien of weiden.

Extensivering van het beheer zoals het beëindigen van de mestgift in combinatie met hooien of weiden met minder schapen, heeft invloed op de botanische samenstelling, zodedichtheid en doorworteling van het grasland. Om te kunnen onderzoeken of deze extensivering van het beheer en de daardoor opgetreden veranderingen in de vegetatie, op korte termijn de erosiebestendigheid van het grasland beïnvloeden, zijn kleinschalige erosieproeven uitgevoerd. Met *sproei-proeven* worden oppervlakkige slijterose en het verband met bedekking van de vegetatie (spruitbezetting) getoetst. Met *centrifugeproeven* worden interne erosie van de zode en het verband met doorworteling onderzocht. De proeven zijn ook uitgevoerd in langdurig onbemest dijkgrasland met een hooibeheer. Deze soorten- en kruidenrijke vegetaties, gekenmerkt door een hoge doorworteling, zijn als referentie in het onderzoek betrokken.

Om het effect van bodemsamenstelling op de erosiebestendigheid te onderzoeken in samenhang met bedekking en doorworteling, zijn ook bodemfysische parameters bepaald (korrelgroottesamenstelling en Atterbergse grenzen). De *afschuifweerstand* is een grondmechanische maat voor de bodemweerstand tegen erosie door golven of stromend water (Scholand et al. 1991). Het is een gemakkelijk te bepalen parameter, waarmee op eenvoudige wijze informatie over de erosiebestendigheid van dijkgrasland kan worden verkregen. De betrouwbaarheid van de parameter wordt in dit onderzoek getoetst.

Vraagstelling

De volgende onderzoeksvragen komen aan bod:

- In hoeverre zijn bedekking en textuur bepalend voor de erosiebestendigheid ?
- In hoeverre zijn doorworteling en textuur bepalend voor de erosiebestendigheid ?
- Is *afschuifweerstand* een bruikbare parameter voor erosiebestendigheid ?
- Bij welke vorm van graslandbeheer is de erosiebestendigheid het grootst ?
- Heeft het voorkomen van veel kruiden in de grasmat een negatief effect op de erosiebestendigheid ?
- In welke mate is de erosiebestendigheid van zeedijkgrasland veranderd door extensivering van het beheer ?
- In hoeverre kan erosiebestendigheid van grasland worden getoetst met erosiesproeioproeven en erosiecentrifugeproeven ?

6.2 Methode

De afschuifweerstand is op drie diepten (3, 9 en 20 cm) bepaald met behulp van een 'shear vane tester' van het merk GEONOR. Het apparaat, bestaande uit een torsieveer met een stalen pen met onderaan een 4-schoepen-vin (16x32 mm), wordt in de grond gedrukt en rondgedraaid. De gemeten torsiekracht ($\text{N} \cdot \text{cm}^{-2}$) die op de vinnen wordt uitgevoerd totdat ze gaan meedraaien is een maat voor de weerstand in de bodem. Deze wordt bepaald door bindingskrachten tussen bodemdeeltjes onderling en tussen bodemdeeltjes en wortels, hoeveelheid en sterkte van wortels en vochtgehalte. Bij bepaling van de afschuifweerstand op een diepte van 9cm en 20 cm zijn ook metingen verricht met een pen zonder vinnen om de weerstand van het apparaat zelf te bepalen. Per p.q. wordt het gemiddelde gehanteerd van 20 random metingen. Deze zijn steeds verricht aan het eind van de winter. Aangenomen wordt dat in deze periode (februari-maart) de dijkbodems veldcapaciteit hebben (waterverzadigd zijn).

De sproeiproeven zijn uitgevoerd naar analogie van de proeven op rivierdijken (Muijs 1987, Van der Zee, 1992). De methode komt in het kort hierop neer. Op een raam van 50 x 50 cm, dat in de zode wordt gedrukt, wordt een goed sluitende sproeikop geplaatst voorzien van 625 gaatjes met een diameter van 2 mm. Door water door de openingen op de zode te laten stromen en het uitgepoelde bodemmateriaal op te vangen wordt de mate van erosie op die plek bepaald. Een andere erosieparameter is het verschil in bodemreliëf voor en na de proef. Om de bodemafname te bepalen is voor en na de proef op 100 meetpunten de afstand tussen oppervlak van het proefvlak en de hoogte van het raamwerk gepeild.

Het water wordt opgevangen in bakken waar het bodemmateriaal kan bezinken en vervolgens teruggepompt naar de sproeikop. Op deze manier is per p.q. gedurende 30 minuten gespreeid. Tijdens de proef en na beëindiging worden ook monsters van het water in de bakken genomen om de fractie zwevend materiaal te bepalen. Deze fractie bevindt zich in het systeem (± 350 l) of in het water dat na bezinking wordt weggegooid. Voor het onderzoek op zeedijken, met een over het algemeen relatief hoge bedekking van de vegetatie, is de proef op een belangrijk punt aangepast. Door de sproeikop te voorzien van een roestvrij stalen plaat (met gaatjes) is het mogelijk met een hoger debiet ($4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) te werken en zo het onderscheidend vermogen van de proef te verhogen. Om vergelijking met het onderzoek in het rivierengebied mogelijk te maken is op ruim de helft van het aantal proefvlakken zowel met een debiet van $2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ als $4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ gewerkt. Met een totale uitstroombopening van $1963,5 \text{ mm}^2$ komt dit overeen met stroomsnelheden van respectievelijk $1,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en $2,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Tabel 6.1 Bemonsterde locaties met codering voor locatie en beheersvorm; (1) = extra monsters die niet beproefd zijn

nr.	code	nr.	code	nr.	code	nr.	code
1	G1-I	10	FA-WW	19	ZG-HH ⁽¹⁾	28	ZB-HH
2	G1-HH	11	ND-HI	20	ZK-HI	29	ZB-HW
3	G2-I	12	ND-HE	21	ZK-HE	30	ZB-WW
4	G2-HH	13	NH-I	22	ZK-he ⁽¹⁾	31	ZPE-HI
5	G2-HW	14	NH-HH	23	ZK-I	32	ZPE-HE
6	G2-WW	15	NH-HW	24	ZK-WW ⁽¹⁾	33	ZH-I
7	FA-I	16	ZO-he	25	ZZD-HI	34	ZH-HH
8	FA-HH	17	ZZK-he	26	ZZD-HE	35	ZH-HW
9	FA-HW	18	ZG-I ⁽¹⁾	27	ZB-I	36	ZH-WW

Betekenis codes: G1 = Groningen Eemshaven 1e dijk; G2 = Groningen Eemshaven 2e dijk; FA = Friesland St.Jacobiparochie; DH = Helderse Zeewering; NH = Hondsbossche Zeewering; ZO = Oudelandse zeedijk; ZZK = Zandkreekdijk; ZG = Zuid-beveland Rilland; ZK = Zuid-Beveland Hoedekenskerke; ZZD = Zeeuws-Vlaanderen Zwarte Polder; ZB = Zeeuws Vlaanderen Nr. Een; ZH = Zeeuws Vlaanderen Ossensisse; ZPE = Zeeuws-Vlaanderen Perkpolder; I = bemest weiden soms afgewisseld met hooien; HH, HW, WW = onbemest 2x hooien, hooien met weiden en 2x weiden; HI = bemest hooien; HE = onbemest hooien; he = referentie 20 jaar hooibeheer.

De monsternaam voor de erosiecentrifugeproeven is uitgevoerd door de vakgroep Terrestrische Oecologie en Natuurbeheer (TON) van de Landbouwniversiteit Wageningen (LUW) op dezelfde locaties als waar de sproeioproeven zijn uitgevoerd en gegevens zijn verzameld over bedekking, doorworteling en vegetatiesamenstelling van het grasland. Na bemonstering in het veld zijn de monsters aangeleverd aan Grondmechanica Delft (GD), waar de erosieproeven zijn uitgevoerd. Analyse en interpretatie van de meetresultaten en vergelijking met wortelgegevens heeft plaatsgevonden bij de vakgroep TON/LUW. In totaal zijn 36 monsters in duplo gestoken in stalen bussen met behulp van een steekapparaat met slagkop. Bemonstering vond plaats in de maand maart 1994. In tabel 6.1 wordt een overzicht gegeven van de bemonsterde locaties. De monsters zijn bewaard bij 4 °C en begin april 1994 overgebracht naar GD. In het laboratorium is elk monster (6,6 cm diameter en ± 25 cm lang) vóór plaatsing in het erosie-apparaat met een hydraulische pers uit de bus gedrukt. Na verwijdering van de bovenlaag van 0,5 cm zijn de monsters opgedeeld in twee lagen van 5 cm dikte (0-5 en 5-10 cm) en afzonderlijk beproefd. Ongeveer 90 % van de wortels zit in de bovenste 10 cm. Eventuele veranderingen in wortelgroei als gevolg van extensivering zijn derhalve het best zichtbaar in deze laag. Op deze manier kan een indruk worden verkregen van het effect van worteldichtheid op de erosiegevoeligheid. Na plaatsing in het erosiecentrifuge-apparaat, waarbij met een bepaald toerental

water om het tussen twee blokken geklemd boormonster stroomt, zijn de erosieproeven uitgevoerd. Bij een trapsgewijs oplopend toerental van 0 tot 1200 omwentelingen per minuut wordt om de 10 minuten het gewicht van het monster bepaald en het procentuele gewichtsverlies berekend. De proef heeft een duur van maximaal 6 uur, tenzij eerder een gewichtsverlies van 50 % of meer wordt bereikt. Men is er vanuit gegaan dat de monsters bij benadering voor de helft uit grond bestaan. Bij een gewichtsverlies van 50 % zou de maximale uitspoeling zijn bereikt. Daarna spoelen alleen nog wortels weg. Na plaatsing en voor aanvang van de beproeving is een verzadigingsperiode van 15 minuten aangehouden. Voor en na de proef is van elk monster een foto genomen. Van alle monsters zijn Atterbergse grenzen bepaald.

Per bemonsterd pq. is de gemiddelde afschuifweerstand berekend op de drie dieptes. De data zijn per beheersvorm en per gemeenschap geanalyseerd. Gemiddeld per beheersvorm zijn bodemafname en uitgespoeld bodemmateriaal berekend. Ook zijn correlatieberekeningen uitgevoerd met andere parameters als worteldichtheid en bodemparameters. Met behulp van meervoudige regressie-analyse is het gecombineerd effect onderzocht van erosie en genoemde andere factoren.

De door GD geleverde proefresultaten omvatten per monster

- het berekende procentuele gewichtsverlies voor elke 10 minuten bij het geregistreerde toerental en de uitgeoefende torsie op het monster.
- een grafiek van % gewichtsverlies en uitgeoefende torsie uitgezet tegen tijd (1) en toerental (2)
- foto's voor en na de proef.

Voor verdere analyse is gekozen voor *benodigde tijd* $t(x)$ voor een bepaald percentage gewichtsverlies x als erosieparameter. Wanneer wordt uitgegaan van het percentage gewichtsverlies bij een bepaalde centrifugetijd, is het mogelijk dat monsters die na korte centrifugetijd volledig zijn geërodeerd in een vergelijking van monsters die langer stand houden, niet meer worden meegewogen. Met $t(x)$ is wel een continue variabele gecreëerd. Voor een gewichtsverlies van 2, 5, 10, 15, 20, 30 en 45 % is $t(x)$ bepaald door interpolatie van (1). Voor de monsters waarbij geen hoge percentages gewichtsverlies werden verkregen is $t(x)$ bepaald door extrapolatie. Hiertoe zijn de te extrapoleren tijden voor elk monster berekend aan de hand van een tweevoudig regressiemodel van procentuele gewichtsafname in relatie tot tijd en toerental. Uit een enkelvoudig regressiemodel van het % gewichtsverlies en benodigde centrifugetijd is de erosiecoëfficiënt (ec) berekend. Daarbij is uitgegaan van een bij grove benadering lineair verlopend verband. In diagrammen worden de erosieparameters ($t(x)$ en ec) verdeeld over de beheersvormen per locatie weergegeven, om een indruk te

krijgen van de erosiewaarden en spreiding in het materiaal. In bijlage 5 worden voor de verschillende locaties waarden voor $t(x)$ weergegeven voor de bemonsterde locaties te samen met andere gemeten variabelen die van belang zijn voor de erosiebestendigheid: worteldichtheid in laag A (0-5 cm) en laag B (5-10 cm), lutum-, zand-, siltfractie, plasticiteitsindex, vloeigrens, uitrolgrens, humus- en kalkgehalte, bedekking en gemiddelde grootte van open plekken. De erosieparameters zijn niet normaal verdeeld: bij een lager gewichtsverliespercentage vertonen relatief meer monsters lage waarden voor $t(x)$ en bij een hoger procentueel gewichtsverlies hebben relatief meer monsters hoge $t(x)$ -waarden. De erosievariabelen zijn derhalve getransformeerd tot $\log t(x)$, waardoor bij benadering wel normale verdelingen werden verkregen.

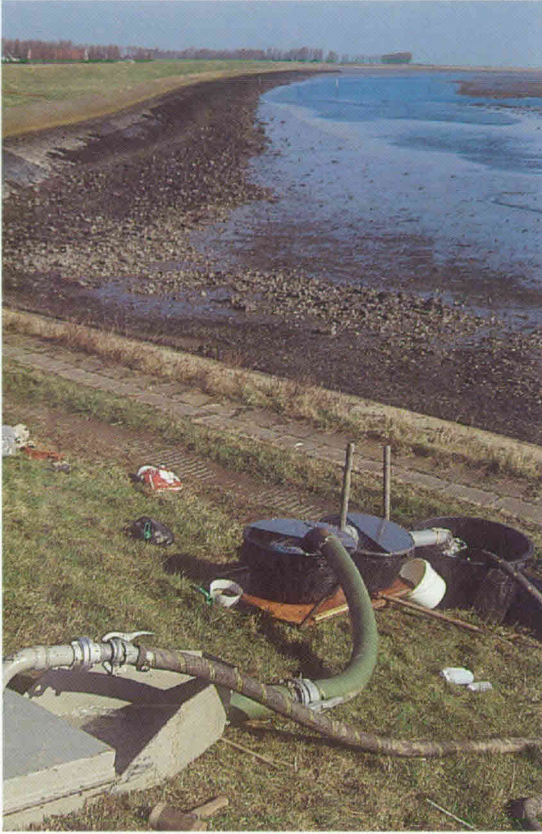
Tussen de erosievariabelen en andere gemeten variabelen zijn enkelvoudige correlaties (Pearson-correlatiecoëfficiënt) berekend. Omdat bij erosiebestendigheid juist de interactie tussen bijvoorbeeld doorworteling en kleisamenstelling een rol kan spelen zijn voor een aantal parameters multipale regressiemodellen berekend. Hierbij wordt getracht door stapsgewijs variabelen aan het model toe te voegen en de significantie te berekenen voor de mate waarin de variabele bijdraagt aan de verklaarde variantie voor de gemeten parameter, een zo hoog mogelijke totale verklaarde variantie te bereiken met zo weinig mogelijk significante factoren.

Vervolgens is met behulp van enkelvoudige variantie-analysen getoetst of er verschillen zijn in erosieparameters tussen de verschillende beheersvormen. Voor paarsgewijze vergelijking is een LSD-toets toegepast. In een enkel geval zijn ook meervoudige variantie-analysen uitgevoerd.

Een aantal monsters heeft voor het einde van de 6 uur durende proef al een gewichtverlies van 50 % gehaald, het criterium waarbij de proef als beëindigd wordt beschouwd en met centrifugeren wordt gestopt ook al is de proefperiode van 6 uur nog niet afgerond. Om een indruk te krijgen van de verschillen in erosiegevoeligheid tussen de diverse beheersvormen is een frequentieverdeling gemaakt van het aantal monsters dat een bepaald gewichtsverlies haalt over de beheersvormen. Het gaat dan om het aantal monsters dat binnen 6 uur een gewichtsverlies heeft van respectievelijk 15, 20, 30 en 45 procent. Verschillen tussen de beheersvormen zijn getoetst met een X^2 -test.

Op grond van plasticiteitsindex, vloeigrens en zandgehalte kunnen kleimonsters beoordeeld worden op erosiebestendigheid (Korzilius et al. 1991). De monsters zijn op grond van deze criteria geclassificeerd en vergeleken met de bijbehorende $t(x)$ -waarden.

Alle statistische berekeningen zijn uitgevoerd met het programma SPSS PC⁺ (Norusis 1986).



Opstelling erosiesproeioproef



Sproeien met 4 l/s

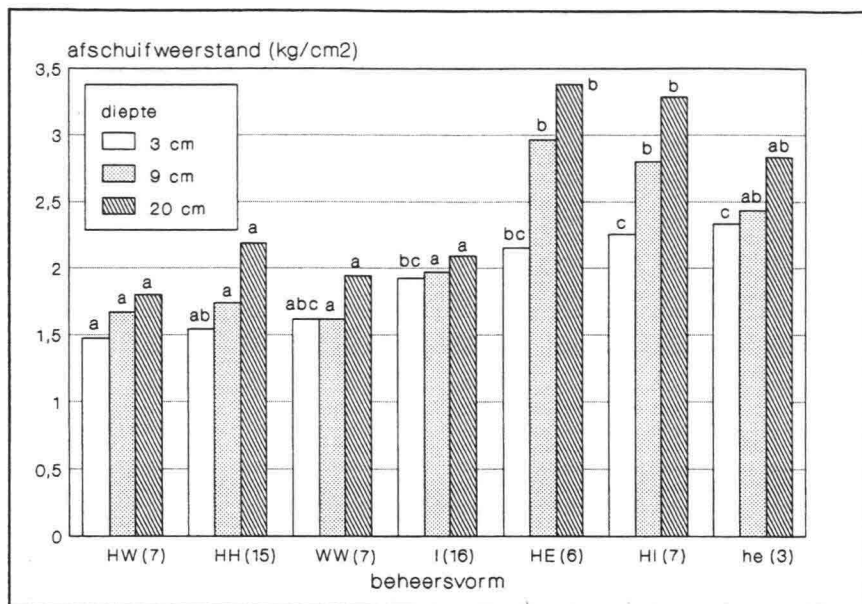


Weinig verschil in goed bedekkend grasland (onbemeste hooivariant, 2e dijk Groningen)

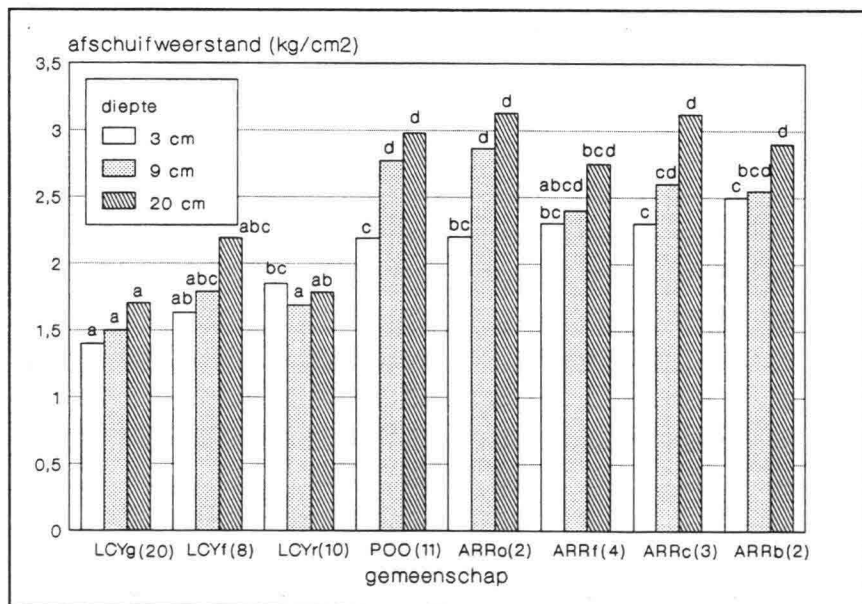
6.3 Afschuifweerstand

Metingen van de afschuifweerstand in bemeste en onbemeste proefvakken levert (na 4 jaar) geen significant verschil op. In **figuur 6.1** is de gemiddelde afschuifweerstand op drie diepten per beheersvorm weergegeven. Te zien is dat de onbemeste varianten op beweide dijken ("HW", "HH" en "WW") niet verschillen van de bemeste variant "I". Hetzelfde geldt voor de bemeste ("HI") en onbemeste variant ("HE") op hooidijken. Ter vergelijking is de gemiddelde afschuifweerstand voor de soortenrijke hooilanden (variant "he") in de figuur opgenomen. Wel is er een significant verschil in afschuifweerstand op een diepte van 9 en 20 cm tussen gehooide ("HE" en "HI") en (voorheen) beweide dijken ("HW", "HH", "WW" en "I"). Dit onderscheid wordt mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van vooral dikkere wortels in de hooilanden op een diepte van 3-15 cm (lage specifiek wortellengte, hoog wortelgewicht, zie hoofdstuk 4), maar kan ook berusten op het lage zandgehalte van de voornamelijk in Zeeland voorkomende hooilanden op een relatief zware bodem. Het verschil in afschuifweerstand tussen de beweide dijken en het langdurig onbemest hooiland, gekenmerkt door een dicht wortelpakket, is niet significant. Bij de gemeenschappen (**figuur 6.2**) bestaat er een significant verschil in afschuifweerstand op een diepte van 3, 9 en 20 cm tussen enerzijds de Beemdgras-raaigrasweiden (POO) en enkele Glanshaverhooilandgemeenschappen (ARRo, ARRc) en Kamgrasweiden (LCYg, LCYf, LCYr) anderzijds. Gelet op het grote verschil in doorworteling tussen Beemdgras-raaigrasweiden en Glanshaverhooiland, is het niet aannemelijk dat worteldichtheid hier een bepalende factor is. Het onderscheid berust eerder op verschil in korrelgroottesamenstelling: de Beemdgras-raaigrasweiden en Glanshaverhooilanden komen vooral op de zwaardere bodems in Zeeland voor, terwijl de Kamgrasweiden vaak op de licht-zavelige bodems van Noord-Nederlandse dijken worden aangetroffen. Terwijl de worteldichtheid sterk daalt, lijkt de afschuifweerstand juist toe te nemen met de diepte. Het verschil tussen de waarden op 3 cm en 20 cm diepte is maar in enkele gevallen significant. Bij de beheersvormen zijn dat de varianten "HH" ($p < 0,05$) en "HE" ($p < 0,05$) en bij de gemeenschappen het **Lolio-Cynosuretum met *Geranium molle*** en het **Poo-Lolietum** ($p < 0,05$). Mogelijk speelt bij dit onderscheid juist het ontbreken van wortels een rol doordat de bodem in diepere lagen een minder granulaire structuur heeft en daardoor meer weerstand biedt. Ook het vochtgehalte is mogelijk van invloed. In februari-maart is de bodem op een diepte van 20 cm mogelijk droger dan de bovenlaag.

Correlatieberekeningen (**tabel 6.2**) onderschrijven genoemde veronderstellingen. Op 3 cm, 9 cm en 20 cm diepte is er een significante negatieve correlatie tussen de afschuifweerstand en het percentage zand (resp. -0,5423, -0,5744 en -0,4480 met $p < 0,001$). Een hoog zandgehalte gaat dus samen met lage



Figuur 6.1 Gemiddelde afschuifweerstand per beheersvorm op 3, 9 en 20 cm diepte (binnen een categorie zijn significante verschillen ($p < 0,01$) aangeduid met verschillende letters)



Figuur 6.2 Gemiddelde afschuifweerstand per gemeenschap op 3, 9 en 20 cm diepte (binnen een categorie zijn significante verschillen ($p < 0.01$) aangeduid met verschillende letters)

Tabel 6.2 Pearson-correlatiecoëfficiënten tussen afschuifweerstand en wortel- en bodemparameters

	WLT	WGT	WS	WL1	WL2	WL3	C_N
AW3	.0259	.3550	-.5036**	-.2558	.1293	.1464	-.1736
AW9	-.0072	.3791*	-.4823**	-.3301	.1803	.2364	-.0623
AW20	-.1509	.2625	-.4991**	-.3757*	.0441	.0764	.1209
	WL4	WL5	WL6	WL7	WL8	WG1	SWR
AW3	.1981	.1731	.1368	.0596	.1959	.1413	-.0672
AW9	.1725	.1332	.1029	.0467	.1129	.1012	-.1121
AW20	.0055	-.0950	-.0490	-.0447	.0231	.0442	-.1249
	WG2	WG3	WG4	WG5	WG6	WG7	NTOTB
AW3	.3900*	.3914*	.4561**	.1500	.3370	.2965	-.3096
AW9	.4014*	.4517**	.4241*	.2188	.2894	.2396	-.2921
AW20	.2702	.3596	.2784	.1520	.1721	.1290	-.3963*
	WG1	WG8	VG	UG	PI	ASLUT	NTOTW
AW3	.1413	.1557	-.0168	-.5175*	.2738	.2795	-.3708
AW9	.1012	.2415	.1021	-.4572*	.3615	.3161	-.4161*
AW20	.0442	.2104	.1799	.3932	.4301	.3194	-.5228**
	ASZAND	ASSILT	ASBED	LOGOPG	RICO		
AW3	-.5423**	.5133*	-.5160**	.5897**	.5459**		
AW9	-.5744**	.5192*	-.6172**	.6763**	.6078**		
AW20	-.4480**	.3627*	-.6219**	.7079**	.6472**		

WLT/WGT = wortellengte (-gewicht) m (g)/dm² in laag 0-50 cm; WS = specifieke wortellengte; WL1 - WL8 (WG1 - WG8) = wortellengte (-gewicht) in m (g)/dm³; ASLUT-ASBED = arcsinustransf. % lutum, zand, silt, bedekking; OPG = openplekgrootte, RICO = (lage waarden bij hoge) zedichtheid; SWR = spruit/wortelverhouding; NTOTB - NTOTW = N-gehalte in bodem, wortels; C_N = C/N ratio; VG = vloeigrens; UG = uitrolgrens; PI = plasticiteitsindex; AW3-AW20 = afschuifweerstand op een diepte van 3, 9 en 20 cm.

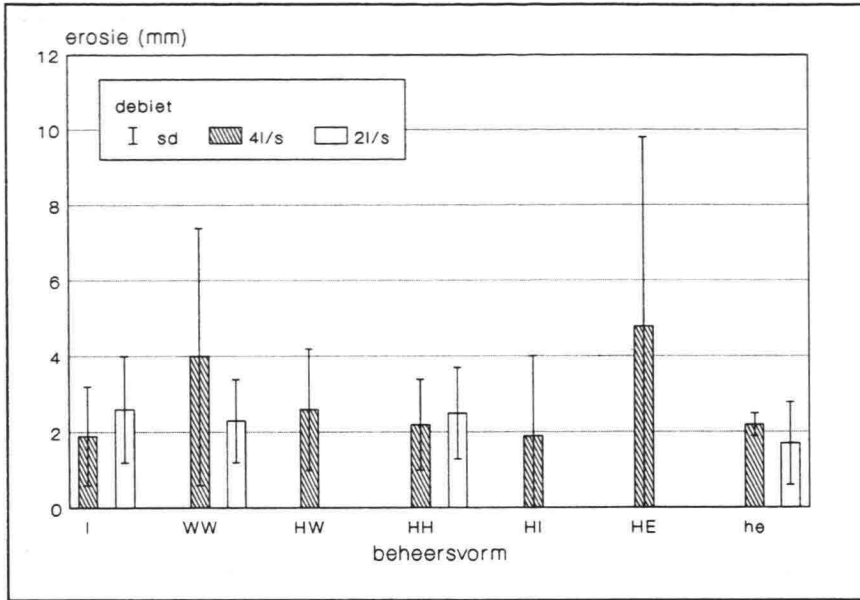
waarden voor de afschuifweerstand. Voor de afschuifweerstand op 9 cm diepte is er een positieve correlatie met % silt ($r = 0,6478$, $p < 0,01$). Het % lutum geeft geen significante correlatie. Voor de monsters waarvan Atterbergse grenzen zijn bepaald, geldt een significant negatief verband tussen afschuifweerstand op 3 cm en 9 cm diepte en uitrolgrens ($r = -0,5175$ en $-0,4572$, $p < 0,01$). Verder geldt dat lage waarden voor bedekking, en hoge waarden voor open-plek-grootte en *rico* (= lage zedichtheid) gecorreleerd zijn met hoge waarden voor afschuifweerstand. Ook wordt een negatieve correlatie gevonden tussen specifieke wortellengte en afschuifweerstand ($r =$ respectievelijk $-0,5036$, $-0,4823$ en $-0,4991$, $p < 0,001$, zie tabel 6.2). Dit zou kunnen betekenen dat in een zode gekenmerkt door een hoge bedekking en veel dunne wortels de afschuifweerstand klein is, en in een open zode met veel en grote open plekken (en weinig wortels) groot. In de laag 3-15 cm wordt wel een positieve correlatie gevonden met wortelgewicht (zie tabel 6.2 voor r-waarden en significanties). Hier zijn mogelijk dikkere wortels verantwoordelijk voor grotere weerstanden in de bodem. Ook is het mogelijk dat de dikkere wortels kenmerkend zijn voor de vooral in Zeeland op zwaardere bodems voorkomende hooilanden, en de dunnere wortels met hoge specifieke wortellengte kenmerkend voor Noord-Nederlandse dijkgraslanden. In dat geval blijft de bodemgesteldheid (naast vochttoestand) de meest bepalende factor.

6.4 Erosiesproeioproeven

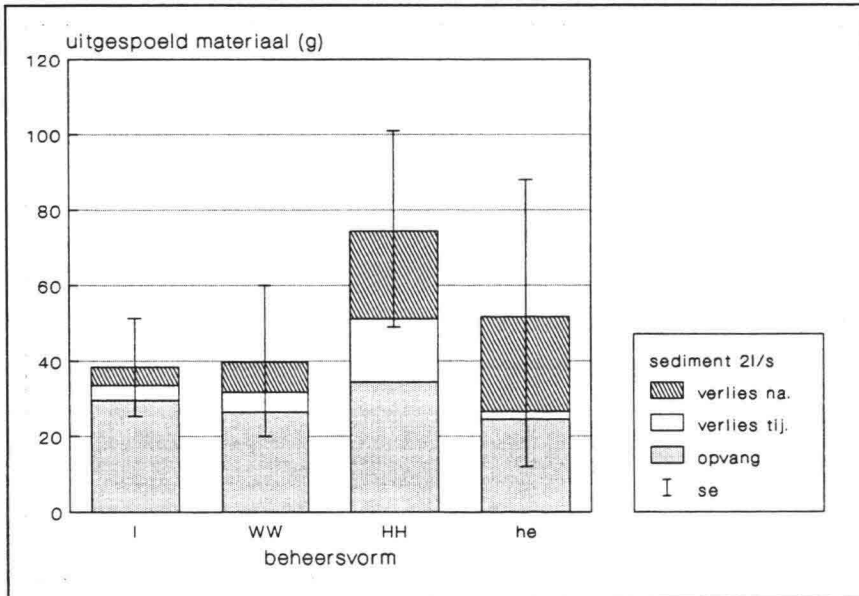
In bijlage 5 is een overzicht gegeven van de waarden van gemeten parameters voor zowel sproei- als centrifugeproeven op de beproefde locaties en beheersvarianten. In figuur 2.1 (hoofdstuk 2) zijn locaties waar erosieproeven zijn verricht onderstreept.

In **figuur 6.3** is per beheersvorm de gemiddelde *bodemafname* bij een debiet van 4 l.s^{-1} en 2 l.s^{-1} weergegeven. De erosie bedraagt gemiddeld voor alle beheersvormen bij de 4 l.s^{-1} -proef 1,9-4,8 mm in 30 minuten en bij de 2 l.s^{-1} -proef 1,7-2,6 mm in 30 minuten. De verschillen zijn nergens significant. De hoeveelheid *uitgespoeld materiaal* verschilt wel duidelijk tussen de proeven die zijn uitgevoerd met een debiet van 4 l.s^{-1} en 2 l.s^{-1} (**figuur 6.4** en **6.5**). De verschillen tussen de beheersvormen zijn niet significant. De hoeveelheid uitgespoeld materiaal in proefvakken op beweide dijken bedraagt in de 4 l.s^{-1} -proef (**figuur 6.5**) gemiddeld 170-420 g en in proefvakken op gehooide dijken 170-630 g. Bij de referentiedijken ("he") is de hoeveelheid uitgespoeld materiaal relatief het laagst. In de 2 l.s^{-1} -proef bedraagt de hoeveelheid uitgespoeld materiaal 40-75 g (**figuur 6.4**). In de figuren is ook de verhouding tussen de fracties opgevangen en weggespoeld bodemmateriaal aangegeven. Opvallend is dat bij variant "HW" een relatief groot deel van het uitgespoelde materiaal met het water is weggegooid (4 l.s^{-1} -proef). Dit duidt op aanwezigheid van veel zwevend materiaal in de opvangbakken na beëindiging van de proef, dus een hoog silt- of lutumgehalte. In **figuur 6.6** is de hoeveelheid uitgespoeld materiaal voor de verschillende bemonsterde locaties weergegeven, gerangschikt per beheersvorm. Hierdoor wordt een indruk verkregen in de mate van spreiding in het materiaal. De locatie nabij Nr. Eén in Zeeuws-Vlaanderen (ZB) vertoont de meeste variatie. De hoeveelheid uitgespoeld materiaal is relatief hoog in variant "I" en "HW". Dit heeft waarschijnlijk te maken met de lage bedekking van deze locaties. Ook in Friesland (FA) spoelt in variant "HW" relatief veel bodemmateriaal uit. De dijken in Friesland worden gekenmerkt door een hoog zandgehalte (70 %) in de bovenlaag van het kleidek, wat de hoge uitspoeling mogelijk verklaart. Opmerkelijk is dat alleen variant "HW" een hoge waarde voor uitspoeling vertoont, terwijl de bedekking tussen de Friese varianten niet verschilt. Op de overige locaties zijn de verschillen tussen de varianten klein.

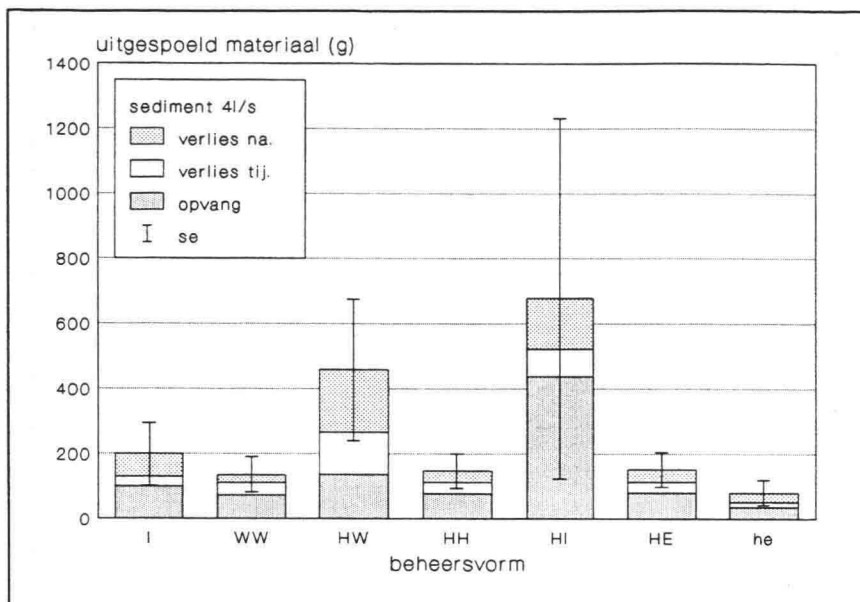
In de 2 l.s^{-1} -proef is er een significante negatieve correlatie tussen erosie (bodemafname) en het silt-gehalte ($r^2 = 64 \%$, $p < 0,05$). Voor de proeven met een debiet van 4 l.s^{-1} is er geen significante correlatie gevonden tussen bodemafname en hoeveelheid uitgespoeld materiaal en zodedichtheid, worteldichtheid en korrelgrootte-samenstelling. In regressiemodellen met meerdere factoren worden wel significante verbanden aangetoond. In de 4 l.s^{-1} -proef blijkt de oppervlakkige erosie (afname in bodemhoogte) positief gecorreleerd te



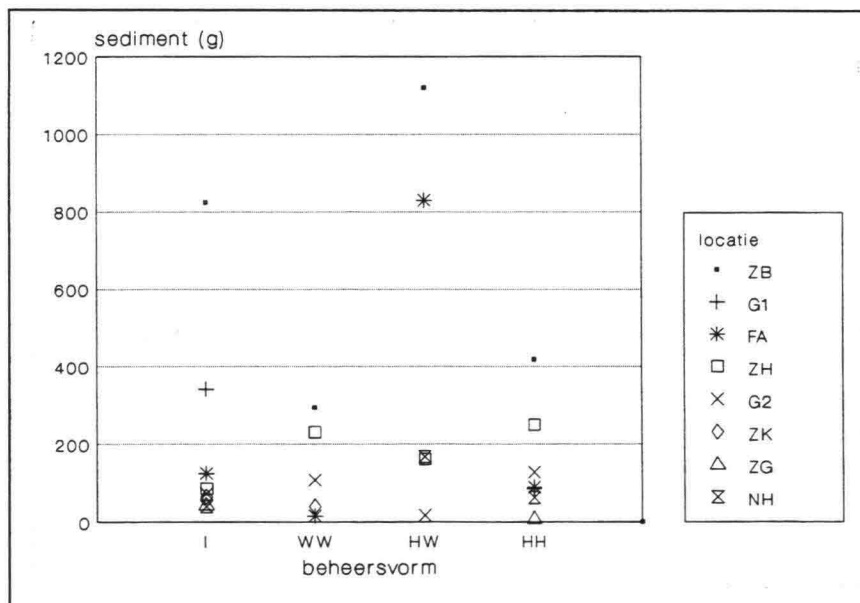
Figuur 6.3 Erosiesproeioproef - afname bodemoppervlak gemiddeld per beheersvorm bij een debiet van 4l/s en 2l/s.



Figuur 6.4 Erosiesproeioproef 2l/s - uitgespoeld bodemmateriaal per beheersvorm met drie componenten: opgevangen materiaal in bakken, materiaal zwevend in verlieswater tijdens en na de proef



Figuur 6.5 Erosiesproeioproef 4l/s - uitgespoeld bodemmateriaal gemiddeld per beheersvorm, bestaande uit 3 componenten: opvang in bakken, zwevend in verlieswater tijdens en na de proef



Figuur 6.6 Erosiesproeioproef 4l/s - hoeveelheid uitgespoeld bodemmateriaal op zeedijklocaties, gerangschikt naar beheersvorm

zijn met het percentage zand in de bodem ($r = 0,68$), wanneer de bedekking van de vegetatie laag is ($r = -0,66$) ($r^2 = 56\%$, $p < 0,01$). De variantie in de hoeveelheden uitgespoeld bodemmateriaal kan voor 50% worden verklaard uit lutumgehalte ($r = -0,70$) en grootte van open plekken ($r = 0,68$; $r^2 = 50\%$, $p < 0,01$). Relatief veel materiaal spoelt uit bij een laag lutumgehalte in combinatie met grote open plekken of lage bedekking (met bedekking in het model bedraagt de verklaarde variantie 45%).

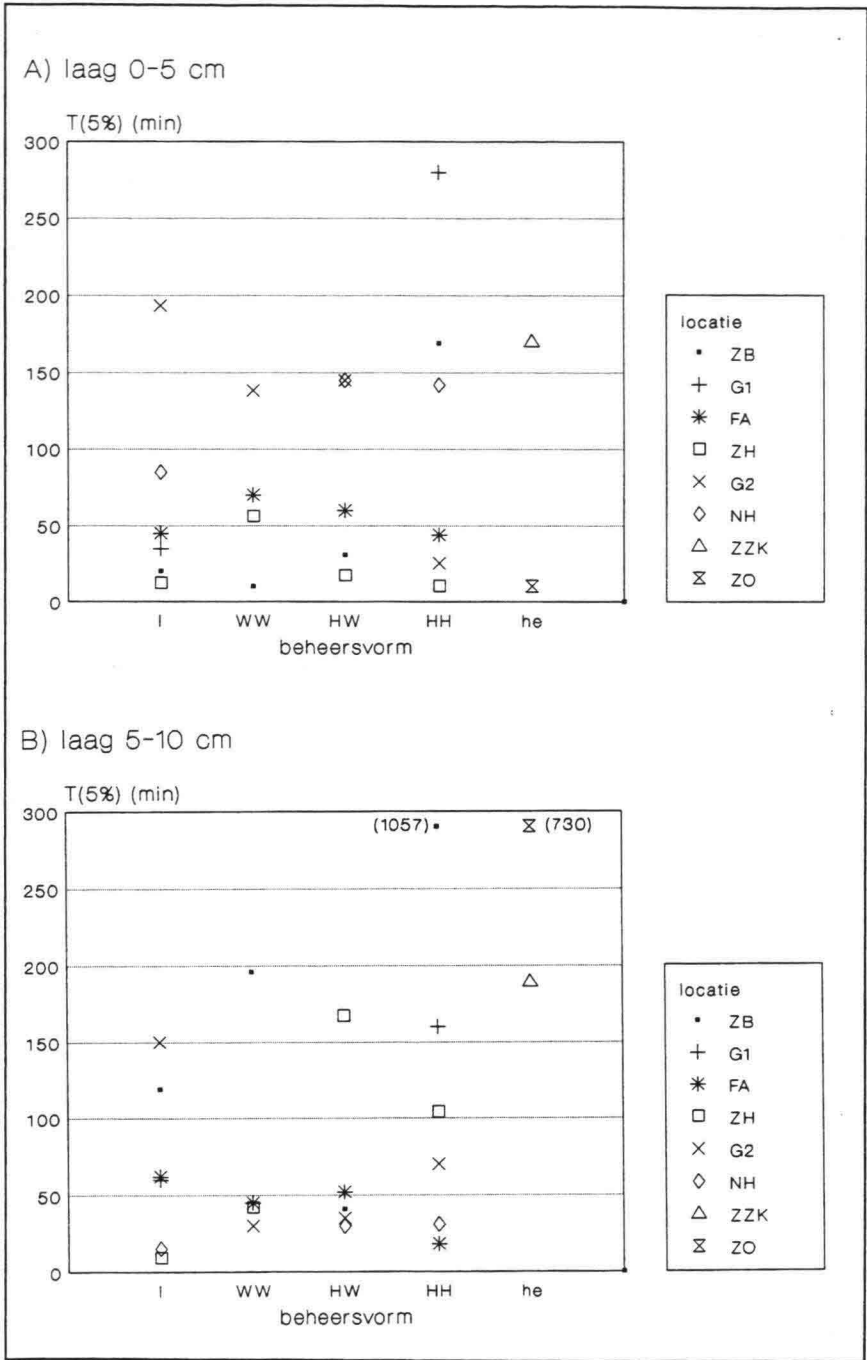
De mate van (oppervlakkige) erosie wordt dus voor een groot deel bepaald door een bedekkingsparameter en korrelgrootteparameter. Voor de 2 l.s^{-1} -proef is een model berekend met bedekking, humusgehalte en worteldichtheid (m.dm^{-3}). Veel uitgespoeld materiaal hangt samen met lage waarden voor deze parameters ($r^2 = 98\%$, $p < 0,01$). Dit betekent dat bedekking en ook doorworteling van de bovenlaag bepalend kunnen zijn voor erosiebestendigheid.

6.5 Centrifugeproeven

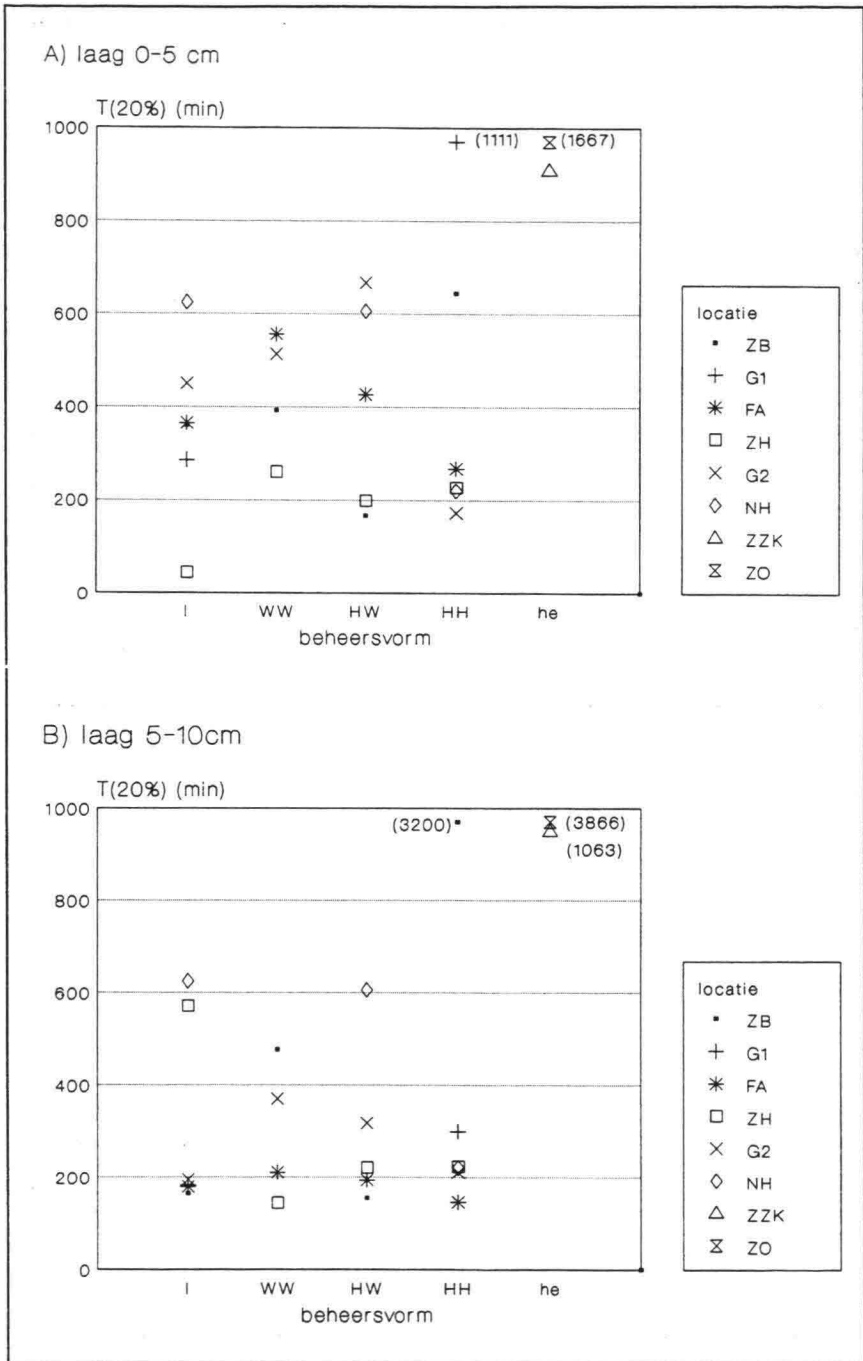
Verschil in erosieparameters ($t(x)$) tussen locaties

Om een indruk te krijgen van de spreiding in de resultaten van de centrifugeproef en de verschillen tussen locaties en beheersvarianten, zijn in **figuur 6.7** en **6.8** waarden voor erosieparameters van de verschillende locaties weergegeven, gerangschikt naar beheersvorm. Het betreft geëxtensiveerde beweide dijken en twee referentiedijken. Resultaten van de gehooide varianten "HI" en "HE" zijn om praktische redenen niet in de figuren opgenomen. In **figuur 6.7** is de tijd uitgezet nodig voor 5 % gewichtsverlies van de monsters uit laag A (0-5 cm) en laag B (5-10cm). In **figuur 6.8** is de benodigde tijd uitgezet voor een gewichtsverlies van 20 %. Een hoge waarde voor $t(5\%)$ betekent een relatief hoge bestendigheid tegen uitspoeling van het wortel-kleimonster tot een gewichtsverlies van 5 %. Het gaat dan om een lichte aantasting van het monster, vergelijkbaar met slijterosie. Bij 20 % gewichtsverlies is de aantasting aanzienlijk sterker. Bij een gewichtsverlies van 50 % wordt de proef immers als beëindigd beschouwd. Hoge waarden voor $t(20\%)$ betekenen dan ook een hoge bestendigheid tegen sterke uitspoeling.

De verschillen tussen de locaties zijn aanzienlijk (**figuur 6.7**): "ZH" en "ZB", beiden dijken in Zeeuws-Vlaanderen hebben een relatief lage erosiebestendigheid voor 5 % gewichtsverlies in de bemeste en beweide beheersvariant "I". De intensieve (bemeste en beweide) variant op de tweede dijk bij Eemshaven ("G2") heeft een relatief hoge erosiebestendigheid in de toplaag van 0-5 cm, die in de onbemeste varianten ("WW", "HW", "HH") afneemt. Het soortenrijke, langdurig onbemeste grasland ("he") van de Oudelandse Zeedijk ("ZO", referentiedijk) bereikt in tegenstelling tot het grasland van de Zandkreekdam ("ZZK") relatief snel een gewichtsverlies van 5 %. Monsters afkomstig van de primaire dijk bij Eemshaven ("G1"), van de Hondsbossche Zeewering ("NH") en van de dijk bij Nr. Eén ("ZB") hebben in de onbemeste gehooide variant "HH" een hogere erosiebestendigheid dan de bemeste en beweide variant "I". De proefdijk in Friesland ("FA") en Zeeland-Ossenissee ("ZH") hebben een iets hogere waarde voor $t(5\%)$ in de onbemeste weidevariant "WW". Voor laag B is het verschil tussen de locaties niet veel anders: hier is in de Zeeuwse varianten "ZB" en "ZH" en de primaire dijk bij Eemshaven ("G1") de centrifuge-tijd en dus erosiebestendigheid relatief hoog in variant "HH" en "HW". De erosiebestendigheid van "G2" en "FA" is in de onbemeste hooivariant "HH" gedaald ten opzichte van de bemeste variant "I". De score voor de referentiedijken "ZO" en "ZZK" is hoog. De waarden voor $t(5\%)_B$ in "ZB" en "ZO" vallen buiten het diagram. Voor een gewichtsverlies van 20 % (**figuur 6.8**) variëren de t -waarden eveneens aanzienlijk tussen locatie en beheersvorm. In laag A (0-5 cm) neemt de



Figuur 6.7 Centrifugetijd voor 5 % gewichtsverlies in laag 0-5 (A) en 5-10 cm (B); de waarden van de verschillende locaties zijn per beheersvorm gerangschikt



Figuur 6.8 Centrifuge tijd voor 20 % gewichtsverlies in laag 0-5 (A) en 5-10 cm (B); de waarden van de verschillende locaties zijn per beheersvorm gerangschikt

Tabel 6.3 Berekende erosiecoëfficiënt in laag A (0-5 cm) en laag B (5-10 cm); kolom I/E: toe- of afname in WW, HW, HH t.o.v. het bemeste vak I

locatie	laag A 0-5 cm diepte						laag B 5-10 cm diepte					
	I	WW	HW	HH	I/E	he	I	WW	HW	HH	I/E	he
G1	14,2			55,7	+		6,0	9,0	6,0	12,0	+0+	
G2	20,4	25,7	33,3	9,3	+-		6,5	18,0	15,0	10,0	+++	
FA	18,1	27,6	21,1	13,7	+-		6,5	9,0	6,0	6,0	+00	
NH	31,3		30,2	11,3	0-		6,0		8,0	6,0	+0	
ZH	2,6	15,6	10,5	12,5	+++		2,0	4,0	8,0	8,0	+++	
ZB	15,0	18,9	9,2	32,5	+-		4,0	30,0		90,0	++	
ZZK						45,3						55
ZO						82,7						90

erosiebestendigheid in de onbemeste hooivariant "HH" aanzienlijk toe ten opzichte van de bemeste weidevariant "I" op de Eemshavendijk "G1" en de Zeeuwse locaties "ZH" en "ZB". In "G2" en "FA" neemt $t(20\%)_A$ ten opzichte van de bemeste variant "I" toe in respectievelijk "HW" (onbemest hooien met weiden) en "WW" (onbemest, 2x weiden), maar daalt in variant "HH" (onbemest hooien). De waarde voor $t(20\%)_A$ is in de intensieve variant "I" op deze locaties relatief hoog. Extensivering geeft in de onbemeste weidevarianten een verbetering. Bij alleen hooien daalt de waarde voor de benodigde centrifugetijd. Ook in het monster afkomstig van de Hondsbossche Zeewering ("NH") neemt $t(20\%)_A$ af in de onbemeste hooivariant, maar blijft gelijk in de onbemeste hooien-met-weiden-variant ("HW"). Ook in laag B (5-10 cm) neemt $t(20\%)_B$ op deze locatie af in variant "HH" ten opzichte van "I". In het monster van de onbemeste variant "HH" op de dijk bij Nr. Eén (ZB) en bij Eemshaven (G1) neemt de erosiebestendigheid toe ten opzichte van de bemeste variant "I". Op de tweede dijk bij Eemshaven (G2) neemt $t(20\%)_B$ ten opzichte van "I" iets toe in "WW" en verandert nauwelijks op de Friese dijk "FA". In laag B is $t(20\%)$ -score in "ZH-I" hoog en in de extensieve varianten relatief laag. Het verschil tussen de score voor laag A en laag B op deze plek berust mogelijk op een groter effect van kleikwaliteit op een diepte van 5-10 cm. De referentiedijken ("ZO" en "ZZK") hebben in beide lagen hoge waarden voor $t(20\%)$.

In tabel 6.3 zijn voor de verschillende locaties de waarden voor de *erosiecoëfficiënt* voor de twee lagen gerangschikt per beheersvorm weergegeven. Ook is de mate van verschil tussen het bemeste proefvak "I" en het onbemeste vak "HH" aangegeven. De *erosiecoëfficiënt* is een indicatie voor het verloop van de benodigde tijd $t(x)$ voor olopend percentage gewichtsverlies (x). Daarbij wordt het verband tussen $t(x)$ en x bij benadering lineair verondersteld (hetgeen in een aantal gevallen niet het geval is). Hoe hoger de coëfficiënt, hoe hoger de erosiebestendigheid. Evenals in figuur 6.7 en 6.8 vertonen de referentiedijken "ZO" en "ZZK" hoge waarden in vergelijking met de andere locaties. In het

algemeen is er in laag A een trend zichtbaar naar hogere waarden in de geëxtensiverde vakken. Ten opzichte van de bemeste beweidde variant ("I") neemt in de proefvakken op de locatie "G1" de erosiebestendigheid toe in de onbemeste gehooide variant ("HH"), op "ZH" in alle onbemeste varianten ("WW", "HW" en "HH") en op "ZB" in de onbemest gehooide en beweidde variant ("WW" en "HH"). Op de locaties "G2" en "FA" neemt de erosiebestendigheid juist toe in de onbemeste weidevarianten ("WW" en "HW") en is er, evenals op de locatie "NH", een afname in variant "HH". In laag B is de erosiebestendigheid lager dan in laag A, met uitzondering van de referentiedijken, maar ook hier neemt ten opzichte van de bemeste variant "I", de erosiebestendigheid toe in de onbemeste proefvakken. Behalve op "NH" is op alle locaties de erosiebestendigheid in variant "WW" hoger. Op "G2", "NH" en "ZH" is er een toename te zien in variant "HW", en op "G1", "G2" en "ZH" is er een lichte en op "ZB" een sterke toename waar te nemen in variant "HH".

Correlaties en regressiemodellen

Om na te gaan waardoor geconstateerde verschillen in erosiebestendigheid (vaker hogere waarden in de geëxtensiverde vakken en hoge waarden voor de referentiedijken) worden veroorzaakt, zijn enkelvoudige correlatieberekeningen uitgevoerd met onder andere bodemsamenstelling, worteldichtheid en afschuifweerstand. In **tabel 6.4** worden de correlatiecoëfficiënten gegeven van de diverse parameters.

Er is een significant positief verband tussen *lutumgehalte* en de benodigde centrifugetijd voor respectievelijk 10, 15, 20, 30 en 45 % gewichtsverlies in monsters van laag B (verklaarde variantie $r^2 = 43-50$ %, $p < 0,01$). Voor 2 en 5 % gewichtsverlies in laag B is er een significante negatieve correlatie met het *zandgehalte* ($r^2 = 28, 45$ %, $p < 0,01$). Kennelijk gaat het bij uitspoeling tot 2 en 5 % gewichtsverlies om gemakkelijk loslatende zanddeeltjes (slijterose). Ook de *plasticiteitsindex* is positief gecorreleerd met centrifugetijd in laag B ($t(5-45\%)$) met $r^2 = 28, 24, 22, 23, 25$, en 28 %, $p < 0,01$).

In laag A is de *wortellengte* significant gecorreleerd met centrifugetijd voor respectievelijk 5, 10, 15, 20, 30 en 45 % gewichtsverlies ($r^2 = 20-27$ %, $p < 0,01$). Ook in laag B is er een positieve correlatie met de centrifugetijd, maar de verklaarde variantie is laag (14 %, $p < 0,05$). Opvallend is de significante ($p < 0,001$) correlatie tussen centrifugetijd van zowel laag A als laag B en het *wortelgewicht* in beide lagen met een verklaarde variantie van respectievelijk ± 30 % en ± 40 %. Daarbij geldt ook dat hoge wortelgewichten in laag A en B gecorreleerd zijn met hoge waarden voor $t(x)_B$ in laag B en laag A. Veel wortels op een diepte van 0-6 cm geeft dus een hoge $t(x)_B$ en veel wortels op een diepte van 6-10 cm, geeft hoge waarden voor $t(x)_A$. Dit betekent dat in beide

Tabel 6.4 *Correlaties van erosiecentrifugeparameters met bodem-, wortel-, zode- en erosiesproeioproef-parameters (Pearson-correlatiecoëfficiënten).*

	2A	5A	10A	15A	20A	30A	45A
LUT	-.1432	.3032	.5430	.4694	.4445	.4387	.4080
LSLT	-.2911	-.0437	.4428	.4988	.5255	.5017	.4873
ZAND	.2014	-.0438	-.4869	-.5316	-.5597	-.5353	-.5158
VG	.1025	-.0513	.1711	.2364	.2487	.2221	.2226
UG	.5085*	.0528	-.2006	-.2149	-.2177	-.2330	-.2027
PI	-.1678	-.1103	.2868	.3722	.3877	.3640	.3490
HU94	.0610	.1269	.3188	.2983	.2879	.2764	.3012
CA91	.0624	-.1792	-.0997	-.0041	.0259	-.0112	-.0310
WLA	.0896	.4697*	.5152*	.4613*	.4426	.4467	.4369
WLB	.0304	.3254	.5372*	.5300*	.5190*	.5291*	.5258*
WGA	-.0779	.3909	.5374*	.5373*	.5488*	.5367*	.5152*
WGB	-.0479	.3154	.6844**	.6933**	.6886**	.6765**	.6540**
LAF4	-.0628	.0150	.1017	.0530	.0697	.0104	-.0048
LST4	-.3174	-.3415	-.3809	-.3004	-.2598	-.2612	-.2712
LAF2	.4689	.5902	-.3333	-.4375	-.4544	-.4865	-.5146
LST2	-.5270	-.3371	-.7789*	-.7351*	-.7347	-.7196	-.7078
BED	.4974*	.3183	.0776	.0248	.0003	.0065	.0313
LOPG	-.4119	-.3022	-.1126	-.0834	-.0595	-.0598	-.0853
AW3	-.3810	-.0648	.2173	.2741	.2909	.2730	.2402
AW9	-.2788	.0005	-.1938	.2050	.2238	.1883	.1443
AW20	-.3259	-.1285	.1167	.0896	.0954	.0356	-.0237
	2B	5B	10B	15B	20B	30B	45B
LUT	.4858	.5763	.6562	.6694*	.6934*	.7076*	.7096*
LSLT	.4284	.5637	.5374	.5139	.4986	.4894	.5178
ZAND	-.5323	-.6692*	-.6475	-.6168	-.6050	-.6010	-.6298
VG	.2539	.3209	.2794	.2529	.2725	.2908	.3366
UG	-.2567	-.2822	-.3189	-.3705	-.3559	-.3473	-.3211
PI	.4268	.5322*	.4881*	.4687*	.4841*	.4969*	.5341*
HU94	-.2310	-.0832	.0481	.0881	.1181	.1535	.1845
CA91	.1676	-.1886	.1362	.0627	.0311	.0299	.0575
WLA	.1145	.1121	.1988	.2183	.2006	.1777	.1453
WLB	.1879	.3785	.3753	.3852	.3684	.3679	.3639
WGA	.4368	.5699**	.5937**	.5886**	.5677**	.5545*	.5243*
WGB	.4309	.6044**	.6543**	.6611**	.6608**	.6616**	.6621**
LAF4	-.2358	-.2879	-.1443	-.0825	-.0516	.0030	.0565
LST4	.1064	.1181	.0804	.0329	.0127	-.0078	-.0139
LAF2	.2371	-.4817	-.5477	-.5917	-.6056	-.5962	-.5684
LST2	-.3394	-.5284	-.5393	-.5509	-.5516	-.5631	-.5553
BED	-.3577	-.4545	-.3732	-.3433	-.3374	-.3411	-.3367
LOPG	.4093	.4238	.3331	.3158	.3121	.3086	.3085
AW3	.4591*	.5353*	.4882*	.4814*	.4765*	.4715*	.4783*
AW9	.4208	.4748*	.4499	.4243	.4047	.4087	.4339
AW20	.3748	.3939	.3964	.3743	.3601	.3775	.4144

Significantie: * - .01 ** - .001; 2A..45A^b = benodigde centrifugetijd voor 2-45 % gewichtsverlies in laag A (0-5 cm diepte), 2B..45B^b = idem voor laag B (5-10 cm diepte), Lut = %lut*, LSLT = % silt*, ZAND = % zand*, VG = vloeigrens, UG = uitroegrens, PI = Plasticiteitsindex, HU94 = % humus*, CA91 = % kalk*, WLA/WGA = Wortellengte/gewicht 0-6 cm, WLB/WGB = wortellengte-/gewicht 6-10 cm, LAF4/LAF2 = bodemafname 4l/2l-proef^b, LST4/LST2^b = sediment 4l/2l-proef, BED = bedekking*, LOGP = openplekgrootte^b; a = na arcsinustransformatie, b = na log-transformatie.

lagen de doorworteling van belang is voor de erosiebestendigheid. Hoe langer en zwaarder de wortels op een diepte van 0-10 cm, hoe hoger de erosiebestendigheid. Gelet op de grotere correlatie met wortelgewicht zouden veel relatief dikkere (zwaardere) wortels uitspoeling meer vertragen dan veel dunne wortels. Verder is bedekking positief gecorreleerd met benodigde tijd voor 2 % gewichtsverlies en de zodedichtheidscoëfficiënt (rico, niet afgebeeld in tabel) negatief met $t(2\%)$ en $t(5\%)$. Met andere woorden hoe groter de bedekking of spruit-

dichtheid is, des te hoger is $t(2\%)$ in laag A of $t(2\%)$ en $t(5\%)$ in laag B.

Behalve voor het lutumgehalte in laag B is de verklaarde variantie (r^2) van de afzonderlijke parameters niet erg hoog.

Er bestaat geen duidelijk verklaarbaar verband tussen afschuifweerstand en centrifugetijd. Alleen is de afschuifweerstand op een diepte van 9 cm positief gecorreleerd met $t(5\%)_B$ ($p < 0,01$). Ook is de hoeveelheid afgespoeld materiaal met de sproeioproef van 2 l.s^{-1} negatief gecorreleerd met benodigde centrifugetijd in laag A voor 10% en 15 % gewichtsverlies ($p < 0,001$, $r = -0,78$ en $-0,74$).

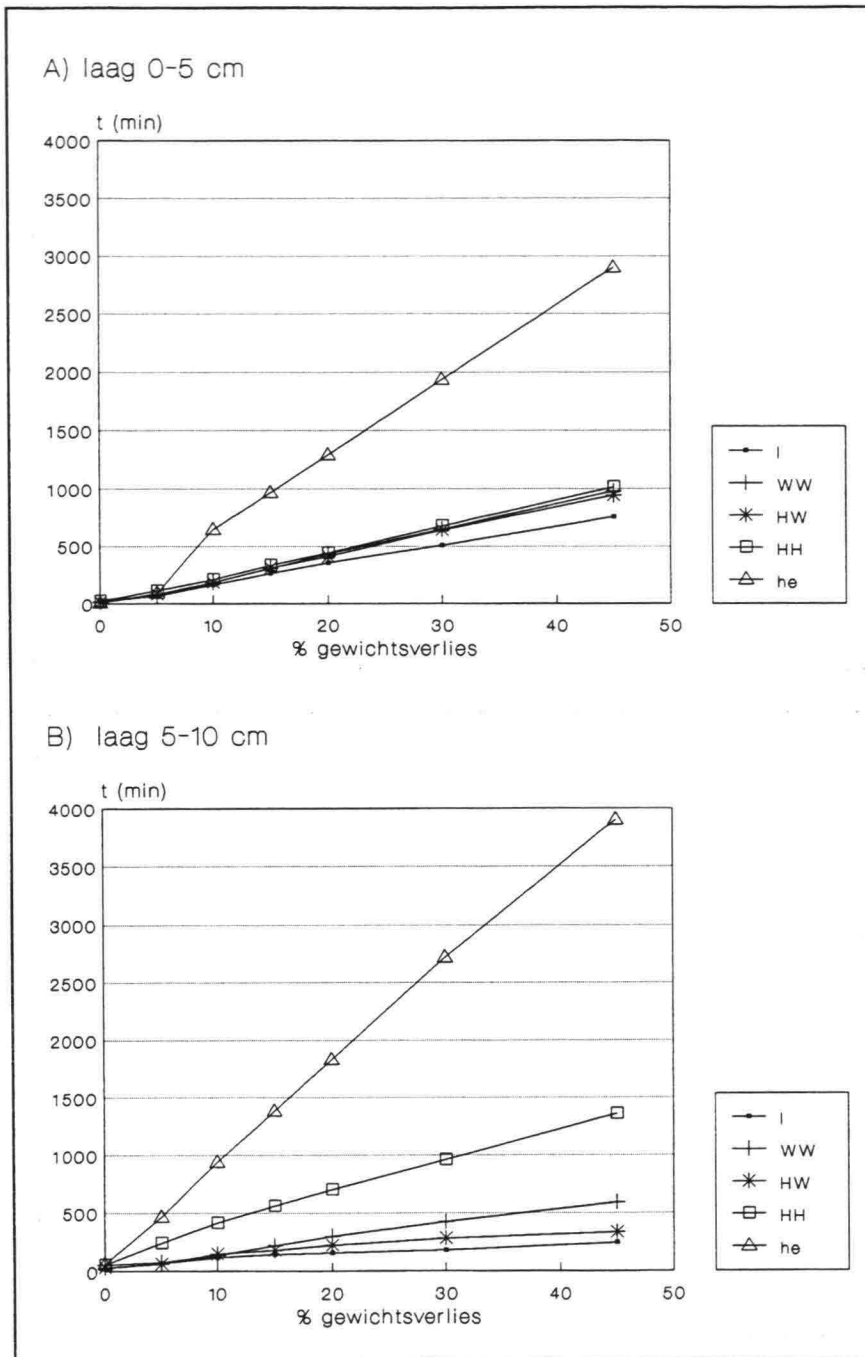
Bij de meervoudige regressiemodellen, waarbij de erosieparameters $t(x)$ (benodigde centrifugetijd) worden uitgedrukt als een lineaire combinatie van meerdere parameters, is de verklaarde variantie groter. Voor $t(2\%)$ en $t(5\%)$ in laag A worden, uitgaande van wortellengte in laag A geen significante parameters gevonden. Voor $t(10..45)$ is een model gecreëerd met 2 significante variabelen, de wortellengte op een diepte van 0-6 cm (positieve correlatie) en gehalte aan zand (negatieve correlatie) met een verklaarde variantie van 63 - 70 %. De erosiebestendigheid op een diepte van 0-5 cm (laag A) wordt dus voor een groot deel bepaald door wortellengte en zandgehalte. Met wortelgewicht als eerste variabele ($p < 0,001$, $r^2 = 50\%$) worden geen andere significante variabelen gevonden, met uitzondering van $t(20\%)$: wortelgewicht en plasticiteitsindex bepalen dan 74 % van de verklaarde variantie in laag A.

Meervoudige regressiemodellen voor laag B geven het volgende beeld. Voor de parameters $t(2\%)$ en $t(5\%)$ geldt een verklaarde variantie van 59 % met de variabelen zandgehalte en wortellengte, maar de laatste is echter niet significant. Dit geldt ook voor de parameters $t(10\%)-t(45\%)$: $r^2 = 65\% - 85\%$ met lutumgehalte (significant) en wortellengte (n.s.). In de enkelvoudige correlatieberekeningen is wortellengte wel significant gecorreleerd met genoemde erosieparameters in laag B. De verklaarde variantie is dan laag ($r^2 = 14\%$).

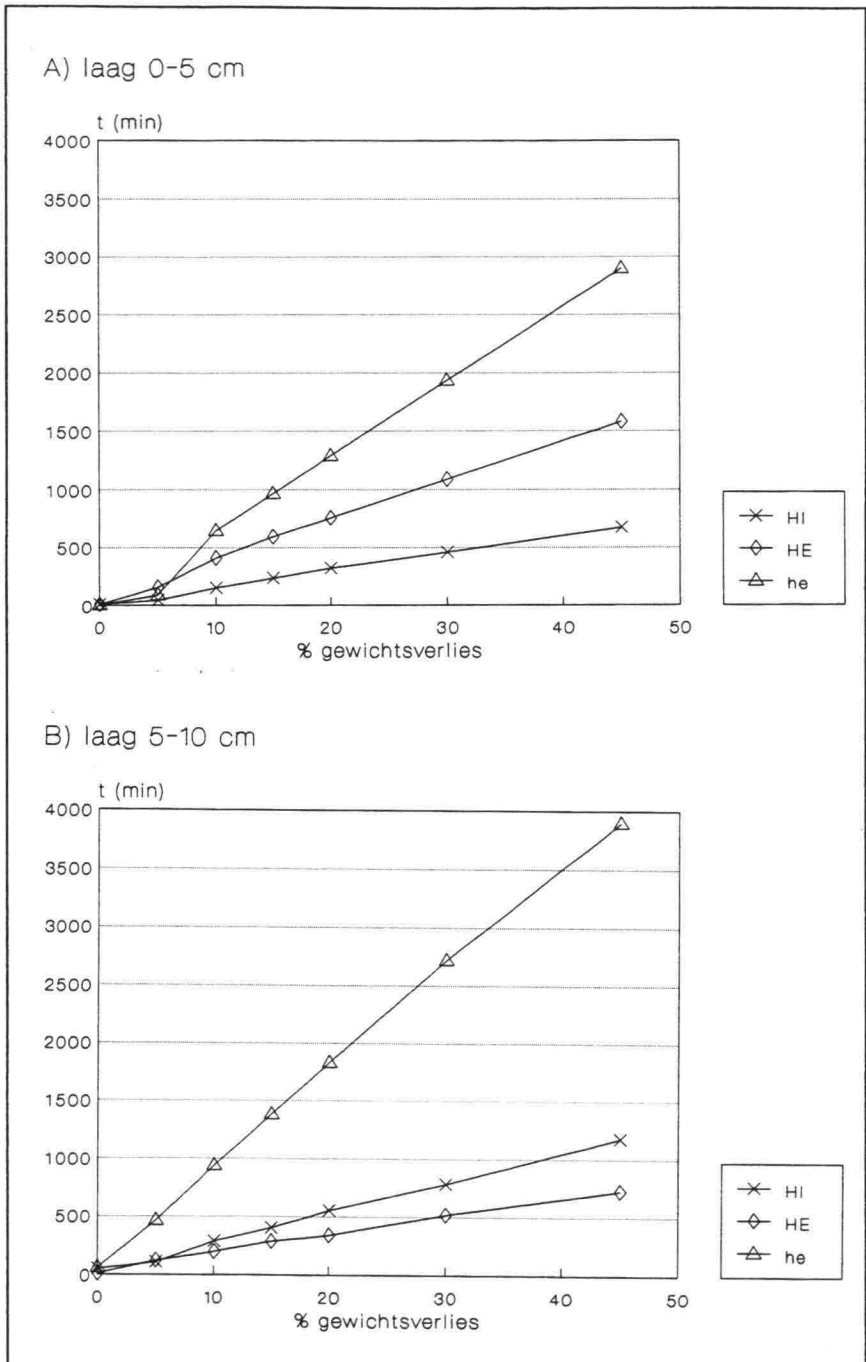
Voor laag B gelden significante wortelgewichten voor $t(2\%)$, $t(5\%)$, $t(10\%)$ en $t(15\%)$ met een verklaarde variantie van ongeveer 60 %. Andere variabelen zijn niet significant. Voor $t(20\%)$, $t(30\%)$ en $t(45\%)$ verklaren wortelgewicht én lutumgehalte 80 % van de variantie. In laag B is de bodemsamenstelling voor de erosiebestendigheid van veel groter belang dan de wortellengte. Het wortelgewicht speelt hier naast bodemsamenstelling wél een rol, mogelijk door aanwezigheid van relatief dikkere wortels.

Verschillen tussen beheersvormen.

In **figuur 6.9** en **6.10** worden de waarden voor benodigde centrifugetijd en oplopend percentage gewichtsverlies gemiddeld over de verschillende beheersvormen weergegeven. Met een enkelvoudige variantieanalyse is getoetst of de



Figuur 6.9 Verband erosiecentrifuge tijd - % gewichtsverlies in laag 0-5 cm (A) en 5-10 cm voor bemest weiden (l) en onbemest weiden (WW), hooien + weiden (HW), hooien (HH) en langdurig onbemest hooien (he)



Figuur 6.10 Verband erosiecentrifuge tijd - % gewichtsverlies in laag 0-5 cm (A) en 5-10 cm (B) voor bemest hooien (HI), onbemest hooien (HE) en langdurig onbemest hooien (he)

beheersvormen significant van elkaar verschillen. Op de beweide dijken blijkt er voor zowel laag A als laag B geen significant verschil te bestaan tussen $t(x)$ van de beheersvormen "I" (bemest weiden), "WW" (onbemest weiden), "HW" (onbemest hooien + weiden) en "HH" (onbemest hooien). De bemeste beheersvorm "I" en het onbemeste soortenrijke hooiland ("he") dat als referentie dient, verschillen wel significant: voor zowel laag A als laag B is in de referentievariant de benodigde centrifugetijd bij een gewichtsverlies van 5 % of meer hoger dan in de bemeste variant. In laag A ligt dit verschil voor $t(10)$ tot en met $t(30)$ met p -waarden $< 0,06 - 0,07$ net onder en bij $t(45)$ ($p < 0,05$) net boven de 95 % betrouwbaarheidsgrens. In laag B is $t(x)$ in variant "he" met uitzondering van $t(2)$ significant hoger dan $t(x)$ in variant "I" ($p < 0,05$ bij $t(5)$, $p < 0,01$ bij $t(10)$ en $t(15)$, $p < 0,001$ bij $t(20)$, $t(30)$ en $t(45)$). Het effect van achterwege laten van bemesting in de geëxtensiverde varianten is dus nog niet merkbaar in een verandering van erosiebestendigheid. Wel is een trend zichtbaar in de richting van de erosiebestendigheid van soortenrijk hooiland. Deze treedt dan vooral op in de laag 5-10 cm diepte, waar variant "HH" (onbemest hooien) een relatief hogere erosiebestendigheid vertoont. In alle gevallen geldt voor de bemeste variant de laagste erosiebestendigheid. Een ander effect is dat het verschil in centrifugetijd tussen de beheersvormen toeneemt bij een hoger percentage gewichtsverlies. Bij de extensieve varianten houden de monsters het langer uit, of m.a.w. als door hogere worteldichtheid in combinatie met bodemsamenstelling een hogere erosiebestendigheid is bereikt, dan houdt die erosiebestendigheid langer stand.

Voor de hooidijken is er een soortgelijk verschil tussen beheersvormen. In laag A is $t(x)$ van de referentiedijk "he" significant hoger dan die van de bemeste variant "HI" met $p < 0,05$ voor $t(10)$ tot $t(45)$, maar verschilt niet van de onbemeste variant "HE". Dit kan duiden op een toegenomen erosiebestendigheid in de onbemeste variant. In laag B zijn de verschillen niet significant. Met tweevoudige variantieanalyses is getoetst of er verschil is in $t(x)$ en in wortellengte op een diepte van 0-5 cm en 5-10 cm tussen beheersvormen na correctie voor zand- of lutumgehalte. Het blijkt dat $t(15)..t(45)$ in laag A significant gerelateerd is met het zandgehalte en laag B met lutumgehalte, in overeenstemming met de eerder besproken correlatieberekeningen. Verschillen tussen beheersvormen zijn dan niet meer significant. Na selectie van de extreme varianten "I" (bemest weiden) en "he" (langdurig onbemest hooien) is het beheer een significant verklarende factor. Na correctie voor het zandgehalte is het beheer verklarend voor verschillen in wortellengte in zowel laag A als laag B ($p < 0,01$). Mogelijk komen t.g.v. het gewijzigde beheer veranderde worteldichtheden nog niet tot uiting in een verbeterde erosiebestendigheid, bijvoorbeeld doordat het extensiveringsproces te kort heeft geduurd (3-4 jaar).

Tabel 6.5 Verdeling aantal monsters per beheersvorm met een wel of niet behaald percentage gewichtsverlies binnen de proefduur

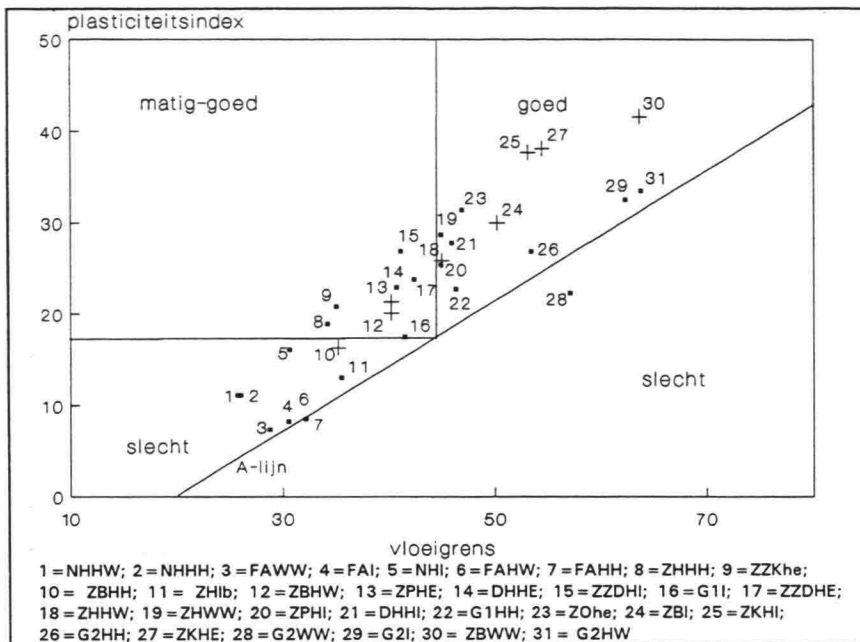
	laag	% GV bereikt binnen 6 uur	I	WW	HW	HH	HI	HE	he	totaal
a	A 0-5cm	15 % GV nee	2	2	3	2	2	2	2	15
		15 % GV ja	4	2	2	4	2	2		16
	B 5-10 cm	15 % GV nee				1	2	2	2	7
		15 % GV ja	6	4	5	5	2	2		24
b	A 0-5 cm	45 % GV nee	5	4	5	6	3	3	2	28
		45 % GV ja	1				1	1		3
	B 5-10 cm	45 % GV nee		2	1	3	3	3	2	14
		45 % GV ja	6	2	4	3	1	1		17

In tabel 6.5 is per laag het aantal monsters aangegeven dat respectievelijk 15 % (a) en 45 % gewichtsverlies (b) binnen de duur van de proef (6 uur) wel en niet heeft bereikt, verdeeld over de verschillende beheersvormen. Met een X^2 -toets is getest of de verschillen significant zijn. Bij een gewichtsverlies van 15 % is er in laag A geen significant verschil tussen de beheersvormen. Voor laag B is dit wel het geval ($p < 0,05$): nagenoeg alle monsters van de bemeste variant "I" en de onbemeste varianten "WW", "HW" en "HH" op (voorheen) beweidde dijken bereiken binnen de duur van de proef 15 % gewichtsverlies, terwijl meer dan de helft van het aantal monsters van gehooide varianten ("HI", "HE" en "he") binnen 6 uur minder dan 15 % gewichtsverlies vertonen. Afgezien van mestgift wordt bij hooibeheer dus een hogere erosiebestendigheid gevonden in de laag 5-10cm. Een gewichtsverlies van 45 % binnen 6 uur wordt in laag A door slechts enkele monsters bereikt. Voor laag B is dit anders: alle monsters van "I", de helft van "WW" en "HH" en meer dan de helft van "HW" bezwijken binnen de duur van de proef. Voor "HI" en "HE" is er geen verschil met laag A. Evenals bij de referentiedijken houden de meeste monsters stand. De bemeste weilanden ("I") vertonen in de laag 5-10 cm de laagste erosiebestendigheid.

In de onbemeste, geëxtensiveerde varianten is een verbetering opgetreden: minder monsters bezwijken. Tussen de bemeste ("HI") en onbemeste hooilanden ("HE" en "he") is (nog) geen verschil in bezwijkingspercentage geconstateerd.

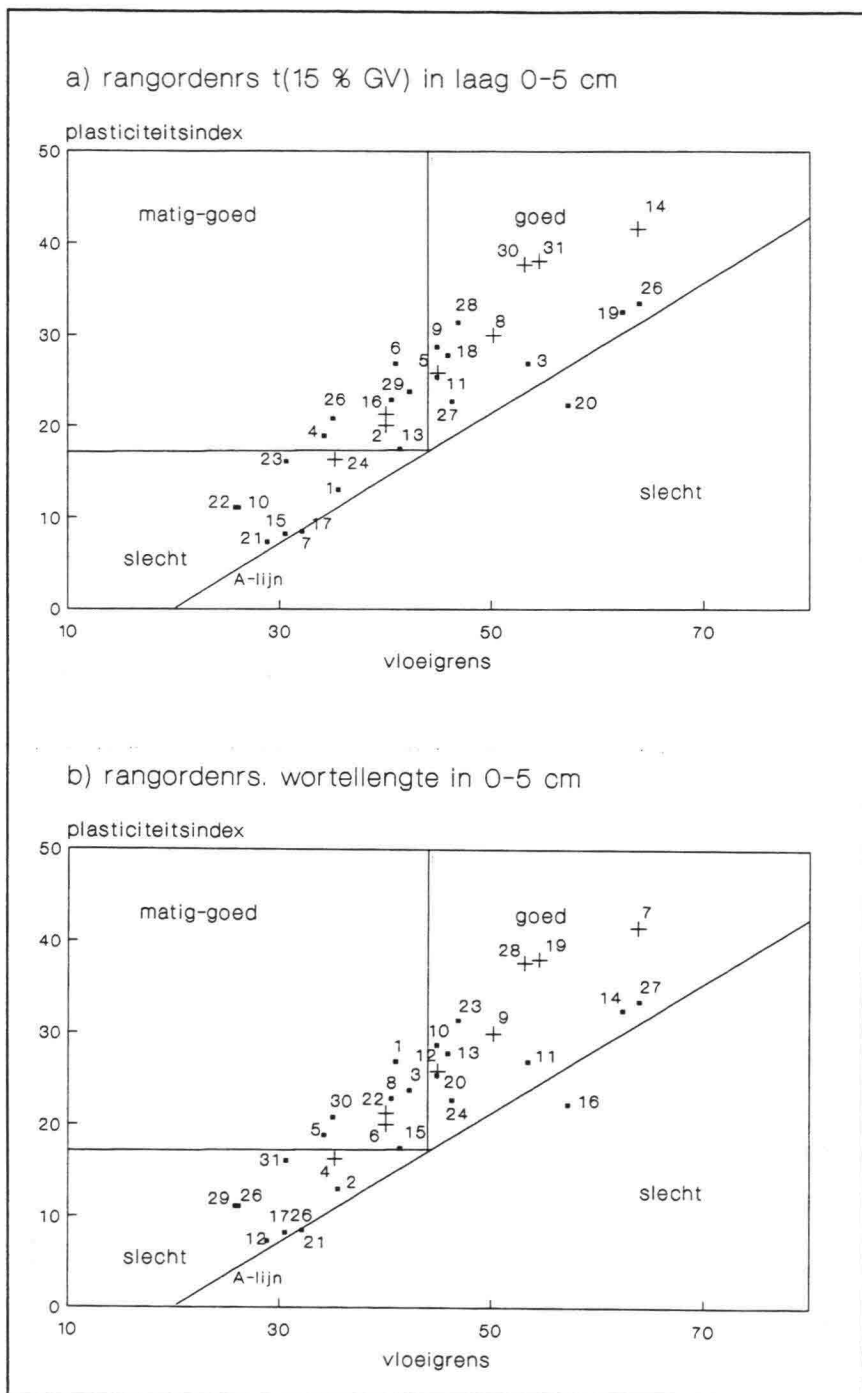
Classificatie van monsters op grond van plasticiteitsindex

In figuur 6.11 zijn de monsters gerangschikt weergegeven in een plasticiteitsdiagram. Ook is aangegeven tot welke categorie zandgehalte de monsters worden gerekend. In dit diagram worden op basis van plasticiteitsindex- en vloeigrenswaarden kleigronden ingedeeld in 3 erosiebestendigheidsklassen



Figuur 6.11 Plasticiteitsdiagram; + = %zand < 40; ■ = %zand > 40

(Korzilius et al. 1990). Een derde voorwaarde die niet in het diagram is opgenomen voor indeling in de categorie *goed* tot *matig tot goed* is het zandgehalte. Deze behoort lager te zijn dan 40%. Wanneer deze eis wordt meegerekend behoren slechts 7 monsters tot de categorie *goed - matig tot goed*. Het gaat om monsters afkomstig van de zeedijk bij Nr.Een-Breskens ("ZB-HW", "ZB-WW", "ZB-I"), Perkpolder ("ZPE-HE", "ZPE-HI"), van een variant van de dijk bij Ossensisse ("ZH-HW") en van de dijk bij Hoedekenskerke ("ZK-HI", "ZK-HE"). Wanneer wordt afgezien van de grens van 40% zandgehalte is de indeling als volgt: de dijk in Friesland ("FA"), de Hondsbosscse Zeewering ("NH"), het bemeste dijkdeel nabij Ossensisse ("ZH-I") en een variant van de Groningse tweede dijk ("G2-WW") vallen in de categorie *slecht*. *Matig tot goed* zijn de Zandkreekdijk ("ZZK"), een variant van de dijk bij Ossensisse ("ZH-HH"), een variant van de zeedijk bij Breskens ("ZB-HW"), een variant van de zeedijk bij Perkpolder ("ZPE-HE"), een variant van de Helderse Zeewering ("ND-HE"), het bemeste dijkdeel van de primaire zeedijk in Groningen-Eemshaven ("G1-I") en de dijk bij Zwarte Polder ("ZZD-HE", "ZZD-HI"). Monsters van de volgende dijken vallen in de categorie *goed*: "ZH-HW", "ZH-WW" (Ossensisse), "ZPE-HI" (Perkpolder), "ND-HI" (Den Helder), "G1-HH" (Groningen-Eemshaven), "ZO-he" (Oudelandse Zeedijk), "ZB-I", "ZB-WW" (Breskens), "ZK-HI", "ZK-HE" (Hoedekenskerke), "G2-HH", "G2-I" en "G2-HW" (Groningen-Eemshaven). Naast geografische verschillen in kleikwaliteit is de kwaliteit ook verschillend binnen een



Figuur 6.12 Plasticiteitsdiagram met rangordennummers volgens oplopende erosiecentrifugetijd (a) en wortellengte (b).

dijkvak van 200m op de locaties, wanneer varianten in verschillende categorieën vallen. Dit is het geval bij de locaties "ZB", "ZH", "ND", "G1" en "G2".

In **figuur 6.12** zijn in het plasticiteitsdiagram voor elk monster de rangordenummers uitgezet volgens toenemende benodigde erosiecentrifugetijd voor 15 % gewichtsverlies in laag A (0-5 cm) (**figuur 6.12a**) en wortellengte in laag A (**figuur 6.12b**). We zien hier dat lage waarden in het plasticiteitsdiagram (**figuur 6.11**) samengaan met relatief hoge waarden voor wortellengte en erosiecentrifugetijd (vergelijk bijvoorbeeld de monsters 1, 5, 10, 3 uit **figuur 6.11**). Anderzijds komen monsters voor met een als *goed* gekwalificeerde kleikwaliteit, die lage waarden vertonen voor erosiebestendigheid en doorworteling: 19, 24, 30, 26. Kennelijk is een goede kleikwaliteit nog geen garantie voor een goede erosiebestendigheid.

Erosiecentrifugeproef

Voor

Na



0 - 5 cm



bemest weiland



5 - 10 cm



0 - 5 cm



onbemest hooien



5 - 10 cm



Voor



0 - 5 cm

Na



*langdurig onbemest
hooiland (referentie)*



5 - 10 cm



6.6 Discussie

De correlaties tussen afschuifweerstand en bodem-, zode- en wortelparameters geven aan dat deze parameter alleen een indicatie geeft van het effect van korrelgroottesamenstelling op bodemstabiliteit. De parameter is negatief gecorreleerd met % zand, positief met % silt, en negatief met bedekking, zodedichtheid en worteldichtheid, behalve een positieve correlatie met wortelgewicht op ongeveer 10 cm diepte. Daar waar veel (dunne) wortels zitten is de afschuifweerstand laag. Ook in het bodemprofiel van grasland is de afschuifweerstand onderin groter dan in de toplaag. Scholand et al. (1991) vindt op kweldergrasland ook een lagere afschuifweerstand in de bovenlaag waar de meeste wortels zitten. Een positief verband tussen ondergrondse biomassa en afschuifweerstand werd niet aangetoond. Mogelijk komt dit door een fijne granulaire structuur in de bovenlaag van bodem, die minder optreedt in open zodes en grasland met lage bedekking. Ook is het mogelijk dat dunne wortels door hun geringere trekkracht minder weerstand hebben tegen de schoepen van de afschuifweerstandsmeter (en dikkere wortels dus meer, ref. treksterkte van wortels). In open grasland en in diepere bodemlagen waar de wortelgroei beperkt is, is de afschuifweerstand meer een maat voor de bodemcompactie. Alleen waar relatief dikkere wortels voorkomen op een diepte van ongeveer 10 cm, kan de afschuifweerstand ook door het effect van wortels worden bepaald. Korrelgroottesamenstelling en vochtgehalte zijn dan bepalend. Het is goed mogelijk dat de afschuifweerstand in kale klei met een grove structuur veel groter is dan goed doorwortelde klei met een granulaire structuur. De erosie zal in het eerste geval sneller optreden door wegspoelen van grotere brokken. Goed doorwortelde klei is erosiebestendiger, door goede doorlatendheid (hoge porositeit) en verkitting van kleine aggregaatjes (Kruse 1993). Hoge afschuifweerstand betekent in dit geval een lage erosiebestendigheid. In dit onderzoek is geen duidelijk verband gevonden tussen erosiebestendighedsparameters en afschuifweerstand. Ook is het verband met wortelparameters niet eenduidig. Een andere onzekere factor bij de metingen is de invloed van vochtgehalte. Bij een relatief klein verschil in vochtgehalte kunnen weerstandsmetingen in zware kleibodems sterk verschillen. Het is dus moeilijk uit te maken of gemeten weerstanden nu juist effect van wortels of het ontbreken daarvan of het effect van korrelgroottesamenstelling in combinatie met vochtgehalte aangeeft. De afschuifweerstand kan dan ook niet als betrouwbare parameter voor erosiebestendigheid worden gehanteerd.

De resultaten met de 2 l.s⁻¹-proef komen overeen met de waarden voor uitgespoeld materiaal (2 l.s⁻¹-proef) in het benedenrivierengebied voor beweide en gehooide dijken (Van der Zee, 1992) en de hoeveelheid uitgespoeld bodemmateriaal van de zode bij Holwerd, Friesland (Sprangers 1993). De zoden van

deze dijk zijn in de Deltagoot met grootschalige belastingproeven getest. De bodemafname na 30 minuten sproeien ligt in dezelfde orde van grootte als de gemeten erosiesnelheden in de grootschalige modelproef in de golfaanvalzone ($3,3 \text{ mm.uur}^{-1}$). In die zin kan de erosiesproeioproef als kleinschalige proef voor het bepalen van de mate van slijterosie fungeren. Bij de 4 l.s^{-1} -proef spoelt wel meer materiaal uit maar de bodemafname verschilt niet significant van de bodemafname in de 2 l.s^{-1} -proef.

Bij de vergelijking van meerdere graslandtypen blijkt in de 4 l.s^{-1} -proef de mate van oppervlakkige erosie vooral te worden bepaald door een combinatie van bedekking en korrelgrootte-samenstelling van de bodem. Bij een lage bedekking en hoog zandgehalte zal relatief veel materiaal uitspoelen. Bij een hoge bedekking is het effect van de proef bij bijvoorbeeld een verschillend zandgehalte of verschillende worteldichtheid moeilijker meetbaar. Dit geldt ook voor de 2 l.s^{-1} -proef. De erosiesproeioproef (2 l.s^{-1} en 4 l.s^{-1}) heeft dan ook voor het onderscheid tussen graslandtypen met een relatief hoge bedekking weinig waarde. Voor typen met een lage bedekking bevestigt de proef de slechte conditie van de grasmat die al met parameters voor zodedichtheid en korrelgrootte wordt beschreven.

De centrifugeproeven geven nog de meest specifieke informatie omtrent erosiebestendigheid. De variantie in de waarnemingen kan voor een groot deel worden verklaard door de mate van doorworteling en korrelgroottesamenstelling van de bodem. Dit komt duidelijk naar voren uit het grote verschil tussen erosiebestendigheid van de referentiedijken en de overige locaties. Het soortenrijke hooiland wordt gekenmerkt door aanzienlijk hogere worteldichtheden en hogere waarden voor benodigde centrifugetijd, terwijl de bodemsamenstelling niet afwijkt van de andere locaties. Ook het grote aantal meerjarige kruiden (hemicryptofyten), kenmerkend voor dit type grasland (zie hoofdstuk 2), vormt kennelijk geen belemmering voor de hoge erosiebestendigheid. Kruiden behorend tot dit soort vegetatietypen dragen bij aan een gevarieerd en uitgebreid wortelpakket, in tegenstelling tot kruiden die vaak in zwaar bemest en overbeweid of geklepeld grasland voorkomen.

Uit regressiemodellen blijkt dat naarmate het % gewichtsverlies toeneemt, de centrifugetijd meer wordt bepaald door de korrelgroottesamenstelling van de bodem. Volgens Lastrup et al. (1990) is er een bepaalde kritische snelheid van de waterdeeltjes nodig voordat schade optreedt, die afhangt van de mate van doorworteling. Ook blijkt dat in de laag van 0-5 cm, waar de worteldichtheid hoog is, de doorworteling meer bepalend is dan korrelgroottesamenstelling en in laag 5-10 cm de korrelgroottesamenstelling meer dan de worteldichtheid. Beide factoren blijken dus bepalend te zijn voor erosiebestendigheid. Dit is in overeenstemming met onderzoek waarbij het belang van wortels voor bodem-

stabiliteit wordt aangetoond (cf. Kruse 1993). De verhoogde porositeit, de fijne structuur van aan elkaar gekitte kleine aggregaatjes en het dichte wortelnetwerk, die door intensieve wortelgroei in de bovenste kleilaag ontstaan, verklaren mogelijk de 'elastische' werking van de klei-met-graslaag bij hoge golfbelasting (Kruse 1994). Het is niet ondenkbaar dat deze elasticiteit verloren gaat bij een te hoog zandgehalte, ondanks een hoge worteldichtheid. Het is niet eenvoudig grenzen voor bodemsamenstelling en worteldichtheid aan te geven, waarbij een maximale 'elasticiteit' en stabiliteit van het bodem-wortelpakket wordt bereikt. Uit dit onderzoek blijkt dat op de meeste dijken zware tot lichte zavel is toegepast. Indeling van kleimonsters in erosiebestendigheidscategoriën volgens het plasticiteitsdiagram komt niet overeen met de daadwerkelijk gemeten erosiegevoeligheid. Een aantal monsters waarvan de grond is geclassificeerd als *slecht erosiebestendig* behaalt in de erosiecentrifugeproef toch een hoge erosiebestendigheid. Het omgekeerde geval komt ook voor: monsters met goede erosiebestendige klei meten een lage erosiebestendigheid in de proef. Beoordeling van de grasmat op basis van vegetatie-samenstelling, vormt - naast bedekking - mogelijk een handzaam toetsingscriterium voor waterstaatkundige kwaliteit.

Een van de resultaten van dit onderzoek is dat een verhoging van de erosiebestendigheid kan worden bereikt door een verhoging van de worteldichtheid middels een verandering van het beheer. De relatief hogere erosiebestendigheid op een diepte van 5-10 cm (laag B) in variant "HH" (onbemest hooien op voorheen beweide dijk) is in overeenstemming met resultaten uit het onderzoek naar doorworteling (hoofdstuk 4), waarbij een significante toename van wortellengte en wortelgewicht op een diepte van 6-10 cm is aangetoond in variant "HH". Ook blijkt uit het onderzoek naar veranderingen in de botanische samenstelling (hoofdstuk 3) dat in variant "HH" frequentie en bedekking zijn toegenomen van dicht wortelende grassoorten als *Festuca rubra* en van kruiden als *Trifolium dubium*, *Ranunculus bulbosus*, *Leontodon autumnalis*, en dat de abundantie van *Lolium perenne* is afgenomen. Door extensivering van het beheer kan dus al op relatief korte termijn een verandering in botanische samenstelling en doorworteling worden vastgesteld die gunstig is voor de erosiebestendigheid van het grasland.

De overgang van weiden naar hooien na beëindiging van de bemesting heeft niet overal hetzelfde effect. De toename van erosiebestendigheid en doorworteling is waargenomen op locaties in Groningen (primaire dijk) en Zeeland. Vooral op de dijken in Zeeland gaat het om soortenarm grasland met een lage worteldichtheid. In de Kamgrasweiden op de dijk in Friesland, de tweede dijk in Groningen, en het binnentalud van de Hondsbossche Zeewering, neemt de erosiebestendigheid in de onbemeste hooivariant ten opzichte van de bemeste variant iets af. In Groningen en Friesland is hier in de onbemeste *weidevariant*

een toename van de erosiebestendigheid en worteldichtheid gevonden. Het grasland op het binnentalud van de Hondsbossche zeekering, gekenmerkt door een relatief hoge worteldichtheid, heeft de bemeste variant een relatief hoge erosiebestendigheid, die in de onbemeste variant "hooien met weiden" niet verder afneemt.

Voor aanvankelijk beweide dijken geldt dus dat stoppen van bemesting leidt tot een toename van de erosiebestendigheid door een verhoogde worteldichtheid (in laag 5-10 cm). Bij welke beheersvorm deze verbetering optreedt lijkt af te hangen van de Ausgangssituatie. Bij de zwaarder bemeste dijken is dat vooral *hooien zonder bemesting* ("HH") en bij licht bemeste dijken *weiden zonder bemesting* ("WW"). Bij deze laatste categorie neemt de erosiebestendigheid in de gehooide variant af.

In de onbemeste varianten op hooidijken lijkt de erosiebestendigheid juist toe te nemen in de laag 0-5 cm, in tegenstelling tot laag 5-10 cm. Dit is mogelijk het gevolg van de toename van de worteldichtheid in laag 0-5 cm na beëindiging van de bemesting van gehooide grasland (zie hoofdstuk 4).

Het is duidelijk dat de Ausgangssituatie (gehooide of beweide dijk, mate van bemesting) bepalend is voor effecten van beheersverandering na 4 jaar. Met het onderzoek op de referentiedijken is aangetoond dat langdurig onbemest hooiland in vergelijking met de andere locaties de hoogste erosiebestendigheid (en ook worteldichtheid) heeft. Voortzetting van het extensieve beheer in de proefvelden is nodig om ontwikkelingen op langere termijn te kunnen volgen en na te gaan welke veranderingen er optreden in botanische samenstelling, worteldichtheid en erosiebestendigheid bij de verschillende beheersvormen. Voor de praktijk kan inmiddels de volgende richtlijn worden gehanteerd. Een verhoogde erosiebestendigheid wordt bereikt door extensivering van het graslandbeheer door beëindiging van bemesting in combinatie met hooien of weiden. Vanwege de goede erosiebestendige eigenschappen is de ontwikkeling van soortenrijk hooiland vanuit waterstaatkundig oogpunt een zinvol perspectief. Bij beweiding zijn de wijze waarop het beheer wordt uitgevoerd en de mate waarin onderhoud wordt gepleegd van groot belang. In hoofdstuk 8.2 worden aanwijzingen voor beheersaanpassingen beschreven.

Conclusies

- 1 Bestendigheid tegen oppervlakkige erosie wordt voor een groot deel bepaald door bedekking van de vegetatie, en korrelgrootte-samenstelling van de bodem. Na vier jaar extensivering van het beheer is er geen significant verschil in oppervlakkige erosie tussen de verschillende beheersvormen. Gevonden waarden met 2 l.s^{-1} -proef komen overeen met waarden uit proeven in het benedenrivierengebied.

- 2 Bestendigheid tegen interne erosie wordt voor een groot deel bepaald door een combinatie van worteldichtheid en korrelgroottesamenstelling. Monsters in laag A (0-5 cm) met een grote wortellengte en een laag zandgehalte of een hoog wortelgewicht in combinatie met hoge plasticiteitsindex hebben een hoge erosiebestendigheid. In laag B (5-10 cm) zijn lutumgehalte én wortelgewicht bepalend voor de erosiebestendigheid. Wortellengte heeft hier een kleiner effect.
- 3 Afschuifweerstand wordt voornamelijk bepaald door korrelgroottesamenstelling van de bodem (onder gelijkblijvende vochtomstandigheden). Hoge waarden zijn gecorreleerd met een laag zandgehalte, maar ook met een lage bedekking (weinig wortels). Bij veel dunne wortels in de bovenlaag is de afschuifweerstand laag. Bij dikke wortels op een diepte van ± 8 cm worden hoge waarden voor de afschuifweerstand gemeten. Er is dus geen eenduidig verband met de parameter worteldichtheid. Ook bestaat er geen eenduidig verband met erosieparameters. De afschuifweerstand is geen betrouwbare maat voor de erosiebestendigheid.
- 4 Uit metingen met de centrifugeproef blijkt dat de erosiebestendigheid van langdurig onbemest soorten- en kruidenrijk hooiland, gekenmerkt door een hoge doorworteling, significant hoger is dan de erosiebestendigheid van bemest grasland, gekenmerkt door een lage doorworteling. Dit geldt voor een diepte van 0-5 en 5-10 cm. Van alle beheersvormen heeft de bemeste beweidde variant de laagste erosiebestendigheid (hoogste bezwijkingspercentage). Gehooide dijken hebben een iets hogere erosiebestendigheid in de laag 5-10cm.
- 5 Kruiden in soortenrijke graslanden zijn voor wat betreft hun bijdrage aan een gevarieerde doorworteling gunstig voor de erosiebestendigheid.
- 6 Na beëindiging van de bemesting treedt een toename van de erosiebestendigheid op bij de overgang van bemest weiden naar onbemest hooien (laag 5-10 cm), de overgang van (licht) bemest weiden naar onbemest periodiek weiden (laag 5-10 cm), en de overgang van bemest hooien naar onbemest hooien (laag 0-5 cm). Deze toename hangt samen met de toename in doorworteling en veranderingen in soortensamenstelling. Bij de overgang van (licht) bemest weiden naar onbemest hooien neemt de erosiebestendigheid af.
- 7 Door de lage waarden voor hoeveelheid uitgespoeld materiaal bij zowel de 2 l.s^{-1} en de 4 l.s^{-1} -proef, is de sproei-proef voor het onderscheid in erosiebestendigheid van graslandtypen met een hoge bedekking minder

schikt. De erosiecentrifuge-proef levert bruikbare parameters voor het onderscheid tussen erosiebestendigheid van verschillende graslandtypen. Het verschil tussen langdurig onbemest hooiland en bemest weiland kan met de proef worden aangetoond.

Soortenarm weiland - slecht erosiebestendig



Soortenrijk hoogland - goed erosiebestendig



7 Samenvatting

Inleiding

Wortelgroei is van cruciaal belang voor de erosiebestendigheid van dijkgrasland. Wortels zijn van invloed op bodemstabiliteit (structuurvorming en cementatie van kleine kleiaggregaten) en porositeit (vergroting porievolume door onder andere afsterven van oude wortels). Bij een hoge doorlatendheid en een fijne structuur spoelt relatief weinig materiaal weg. Bovendien houdt een fijnmazig wortelnetwerk grotere deeltjes bijeen en remt het de stroomsnelheid. Uit eerder onderzoek naar vegetatiekenmerken van dijkgrasland en uit erosieproeven met verschillende graslandtypen, blijkt dat soortenrijke vegetaties met een dichte en diepe doorworteling een hoge erosiebestendigheid bezitten. Produktieweiland en verruigd of geklepeld hooiland, gekenmerkt door een geringe worteldichtheid, hebben een lage erosiebestendigheid. Het beheer, i.e. de hoogte van de mestgift en de maai- of beweidingsfrequentie, is de meest bepalende factor voor het onderscheid tussen de graslandtypen. Door extensivering, dat wil zeggen stoppen van de bemesting, geen herbicidengebruik en minder frequent hooien of weiden, zou de doorworteling en daarmee de erosiebestendigheid verbeteren.

Proefopzet

Om dit te onderzoeken zijn botanische samenstelling, bedekking, bovengrondse biomassa, wortelgroei en erosiebestendigheid van zeedijkgrasland bepaald na beëindiging van de bemesting in combinatie met een hooi- of weidebeheer. Het experiment is begonnen in maart 1991. Op een aantal locaties op zowel beweide als gehooide dijken langs de Nederlandse kust en langs het IJsselmeer zijn proefvakken uitgezet. In de vakken zijn de bemesting en herbicidietoepassing gestopt, en zijn op beweide dijken drie beheersvarianten ingesteld: (i) twee periodes weiden, (ii) twee snedes hooien en (iii) eerste snede hooien gevolgd door naweiden. Samen met de bemeste variant op de rest van het dijkperceel komen dus op beweide dijken steeds 4 varianten voor. Op gehooide dijken zijn twee varianten aanwezig: een bemeste en een onbemeste variant, die beide twee keer per jaar worden gehooit. Als referentie zijn in het onderzoek drie soortenrijke dijkgraslanden betrokken, waarvan twee op meerdijken. De proef met het gewijzigde beheer is gedurende 4 seizoenen (tot en met oktober 1994) gevolgd. In 1995 is alleen de bovengrondse biomassa bepaald. In elk jaar zijn in februari-maart bedekking en zodedichtheid van geselecteerde permanente quadraten (pq's) in de proefvakken genoteerd en zijn wortelmon-

sters genomen, waarvan lengte en gewicht zijn bepaald. In juni-juli zijn vegetatie-opnamen gemaakt van de pq's, is de biomassa gemeten en zijn bodemonsters en in 1994 ook wortelmonsters gestoken. In 1992 zijn enkele pq's van intensief beheerde proefvakken en de pq's op referentiedijken elke zes weken bemonsterd voor studie van de seizoensvariatie in boven- en ondergrondse productie. In voorjaar en zomer van 1993 zijn proeven genomen om de ruimtelijke variatie te meten in vegetatiesamenstelling, zodedichtheid en doorworteling. In het voorjaar van 1994 zijn erosiesproeiproeven uitgevoerd en monsters gestoken voor analyse in het erosietoestel van GMD (erosiecentrifugeproeven).

Resultaten

Vegetatie en bedekking

In het opnamemateriaal (pq's uit 1991 en 1994) zijn 10 gemeenschappen onderscheiden, op te vatten als varianten van Kamgrasweiden, Beemdgras-raaigrasweiden en Glanshaverhooilanden. Deze gemeenschappen zijn:

I Kamgrasweiden

- 1 LCYg = Lolio-Cynosuretum met *Geranium molle*.
- 2 LCYr = Lolio-Cynosuretum met *Ranunculus bulbosus* [fragmentair: Subassociatiegroep B, ononidetosum]
- 3 LCYf = Fragmentair Lolio-Cynosuretum met *Festuca rubra* en *Cirsium arvense*.

II Beemdgras-raaigrasweiden

- 4 POO = Poö-Loliëtum met *Stellaria media* en *Hordeum murinum*.
- 5 PION = Pioniergemeenschap met *Lolium perenne* en *Stellaria media* [Plantaginetalia/Chenopodium/Sisymbrietalia].

III Glanshaverhooilanden

- 6 ARRF = Gemeenschap met *Festuca arundinacea* en *Elymus repens* [Plantaginetalia/Molinio-Arrhenatheretea].
- 7 ARRc = Arrhenatheretum elatioris met *Cirsium arvense*.
- 8 ARRo = Arrhenatheretum elatioris met *Festuca pratensis* en *Origanum vulgare* [fragmentair: Subassociatiegroep B, brizetosum].
- 9 ARRb = Arrhenatheretum elatioris subassociatiegroep B, brizetosum met *Anthoxantum odoratum* en *Briza media*.
- 10 ARRr = Gemeenschap met *Arrhenatherum elatius* en *Heracleum sphondylium* [fragmentair Arrhenatheretum elatioris subgroep A₁inops].

Kamgrasweiden komen voornamelijk op dijken langs de Noord-Hollandse, Friese en Groningse kust (N), Beemdgras-raaigrasweiden en Glanshaverhooilanden

worden in Zuid-Holland en Zeeland (Z) aangetroffen. Hoewel de fracties zand ($N > Z$) en silt ($N < Z$) in dijkbodems van beide regio's verschillen, lijkt het verschil in typen eerder het gevolg te zijn van beheersvorm (hooilanden komen in N nauwelijks voor) en van hoogte van mestgift ($N < Z$) en onderhoud (in N vaker slepen, bloten, extra maaibeurt). De soortenrijkdom van zeedijkgrasland is laag, met uitzondering van de referentiedijken. Het soortenaantal is daar 2-3 x zo groot.

Door extensivering treden kleine verschuivingen op in de botanische samenstelling. Het aantal opnamen van relatief soortenrijke gemeenschappen neemt toe ten koste van de meer soortenarme gemeenschappen. Er treedt een verandering op in de dominantieverhoudingen. Frequentie en abundantie van onder andere *Festuca rubra* (Rood zwenkgras), *Cynosurus cristatus* (Kamgras), *Trifolium dubium* (Kleine klaver) nemen toe; *Lolium perenne* (Engels raaigras) en storingssoorten als *Stellaria media* (Vogelmuur) en *Capsella bursa-pastoris* (Herders-tasje) nemen af. De verandering in botanische samenstelling is het grootst in de hooivariant op beweede dijken (2x maaien met afvoer van maaisel). Bovendien neemt hier het soortenaantal en het aandeel kruiden in de bedekking toe. In de onbemeste varianten neemt de bedekking niet af. Wel hebben varianten op gehooide dijken een lagere bedekking dan varianten op beweede dijken. Het soortenrijk hooiland geeft een relatief lage bedekking maar hoge spruitbezetting. Bij de beoordeling van de (oppervlakkige) zodedichtheid moet naast bedekking ook de verdeling van spruiten over het oppervlak worden meegenomen. Een diffuse verdeling hangt samen met een gevarieerde maar homogene doorworteling. Aanwezigheid van kruiden in de zomer leidt niet tot een geringe bedekking van de vegetatie in de winter.

Productie, wortelgroei en nutriënten

Na beëindiging van de bemesting daalt de productie van bovengrondse biomassa van 10-11 ton $ha^{-1}.j^{-1}$ tot 6,5 - 7,5 ton $ha^{-1}.j^{-1}$. De productie van onbemest soortenrijk hooiland bedraagt ongeveer 5 ton $ha^{-1}.j^{-1}$. In vergelijking met verschralingsexperimenten op vlak grasland is een periode van 5 jaar kort. Door verschillen in weersgesteldheid treden van jaar tot jaar grote schommelingen in de productie op.

Het stoppen van de bemesting leidt tot een toename van de doorworteling; in weiland in de laag 10-15 cm, in hooiland in de laag 3-10 cm en bij de overgang van weiden naar hooien in de laag 6-10 cm. Het wortelpakket van bemest hooiland (soortenarm Glanshaverhooiland) bestaat vooral uit dikke wortels (lage specifieke wortellengte), met een laag N-gehalte, en licht bemest weiland (soortenarme Kamgrasweide) uit dunne wortels (hoge specifieke wortellengte),

gekenmerkt door een hoog N-gehalte. Produktieweiland (Beemdgras-Raaigrasweide) heeft een lage worteldichtheid (lage waarden voor wortellengte en -gewicht). Langdurig onbemest hooiland heeft veel dikke én dunne wortels met een laag N-gehalte. Bij de overgang van bemest weiden naar onbemest hooien ontstaat ook een wortelpakket met dikke en dunne wortels en neemt het N-gehalte in wortels af. Ook is er een minder sterke afname van worteldichtheid met de diepte, net als in soortenrijk grasland.

De vegetatie is nog in ontwikkeling en verschraving verloopt langzaam door schommelingen in bovengrondse productie. Vergelijking van boven- en ondergrondse productie per vegetatietype is zinvol na voortzetting van de extensivering.

Temporele en ruimtelijke variatie

Voor het onderzoek naar temporele en ruimtelijke variatie in zode- en worteldichtheid en botanische samenstelling, is een vergelijking gemaakt tussen bemest weiland en langdurig onbemest hooiland. In bemest weiland met een hoge bovengrondse productie ($8,5 - 12 \text{ ton d.s. ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$) en een relatief lage ondergrondse biomassa ($6 \text{ ton d.s. ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$) wordt relatief weinig in wortelmassa geïnvesteerd. Onbemest hooiland wordt gekenmerkt door een lage bovengrondse productie ($7 \text{ ton d.s. ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$) en een relatief hoge ondergrondse biomassa ($7,5 \text{ ton d.s. ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$). De verschillen in wortelmassa gedurende het seizoen zijn in beide typen grasland niet significant. De wortellengte ($\text{m} \cdot \text{dm}^{-3}$) varieert wel: in bemest weiland voornamelijk in de bovenlaag (0-3 cm) met relatief hoge waarden in juli en september en in onbemest hooiland op een diepte van 3-6 cm en voorts tot op een diepte van 40 cm met een sterke toename in april en september. In beide typen betreft de variatie vooral aanmaak en afbraak van fijne wortels. Het verschil in wortellengte op een diepte van 3-6 cm tussen bemest weiland en onbemest hooiland verandert niet gedurende het seizoen. In de bovenste 3 cm is er geen verschil.

In het bemeste weiland is de vegetatie-samenstelling ruimtelijk homogeen, maar varieert de verdeling van wortels sterk. In soortenrijk grasland is dit net andersom: bovengronds een sterke variatie in verdeling van soorten en ondergronds een ruimtelijk homogeen wortelpakket. Er zijn geen patronen in de ruimtelijke verdeling van wortels aangetoond. Ook is er het ruimtelijk verschil in de verdeling van wortels over het profiel tussen vegetatietypen klein.

Erosiebestendigheid

Bij oppervlakkige slijtage wordt de erosiebestendigheid vooral bepaald door bedekking en korrelgrootte-samenstelling, bij interne erosie door een combinatie

van worteldichtheid en korrelgrootte. De afschuifweerstand wordt - onder gelijk blijvende vochtomstandigheden - voornamelijk bepaald door korrelgrootte-samenstelling.

Uit metingen met de centrifugeproef blijkt dat de erosiebestendigheid van soorten- en kruidenrijk hooiland, gekenmerkt door een hoge doorworteling, significant hoger is dan de erosiebestendigheid van bemest grasland, gekenmerkt door een lage doorworteling. Dit geldt voor beide lagen (0-5 en 5-10 cm) die afzonderlijk zijn getest. Kruiden in de grasmat zijn voor wat betreft hun bijdrage aan een gevarieerde doorworteling gunstig voor de erosiebestendigheid. Stoppen met bemesten leidt in de meeste gevallen tot een toename van de erosiebestendigheid. Voor de relatief zwaar bemeste weilanden is dat vooral bij de overgang naar een beheer van twee keer hooien; voor de licht bemeste graslanden (Groningen en Friesland) bij de overgang naar onbemest weiden. De toename in erosiebestendigheid hangt samen met de toename in doorworteling en verandering in soortensamenstelling bij deze beheersvormen.

Met de erosiesproeioproeven is geen verschil tussen beheersvarianten aangetoond. Voor graslandtypen met hoge bedekking is de hoeveelheid uitgespoeld materiaal laag. De proef heeft dan weinig onderscheidende waarde.

De erosiecentrifugeproef levert bruikbare parameters voor het onderscheid tussen graslandtypen.

Er is geen eenduidig verband tussen afschuifweerstand enerzijds en erosieparameters en worteldichtheid anderzijds. De afschuifweerstand kan dan ook niet als betrouwbare maat voor erosiebestendigheid van klei-gras-bodems worden gebruikt.

Indeling van de bodemsamenstelling van zodemonsters in erosiebestendigheidscategorieën op basis van het plasticiteitsdiagram komt niet overeen met de daadwerkelijk gemeten erosiegevoeligheid. Beoordeling van de grasmat op basis van *vegetatiesamenstelling* vormt naast *bedekking* mogelijk een bruikbaar toetsingscriterium voor erosiebestendigheid.

Uitgaande van de hoge worteldichtheid en erosiebestendigheid van het grasland op de referentiedijken levert een beheer van hooien zonder bemesting op de lange termijn (15-20 jaar) een zeer erosiebestendige grasmat met een relatief hoge natuurwaarde. Dit onderzoek toont aan dat al na enkele jaren een verbetering van worteldichtheid en erosiebestendigheid optreedt bij een beheer van onbemest hooien of weiden. Vervolgonderzoek moet aantonen of beide beheersvormen op termijn de gewenste erosiebestendigheid en natuurwaarde geven.

Aanbevelingen voor beheer van zeedijkgrasland



Niet: intensieve bemesting en begrazing



Wel: weinig of geen bemesting, periodiek omweiden



Niet: bemest hooien



Wel: onbemest hooien

8 Aanbevelingen voor onderzoek en beheer

8.1 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Nu de resultaten van het zeedijkenonderzoek over de periode 1991-1994 bekend zijn, is het van belang na te gaan welke vragen nog open blijven en in hoeverre deze door vervolgonderzoek kunnen worden beantwoord. De reden voor deze evaluatie en aanpak ligt in het feit dat het hier gaat om een *beheers-experiment*.

Resultaten na 4 jaar onderzoek

Het onderzoek heeft een aantal duidelijke resultaten opgeleverd. Na 4 jaar extensief *hooien of weiden zonder bemesting* treedt er in vergelijking met een beheer waarbij wel bemesting wordt toegepast, een verbetering van de erosiebestendigheid op door verandering in dominantie en samenstelling van soorten, en een toename van de worteldichtheid in de bovenste 10 cm van de zode. Op de referentiedijken echter (langdurig onbemest hooiland) zijn soortenrijkdom, hoeveelheid wortels en erosiebestendigheid nog aanzienlijk groter dan in de 4 jaar gehooide proefvakken. Ook is er verschil in effect tussen de getoetste beheersvormen (onbemest weiden, hooien en hooien met nabeweiding), afhankelijk van de uitgangssituatie (zwaar bemest of licht bemest weiland). In tabel 8.1 is een globaal overzicht gegeven van de veranderingen van enkele parameters na beëindiging van de bemesting na 4 jaar in de verschillende beheersvarianten.

Stoppen met bemesting leidt dus tot een verbetering van de erosiebestendigheid. Welke beheersvorm het best voldoet, is minder duidelijk. Kennelijk is de vegetatie nog niet stabiel na het veranderde beheer en is meer tijd nodig voordat een evenwichtssituatie is bereikt. Gelet op de resultaten met de referentiedijken, leidt hooien zonder bemesting op de lange termijn tot een erosiebestendige grasmat. In hoeverre en op welke termijn ontwikkeling van soortenrijk hooiland op aanvankelijk bemeste en beweide dijken mogelijk is en of weiden zonder bemesting evenzeer voldoet, moet nader worden onderzocht.

Vervolgonderzoek

Om de effecten van extensief beheer en toegepaste beheersvormen op water-

Tabel 8.1 Mate van verschil van enkele parameters tussen bemeste en onbemeste beheersvormen na 4 jaar

l--> E	Bed	WD	EB	SS
ref (he)	0	++	++	++
l --> HH	0	+	++	+
l --> WW	-	+	+	+
l --> HW	-	+	+/-	+
i --> HH	0	0/-	-	+/-
i --> WW	0	+	+	+
i --> HW		0/-	+/-	+
HI--> HE	+	+/0	+	+/-

l--> E = overgang bemeste naar onbemeste beheersvorm; Bed = bedekking; WD = worteldichtheid; EB = erosiebestendigheid; SS = soortensamenstelling; ref(he) = referentie (onbemest hooiland); l = rel. zwaar bemest weiland; i = relatief licht bemest weiland; HH = 2x hooien; WW = 2x weiden; HW is hooien met nabeweiding; HI = bemest hooiland; HE = 2x onbemest hooien; + = toegenomen; ++ = sterk toegenomen; 0 = gelijk gebleven; - = afgenomen.

staatkundige en botanische kwaliteit van de graszode op langere termijn te kunnen beoordelen, dient het experiment op zeedijken te worden voortgezet. Daarbij zijn de volgende onderzoeksvragen van belang:

- * Neemt bij een verdergaande extensivering de worteldichtheid en erosiebestendigheid verder toe? Welke beheersvorm leidt tot de grootste erosiebestendigheid?
- * Ontwikkelen de extensieve varianten op locaties die bij aanvang van de proef verschillen zich uiteindelijk tot eenzelfde eindstadium? Of blijft er verschil tussen deze plekken.
- * Kan op langere termijn ook een toename van worteldichtheid en erosiebestendigheid worden verwacht in onbemeste, gehooide vakken op aanvankelijk licht bemeste, beweide dijkgraslanden?
- * Hoe verandert de botanische samenstelling van het grasland op langere termijn. Welke soorten worden dominant in gehooide en beweide percelen en in hoeverre neemt de natuurwaarde toe?
- * Hoe verandert de ruimtelijke heterogeniteit in boven- en ondergrondse plantengroei bij een extensief beheer?

Om antwoord te kunnen geven op deze vragen moeten vegetatie, wortel- en zodedichtheid (bedekking en spruitdichtheid) in de proefvakken worden geanalyseerd na een tweede onderzoeksperiode van 4 jaar. Tussentijds kan de ontwikkeling van de vegetatie worden vastgelegd door vegetatie-opnamen en biomassametingen. Erosiecentrifugeproeven in het vierde jaar van deze tweede periode zijn nodig om veranderingen in erosiebestendigheid te toetsen. De erosieproeven zouden in opzet kunnen worden vereenvoudigd, bijvoorbeeld door alleen de tijdsduur als variabele te nemen bij een vast vooraf gekozen toerental.

Vooruitlopend op het gereed komen van dit rapport en met het oog op een mogelijke evaluatie van de effecten van extensivering op langere termijn zijn in opdracht van de TAW en DWW/RWS in 1995 en 1996 de proefvakken met extensief beheer aangehouden. Pachtters en waterschappen hebben hun medewerking hieraan verleend. In feite is hierdoor een unieke situatie ontstaan die met geen enkel beginnend onderzoek kan worden vergeleken: in de proefvakken heeft het gras zich zonder organische of kunstmatige bemesting kunnen ontwikkelen en is onder verschillende beheersvormen een proces van verschraling in gang gezet dat als uitgangspunt voor extensief gebruik van het grasland kan dienen.

Door het beheer in de proefvakken voort te zetten kunnen nieuwe vragen over de sterkte-ontwikkeling van de zode bij extensief beheer worden beantwoord. Beëindiging van het experiment op dit moment betekent een aanzienlijk verlies aan informatie en het onderbreken van een mogelijk waardevolle ontwikkeling.

8.2

Betekenis van het onderzoek voor de praktijk van graslandbeheer

De betekenis van het onderzoek voor de praktijk werd al in de afgelopen onderzoeksperiode duidelijk. Bij dijkbeheerders bleek ruime belangstelling te bestaan voor de problematiek rond zodekwaliteit, doorworteling en beheer van dijkgrasland. Regelmatig zijn door waterschappen en ook vanuit de DWW vragen gesteld over sterkte van de grasmat en de relatie met soortensamenstelling en beheer, en is advies gevraagd over aanleg (inzaaien), onderhoud en herstel van het grasland. In bijlage 6 is een overzicht gegeven van gevraagde adviezen. Deze vragen uit de praktijk hebben een positief effect op het onderzoek. Onderzoeksvragen zijn aangescherpt. In enkele gevallen zijn op initiatief van waterschappen, vooruitlopend op de eindresultaten, proefvakken met extensief beheer ingesteld. Ook is bij wijze van proef op een aantal pas versterkte dijkvakken een afwijkend mengsel ingezaaid, en is de ontwikkeling van de vegetatie gevolgd, om een indruk te krijgen van de sterkte van de graszode na inzaai.

Waterstaatkundige kwaliteit van de grasmat wordt voor een groot deel bepaald door dichtheid van de zode, dat wil zeggen hoe dicht staan spruiten opeen en in hoeverre komen open plekken voor, en de mate van doorworteling. Door de inwerking van wortels op klei krijgt het wortel-klei complex specifieke 'elastische' eigenschappen, waardoor grote krachten die door golven worden opgewekt kunnen worden opgevangen. Wortels dragen bij aan de vorming van een fijne granulaire structuur in de bodem en leveren kitstoffen waarmee de fijne deeltjes aan elkaar zijn gehecht. Waar wortels afsterven blijven poriën achter waardoor de doorlatendheid van de bodem wordt vergroot en instromend water snel weg kan. Door het dichte wortelnet worden grotere deeltjes tegen uitspoeling beschermd. Hoe uitgebreider en gevarieerder het wortelpakket en hoe homogener de ruimtelijke verdeling ervan is, des te groter is de erosiebestendigheid.

Intensief graslandgebruik

Uit onderzoek en praktijkervaringen blijkt dat een slecht erosiebestendige grasmat ontstaat bij *intensief agrarisch gebruik* of bij *verwaarlozing* (verruiging). Zware bemesting gaat vaak samen met intensieve beweiding met een hoge veebezetting of een aantal snedes hooien per jaar en leidt tot een soortenarm weiland met open plekken, of een soortenarm hooiland met een zeer open zode (zie **figuur 8.1 a**). In het weiland is *Engels raaigras* dominant en in het hooiland *Glanshaver*. Gebruik van herbiciden tegen ongewenste kruiden als *Akkerdistel*, *Vogelmuur*, *Speerdistel*, *Grote brandnetel*, *Kruipertje* en *Herderstasje* in weiland,

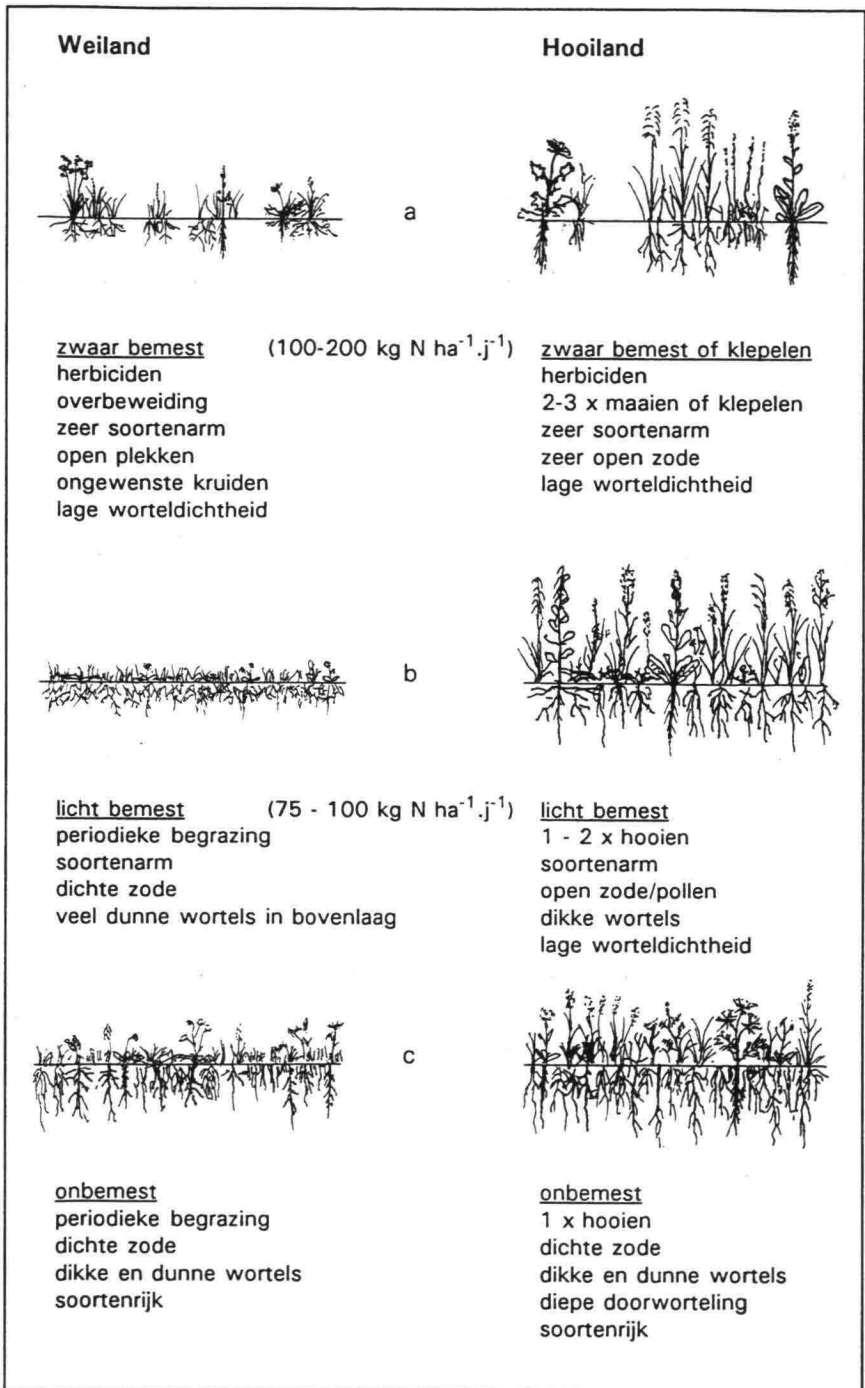
en *Bereklauw*, *Grote Brandnetel*, *Fluitekruid*, *Kweek* en *Ridderzuring* in hooiland, heeft vaak een averechts effect. De planten verdwijnen wel maar op de onstane open plekken komen ze, door de hoge voedselrijkdom van de bodem, vaak het volgende seizoen weer op, waardoor opnieuw bestrijding met herbiciden nodig is. Zeker wanneer in de winter wordt beweid kan aantasting van de grasmat aanzienlijk zijn, zowel op het talud (schapepaadjes) als bij voeder- en drinkplaatzen. Hoewel klepelmaaien niet gerekend kan worden tot de categorie 'verwaarlozing' is het effect op de grasmat identiek: door het laten liggen van het maaisel worden voedingsstoffen weer in de bodem opgenomen. De hoge voedselrijkdom leidt tot een ruige soortenarme begroeiing, waarin ongewenste kruiden als *Grote brandnetel* en *Bereklauw* zich vestigen op de door verstikking ontstane open plekken.

Voor een verbetering en handhaving van de (waterstaatkundige) kwaliteit van het grasland zijn dan ook twee categorieën van beheersmaatregelen van belang: *extensief gebruik* en het plegen van het juiste *onderhoud*.

Extensief graslandbeheer

Een minder intensief graslandgebruik wordt toegepast op dijken in Friesland en Groningen. De mestgift bedraagt dan ongeveer $75 - 100 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$. Er wordt periodiek perceelsgewijs beweid en niet afgegraste productie wordt gemaaid en afgevoerd. Een dergelijke grasmat wordt gekenmerkt door een goede zodedichtheid en een hoge worteldichtheid met veel dunne wortels in de toplaag van 0-5 cm (**figuur 8.1 b**). De erosiebestendigheid is beter dan die van zwaar bemest weiland. Vooral bij langdurige belasting is de bovenlaag (0-5 cm) in erosiecentrifugeproeven bestendiger dan de onderlaag (5-10 cm). Naast *Engels raaigras* komen o.a. *Rood zwenkgras* en *Ruw beemdgras* voor en enkele kruiden (*Zachte ooievaarsbek*, *Madeliefje*, *Gewone hoornbloem*), maar het totaal aantal soorten is laag. Bij een hooibeheer met een minder zware bemesting ontstaat een aaneengesloten kruidenarme begroeiing van voornamelijk *Glanshaver*, *Veldbeemdgras* en in pollen groeiend *Rietzwenkgras*, gekenmerkt door vooral dikkere wortels. Bij gazonbeheer (7-8x per jaar maaien, soms in combinatie met lichte bemesting) blijft het maaisel ook liggen maar door het steeds afmaaien is de productie laag. De kwaliteit van de grasmat kan worden vergeleken met die van de licht bemeste en periodiek beweidde friese dijken.

Bij de meest extensieve vorm van dijkgraslandbeheer wordt geen bemesting toegepast en al naar gelang de productie beweid of 1 à 2 keer gehooïd (**figuur 8.1 c**). Het resultaat is een soortenrijke gevarieerde begroeiing met veel soorten grassen en kruiden. De onbemeste soortenrijke weilandtypen komen op rivierdijken voor. Soortenrijk hooiland wordt soms op overhoeken van primaire zeedijken aangetroffen of op tweede dijken. In het algemeen gaat het om oudere stabiele vegetaties. Uit dit onderzoek en ook het onderzoek op rivierdijken blijkt



Figuur 8.1 Boven- en ondergrondse structuur van dijkgrasland bij verschillend beheer

dat deze typen grasland door de hoge, ruimtelijk homogene doorworteling een hoge erosiebestendigheid bezitten.

Onderhoud

De regel dat voor een goede waterkerende functie van de grasmat beweiding met schapen en bemesting nodig zijn (Huisman 1976, Bouwsema 1978, Minderhoud 1989) is niet langer houdbaar. Onbemest hooiland blijkt juist over uitstekende erosiewerende eigenschappen te beschikken. Toch moeten bij het beheer van dijkgrasland een aantal onderhoudsregels in acht worden genomen (cf. Bakker, 1988). Extensief beheer mag niet leiden tot verwaarlozing. Deze regels zijn gebaseerd op jarenlange ervaring met het beheer van groene dijken in Noord-Nederland, waarvan enkele vóór de dijkverzwaring in het kader van de Deltawet de nodige stormvloed hebben weerstaan.

Bij beweiding moet men regelmatig bloten (bossen maaien) en de weidesleep gebruiken om een egale begroeiing te handhaven. Zeer extensieve begrazing zoals bij natuurtechnisch beheer vaak wordt geadviseerd ter bevordering van een gedifferentieerde begroeiing, is op dijken niet aan de orde. Voor zowel hooien als weiden geldt dat de grasmat "kort" (maximaal 10 cm) de winter in moet gaan. Lang gras gaat na verloop van tijd liggen en veroorzaakt een pollige structuur. Afhankelijk van de hergroei in het najaar is soms een extra maaibeurt nodig, mits de dijk nog bereikbaar is. Vooral bij hooiland is bij te lang gewas overlast door muizen mogelijk. Dit kan grote schade aan de graszode teweeg brengen waarbij delen in de orde van tientallen dm² worden ondergraven. Mollen worden doorgaans actief (gaspatronen) bestreden. Hoewel op rivierdijken in onbemeste situaties minder molshopen voorkomen in vergelijking met bemeste (Van der Zee, 1992) en ook op zeedijken in onbemeste vakken minder molshopen worden geteld, kunnen mollen afhankelijk van vocht en voedings-toestand van het achterland op dijken behoorlijke activiteit vertonen. Voor een goede zodekwaliteit blijft bestrijding nodig. Gezien de lage productie van het grasland en hoog bodemvochtgehalte in de wintermaanden, dient in die periode (november - maart) niet te worden beweid. Gelet op de kwaliteit van oudere, langdurig op dezelfde wijze beheerde grasmatten in Noord-nederland, is continuïteit van het gevoerde beheer van belang.

Bemesting stoppen

Wat gebeurt er wanneer het beheer wordt veranderd en bemesting wordt gestopt? Uit dit onderzoek blijkt dat de overgang van bemest weiden naar onbemest hooien na 4 jaar een verbetering van doorworteling en erosiebestendigheid oplevert, bij gelijkblijvende zodedichtheid. Dit geldt voor de wat intensiever bemeste dijkgraslanden in Zeeland en Groningen. Op de licht bemeste

weilanden in Friesland en Groningen neemt de worteldichtheid en erosiebestendigheid in onbemest beweidde vakken toe, maar is er een lichte afname in de gehooide vakken. Op de Hondsbossche Zeewering blijven de al hoge worteldichtheid en erosiebestendigheid ten opzichte van het bemeste vak gelijk in de hooien-met-weiden variant maar nemen af in de gehooide variant.

Onbemeste vakken op gehooide dijken (Zeeland) laten nog weinig verschil zien met de bemeste vakken. Voortzetting van het veranderde beheer is nodig om de vegetatie zich verder te laten ontwikkelen. De vaak gehoorde vraag of op de lange duur toch niet moet worden bijgemest, kan ontkennend worden beantwoord: er zal zich een ander type grasland ontwikkelen met soorten gericht op een lagere bovengrondse (en een hogere ondergrondse) produktie en een efficiënter gebruik van voedingsstoffen in de bodem.

Hooien of weiden ?

Voor wat betreft de waterkerende functie van grasland op dijken komt uit dit onderzoek de beheersvorm "onbemest hooien" als beste naar voren. Dit betekent niet dat nu ineens alle schapen van de dijk moeten worden gehaald. Dit resultaat geeft wel aan dat de beheersvorm - mits goed toegepast - een bruikbaar alternatief is voor beheersvormen die nu problemen geven. Een bijkomend aspect is de verhoging van natuurwaarde op lange termijn, door de hoge soortenrijkdom en uitbreiding met zeldzame planten. Dit sluit goed aan bij de plannen voor een meer natuurvriendelijk beheer van oevers en waterkeringen. Dergelijke plannen zijn momenteel volop in ontwikkeling in het kader van het Natuurbeleidsplan. Een natuurlijke begroeiing van oevers en dijken vormt een ondersteuning van de Ecologische Hoofdstructuur. Bij de overgang van weiden naar hooien zonder bemesting, moet zeker in de beginfase minimaal 2x per jaar worden gehooid om verschraling van de bodem te bewerkstelligen. Op langere termijn, wanneer er nog maar weinig nalevering van nutriënten in de bodem optreedt, kan worden overgegaan op 1 x per jaar hooien (half juli). Voortzetting van het onderzoek kan hierover uitsluitsel geven.

Niet bemesten en goed onderhoud gedurende langere tijd zijn de belangrijkste voorwaarden voor de kwaliteit van de zode. Bij "beweiding zonder bemesting" is het van belang te weten in hoeverre de bedrijfsvoering kan worden aangepast aan de verlaagde produktie en of het voor schapenhouders nog rendabel is dijken te beweiden. In Friesland is gebleken dat een lager bemestingsniveau mogelijk is en blijktbaar een acceptabele opbrengst voor schapenhouders wordt gerealiseerd. De optimale beweiding en benutting van produktie kan worden bereikt door een bemestingsniveau van $\pm 60 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ en een nauwgezette inscharing afhankelijk van weersomstandigheden (pers. meded. T.Bosje, Waterschap Fryslan). De manier van weiden is belangrijk. Het is beter in korte

Tabel 8.2 *Beheersvormen, erosiebestendigheid (EB), agrarisch (mede)gebruik en onderhoud van zeedijkgrasland*

bemesting	beheer	EB	vegetatie-type	agrarisch (pachter) of ander gebruik	onderhoud (waterschap)
0 kg N	hooien 2x - 1x	++	srt.rijk Glanshaver-hooiland	hooien; kwaliteit ruwvoer ?	hooien, afzet/stort hooi
	weiden	++?	srt.rijke Kamgrasweide	opbrengst ? gebiedsgro-otte ?	slepen, bloten, extra maaibeurt
	gazonbeheer 5-7 x maaien zonder afvoer	+	srt.arme Kamgrasweide	nabij bebouwing	maaien
	2 x klepelen	--	srt.arm Glanshaverh.	-	klepelen
75-100 kg N	periodiek omweiden (ook: hooien met nabeweiding)	+	Kamgrasweide	redelijke opbrengst	mestgift, slepen, bloten, extra maaibeurt(Friese systeem)
100-150 (200) kg N	weiden	--	Beemdgras-Raaigrasweide	hoge opbrengst, onderhoud	voorschriften, geen onderhoud (Zeeland)
	hooien	--	zeer srtarm Glanshaverh.	hoge opbrengst	voorschriften

tijd met veel dieren perceelsgewijs te begrazen dan met weinig dieren een groot dijkoppervlak. In dit geval voldoet het 'Friese systeem' het best: periodiek omweiden van relatief kleine percelen met 35-40 ooiën + lammeren per hectare. Dit systeem dat overigens al jaren met succes wordt toegepast en waarbij de bemesting steeds is verminderd levert een goede erosiebestendige grasmat, met vooral veel (dunne) wortels in de laag 0-5 cm en een relatief lage soortendijkdom. Om een indruk te krijgen van verschillende vormen van beweiding en bedrijfsvoering, zijn in bijlage 7 gegevens vermeld van een schapenhouderij in Friesland en een in Zeeland met een relatief laag en hoog bemestingsniveau.

Het verdient aanbeveling het 'Friese systeem' (periodiek perceelsgewijs omweiden) toe te passen bij een mestgift van $0 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$. Door het Proefstation voor Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij is met behulp van het schapenstapelmodel en gegevens uit dit onderzoek berekend in hoeverre nog een redelijke opbrengst kan worden gehaald wanneer de bemesting wordt gereduceerd of helemaal wordt gestopt (De Boer & Sprangers, 1994). Het blijkt dat bij een systeem met $0 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ hetzelfde saldo ($\pm f 730$ per ha) kan

worden behaald als in de huidige situatie met $75 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ (f 1225 - 500 pacht = f 725), op voorwaarde dat geen pacht hoeft te worden betaald en een groter oppervlak kan worden beweid. Bij een minimum koppelgrootte van 200 ooiën en een produktie van $4 \text{ ton d.s. ha}^{-1}$ is een oppervlak nodig van 24 ha. Dit komt neer op een bezetting van 8 dieren per hectare. Ook moet er net als in de huidige situatie, worden bijgeweid en bijgevoerd. Het saldo bij een bemesting van $150 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ bedraagt volgens de berekeningen van het PR f 1071. Beweiding vergt een grote mate van onderhoud en controle op - in waterstaatkundig opzicht - juist uitgevoerd beheer. Een belangrijk element in de schapenbeweiding in Friesland en Groningen is, dat het waterschap kunstmest opbrengt, alle onderhoudswerkzaamheden verzorgt en het tijdstip van inscharen en omweiden bepaalt. In Zeeland moeten deze werkzaamheden door de pachters zelf worden verricht. Onderhoud vindt daar dan ook minder consequent plaats en hangt af van de manier van bedrijfsvoering. Behalve waar pachters hun dijken goed onderhouden, is vanuit het oogpunt van beheersbaarheid 'hooien' hier een bruikbaar alternatief. In **tabel 8.2** is, op basis van het bemestingsniveau, een overzicht gegeven van de verschillende beheersvormen met bijbehorende erosiebestendigheid, soort vegetatie, agrarische bruikbaarheid en vereiste onderhoudsmaatregelen.



Toekomstig dijkgraslandbeheer: (licht) bemeste schapendijken...



of bloemrijke zeedijken?

LITERATUUR

- Anonymus (1984). Erosiebestendigheid van gras op dijktaaluds. Verslag model onderzoek in 1982 en 1983 uitgevoerd in de stroomgoot te Lith. Grondmechanica Delft rapport CO-265412/15 en Waterloopkundig Laboratorium rapport M 1930 voor COW, RWS/DWW, Delft, 28 pp.
- Anonymus (1992). Botanisch basisregister. Centraal bureau voor de statistiek, Voorburg, 79 pp.
- Anonymus (1994). Technisch Rapport Eisen klei voor dijken. Conceptrapport Technische Adviescommissie voor de waterkeringen, DWW/Rijkswaterstaat, Delft, 53 pp.
- Anonymus (1995). Voorlopige analyse hoogwaterperiode januari-februari 1995. DWW-rapport AK-R-95.048, DWW/RWS, Delft.
- Bakker, J.P. (1985). Hooien zonder bemesting: hoe langer hoe schraler ? *De Levende natuur* 86 (4): 149-153.
- Bakker, J.P. (1987). Restoration of species-rich grassland after a period of fertilizer application. In: *Disturbance in Grasslands* (J. van Andel et al., eds), Junk Publ., Dordrecht: 185-200.
- Bakker, J.P. (1989). *Nature management by grazing and cutting*. Kluwer, Dordrecht.
- Bakker, N. (1988). *Beheer en onderhoud van zee- en slaperdijken*. Waterschap Ommelanderzeedijk, Onderdendam (Gr.).
- Barkman, J.J., Doing, H., Segal, S. (1964). Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Bot. Neerl.* 13: 394-419.
- Bell, G. & Lechowicz M.J. (1994). Spatial heterogeneity at small scales and how plants respond to it. In: *Exploitation of environmental heterogeneity by plants* (M.M. Caldwell & R.W. Pearcy eds.), Academic press, New York: 391-414.
- Berendse, F. & Elberse, W.Th. (1990). Competition and nutrient availability in heathland and grassland ecosystems. In: *Perspectives on Plant Competition* (J.B. Grace & D. Tilman eds.), Academic Press, New York: 94-116.
- Berendse, F., Oomes, M.J.M., Altena, H.J. & Elberse, W.Th. (1992). Experiments on the restoration of species-rich meadows in The Netherlands. *Biological Conservation*, 62: 59-65.
- Bland, W.L. & Mesarch, M.A. (1990). Counting error in the line-intercept method of measuring root length. *Plant and Soil* 125: 155-157.
- Boer, J. de & Sprangers, J.T.C.M. (1994). Mogelijkheden voor extensieve schapenhouderij op dijken - een modelmatige benadering met het schapenstapelmodel van het PR. Intern rapport Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad en Landbouwuniversiteit Wageningen, 16 pp.

- Boot, R.G.A. (1990). Plant growth as affected by nitrogen supply; effects on morphology and physiology of species from contrasting habitats. Thesis. Department of Plant Ecology and Evolutionary Biology, University of Utrecht, Utrecht, 92 pp.
- Bouwsema, P. (1978). De Emmapolder in de eerste 30 jaar na aanleg. Rapport Rijkswaterstaat, Baflo.
- Bullock, J.M., Clear Hill, B., Dale, M.P. & Silvertown, J. (1994). An experimental study of the effects of sheep grazing on vegetation change in a species-poor grassland and the role of seedling recruitment into gaps. *Journal of Applied Ecology* 31: 493-507.
- Caldwell, M.M., Richards, J.H. & Beyschlag, W. (1991). Hydraulic lift: ecological implications of water efflux from roots. In: *Plant Root Growth, an ecological perspective* (D. Atkinson ed.), spec. publ. British Ecological Society, nr 10, Blackwell publ., London: 423-436.
- Coppin, N.J. & Richards, I.G. (1990). *Use of Vegetation in Civil Engineering*. Ciria, Butterworths, London, 292 pp.
- Ericsson, T. Growth and shoot:root ratio of seedlings in relation to nutrient availability. *Plant and Soil* 168-169: 205-214.
- Essen, H.M. Van & Kruse, G.A.M. (1994). Experiments on internal erosion of grass sods from dikes. Delft Geotechnics Report CO-329370/15, Concept, Delft, 65 pp.
- Fiala, K. (1993). Underground biomass in meadow stands. In: *Structure and Functioning of Seminatural meadows* (M. Rychnovská ed.), Czechoslovak Academy of Sciences, Academia Praha: 133-151.
- Fiala, K. & Studeny, V. (1988). Cutting and fertilization effect on the root system in several grassland stands. II. Vertical distribution of root biomass and changes in the carbo-hydrate content. *Ekologia (CSSR)* 7(1): 27-42.
- Fliervoet, L.M. (1992). Aanleg en beheer van grasland op rivierdijken. In opdracht van de Unie van Waterschappen. Adviesgroep Vegetatiebeheer, IKC-NBLF, Wageningen, 63 pp.
- Goss, M.J. (1991). Consequences of the activity of roots on soil. In: *Plant Root Growth, an ecological perspective* (D. Atkinson ed.), spec. publ. British Ecological Society, nr 10, Blackwell publ., London: 171-186.
- Grime J.P. & Lloyd, P.S. (1973). *An ecological atlas of grassland plants*. Edward Arnold London.
- Grime, J.P., Campbell, B.D., Mackey, J.M.L. & Crick, J.C. (1991). Root plasticity, nitrogen capture and competitive ability. In: *Plant Root Growth, an ecological perspective* (D. Atkinson ed.), spec. publ. British Ecological Society, nr 10, Blackwell publ., London: 381-398.
- Houba, V.J.G., Van der Lee, J.J., Novozamsky, J., Walinga, I. (1989). *Soil and Plant Analysis, part 5: Soil Analysis Procedures*. Dpt. of Soil Science and Plant Nutrition, Agricultural University, Wageningen.

- Hrabe, F. & Halva, E. (1993). Exploitation and management of grassland in the Bohemian-Moravian Uplands. In: Structure and Functioning of Seminatural meadows (M. Rychnovská ed.), Czechoslovak Academy of Sciences, Academia Praha: 323-339.
- Huisman, P.J. (1976). Onderhoud van grasmat op dijken. Flevovericht nr. 120.
- Johanson, J.C.P. (1990). Bath, dimensionering van de bekleding. DWW-notitie WBA-N-90.123, DWW/Rijkswaterstaat, Delft, 20 pp.
- Muijs, J.A. (1996). Scheurvorming in de kleibekleding van het binnentalud van de Balgzanddijk - mogelijke oorzaken en remedies. Nota W-DWW-96-052, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, 29 pp.
- Korzilius, E.P.E. (1990). Validatie keuringseisen klei voor bekleding van dijken met grasbedekking. Rapport CO-307280/10, Grondmechanica Delft, 75 pp.
- Kruijne, A.A., De Vries, D.M., Mooi, H. (1967). Bijdrage tot de ecologie van de nederlandse graslandplanten. Pudoc, Wageningen, 65 pp.
- Kruse, G.A.M. (1993). Opbouw en erosie van graszode op dijken. Grondmechanica Delft rapport CO-307282/18 voor RWS/DWW, Delft, 74 pp.
- Kruse, G.A.M. (1994). Meetverslag grastaludproeven. Conceptrapport CO334430/9 voor RWS/DWW, Delft, 75 pp.
- Kutschera, L. & Lichtenegger, E. (1982). Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. I. Monocotyledonae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Lastrup, C., Madsen, T.H., Jensen, J. & Poulsen, L. (1990). Dike failure calculation model based on in situ tests. 22nd International Conference on Coastal Engineering, paper no. 176: 351-352.
- Lichtenegger, E. (1985). Die Ausbildung der Wurzelsysteme krautiger Pflanzen und deren Eignung für die Böschungssicherung auf verschiedenen Standorten. In: K. Boeminghaus, K. Limpert & W. Pflug (eds.). Ingenieurbiologie. Wurzelwerk und Standsicherheit von Böschungen und Hängen. Sepia Verlag Aachen: 63-92.
- De Leeuw, J., Olf, H. & Bakker, J.P. (1990). Year-to-year variation in peak above-ground biomass of six salt-marsh Angiosperm communities as related to rainfall deficit and inundation frequency. Aquatic Botany, 36: 139-151.
- Lynch, J.M. (1990). Some consequences of microbial rhizosphere competence for plant and soil. In: J.M. Lynch (ed.), The Rhizosphere. Wiley Series in ecological and applied microbiology, John Wiley & Sons, Chichester: 1-35.
- Maarel, E. van der (1979). Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio 39 (2): 97-114.
- Matthew, C., Xia, J.K., CHU, A.C.P., Mackay, A.D. & Hodgson, J. (1991). Relationship between root production and tiller appearance rates in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). In: Plant Root Growth, an ecological perspective (D. Atkinson ed.), spec. publ. British Ecological Society, nr 10, Blackwell publ., London: 281-309.

- Meijden, R. van der (1990). Heukels' Flora van Nederland. Wolters-Noordhoff, Groningen, 662 pp.
- Miles, J. (1987). Soil variation caused by plants: a mechanism of floristic change in grassland ? In: Disturbance in grasslands (J. van Andel, J.P. Bakker & R.W. Snaydon, eds.), Junk, Publ.: 37-49.
- Minderhoud, J.W., 1989. Aanleg en onderhoud van de grasmat op waterkerende dijken. In: Handboek grasveldkunde en grasveldbeheer (J.W. Minderhoud, M. Hoogerkamp & J.G.C. van Dam eds.), Pudoc Wageningen: 168-179.
- Neuteboom J.H., 1991. The use of frequency estimates in studying sward structure. Dpt. of Field Crops and Grassland Science, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Newman, E.I. (1966). A method for estimating total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.* 3: 139-145.
- Norusis, M.J. (1986). SPSS/PC+: SPSS for the IBM PC/XT/AT. SPSS inc., Chicago, Illinois.
- Oberdorfer, E. (1983). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III.* G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Oomes, M.J.M. (1990). Changes in dry matter and nutrient yields during the restoration of species-rich grasslands. *Journal of Vegetation Science* 1: 333-338.
- Oomes, M.J.M. & Mooi, H. (1985). The effect of management on succession and production of formerly agricultural grassland after stopping fertilization. In: *Sukzession auf Grünlandbrachen* (K.B. Schreiber, ed.), Symp. I.V.V., Münstersche Geographische Arbeiten, Paderborn: 59-67.
- Oomes, M.J.M. & Altena, H.J. (1987). Droge-stofproductie en mineralenooft bij verschralend beheer. *De Levende Natuur* 88 (6): 248-253.
- Olf, H., Van Andel, J. & Bakker, J.P. (1990). Biomass and shoot/root allocation of five species from a grassland succession series at different combinations of light and nutrient supply. *Functional Ecology*, 4: 193-200.
- Olf, H. & Bakker, J.P. (1991). Long-term dynamics of standing crop and species composition after the cessation of fertilizer application to mown grassland. *Journal of Applied Ecology*, 28: 1040-1052.
- Olf, H., Berendse, F. & De Visser, W. (1994). Changes in nitrogen mineralisation, tissue nutrient concentrations and biomass compartmentation after cessation of fertilizer application to mown grassland. *Journal of Ecology*, 82: 611-620.
- Perfect, E., Kay, B.D., Van Loon, W.K.P., Sheard, R.W., Pojasok, T. (1990). Factors influencing soil structural stability within a growing season. *Soil Science Soc. Am. J.*, 54: 173-179.

- Robertson, G.P. & Gross, K.L. (1994). Assessing the Heterogeneity of Below ground Resources: Quantifying Pattern and Scale. In: Exploitation of environmental heterogeneity by plants (M.M. Caldwell & R.W. Pearcy eds.), Academic press, New York: 237-253.
- Schaffers, A. (1991). DENDRO; programma voor het maken van dendrogrammen. Vakgroep VPO, Landbouwwuniversiteit, Wageningen.
- Schiechtl, H.M. (1985). Pflanzen als Mittel zur Bodenstabilisierung. In: Ingenieurbiologie. Wurzelwerk und Standsicherheit von Böschungen und Hängen (K. Boeminghaus, K. Limpert & W. Pflug, eds.). Sepia Verlag Aachen: 50-62.
- Scholand, M., Austenfeld, F.A. & Von Willert, D.J. (1991). Underground biomass and its influence on soil shear strength in a grazed and ungrazed German coastal marsh. In: Plant Root Growth, an ecological perspective (D. Atkinson ed.), spec. publ. British Ecological Society, nr 10, Blackwell publ., London: 281-309.
- Seijffert, J.J.W. & Philipse, L.A. (1990). Resistance of grassmat to wave attack. PIANC, 2 pp.
- Sibma, L. & Ennik, G.C. (1988). Ontwikkeling en groei van productiegras onder Nederlandse omstandigheden. Pudoc Wageningen, 53 pp.
- Smit A.L., Sprangers, J., Sablik, J.P.W. & Groenwold, J. (1994). Automated rootlength measurement with a 3D-High-resolution scanner and image analysis. *Plant and Soil* 158: 145-149.
- Smith, G.M., (1993). Grasdijken; Graserosie, reststerkte en golfoverslag. Concept meetverslag grootschalig modelonderzoek, H1565, Waterloopkundig Laboratorium, Delft, 153 pp.
- Smith, R.S. & Rushton, S.P. (1994). The effects of grazing management on the vegetation of mesotrophic (meadow) grassland in Northern England. *Journal of Applied Ecology* 31: 13-24.
- Sprangers, J.T.C.M. (1989). Vegetatie van Nederlandse zeedijken; plantengemeenschappen in relatie tot standplaatsfactoren. Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde, Landbouwwuniversiteit Wageningen, voor DWW/Rijkswaterstaat, Delft, 119 pp.
- Sprangers, J.T.C.M. (1991). Vegetatie en erosiebestendigheid van zeedijken in relatie tot beheer. Voortgangsrapport-1, intern rapport Vakgroep Terrestrische Ecologie & Natuurbeheer, Landbouwwuniversiteit Wageningen, voor DWW/Rijkswaterstaat, Delft, 46 pp.
- Sprangers, J.T.C.M. (1992). Vegetatie, zodestructuur en worteldichtheid van graszoden voor golfbelastingsproeven in de Deltagoot. In: Grasdijken; graserosie, reststerkte en golfoverslag (G.M. Smith ed.), Rapport Waterloopkundig Laboratorium Delft, voor DWW/RWS, Bijlage III, 15 pp.
- Sprangers, J.T.C.M. (1994). Grasland als dijkbekleding. In: M. Vroom, Samenvatting van lezingen Kust- en oeverdag 1993. Werkdocument RIKZ/AB-94.601, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rijkswaterstaat, Haren: 60-66.

- Sprangers, J.T.C.M., Fliervoet, L.M. & Sýkora, K.V. (1991). Botanische en civieltechnische aspecten van zeedijkvegetaties. Landinrichting 1991/31 nr.5: 2-10.
- Stark, J.M. (1994). Causes of soil nutrient heterogeneity at different scales. In: Exploitation of environmental heterogeneity by plants (M.M. Caldwell & R.W. Pearcy eds.), Academic press, New York: 255-284.
- Steur, G.G.L., Locher, W.P. & De Bakker, H. (1987). Veldboekje Bodemkunde . Stichting voor Bodemkunde, Wageningen.
- Sýkora, K.V., 1983. The *Lolio-Potentillion anserinae* R. Tüxen 1947 in the northern part of the Atlantic Domain. Thesis, Stichting Studentenpers Nijmegen.
- Sýkora, K.V. & Liebrand, C.I.J.M. (1987). Natuurtechnische en civieltechnische aspecten van rivierdijkvegetaties. Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenecologie en Onkruidkunde, Landbouwniversiteit Wageningen, 194 pp.
- Sýkora, K.V. & Liebrand, C.I.J.M. (1988). Revegetation of river dikes and techniques for encouragement of species-rich grassland. *Aspects of Applied Biology* 16: 9-18.
- Sýkora, K.V., Van der Krogt, G, Rademakers, J. (1990). Vegetation change on embankments in the south-western part of the Netherlands under the influence of different management practices (in particular sheep grazing). *Biological Conservation* 52: 49-81.
- Tennant, D. (1975). A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.* 63: 995-1001.
- Throughton, A. (1981). Length of life of grass roots. *Grass and Forage Science* 36: 117-120.
- Verheij, H.J., Meijer, D.G., Kruse, G.A.M., Smith, G.M. & Vesseur, M. (1995). Onderzoek naar de sterkte van graszoden van rivierdijken. Rapport Q1878, Waterloopkundig Laboratorium, voor DWW/RWS, Delft, 218 pp.
- Walinga I, Van Vark, W.G., Houba, V.J.G., Van der Lee, J.J. (1989). Soil and Plant Analysis, part 7: Plant Analysis Procedures. Dpt. of Soil Science and Plant Nutrition, Agricultural University, Wageningen., 239 pp.
- Wenger, M.J.A., 1974. The place of the Zürich-Montpellier method in vegetation science. *Folia Geobot. Phytotax.*, Praha, 9: 99-109.
- Westhoff V. & Van der Maarel, E. (1973). The Braun-Blanquet Approach. In: *Handbook of Vegetation Science* (R.H. Whittaker, ed.), Junk, Publ, Den Haag: 619-726.
- Westhoff V. & Den Held, J.J. (1975). *Plantengemeenschappen in Nederland*. Thieme, Zutphen, 324 pp.
- Zee, F.F. van der (1992). Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestendigheid van rivierdijkvegetaties. Landbouwniversiteit Wageningen, in opdracht van DWW/Rijkswaterstaat, 271 pp.

Bijlagen

Bijlage 1

Schema van locaties en proefvakken op beweide dijken (a) en gehooide dijken (b). Ingevuld zijn de nummers van de gemeenschappen waartoe een opname behoort met vermelding van het nummer van de opname. Gemeenschapsnummers van opnamen in 1994 die zijn veranderd ten opzichte van 1991 zijn vetgedrukt.

a) locaties beweide dijken

plek		juni 91					juni 94				
		I	HH	HW	WW	CW	I	HH	HW	WW	CW
G1	bi	1 ⁹					1 ²¹⁶	1 ²⁰⁹	1 ²¹⁸	1 ²¹⁷	
	bu	1 ¹⁰					1 ²⁰⁹	1 ²⁰¹	1 ¹⁹⁹	1 ²⁰²	
G2	bi	1 ¹²		1 ¹⁸	1 ¹⁶	1 ¹⁴	1 ²⁰⁴	2 ²¹⁵	1 ²⁰⁷	1 ²⁰⁶	1 ²⁰⁵
	bu	1 ¹¹		1 ¹⁷	1 ¹⁵	1 ¹³	1 ²¹⁴	1 ²¹⁰	1 ²¹¹	1 ²¹²	1 ²¹³
FB	bi	1 ³⁴		1 ³⁰	1 ²⁹		1 ¹⁸³	1 ¹⁸¹	1 ¹⁷⁸	1 ¹⁷⁶	
	bu	1 ³³		1 ³²	1 ³¹		1 ¹⁸²	1 ¹⁸⁰	1 ¹⁷⁹	1 ¹⁷⁷	
FA	bi	1 ²⁶	2 ¹⁹		1 ²⁵		2 ¹⁷⁰	2 ¹⁷²	2 ¹⁶⁷	2 ¹⁶⁹	
	bu	1 ²⁸	1 ²⁰		2 ²⁷		1 ¹⁷¹	2 ¹⁷³	2 ¹⁶⁶	1 ¹⁶⁸	
FC	bi	1 ²²	1 ²¹				1 ¹⁶⁵	1 ¹⁷⁴			
	bu	1 ²³	3 ²⁴				1 ¹⁶⁴	3 ¹⁷⁵			
NA	bi	5 ³⁵	5 ³⁷				3 ¹⁶³	3 ¹⁵⁶			
	bu	5 ³⁶	5 ³⁸				5 ¹⁶²	3 ¹⁵⁵			
NH	bi	3 ⁴⁵	3 ⁵³	3 ⁴⁴			3 ²³²	3 ²³⁴	3 ²³³		
	bu	3 ⁴⁶	3 ⁵⁴	3 ⁴³			3 ²⁴⁵	3 ²⁴³	3 ²⁴⁴		
NZ	bi	2 ⁵⁰	3 ⁴⁷				2 ²³⁶	2 ²³⁸	2 ²³⁷		
	bu	2 ⁴⁹	3 ⁴⁸				2 ²⁴¹	3 ²³⁹	2 ²⁴⁰		
NS	bi	3 ⁵²	3 ⁵¹				4 ²⁰⁰	3 ¹⁵⁴			
	bu	3 ⁵⁵	3 ⁵⁴				4 ¹⁵⁸	3 ¹⁵⁷			
NY	bi						6 ²²¹	6 ²²⁷		6 ²¹²	3 ²²⁶
ZGO	bi						5 ²⁶¹				4 ²⁶²
	bu						5 ²⁶⁴				3 ²⁶⁵
ZG	bi	4 ⁵⁷	4 ⁶⁰				4 ¹⁹³	7 ¹⁸⁴			
	bu	4 ⁵⁹	7 ⁶¹				7 ¹⁸⁵	7 ¹⁹²			
ZM	bi	4 ⁶³				4 ⁶⁶	4 ²⁵²				7 ²⁵³
	bu	4 ⁶⁵				4 ⁶⁸	4 ²⁵⁵				4 ²⁵⁷
ZKW	bi	2 ⁶⁹			2 ⁷²		2 ¹⁸⁹			2 ¹⁹⁰	
	bu	4 ⁷¹			4 ⁷⁵		4 ¹⁹⁵			2 ¹⁹⁶	
ZH	bi	4 ⁸⁰	4 ⁷⁶		4 ⁸²		4 ²⁷⁶	3 ²⁷⁹	4 ²⁷⁸	4 ²⁷⁷	
	bu	4 ⁷⁹	4 ⁷⁷		4 ⁷⁸		4 ²⁸³	2 ²⁸⁰	2 ²⁸¹	4 ²⁸²	
ZB	bi	4 ⁸³	4 ⁸⁵				4 ²⁸⁴	6 ²⁸⁷	4 ²⁸⁵	6 ²⁸⁶	
	bu	4 ⁸⁴	4 ⁸⁶				4 ²⁹⁹	4 ²⁹⁶	4 ²⁹⁸	4 ²⁹⁷	
ZBh	bi	4 ⁸⁸					4 ²⁸⁸				2 ²⁹⁴
	bu	4 ⁸⁷				4 ⁸⁹	4 ²⁸⁹				4 ²⁹⁵

b) Locaties gehooide dijken

plek		juni 91		juni 94	
		HI	HE	HI	HE
DH	bi	3 ¹⁰¹	3 ¹⁰³	3 ²³⁰	3 ¹⁶¹
	bu	3 ¹⁰²	3 ¹⁰⁴	3 ²²⁹	3 ²²⁸
NH	bi		3 ¹⁰⁵		3 ²³⁵
	bu		3 ¹⁰⁶		3 ²⁴²
*NZ	bi		9 ¹⁰⁷		9 ²³¹
NMO	bi			10 ²²³	8 ²¹⁹
NUI	bi			10 ²²⁰	7 ²²⁴
*ZO	bu				9 ²⁹¹
*ZZK	bu				9 ²⁹²
ZGOh	bi		5 ¹⁵⁰		4 ²⁶³
	bu		5 ¹⁴⁹		4 ²⁶⁶
ZG	bi		7 ¹¹¹		7 ¹⁹¹
	bu	10 ¹¹²	10 ¹¹⁰		10 ¹⁹⁴
*ZK	bu		8 ¹¹⁷		8 ¹⁸⁶
ZK	bi	8 ¹¹⁹	8 ¹²¹	7 ¹⁸⁸	8 ¹⁸⁷
	bu	8 ¹²⁶	8 ¹²⁸	7 ¹⁹⁷	7 ¹⁹⁸
ZHA	bi	-	7 ¹¹⁵	-	7 ²⁴⁷
	bu	7 ¹¹³	8 ¹¹⁴	7 ²⁵⁰	8 ²⁴⁶
ZBO	bi				
	bu				
ZPE	bi	4 ¹³⁴	4 ¹³¹	4 ²⁷²	4 ²⁷¹
	bu	4 ¹³³	4 ¹³²	4 ²⁷³	4 ²⁷⁵
ZHP	bi	6 ¹³⁷	6 ¹³⁸	6 ²⁶⁸	7 ²⁶⁷
	bu	3 ¹³⁶	3 ¹³⁵	7 ²⁶⁹	3 ²⁷⁰
ZZA	bi	7 ¹⁴¹	7 ¹³⁹	7 ²⁹³	7 ²⁹⁰
ZZD	bi		4 ¹⁴³		
	bu	4 ¹⁴⁵	4 ¹⁴⁴		

Opmerkingen: PQ's van juni 1991 met beheer WW, HW, HH, HE hebben al een seizoen geen bemesting gehad;
Voor betekenis van de codes zie tekst hoofdstuk 2.

Bijlage 2a

Plantensociologische tabel

Gemeenschap (nummer)	2	1	3	4	5	6	7	10	8	9
Gemeenschap (code)	LCYr	LCYg	LCYf	POO	PION	ARRa	ARRc	ARRr	ARRO	ARRb
Aantal opnamen	27	57	55	66	12	9	36	7	23	11
Gemid. aantal soorten	18.2	13.5	18.3	12.4	9.5	12.0	13.4	7.9	24.7	34.4
Standaardafwijking	3.6	2.4	4.5	3.4	4.4	3.5	4.3	4.4	5.8	5.8
Molinio-Arrhenatheretea										
Anthoxanthum odoratum	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	IV ⁵
Festuca rubra	IV ⁶	IV ⁶	V ⁶	IV ⁵	IV ⁵	II ⁵	IV ⁵	-	V ⁵	V ⁵
Cerastium fontanum ssp. font.	V ³	V ³	IV ³	IV ³	-	II ²	III ²	-	IV ²	V ²
Poa pratensis	IV ⁴	IV ⁴	IV ⁴	III ⁴	IV ⁴	II ⁴	IV ⁴	II ⁴	V ⁵	V ⁴
Poa trivialis	V ⁵	V ⁶	IV ⁵	V ⁵	III ⁵	IV ⁵	V ⁵	-	IV ⁴	IV ³
Medicago lupulina	I ³	I ³	II ³	+2	-	-	-	-	-	II ³
Symphytum officinale	-	-	I ⁴	-	-	I ²	I ²	-	I ³	-
Cardamine pratensis	-	+2	-	-	-	-	-	I ⁵	-	-
Rhynchospora squarrosa	-	-	+4	-	-	-	-	-	+4	-
Holcus lanatus	II ⁴	-	II ⁴	+4	-	-	I ⁴	-	II ⁴	IV ⁴
Plantago lanceolata	III ³	I ²	II ³	+2	I ²	II ³	I ³	II ²	IV ³	V ⁴
Prunella vulgaris	-	-	+2	-	-	I ²	-	-	I ²	I ²
Rumex acetosa	I ³	+2	+2	-	-	-	-	-	I ²	III ²
Trifolium pratense	+3	+6	III ⁴	+2	II ⁶	I ²	+3	-	III ⁴	III ⁴
Vicia cracca	-	-	-	+3	-	-	+4	-	-	-
Centaurea jacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III ⁴
Rhinanthus angustifolius	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²
Polygonum bistorta	-	-	+2	-	-	-	-	-	-	-
Arrhenatherion elatioris										
Alopecurus pratensis	-	-	-	-	-	+5	III ⁴	+3	-	-
Bellis perennis	V ⁴	IV ⁴	IV ⁴	I ²	-	III ³	II ²	-	V ³	III ²
Leucanthemum vulgare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III ³
Dactylis glomerata	IV ⁴	+2	II ³	IV ⁵	II ²	V ⁵	V ⁵	V ⁴	V ⁵	V ⁴
Festuca pratensis	-	-	-	I ⁴	-	-	I ³	-	III ⁵	I ³
Heracleum sphondylium	-	-	+2	-	-	-	I ³	III ³	+2	II ³
Lathyrus pratensis	-	-	+3	-	-	-	I ³	-	II ⁵	-
Ranunculus acris	I ²	+1	I ²	-	-	II ²	+2	I ²	II ³	-
Trifolium dubium	V ⁶	IV ⁴	III ⁴	II ⁴	I ²	I ⁷	III ³	-	V ⁵	V ³
Allium vineale	-	-	+2	-	-	-	I ²	I ³	III ²	V ³
Hypochaeris radicata	I ²	+1	I ³	-	-	-	-	-	I ³	II ²
Achillea millefolium	IV ³	II ³	II ³	I ²	-	I ³	+3	-	III ²	V ³
Crepis capillaris	I ²	I ²	II ²	I ²	-	II ²	I ²	-	IV ²	II ²
Agrostis capillaris	I ⁴	I ⁴	I ⁵	+3	-	-	-	-	+3	II ⁴
Lotus corniculatus ssp. corn.	I ³	+2	I ²	-	-	-	-	-	+2	II ⁴
Luzula campestris	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II ⁴
Senecio jacobaea ssp. jac.	+1	+1	I ²	+1	-	I ²	-	-	-	II ²
Arrhenatheretum elatioris										
Arrhenatherum elatius	-	-	+3	I ⁴	-	III ⁵	IV ⁶	V ⁶	IV ⁶	IV ⁶
Daucus carota	+2	-	I ³	-	-	-	I ²	-	IV ³	V ³
Pastinaca sativa	-	-	+5	-	-	-	-	-	-	II ²
Trisetum flavescens	I ⁴	-	+3	-	-	-	+3	-	II ³	III ⁴
Tragopogon pratensis subs	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²	II ²
Anthriscus sylvestris	-	-	-	-	-	-	I ²	-	+2	-
Diff t.o.v. Lolio-Cynosuretum:										
Heracleum sphondylium	-	-	+2	-	-	-	I ³	III ³	+2	II ³
Anthriscus sylvestris	-	-	-	-	-	-	I ²	-	+2	-
Symphytum officinale	-	-	I ⁴	-	-	-	I ²	-	I ³	-
Euphorbia esula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ³

Bijlagen

Gemeenschap (nummer)	2	1	3	4	5	6	7	10	8	9
Gemeenschap (code)	LCYr	LCYg	LCYf	POO	PION	ARRa	ARRc	ARRr	ARRO	ARRb
Aantal opnamen	27	57	55	66	12	9	36	7	23	11
Gemid. aantal soorten	18.2	13.5	18.3	12.4	9.5	12.0	13.4	7.9	24.7	34.4
Standaardafwijking	3.6	2.4	4.5	3.4	4.4	3.5	4.3	4.4	5.8	5.8

Subassociatie groep A inops:

Heracleum sphondylium	-	-	+2	-	-	-	I ³	III ³	+2	II ³
Anthriscus sylvestris	-	-	-	-	-	-	I ²	-	+2	-
Ranunculus repens	-	II ³	III ³	I ²	I ²	II ²	+2	I ²	I ²	-
Glechoma hederacea	-	-	I ³	+2	I ²	III ³	I ²	III ²	I ²	I ³
Alopecurus pratensis	-	-	-	-	-	-	+5	III ⁴	+3	-

Subassociatie groep B (diff.):

Senecio erucifolius	-	-	-	+2	-	-	I ²	-	III ²	III ³
Ranunculus bulbosus	III ²	I ²	+2	I ²	-	-	I ³	-	II ³	V ³
Senecio jacobaea ssp. jac.	+1	+1	I ²	+1	-	I ²	-	-	-	II ²
Trisetum flavescens	I ⁴	-	+3	-	-	-	+3	-	II ³	III ⁴

picriditosum

Pastinaca sativa	-	-	+5	-	-	-	-	-	-	II ²
Agrimonia eupatoria	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²	I ³
Picris species	-	-	-	-	-	-	+1	-	+2	-

brizetosum

Briza media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II ⁵
Carex flacca	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²	II ³
Anthoxanthum odoratum	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	IV ⁵
Hypochaeris radicata	I ²	+1	I ³	-	-	-	-	-	I ³	II ²
Hieracium pilosella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ⁴
Crepis capillaris	I ²	I ²	II ²	I ²	-	II ²	I ²	-	IV ²	II ²
Agrostis capillaris	I ⁴	I ⁴	I ⁵	+3	-	-	-	-	+3	II ⁴
Bromus hordeaceus ssp. hord.	V ⁵	V ⁵	III ⁵	V ⁴	I ⁴	III ³	III ³	-	IV ³	V ³

Lolio-Cynosuretum

Cynosurus cristatus	III ⁴	IV ⁵	+4	-	-	-	+2	-	I ³	II ³
Phleum pratense ssp. prat.	I ⁴	I ³	I ³	+3	-	-	-	-	-	-
Lolium perenne	V ⁶	V ⁶	V ⁶	V ⁷	V ⁸	V ⁴	I ³	I ³	II ³	III ⁴
Trifolium repens	III ⁴	IV ⁵	V ⁴	I ²	III ⁴	I ⁴	I ³	-	+3	-
Leontodon saxatilis	I ³	I ²	II ³	-	-	-	-	-	+3	I ²
diff. t.o.v. Arrhenatheretum:										
Leontodon autumnalis	-	I ²	II ²	-	-	-	-	-	+3	-
Hordeum secalinum	I ³	+2	-	I ³	-	-	-	-	-	I ³

Subassociatiegroep A:

Anthoxanthum odoratum	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	IV ⁵
Luzula campestris	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II ⁴
Holcus lanatus	II ⁴	-	II ⁴	+4	-	-	I ⁴	-	II ⁴	IV ⁴
Festuca rubra	IV ⁶	IV ⁶	V ⁶	IV ⁵	IV ⁵	II ⁵	IV ⁵	-	V ⁵	V ⁵
Briza media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II ⁵
Agrostis capillaris	I ⁴	I ⁴	I ⁵	+3	-	-	-	-	+3	II ⁴

luzuletosum campestris

Festuca rubra	IV ⁶	IV ⁶	V ⁶	IV ⁵	IV ⁵	II ⁵	IV ⁵	-	V ⁵	V ⁵
Luzula campestris	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II ⁴
Lotus corniculatus ssp. corn.	I ³	+2	I ²	-	-	-	-	-	+2	II ⁴
Trifolium dubium	V ⁶	IV ⁴	III ⁴	II ⁴	I ²	I ⁷	III ³	-	V ⁵	V ³
Hypochaeris radicata	I ²	+1	I ³	-	-	-	-	-	I ³	II ²

Gemeenschap (nummer)	2	1	3	4	5	6	7	10	8	9
Gemeenschap (code)	LCYr	LCYg	LCYf	POO	PION	ARRa	ARRc	ARRr	ARRO	ARRb
Aantal opnamen	27	57	55	66	12	9	36	7	23	11
Gemid. aantal soorten	18.2	13.5	18.3	12.4	9.5	12.0	13.4	7.9	24.7	34.4
Standaardafwijking	3.6	2.4	4.5	3.4	4.4	3.5	4.3	4.4	5.8	5.8
Subassociatiegroep B:										
Agrostis stolonifera	IV ⁵	III ⁵	IV ⁵	III ⁵	-	III ⁵	I ⁴	-	I ³	III ⁴
Carex spicata	-	-	I ²	-	-	-	-	-	-	-
Potentilla reptans	I ²	-	I ²	-	-	-	-	-	+ ²	IV ⁴
Dactylis glomerata	IV ⁴	+ ²	II ³	IV ⁵	II ²	V ⁵	V ⁵	V ⁴	V ⁵	V ⁴
Trisetum flavescens	I ⁴	-	+ ³	-	-	-	+ ³	-	II ³	III ⁴
Cirsium arvense	I ³	I ²	IV ³	II ²	II ⁴	I ²	III ²	I ²	I ³	I ²
juncetosum gerardii										
Juncus gerardi	-	-	+ ⁴	-	-	-	-	-	-	-
Trifolium fragiferum	-	-	+ ²	-	-	-	-	-	-	-
plantaginetosum mediae										
Ranunculus bulbosus	III ²	I ²	+ ²	I ²	-	-	I ³	-	II ³	V ³
Medicago lupulina	I ³	I ³	II ³	+ ²	-	-	-	-	-	II ³
Cirsium vulgare	I ²	I ²	I ²	I ²	-	-	I ²	-	+ ¹	IV ²
ononidetosum										
Ranunculus bulbosus	III ²	I ²	+ ²	I ²	-	-	I ³	-	II ³	V ³
Medicago lupulina	I ³	I ³	II ³	+ ²	-	-	-	-	-	II ³
Cirsium vulgare	I ²	I ²	I ²	I ²	-	-	I ²	-	+ ¹	IV ²
Eryngium campestre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV ⁴
Ononis repens ssp. spinosa	I ³	-	+ ²	-	-	-	-	-	-	III ³
Convolvulus arvensis	-	-	+ ³	-	-	-	I ³	-	+ ²	I ³
Verbena officinalis	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²	-
Origanetalia vulgaris/Trifolion medii										
Lathyrus nissolia	-	-	-	-	-	-	+ ³	-	II ³	-
Origanum vulgare	-	-	-	-	-	-	-	-	II ⁴	-
Orobanche lutea	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²	-
Senecio erucifolius	-	-	-	+ ²	-	-	I ²	-	III ²	III ³
Agrimonia eupatoria	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²	I ³
Koelerio-Coryneporetea + Festuco-Brometea (diff. soorten)										
Galium verum	+ ²	-	+ ²	-	-	-	-	-	-	IV ⁴
Ranunculus bulbosus	III ²	I ²	+ ²	I ²	-	-	I ³	-	II ³	V ³
Hieracium pilosella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ⁴
Koeleria macrantha	+ ²	-	-	-	-	-	-	-	-	I ⁴
Avenula pubescens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III ⁵
Arenaria serpyllifolia	+ ³	+ ¹	-	+ ¹	-	-	-	-	-	I ¹
Festuca ovina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ⁵
Koelerio-Coryneporetea + Festuco-Brometea (kensoorten)										
Potentilla argentea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²
Trifolium arvense	-	-	+ ²	-	-	-	-	-	-	-
Myosotis stricta	-	-	+ ²	-	-	-	-	-	-	- ²
Taraxacum tortilobum	+ ²	-	-	-	-	-	-	-	-	- ²
Trifolium campestre	-	-	I ²	+ ²	-	-	-	-	-	II ³
Vicia lathyroides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ¹
Carex arenaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ¹
Hypericum perforatum	-	-	-	+ ²	-	-	-	-	+ ³	I ²
Rumex acetosella	-	-	+ ⁵	-	-	-	-	-	-	I ²
Vicia sativa sp nigra	+ ²	-	I ²	-	-	-	II ²	-	III ³	V ³
Ceratodon purpureus	-	-	-	+ ³	-	-	-	-	-	-

Bijlagen

Gemeenschap (nummer)	2	1	3	4	5	6	7	10	8	9
Gemeenschap (code)	LCYr	LCYg	LCYf	POO	PION	ARRa	ARRc	ARRr	ARRo	ARRb
Aantal opnamen	27	57	55	66	12	9	36	7	23	11
Gemid. aantal soorten	18.2	13.5	18.3	12.4	9.5	12.0	13.4	7.9	24.7	34.4
Standaardafwijking	3.6	2.4	4.5	3.4	4.4	3.5	4.3	4.4	5.8	5.8

Mesobromion (Brometalia)

Ononis repens ssp. spinosa	I ³	-	+ ²	-	-	-	-	-	-	III ³
Arabis hirsuta	-	-	-	+ ²	-	-	I ³	-	-	-

Medicagini-Avenetum pubescentis

Ononis repens ssp. spinosa	I ³	-	+ ²	-	-	-	-	-	-	III ³
Bromus inermis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ³
Eryngium campestre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV ⁴

Plantaginetaalia majoris/Lolio-Plantaginion

Lolium perenne	V ⁶	V ⁶	V ⁶	V ⁷	V ⁸	V ⁴	I ³	I ³	II ³	III ⁴
Poa annua	I ²	II ³	I ³	I ³	II ⁴	-	+ ³	-	-	-
Plantago major	-	+ ²	I ²	+ ²	-	-	-	-	-	-
Tussilago farfara	-	-	+ ²	-	II ²	-	-	-	-	-
Carex distans	-	-	+ ²	-	-	-	-	-	-	-
Carex hirta	-	-	I ³	-	-	-	-	-	-	-
Elymus repens	III ⁴	I ³	V ⁴	IV ⁵	III ³	V ⁶	III ⁷	V ⁷	IV ⁴	III ³
Leontodon autumnalis	-	I ²	II ²	-	-	-	-	-	+ ³	-
Lotus corniculatus ssp. corn.	-	-	+ ⁵	-	-	-	-	-	-	I ⁵
Potentilla anserina	-	-	-	-	I ²	-	-	-	-	-
Pulicaria dysenterica	-	-	-	-	-	-	+ ²	-	I ³	-
Ranunculus repens	-	II ³	III ³	I ²	I ²	II ²	+ ²	I ²	I ²	-
Rumex crispus	I ²	+ ²	II ²	+ ²	I ²	-	II ²	I ²	+ ²	-
Trifolium fragiferum	-	-	+ ²	-	-	-	-	-	-	-
Festuca arundinacea	+ ³	-	+ ⁶	I ⁴	-	V ⁵	III ⁶	-	IV ⁵	I ³
Lysimachia nummularia	-	-	-	-	-	-	+ ¹	-	-	-
Rorippa sylvestris	-	-	I ³	+ ²	I ³	-	-	-	-	-

Poo-Lolietum (kencombinatie)

Lolium perenne	V ⁶	V ⁶	V ⁶	V ⁷	V ⁸	V ⁴	I ³	I ³	II ³	III ⁴
Taraxacum species	V ³	IV ³	V ³	IV ³	-	V ³	III ²	I ²	V ³	II ²
Poa pratensis	IV ⁴	IV ⁴	IV ⁴	III ⁴	IV ⁴	II ⁴	IV ⁴	II ⁴	V ⁵	V ⁴
Poa trivialis	V ⁵	V ⁶	IV ⁵	V ⁵	III ⁵	IV ⁵	V ⁵	-	IV ⁴	IV ³
Ranunculus repens	-	II ³	III ³	I ²	I ²	II ²	+ ²	I ²	I ²	-
Trifolium repens	III ⁴	IV ⁵	V ⁴	I ²	III ⁴	I ⁴	I ³	-	+ ³	-
Plantago major	-	+ ²	I ²	+ ²	-	-	-	-	-	-

Artemisietea

Dipsacus fullonum	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²	-
Cirsium vulgare	I ²	I ²	I ²	I ²	-	-	I ²	-	+ ¹	IV ²
Cirsium arvense	I ³	I ²	IV ³	II ²	II ⁴	I ²	III ²	I ²	I ³	I ²
Lamium album	-	-	-	-	-	-	-	I ²	-	-
Verbena officinalis	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²	-
Urtica dioica	-	-	-	-	-	-	I ²	III ²	+ ³	-
Calystegia sepium	-	-	-	-	-	I ⁶	-	-	-	I ³
Glechoma hederacea	-	-	I ³	+ ²	I ²	III ³	I ²	III ²	I ²	I ³
Sonchus arvensis	-	-	+ ²	I ²	-	-	I ²	-	+ ²	-
Lathyrus tuberosus	-	-	-	-	-	-	-	-	I ⁴	-
Carex spicata	-	-	I ²	-	-	-	-	-	-	-
Phragmites australis	-	-	-	-	-	-	-	II ⁵	+ ³	-
Elymus athericus	-	-	-	+ ³	-	-	I ⁵	-	+ ²	-

<i>Gemeenschap (nummer)</i>	2	1	3	4	5	6	7	10	8	9
<i>Gemeenschap (code)</i>	LCYr	LCYg	LCYf	POO	PION	ARRa	ARRc	ARRr	ARRO	ARRb
<i>Aantal opnamen</i>	27	57	55	66	12	9	36	7	23	11
<i>Gemid. aantal soorten</i>	18.2	13.5	18.3	12.4	9.5	12.0	13.4	7.9	24.7	34.4
<i>Standaardafwijking</i>	3.6	2.4	4.5	3.4	4.4	3.5	4.3	4.4	5.8	5.8
Chenopodieta										
Chenopodium album	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-
Senecio vulgaris	-	-	+2	-	²	-	-	-	-	-
Sonchus oleraceus	-	-	-	+2	-	-	-	-	I ³	-
Stellaria media	I ³	+1	+2	²	³	-	I ²	I ¹	+3	I ³
Solanum nigrum	-	-	-	-	I ²	-	-	-	-	-
(Eu-)Polygono-Chenopodion										
Anagallis arvensis	-	-	+2	-	-	-	-	-	-	-
Geranium dissectum	²	I ²	I ²	²	-	²	²	-	IV ²	IV ²
Polygonum persicaria	-	-	+3	-	-	-	-	-	-	-
Sonchus asper	I ²	-	I ²	²	I ²	-	I ²	-	I ²	I ²
Veronica persica	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	-
Echinochloa crus-galli	-	-	-	-	I ²	-	-	-	-	-
Erodium cicutarium	+2	-	I ⁴	+6	-	-	-	-	-	-
Lamium purpureum	-	-	-	-	-	-	+2	-	-	-
Sisymbrieta										
Sisymbrium										
Erigeron canadensis	-	-	-	+2	-	-	-	-	+2	-
Cardaria draba	-	-	-	+5	-	-	I ³	-	-	-
Sisymbrium officinale	-	-	-	-	-	-	+2	-	-	-
Hordeum murinum	³	I ²	I ²	⁴	I ³	-	-	-	-	-
Allium vineale	-	-	+2	-	-	-	I ²	I ³	²	V ³
Convolvulus arvensis	-	-	+3	-	-	-	I ³	-	+2	I ³
Polygono-Coronopion										
Capsella bursa-pastoris	I ²	-	I ³	I ³	²	-	I ³	-	-	-
Polygonum aviculare	-	-	+2	+2	I ²	-	-	-	-	-
Coronopus squamatus	-	-	-	-	I ²	-	-	-	-	-
Matricaria discoidea	-	-	-	-	²	-	-	-	-	-
Sagina procumbens	-	I ³	I ³	-	-	-	-	-	-	-
Pohlia species	-	-	+3	-	-	-	-	-	-	-
Helminthion echinoidis										
Medicago arabica	I ³	-	+5	I ³	-	-	I ⁵	-	I ⁴	⁴
Picris echinoides	-	-	+2	-	-	-	-	-	-	-
Torilis nodosa	-	I ²	I ²	+3	-	-	-	-	-	-
Secalietea										
Valerianella locusta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²
Vicia hirsuta	-	-	-	-	-	-	-	-	+3	I ²
Vicia tetrasperma ssp. tetrasp.	-	-	-	-	-	-	I ²	-	+2	-
Matricaria recutita	-	-	+2	I ²	³	-	+2	-	-	-
Myosotis arvensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	³
Sherardia arvensis	-	+3	+3	-	I ²	-	-	-	-	-

Bijlagen

Gemeenschap (nummer)	2	1	3	4	5	6	7	10	8	9
Gemeenschap (code)	LCYr	LCYg	LCYf	POO	PION	ARRa	ARRc	ARRr	ARRO	ARRb
Aantal opnamen	27	57	55	66	12	9	36	7	23	11
Gemid. aantal soorten	18.2	13.5	18.3	12.4	9.5	12.0	13.4	7.9	24.7	34.4
Standaardafwijking	3.6	2.4	4.5	3.4	4.4	3.5	4.3	4.4	5.8	5.8

Overige soorten

Atriplex patula	-	-	-	+2	-	-	-	-	-	-
Cardamine hirsuta	+1	-	-	-	-	-	+1	-	+1	-
Cerastium glomeratum	I ⁴	+2	+3	I ³	-	-	I ³	-	II ²	-
Crepis vesicaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ³
Equisetum arvense	+2	-	+2	-	-	-	I ²	-	II ³	II ³
Geranium molle	II ²	V ³	III ³	II ³	-	I ³	-	-	+2	I ²
Lolium multiflorum	-	-	-	-	-	-	I ⁵	-	I ⁶	-
Prunus serotina	-	-	+2	-	-	-	-	-	-	-
Rubus caesius	-	-	-	-	-	-	-	-	II ²	I ²
Veronica arvensis	III ³	II ³	II ²	II ²	-	-	I ²	-	I ¹	I ²
Veronica chamaedrys	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²
Phleum prat sp bertolonii	-	+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Polygonum lapat sp mesomo	-	-	-	-	I ³	-	-	-	-	-
Rubus fruticosus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²
Solanum tuberosum	-	-	-	-	I ²	-	-	-	-	-
Beta vulgaris	-	-	-	+2	-	-	-	-	-	-
Ranunculus ficaria	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	-
Barbula unguiculata	-	+2	-	I ³	-	-	I ⁴	-	I ³	-
Brachythecium albicans	+3	-	+3	+3	-	-	-	-	+3	-
Brachythecium rutabulum	IV ⁵	IV ⁵	II ⁴	II ⁵	-	II ⁵	III ⁶	I ⁴	V ⁵	I ⁶
Bryum rubens	-	-	-	+4	I ³	-	+3	-	I ³	-
Calliorganella cuspidata	-	-	-	+5	-	-	+7	-	-	-
Eurhynchium hians	-	-	+3	-	-	-	+4	-	I ⁴	-
Eurhynchium praelongum	+5	-	I ⁴	I ⁴	I ³	II ⁴	II ⁵	-	III ⁵	-
Fissidens species	-	-	+2	-	-	-	-	II ⁴	+4	-
Hypnum cupressiforme	-	-	-	+3	-	-	-	-	-	-
Hypnum lacunosum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ⁸
Mnium species	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²
Phascum cuspidatum	+3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plagiomnium affine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²
Pottia truncata var. major	+3	-	+3	-	-	-	-	-	-	-
Pseudoscleropodium purum	+4	-	-	-	-	-	+5	-	-	II ⁶
Borago species	-	-	-	-	I ²	-	-	-	-	-
Festulolium (x-) species	-	-	-	+2	-	-	-	-	-	-
Matricaria species	-	-	-	+2	-	-	-	-	-	-
Rumex species	-	-	+2	-	-	-	-	-	-	-
Veronica species	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
Sonchus arvensis var. marit.	-	-	-	-	I ²	-	-	-	-	-
Cochlearia danica	-	-	+3	-	-	-	-	-	-	-
Alopecurus bulbosus	-	-	+3	-	-	-	-	-	-	-
Polygonum amphibium	-	-	+2	-	-	II ²	-	II ²	-	-
Matricaria maritima	-	-	I ²	-	I ²	-	+2	-	-	-
Atriplex littoralis	-	-	-	-	I ²	-	-	-	-	-
Ranunculus sceleratus	-	-	-	-	I ²	-	-	-	-	-
Crataegus monogyna	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	I ¹
Prunus spinosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ¹
Hieracium umbellatum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I ²
Fraxinus excelsior	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	-

Bijlage 2b

Lijst met aangetroffen plantesoorten

(mossen cursief gedrukt)

Latijnse naam	Nederlandse naam
<i>Achillea millefolium</i>	Gewoon duizendblad
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Gewone agrimonie
<i>Agrostis stolonifera</i>	Fioringras
<i>Agrostis capillaris</i>	Gewoon struisgras
<i>Allium vineale</i>	Kraailook
<i>Alopecurus bulbosus</i>	Knolvossestaart
<i>Alopecurus pratensis</i>	Grote vossestaart
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Gewoon reukgras
<i>Anthriscus sylvestris</i>	Fluitekruid
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glanshaver
<i>Atriplex littoralis</i>	Strandmelde
<i>Atriplex patula</i>	Uitstaande melde
<i>Bellis perennis</i>	Madeliefje
<i>Briza media</i>	Bvertjes
<i>Bromus inermis</i>	Kweekdravik
<i>Bromus hordeaceus</i> ssp. <i>hordeaceus</i>	Zachte dravik s.s.
<i>Calystegia sepium</i>	Haagwinde
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Gewoon herderstasje
<i>Cardamine hirsuta</i>	Kleine veldkers
<i>Cardamine pratensis</i>	Pinksterbloem
<i>Carex arenaria</i>	Zandzegge
<i>Carex distans</i>	Zilte zegge
<i>Carex flacca</i>	Zeegroene zegge
<i>Carex hirta</i>	Ruige zegge
<i>Carex spicata</i>	Gewone bermzegge
<i>Cerastium glomeratum</i>	Kluwenhoornbloem
<i>Chenopodium album</i>	Melganzevoet
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Margriet
<i>Cirsium arvense</i>	Akkerdistel
<i>Cirsium vulgare</i>	Speerdistel
<i>Cochlearia danica</i>	Deens lepelblad
<i>Convolvulus arvensis</i>	Akkerwinde
<i>Coronopus squamatus</i>	Grove varkenskers
<i>Crataegus monogyna</i>	Eenstijlige meidoorn
<i>Crepis capillaris</i>	Klein streepzaad
<i>Crepis vesicaria</i>	Paardebloemstreepzaad
<i>Cynosurus cristatus</i>	Kamgras
<i>Dactylis glomerata</i>	Kropaar
<i>Daucus carota</i>	Peen
<i>Dipsacus fullonum</i>	Grote kaardebol
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hanepoot
<i>Elymus athericus</i>	Strandkweek
<i>Elymus repens</i>	Kweek
<i>Equisetum arvense</i>	Heermoes
<i>Erigeron canadensis</i>	Canadese fijnstraal
<i>Eryngium campestre</i>	Echte kruisdistel
<i>Festuca arundinacea</i>	Rietzwenkgras
<i>Festuca ovina</i>	Schapegras
<i>Festuca pratensis</i>	Beemdlangbloem
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewone es
<i>Galium verum</i>	Geel walstro
<i>Geranium dissectum</i>	Slipbladige ooievaarsbek
<i>Geranium molle</i>	Zachte ooievaarsbek
<i>Glechoma hederacea</i>	Hondsdrif
<i>Avenula pubescens</i>	Zachte haver

Latijnse naam	Nederlandse naam
<i>Heracleum sphondylium</i>	Gewone bereklauw
<i>Hieracium pilosella</i>	Muizeoor
<i>Hieracium umbellatum</i>	Schermhavikskruid
<i>Holcus lanatus</i>	Gestreepte witbol
<i>Hordeum murinum</i>	Kruipertje
<i>Hordeum secalinum</i>	Veldgerst
<i>Hypericum perforatum</i>	Sint-Janskruid
<i>Hypochaeris radicata</i>	Gewoon biggekruid
<i>Juncus gerardi</i>	Zilte rus
<i>Koeleria macrantha</i>	Smal fakkelgras
<i>Lamium album</i>	Witte dovenetel
<i>Lathyrus nissolia</i>	Graslathyrus
<i>Lathyrus pratensis</i>	Veldlathyrus
<i>Lathyrus tuberosus</i>	Aardaker
<i>Leontodon autumnalis</i>	Vertakte leeuwetand
<i>Leontodon saxatilis</i>	Kleine leeuwetand
<i>Cardaria draba</i>	Pijlkruidkers
<i>Lolium multiflorum</i>	Italiaans raaigras
<i>Lolium perenne</i>	Engels raaigras
<i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>tenuifolius</i>	Smalle rolklaver
<i>Luzula campestris</i>	Gewone veldbies
<i>Lysimachia nummularia</i>	Penningkruid
<i>Matricaria recutita</i>	Echte kamille
<i>Matricaria maritima</i>	Reukeloze kamille
<i>Matricaria discoidea</i>	Schijfkamille
<i>Medicago arabica</i>	Gevlekte rupsklaver
<i>Medicago lupulina</i>	Hopklaver
<i>Myosotis arvensis</i>	Akkervergeet-mij-nietje
<i>Myosotis stricta</i>	Stijf vergeet-mij-nietje
<i>Ononis repens</i> subsp. <i>spinosa</i>	Kattedoorn
<i>Origanum vulgare</i>	Wilde marjolein
<i>Orobancha lutea</i>	Rode bremsraap
<i>Pastinaca sativa</i>	Gewone pastinaak
<i>Phleum pratense</i> sp. <i>pratense</i>	Timoteegras s.s.
<i>Phragmites australis</i>	Riet
<i>Picris echioides</i>	Dubbelkelk
<i>Plantago coronopus</i>	Hertschoornweegbree
<i>Plantago lanceolata</i>	Smalle weegbree
<i>Poa annua</i>	Straatgras
<i>Poa pratensis</i>	Veldbeemdgras
<i>Poa trivialis</i>	Ruw beemdgras
<i>Polygonum amphibium</i>	Veenwortel
<i>Polygonum aviculare</i>	Varkensgras
<i>Polygonum bistorta</i>	Adderwortel
<i>Polygonum persicaria</i>	Perzikkruid
<i>Potentilla anserina</i>	Zilverschoon
<i>Potentilla argentea</i>	Viltganzerik
<i>Potentilla reptans</i>	Vijfvingerkruid
<i>Prunella vulgaris</i>	Gewone brunel
<i>Prunus serotina</i>	Amerikaanse vogelkers
<i>Prunus spinosa</i>	Sleedoorn
<i>Pulicaria dysenterica</i>	Heelblaadjes
<i>Ranunculus acris</i>	Scherpe boterbloem
<i>Ranunculus bulbosus</i>	Knolboterbloem
<i>Ranunculus repens</i>	Kruipende boterbloem
<i>Ranunculus sceleratus</i>	Blaartrekkende boterbloem
<i>Rhinanthus angustifolius</i>	Grote ratelaar
<i>Rorippa sylvestris</i>	Akkerkers
<i>Rubus caesius</i>	Dauwbraam
<i>Rumex acetosa</i>	Veldzuring

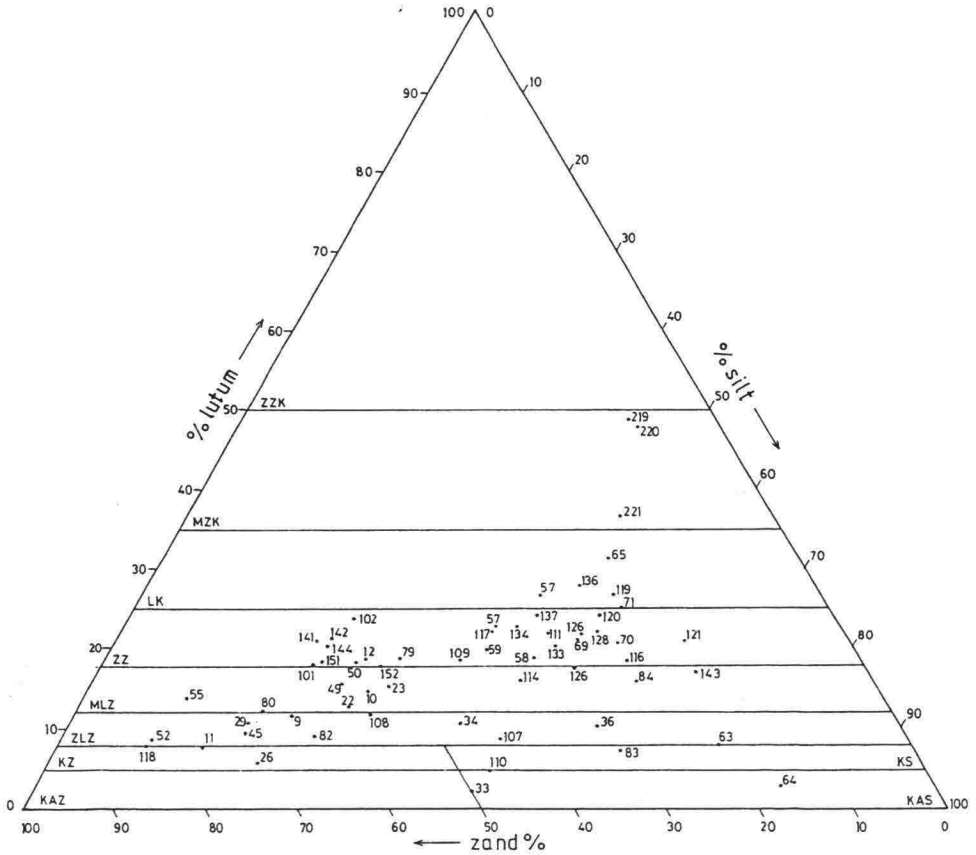
Latijnse naam	Nederlandse naam
Rumex acetosella	Schapezuring
Rumex crispus	Krulzuring
Sagina procumbens	Liggende vetmuur
Senecio erucifolius	Viltig kruiskruid
Senecio jacobaea ssp. jacobaea	Jakobskruiskruid s.s.
Senecio vulgaris	Klein kruiskruid
Sherardia arvensis	Blauw walstro
Sisymbrium officinale	Gewone raket
Sonchus asper	Gekroesde melkdistel
Sonchus oleraceus	Gewone melkdistel
Stellaria media	Vogelmuur
Symphytum officinale	Gewone smeerwortel
Taraxacum tortilobum	Paardebloem (tortilobum)
Torilis nodosa	Knopig doorrzaad
Trifolium arvense	Hazepootje
Trifolium campestre	Liggende klaver
Trifolium dubium	Kleine klaver
Trifolium fragiferum	Aardbeiklaver
Trifolium pratense	Rode klaver
Trifolium repens	Witte klaver
Trisetum flavescens	Goudhaver
Tussilago farfara	Klein hoeffblad
Urtica dioica	Grote brandnetel
Valerianella locusta	Gewone veldsla
Verbena officinalis	IJzerhard
Veronica arvensis	Veldereprijs
Veronica chamaedrys	Gewone ereprijs
Veronica persica	Grote ereprijs
Vicia sativa sp nigra	Smalle wikke s.s.
Vicia cracca	Vogelwikke
Vicia hirsuta	Ringelwikke
Vicia lathyroides	Lathyruswikke
Vicia tetrasperma ssp. tetrasperma	Vierzadige wikke s.s.
Phleum pratense ssp. bertolonii	Klein timoteegras
Phleum pratense ssp. pratense	Timoteegras
Polygonum lapat. ssp mesomo	Groenige duizendknoop
Rubus fruticosus	Gewone braam
Centaurea jacea	Knoopkruid
Erodium cicutarium	Gewone reigersbek s.l.
Festuca rubra	Rood zwenkgras s.l.
Lotus corniculatus ssp. corniculatus	Gewone rolklaver
Sonchus arvensis var. maritima	Zeemelkdistel
Anagallis arvensis	Guichelheil
Cerastium fontanum ssp. fontanum	Gewone hoornbloem
Plantago major	Grote weegbree s.l.
Solanum nigrum	Zwarte nachtschade s.l.
Sonchus arvensis	Akkermelkdistel s.l.
Arabis hirsuta	Ruige scheefkelk s.l.
Arenaria serpyllifolia	Zandmuur
Beta vulgaris	Biet s.l.
Euphorbia esula	Heksenmelk s.l.
Lamium purpureum	Paarse dovenetel s.l.
Ranunculus ficaria	Speenkruid
Tragopogon pratensis ssp. minor	Gele morgenster
<i>Barbula unguiculata</i>	<i>Klei-smaragdsteeltje</i>
<i>Brachythecium albicans</i>	<i>Bleek dikkopmos</i>
<i>Brachythecium rutabulum</i>	<i>Gewoon dikkopmos</i>
<i>Bryum rubens</i>	<i>Rood knolletjes-knikmos</i>
<i>Calliergonella cuspidata</i>	
<i>Ceratodon purpureus</i>	<i>Purpersteeltje</i>

Latijnse naam	Nederlandse naam
<i>Eurhynchium hians</i>	<i>Klei-snavelmos</i>
<i>Eurhynchium praelongum</i>	<i>Fijn snavelmos</i>
<i>Fissidens species</i>	<i>Vedermos (G)</i>
<i>Hypnum cupressiforme</i>	<i>Gewoon klauwtjesmos</i>
<i>Mnium species</i>	<i>Sterremos (G)</i>
<i>Phascum cuspidatum</i>	<i>Gewoon knopmos</i>
<i>Plagiomnium affine</i>	
<i>Pohlia species</i>	<i>Peermos (G)</i>
<i>Pottia truncata var. major</i>	
<i>Pseudoscleropodium purum</i>	<i>Groot laddermos</i>
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	<i>Gewoon haakmos</i>

Bijlage 3

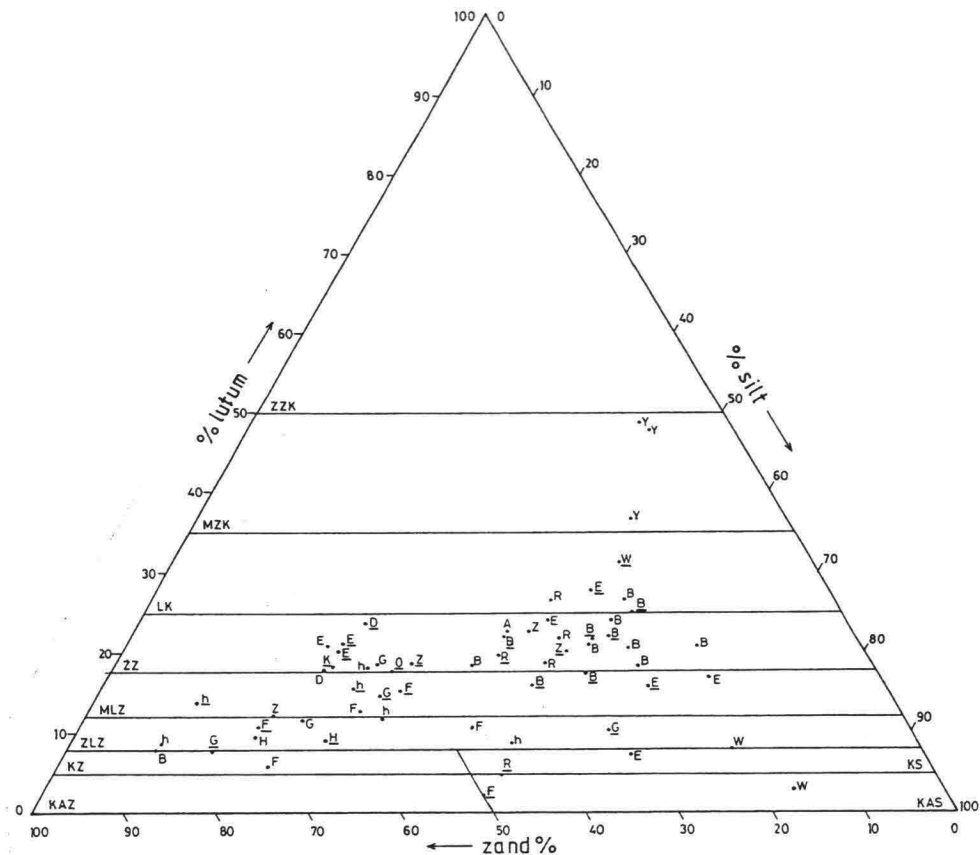
Zand-, silt-, lutumdriehoek (Steur et al. 1987) met opnamenummers (A) en locatie-aanduiding (B).

A. Opnamenummers



- | | | | |
|-----|--------------------|-----|----------------------|
| ZZK | = zeer zware klei | MLZ | = matig lichte zavel |
| MZK | = matig zware klei | ZLZ | = zeer lichte zavel |
| LK | = lichte klei | KZ | = kleiig zand |
| ZZ | = zware zavel | KAZ | = kleiarm zand |
| KZ | = kleiig zand | KAS | = kleiarm silt |

B. Locaties



- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| G = Groningen | W = Z-Beveland/Willem A-polder |
| F = Friesland | B = Z-Beveland/Hoedekenskerke |
| D = Amsteldiepdijk/Den Helder | Z = Z-Vlaanderen/Ossensisse |
| H = Hondsbossche Zeewering | E = Breskens/Nr. Een |
| h = Zijperzeedijk | O = Oudelandse zeedijk |
| Y = Edam/M-dam | K = Zandkreekdam |
| R = Rilland | |

Bijlage 4

Toe- of afname van frequentie en abundantie waarmee een soort voorkomt bij een bepaalde beheersvorm in:

a) *pq's* in 1991 en 1994;

b) *opnamen in bemeste en onbemeste proefvakken in 1994.*

Zowel bij de vergelijking van a) als b) is onderscheid gemaakt tussen dijkopnamen van Noord- (regio N) en Zuid-Nederland (regio Z). Per beheersvorm is de frequentie van voorkomen berekend in opnamen uit 1991 en 1994 en ingedeeld in klassen (I = 1-20 % van de opnamen, II = 21-40 %; III = 41-60 %; IV = 61-80 %; V = 81-100 %). Ook is de gemiddelde abundantie berekend en in Braun-Blanquet-klassen ingedeeld. Vervolgens is toe- of afname van frequentie-klassen en abundantieklassen bepaald. Het verschil in abundantie is alleen bepaald wanneer de soort met een presentie II of meer in de opnamen van de betreffende beheersvorm voorkomt.

Aanduidingen:

- + = frequentie-toename met minimaal twee klassen verschil (I-III, II-IV en III-V);
- +ⁿ = nieuwe soort met minimaal twee klassen verschil (van 0 naar II);
- +^a = toename van abundantie met twee (Braun-Blanquet)-klassen verschil (+- 2, 1-3, 2a-3, 2b-4, 3-5);
- n = nieuwe soort met een klasse verschil (van 0 naar I);
- = frequentie-afname met minimaal twee klassen verschil;
- ⁿ = soort komt niet meer voor (van II naar 0);
- ^a = afname van abundantie met twee klassen verschil;
- w = soort komt niet meer voor (van I naar 0).

a) Vergelijking tussen pq's uit 1991 en 1994

REGIO = N

Soort	I1-4 n = 18	WW1-4 n = 6	HW1-4 n = 6	HH1-4 n = 12
-------	----------------	----------------	----------------	-----------------

Toegenomen:

Hordeum murinum	+	+ ⁿ		+ ⁿ
Cynosurus cristatus		+ ^a	+ ^a	
Geranium dissectum		+	+ ⁿ	
Festuca rubra		+		
Trifolium dubium			+	
Cirsium arvense			+ ^a	
Poa trivialis			+ ^a	
Ranunculus repens				+ ^a

Afgenomen:

Brachythecium rutabulum	-		-	- ^a
Achillea millefolium	- ^a			
Poa annua	-		-	
Trifolium repens		-/ ^a	-	-
Veronica arvense		-		
Crepis capillaris		- ⁿ		+ ⁿ
Capsella bursa-pastoris			- ⁿ	-
Torilis nodosa			-	
Matricaria recutita				-

nieuw (1 klasse verschil)

Leontodon autumnalis	w	n	n	
Dactylis glomerata		n	n	+
Hordeum secalinum		n	n	
Ranunculus bulbosus		n	n	
Phleum pratense		n		
Cirsium vulgare		n		n
Leontodon saxatile	w		n	
Plantago lanceolata			n	
Anthoxanthum odoratum			n	

weg (1 klasse verschil)

Equisetum arvense				w
Galium verum				w
Stellaria media				w

REGIO = Z

Soort I1-4 WW1-4 HH1-4 CW1-4
n=12 n=4 n=6 n=3

Toegenomen:

Geranium dissectum	+			
Cerastium fontanum	+		+ ^a	- ^a
Cirsium vulgare		+		+ ^a
Cynosurus cristatus		+		
Ranunculus repens		+		
Senecio erucifolius		+		
Trisetum flavescens		+ ^a		
Cardamine hirsuta		+		
Festuca rubra		+	+ ^a	
Trifolium repens		+	. ⁿ	
Trifolium dubium		+	+	+
Festuca arundinacea	+ ⁿ	+	+ ⁿ	
Sonchus asper		+	+	-
Medicago arabica		+	+ ⁿ	+
Brachythecium rutabulum	-	+	+	
Arrhenatherum elatius			+	
Hordeum secalinum	. ⁿ		+	
Taraxacum species			+	
Agrostis stolonifera				+ ^a
Holcus lanatus	+ ⁿ			+
Festuca pratensis	. ⁿ			+

Afgenomen:

Elymus repens	-			
Hordeum murinum	-	. ^a	-	-
Pottia truncata		-		
Veronica arvensis		-		
Sonchus oleraceus	. ⁿ	-		
Matricaria recutita	. ⁿ	-	-	
Elymus athericus		-	-	
Capsella bursa-pastoris		-	. ⁿ	
Stellaria media		-	. ⁿ	-
Cerastium glomeratum		-	. ⁿ	
Sonchus arvensis			-	
Geranium molle				-
<i>nieuw (1 klasse verschil)</i>				
Torilis nodosa	n			
Ranunculus bulbosus	n		n	
<i>weg (1 klasse verschil)</i>				
Crepis capillaris	w			

b) Vergelijking tussen bemeste en onbemeste proefvakken in 1994

Regio = N	I-HH	I-WW	I-HW	I-CW	HI-HE
Soort	n = 19	n = 9	n = 12	n = 3	n = 5
<i>Toegenomen:</i>					
Elymus repens	+				-
Leontodon autumnalis	+	+ ⁿ	+ ⁿ		
Leontodon saxatile	+ ⁿ	+	+ ⁿ		
Cynosurus cristatus		+ ^a		+ ^a	.n
Taraxacum species	-	+			
Agrostis stolonifera		+ ^a		+ ^a	
Ranunculus repens		+ ^a	-		
Plantago lanceolata			+	+ ⁿ	
Trifolium dubium			+ ^a	-	+
Festuca rubra				+	
Poa pratense				+	
Trifolium repens					+ ^a
Trifolium pratense					+
Cerastium fontanum					+
Bromus hordeaceus					+
<i>Afgenomen:</i>					
Geranium molle	-				+
Lolium perenne	.a		.a	.a	
Bellis perennis			.a	+	.a
Arrhenaterum elatius				.a	+ ^a
Urtica dioica					-
<i>nieuw (1 klasse verschil)</i>					
Torilis nodosa	n	n			
Anthoxanthum odoratum	n				
Trifolium campestre		n			
Heracleum sphondylium	n				
Vicia sativa ssp nigra	n				
Potentilla reptans	n		n		-
Lotus corniculatus ssp c.	n				+
Sonchus arvensis	n				
Sonchus asper	n			n	n
Ranunculus bulbosus		n			
Hordeum secalinum		n	n		
Hordeum murinum		n	n		
Sherardia arvensis		n	n		
Rumex crispus		n	n		
Medicago lupulina		n			+
Cirsium vulgare		n	n		
Carex spicata			n		
Ranunculus acris			n		
Koeleria macrantha			n		
Galium verum			n		
Equisetum arvense			n		
Polygonum amphibium			n	w	-
Senecio jacobea ssp jac				n	
Plantago major				n	
Holcus lanatus					n
<i>weg (1 klasse verschil)</i>					
Poa annua	w			n	
Capsella bursa-pastoris	w				
Cerastium glomeratum	w	w			
Carex hirta	w		w		n
Cirsium arvense		w			
Stellaria media		w	w		w
Arenaria serpyllifolia		w			
Ranunculus acris		w			
Prunella vulgaris		w		w	w
Crepis capillaris			w		

REGIO = Z

Soort	I-HH n = 19	I-WW n = 6	I-HW n = 4	I-CW n = 6	HI-HE n = 8
<i>Toegenomen:</i>					
<i>Festuca rubra</i>	+	+ ^a	+ ^a	+	
<i>Brachythecium rutabulum</i>	+	+	+	+	
<i>Ranunculus bulbosus</i>	+ ⁿ	+	+		
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+		+ ⁿ	+ ⁿ	
<i>Trifolium dubium</i>	+	· ^a	+		
<i>Cirsium arvense</i>	+				
<i>Sonchus asper</i>	+		+	+ ⁿ	
<i>Taraxacum species</i>	+			+	
<i>Cerastium fontanum</i>	+ ^a		+ ^a		
<i>Festuca arundinacea</i>		+		· ⁿ	
<i>Bellis perennis</i>		+ ^a			+
<i>Senecio erucifolius</i>		+ ⁿ	+		
<i>Hordeum secalinum</i>		+ ⁿ	+		
<i>Geranium dissectum</i>			+		+
<i>Cirsium vulgare</i>				+	·
<i>Geranium molle</i>				+	
<i>Poa pratensis</i>				+	
<i>Vicia sativa ssp. nigra</i>					+
<i>Afgenomen:</i>					
<i>Lolium perenne</i>	· ^a		· ^a		
<i>Dactylis glomerata</i>					· ^a
<i>Agrostis stolonifera</i>					· ^a
<i>nieuw (1 klasse verschil)</i>					
<i>Medicago arabica</i>	n		n		+
<i>Anthriscus sylvestris</i>	n				
<i>Vicia tetrasperma ssp t.</i>	n				
<i>Hordeum secalinum</i>	n				
<i>Vicia cracca</i>	n				
<i>Cynosurus cristatus</i>		n		n	n
<i>Trifolium repens</i>		n			
<i>Trisetum flavescens</i>		n			+
<i>Cardamine hirsuta</i>		n			
<i>Plantago lanceolata</i>			n	n	
<i>Crepis capillaris</i>			n	n	
<i>Trifolium pratense</i>			n	n	
<i>Hypericum perforatum</i>			n		
<i>Medicago lupulina</i>				n	
<i>Senecio jacobea spp j.</i>				n	
<i>Glechoma hederacea</i>				n	
<i>Daucus carota</i>				n	
<i>Festuca pratensis</i>				n	n
<i>Achillea millefolium</i>					n
<i>Ranunculus bulbosus</i>					n
<i>Tragopogon pratensis ssp. pratensis</i>					n
<i>Lathyrus tuberosus</i>					n
<i>Verbena officinalis</i>					n
<i>Dipsacus fullonum</i>					n
<i>Convolvulus arvensis</i>					n
<i>weg (1 klasse verschil)</i>					
<i>Ranunculus repens</i>	w		w		
<i>Hordeum murinum</i>	w				
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	w	w		w	
<i>Holcus lanatus</i>		w	w		n
<i>Stellaria media</i>				w	
<i>Cerastium glomeratum</i>				w	
<i>Poa annua</i>				w	
<i>Torilis nodosa</i>				w	
<i>Calystegia sepium</i>					w

Bijlage 5

EROSIEPARAMETERS EN ANDERE PARAMETERS

MOL = aantal molshopen; BED% = bedekking; OPG = open-plekgrootte (cm²);
 RICO = richtingscoëff.; R4/R2 = relief 4l/2l/s-proef; Af4/Af2 = bodemafname 4l/2l/s-proef;
 Stot4/Stot2 = uitgespoeld materiaal 4l/2l/s-proef; %lut, %silt, %za = korrelgrootteverdeling;
 V.G. = vloeigrens, U.G. = uitrolgrens, P.I. = plasticiteitsindex;
 2A/B..45A/B = centrifugetijd voor 2..45 % gewichtsverlies in laag A/B;
 WL, W60-6/6-10/0-10 = wortellengte, -gewicht in laag 0-6,6-10, 0-10; sp = specifieke
 wortellengte;
 AW = afschuifweerstand op 3, 9 en 20 cm diepte, %hm94 = organische stof gehalte (monsters
 1994)
 E15A etc. = 15 % gewichtsverlies in laag A etc. voor het einde van de proef (6 uur) bereikt
 ?

CODE	MOL	BED%	OPG	RICO	R4	Af4	Stot4	Af2	Stot2	%lut	%silt	%za	V.G.	U.G.	P.I.
G11	0	75.9	1.17	-1.24	0.9	0.28	341			10.8	21.8	59.8	41.4	23.9	17.5
G1HH	0	92.6	0.51	-1.45	0.8	0.31	85						46.3	23.6	22.7
G21	24	91.4	0.69	-1.37	1.0	0.12	72	0.47	7	11.6	14.8	66.9	62.3	29.8	32.5
G2HH	8	89.2	0.61	-1.40	1.1	0.18	127	0.32	134				53.4	26.5	26.9
G2HW	4	93.2	0.60	-1.48	0.8	0.46	16						63.8	30.3	33.5
G2WW	9	87.3	1.24	-1.21	0.9	0.93	107	0.27	28				57.2	24.9	22.3
FAI	0	92.9	1.02	-1.10	0.6	0.21	124	0.23	29	5.4	21.1	65.9	30.5	22.3	8.2
FAHH	0	88.6	1.04	-1.40	0.8	0.26	89	0.33	46				32.1	23.6	8.5
FAHW	0	81.8	1.36	-1.19	1.1	0.32	829						32.1	23.6	8.5
FAWW	0	96.3	0.56	-1.55	0.8	0.45	15	0.21	6				28.8	21.5	7.3
NHI	174	91.4	0.47	-2.03	1.3	0.32	39			9.0	19.3	68.5	30.6	14.5	16.1
NHHH	40	88.6	2.20	-0.72	0.9	0.08	62						26.1	15.0	11.1
NHHW	40	80.6	1.03	-1.10	0.9	0.24	167						25.8	14.7	11.1
ZGI	255	67.6	1.96	-0.84	1.3	0.29	43	0.27	60	23.4	38.1	26.6			
ZGHH	15	46.9	2.36	-0.76	0.6	0.09	8	0.13	20						
ZK1b	5	87.3	2.99	-0.63	1.1	0.03	64	0.06	21	19.3	46.3	27.1			
ZKWW	8	90.7	2.65	-0.66	0.9	0.30	39	0.08	28						
ZH1b	465	79.6	3.87	-0.77	1.0	-0.02	85	0.30	75	11.6	19.7	65.4	35.5	22.3	13.0
ZHHH	270	78.4	2.63	-0.61	1.0	0.19	248	0.21	98				34.2	15.3	18.9
ZHHW	383	67.0	3.24	-0.72	0.9	0.03	160						44.9	16.1	28.7
ZHWW	305	64.8	4.38	-0.59	1.0	-0.01	229	0.35	96				44.9	19.5	25.4
ZBI	285	72.5	3.89	-0.61	1.5	0.30	824			5.9	51.1	26.4	50.2	20.2	30.0
ZBHHb		53.1	6.02	-0.47	0.7	0.43	417			12.9	48.2	20.6	35.2	18.9	16.3
ZBHW	85	63.9	2.65	-0.69	1.0	0.23	1120						40.1	20.0	20.1
ZBWW	48	54.3	4.65	-0.49	1.0	0.34	293						63.7	22.1	41.6
NDHI	0	81.2	1.56	-0.94	0.9	0.30	170			16.9	21.8	55.9	45.9	18.1	27.8
NDHE	0	85.5	1.04	-1.42	1.0	0.34	64						40.6	17.7	22.9
ZOhe	140	62.7	2.13	-1.21	1.2	0.20	145	0.10	5	16.0	29.2	48.0	46.9	15.5	31.4
ZZKhe	77	81.8	1.21	-1.18	1.0	0.22	12	0.32	20	17.0	22.5	55.0	35.0	14.2	20.8
ZKhe	70	68.8	4.68	-0.46	0.9	0.26	93	0.10	126	19.3	35.7	33.5			
ZKHI	57	69.8	5.36	-0.37	0.7	0.14	109			25.4	49.1	21.5	53.1	15.4	37.7
ZKHE	130	65.1	5.16	-0.39	1.2	0.21	110			18.8	55.6	15.5	54.5	16.4	38.1
ZPEHI	118	51.9	9.36	-0.36	1.0	0.40	97			20.8	39.2	31.5	45.0	19.1	25.9
ZPEHE	55	52.2	4.84	-0.61	1.1	0.16	128						40.1	18.8	21.3
ZZDHI	101	75.3	1.53	-1.08	0.5	1.22	307						42.3	18.5	23.8
ZZDHE	59	53.1	3.88	-0.73	0.9	-0.08	2339			16.5	15.0	58.1	41.0	14.1	26.9

Extensief graslandbeheer op zeedijken

CODE	t(min) voor x % gewichtsverlies													
	2A	2B	5A	5B	10A	10B	15A	15B	20A	20B	30A	30B	45A	45B
G11	20	10	35	60	100	168	230	180	285	182	428	185	643	190
G1HH	40	35	280	160	556	240	833	270	1111	300	1667	330	2500	424
G21	165	35	193	150	285	175	371	185	450	195	610	230	848	300
G2HH	8	10	25	70	70	150	145	172	172	210	240	273	458	401
G2HW	25	10	145	35	350	155	500	210	667	317	1000	476	1500	714
G2WW	35	15	138	30	260	130	385	300	513	370	769	556	1154	833
FA1	12	15	45	62	155	130	290	162	364	179	545	185	818	240
FAHH	14	8	44	18	150	50	182	90	268	145	417	165	625	175
FAHW	15	10	60	52	175	160	319	179	426	193	638	205	957	210
FAWW	35	15	70	45	260	130	417	172	556	210	833	278	1250	319
NH1	5	8	85	15	360	45	469	140	625	158	938	185	1406	245
NHHH	70	15	142	31	175	75	192	135	220	143	360	155	463	160
NHHW	5	19	145	30	268	149	455	185	606	230	909	315	1364	325
ZG1														
ZGHH														
ZK1b														
ZKWW														
ZH1b	6	4	12	9	22	16	30	35	43	57	71	91	131	133
ZHHH	6	17	10	104	56	200	164	221	226	222	395	223	592	224
ZHHW	9	110	17	167	57	190	173	206	198	220	340	232	474	233
ZHW	7	13	56	42	153	80	187	120	260	143	411	151	616	155
ZB1	8	98	20	119	70	153	186	158	360	164	455	187	682	360
ZBHHb	20	230	169	1057	254	1771	484	2486	645	3200	968	4629	1452	6771
ZBHW	10	7	31	41	58	86	107	129	167	154	307	175	417	189
ZBWW	4	180	10	196	69	200	247	290	392	476	588	714	882	1071
NDH1	16	8	56	20	190	149	349	207	465	360	698	469	1047	703
NDHE	14	9	360	140	833	238	1250	417	1667	556	2500	833	3750	1250
ZOhe	5	10	10	730	833	1355	1250	1980	1667	2605	2500	3855	3750	5730
ZZKhe	11	110	170	198	455	526	682	789	909	1053	1364	1579	2045	2368
ZKhe														
ZKH1	9	11000	1000	18500	1455	31000	1909	43500	2364	56000	3273	81000	4091	118000
ZKHE	7	10	10	556	5000	1111	7500	1667	10000	2222	15000	3333	22500	5000
ZPEH1	9	40	29	70	158	149	196	167	236	178	293	208	360	331
ZPEHE	9	14	89	200	214	231	293	236	374	240	527	331	755	349
ZZDH1	6	11	15	28	180	127	229	200	231	227	233	390	235	584
ZZDHE	7	100	56	240	110	556	170	833	270	1118	411	1667	616	2500

Bijlagen

CODE	WLO_6	WL6_10	WLO_10	WGO_6	WG6_10	WGO_10	sp0_6	sp6_10	sp0-10	AW3	AW9	AW20	%hm94
G1I	1432	390	1015	4.84	1.29	3.42	298	304	297	2.04	1.26	1.49	3.64
G1HH	1893	657	1399	5.78	1.68	4.14	338	394	346	1.03	1.24	1.74	4.19
G2I	1369	348	960	4.45	1.22	3.16	307	285	304	1.61	1.52	1.62	4.04
G2HH	1282	453	950	3.39	1.15	2.50	386	398	388	0.71	1.09	1.48	5.60
G2HW	2013	670	1476	5.20	1.92	3.89	389	353	381	0.69	1.21	1.54	7.04
G2WW	1379	474	1017	4.55	1.37	3.28	303	348	310	1.01	1.35	1.32	7.12
FAI	1463	384	1032	6.30	1.65	4.44	233	235	233	2.17	1.61	1.69	3.70
FAHH	1661	287	1111	5.47	1.03	3.70	310	279	305	1.44	1.30	1.12	3.93
FAHW	1901	154	631	8.50	0.60	2.80	225	257	226	1.43	1.21	1.40	4.46
FAWW	1522	419	1081	8.15	1.76	5.59	194	233	199	1.64	1.23	1.56	3.38
NHI	2343	608	1649	7.44	1.55	5.08	315	389	323	1.88	1.65	1.23	4.38
NHHH	1948	564	1394	6.20	1.64	4.38	316	358	322	0.97	1.18	1.66	3.21
NHHW	2227	501	1537	6.63	1.52	4.59	333	332	332	1.36	1.13	0.97	
ZGI	1046	248	727	6.17	0.79	4.02	315	338	314	2.08	1.76	1.80	4.27
ZGHH	958	414	740	7.80	2.03	5.50	126	204	137	1.53	1.50	2.70	1.96
ZK1b	1065	366	785	4.20	1.30	3.04	262	284	266	3.02	3.34		4.55
ZKWV	1356	384	967	4.58	1.12	3.19	302	340	307	1.69	2.00	2.47	4.24
ZH1b	878	242	623	2.52	0.51	1.72	352	479	366	1.54	0.99	1.69	3.32
ZHHH	1175	368	852	3.97	1.06	2.80	349	337	340	1.69	1.66	1.71	3.49
ZHHW	1288	509	976	4.42	1.36	3.20	292	370	305	1.92	2.32	2.06	3.46
ZHWV	1278	442	943	5.12	1.90	3.83	260	236	255	1.90	2.16	3.23	3.98
ZBI	1231	417	905	6.44	1.58	4.49	223	258	218	2.14	3.71	4.13	3.32
ZBHHb	1002	632	854	8.35	2.57	6.04	128	259	145	2.81	3.70	3.17	2.81
ZBHW	1141	460	869	4.41	1.20	3.12	457	741	518	1.98	2.74	2.62	3.23
ZBWW	1203	378	873	6.46	1.62	4.52	194	258	202	2.54	1.67	2.08	4.14
NDHI	1320	403	953	5.88	2.05	4.35	233	195	225	2.21	2.67	2.95	4.82
NDHE	1210	498	925	5.97	1.70	4.26	208	286	219	2.27	2.36	2.19	4.96
ZOhe	1855	657	1376	7.74	2.19	5.52	257	316	267	2.16	1.82	2.71	5.49
ZZKhe	2239	824	1673	7.50	3.10	5.74	304	276	294	2.84	3.30	3.08	3.18
ZKhe	1481	597	1127	5.82	2.20	4.37	253	268	256	2.01	2.19	2.67	2.73
ZKHI	2175	550	1525	10.57	2.70	7.42	233	207	228	2.71	3.02	3.64	4.21
ZKHE	1537	660	1186	7.44	2.85	5.60	233	237	232	2.47	3.25	3.20	4.57
ZPEHI	1637	575	1212	6.07	1.97	4.43	274	297	275	2.81	3.95	4.53	
ZPEHE	1854	793	1430	11.69	2.49	8.01	216	318	225	2.59	3.97	3.51	
ZZDHI	953	251	672	4.26	1.31	3.08	216	205	212	1.92	2.82	5.04	
ZZDHE	836	267	608	6.78	1.22	4.56	122	225	133	2.06	3.21	4.36	

CODE	E15A	E15B	E20A	E20B	E30A	E30B	E45A	E45B	x %	gv	binnen de proefduur ?	2=ja	1=nee
G1I	2	2	2	2	1	2	1	2					
G1HH	1	2	1	2	1	2	1	1					
G2I	1	2	1	2	1	2	1	2					
G2HH	2	2	2	2	2	2	1	1					
G2HW	1	2	1	1	1	1	1	1					
G2WW	1	2	1	1	1	1	1	1					
FAI	2	2	1	2	1	2	1	2					
FAHH	2	2	2	2	1	2	1	2					
FAHW	1	2	1	2	1	2	1	2					
FAWW	1	2	1	2	1	2	1	2					
NHI	1	2	1	2	1	2	1	2					
NHHH	2	2	2	2	2	2	1	2					
NHHW	1	2	1	2	1	2	1	2					
ZH1b	2	2	2	2	2	2	2	2					
ZHHH	2	2	2	2	1	2	1	2					
ZHHW	2	2	2	2	2	2	1	2					
ZHWV	2	2	2	2	1	2	1	2					
ZBI	2	2	2	2	1	2	1	2					
ZBHHb	1	1	1	1	1	1	1	1					
ZBHW	2	2	2	2	2	2	1	2					
ZBWW	2	2	1	1	1	1	1	1					
NDHI	1	2	1	2	1	1	1	1					
NDHE	1	1	1	1	1	1	1	1					
ZOhe	1	1	1	1	1	1	1	1					
ZZKhe	1	1	1	1	1	1	1	1					
ZKHI	1	1	1	1	1	1	1	1					
ZKHE	1	1	1	1	1	1	1	1					
ZPEHI	2	2	2	2	2	2	2	2					
ZPEHE	2	2	2	2	1	2	1	2					
ZZDHI	2	2	2	2	2	1	2	1					
ZZDHE	2	1	2	1	1	1	1	1					

Bijlage 6

VRAGEN/ADVIEZEN OVER AANLEG, CONDITIE EN ONDERHOUD VAN GRASLAND OP DIJKEN

Binnen het kader van het zeedijkenproject is regelmatig advies uitgebracht ten behoeve van DWW-projecten, regionale directies van Rijkswaterstaat (bemiddeling door DWW) en aan dijkbeheerders (waterschappen). Adviezen zijn vastgelegd in rapporten of ad hoc notities. Ook is regelmatig telefonisch geadviseerd. Hier volgt een overzicht van de belangrijkste onderwerpen, met vermelding van projectleider/contactpersoon.

- Deltagoot 1992, grootschalig modelonderzoek graserosie, reststerkte en golfoverslag; advisering bij locatiekeuze, proefcondities grasbekleding, onderzoek naar vegetatiesamenstelling en doorworteling; ir. J.W. Seiffert, DWW.
- Binnentalud tuimeldijk Afsluitdijk 1993, advies versterkte grasmat; ir. D.C. van Oijen, DWW; aanleg proefvakken aangepast beheer, ing. R. Buursink RWS/Flevoland.
- Overslag-/infiltratieproeven-Wissenkerke 1994, inspectie/beschrijving grasbekleding; ir. B. Koehorst, DWW.
- Studiereis groene Noordzeedijken en oeververdedigingen in Noord-Duitsland en Denemarken 1991 onder auspiciën van de TAW-werkgroep A3.
- Rilland-Bath/Ellewoutse dijk 1990, inspectie hoogwaterschade grastaluds; ir. J.W. Seiffert, DWW. Zie ook Johanson J.C.P. (1990): "Bath, dimensionering van de bekleding", rapport WBA-N-90.123, DWW.
- Rivierdijken 1995, inspectie en inventarisatie hoogwaterschade grastaluds; ir. J.W. Seiffert, DWW. Zie ook Anonymus (1995): "Voorlopige analyse hoogwaterperiode januari-februari 1995", rapport AK-R-95.048, DWW.
- Punt van Reide 1993, herinrichting natuurvriendelijke oeververdediging; ing. J.A. Muijs, DWW, De heer Leusink RWS/Delfzijl.
- Marken 1994, herinrichting/versterking zuidkade, randvoorwaarden en beheersadvies grasbekleding binnentalud; J.C.P. Johanson, M. van de Pavard, DWW. Zie ook rapport W-DWW-94-277 (in voorbereiding).
- Schelde-Rijn Verbinding 1994, evaluatie groenbeheersplan en advies natuurvriendelijk beheer grastaluds waterkeringen en aangrenzende terreinen; J.C.P. Johanson, DWW, M.J.P. Wondergem, RWS/Schelde-Rijn.
- Diverse waterschappen 1991-1994, samenstelling graszaadmengsels voor inzaaien of doorzaaien, bemestingsniveau, tijdstip van inzaaien.
- Hondsbossche Zeewering 1992, 1994, advies verbetering grasbekleding buitentalud; J.C.P. Johanson DWW, E. Neef, Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, district Kust.
- Pettener Zeewering 1994, inzaai versterkte dijk met aangepast mengsel; E. Neef, Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, district Kust.
- Helderse zeewering, Balgzanddijk, Amsteldiepdijk 1991-1994, advies verbetering grasbekleding na inzaai, tegengaan overmatige groei kruiden, schade aan grasmat t.g.v. begrazing rotganzen, scheuren kleibekleding; ing. H. Zondervan, Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, district Kust.
- Breskens 1991, extensief beheer buitentaluds verzwaarde zeedijk; A. Provoost, Waterschap Het Vrije van Sluis.
- Rilland-Bath 1991, inzaai aangepast mengsel verzwaarde dijk; P. van der Maas, Waterschap Noord- en Zuid-Beveland.
- Ontpoldering Selenapolder 1992, verbetering grasbekleding op het ondertalud aangrenzende zeedijk; M. de Kroon, Waterschap Hulster Ambacht.
- Ferwerd 1993, inzaai verzwaarde dijk traject Ferwerd-Holwerd: advies natuurvriendelijk graszaadmengsel met erosiebestendige soorten; De heer Langenberg, Waterschap Fryslân.

- Het Zwin, Zwarte Polder 1991, 1993, natuurvriendelijk beheer groene dijken in samenhang met voorliggende kwelders; A. Provoost, Waterschap Het vrije van Sluis.
- Nr Eén 1993, begrazingsadvies groene dijk en schor; A. Provoost, Waterschap Het Vrije van Sluis.
- Etersheim 1993, 1995, ecologisch beheer onderberm meerdijk en de overgang naar aangrenzend rietland; F. Schaddenhorst, Hoogheemraadschap Uitwaterende sluisen in Hollands Noorderkwartier, district Purmerend.
- Ijsselmeerdijk Uitdam-Hoorn, 1994, extensivering van beheer, Hoogheemraadschap Uitwaterende sluisen in Hollands Noorderkwartier, excursie proefvakken voor bestuursleden.
- Oudelandse zeedijk 1994, continuering ecologisch beheer soortenrijk hooiland in relatie tot veiligheid; De heer Schrijver, Waterschap Goeree-Overflakkee.
- Texel 1994, advies natuurvriendelijk beheer dijktaaluds, herinrichting aansluiting dijk-duin; P. Visée, Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluisen in Hollands Noorderkwartier, district Kust.
- Zeedijk Walsoorden, 1995, bemestingsadvies en beheer; M de Kroon, Waterschap Hulster Ambacht.

Bijlage 7

BEHEERSGEGEVENS SCHAPENHOUDERIJ OP BEMESTE EN ONBEMESTE DIJKVAKKEN IN FRIESLAND EN ZEELAND

Zeedijk Friesland

(gegevens verstrekt door Dhr. T.Bosje, rayonhoofd Waterschap Fryslân)

Vak I (bemest & beweid):

Systeem: omweiden gedurende de periode 1/4 tot 15/10 met tussenpozen van \pm 4 weken; in 1993:

1/4 tot 26/4: 15 ooiën/ha + lammeren

22/5 tot 19/6: 15 ooiën/ha + lammeren

16/7 tot 14/8: 15 dieren/ha zonder lammeren

11/9 tot 8/10: idem. Bij voldoende productie maaibeurt met afvoer eind juni en daarna 1-2 keer bloten. Distelbestrijding met aanstippen MCPA, mollen wegvangen en bestrijding met gaspatronen.

Mestgift: totaal in 1993 68 kg N/ha:

19/4: 150 kg NPK (16-14-0)/ha

1/7: 100 kg K.A.S. (27 % N)/ha

7/9: 100 kg K.A.S.

Geen drijfmest op zeedijken !

Pacht: Huur bedraagt f 500 per ha per jaar. Huurder verweidt zelf en houdt toezicht. Bemesting, eventuele maaibeurt en onderhoud (bloten, slepen, distel- en mollenbestrijding) worden verricht door waterschap (kosten geraamd op f 300 per ha, blijft dus een kale huur van f 200 per ha).

Productie: In 1993 4200 kg d.s./ha peak standing crop (1/7). Productie in 1992 bedraagt: 6350 kg d.s./ha p.s.c. en hergroei (1/11) 1620 kg d.s./ha geeft een jaarproductie van 7970 kg d.s./ha. Hooi: vergelijkbaar met hooi van graszaadteelt. Droge-stof- % en voederwaarde niet bekend. Bijgevoegd is een voederwaarde-bepaling van zeedijkgras uit 1988. Opbrengst \pm 55 pakken per hectare.

Afzet: Drie keer per seizoen lammeren uitzoeken uit koppel van \pm 300 dieren per bedrijf, rest afweiden op weide- of tarwestoppel. Totale beweide oppervlakte bedraagt ongeveer 20 ha op dijken (15 ooiën/ha) en 90 ha afweiden op stoppel (3-4 dieren/ha). Aflammeren februari om in mei/juni zuiglam (35-40 kg bruto) te kunnen afzetten, dan in juni slachtrijpe lammeren (ram 45 kg, ooi 40 kg), augustus rammen weg alsook ooiën op weide slachtrijp, rest ooiën eerst iets laten vermageren en voor ram weer op conditie brengen (half juli van dijk en bijweiden). Lammeren krijgen krachtvoer (A-brokken) 20-25 kg per lam; ooiën worden bijgeweid en krijgen ook krachtvoer (in aflamperiode ?). Ras overwegend Texelaar. Schapen alleen bij aflammeren op stal 2-2,5 weken.

Algemeen: Schapenhouderij op dijk doorgaans 2e tak gemengd bedrijf. Momenteel pachters met bedrijf verder van de dijken gelegen, vnl veeboeren. Omzet van 300 schapen à f 175 per schap wordt als haalbaar beschouwd.

Vak WW (onbemest extensief weiden):

Systeem: geen bemesting en aangepaste begrazing in doorgaans twee periodes: 15/4-15/5 en 15/8-1/10 15 ooiën/ha; daarnaast bloten of maaien bij hogere producties.

Pacht: Vergoeding voor verminderde opbrengst en extra werkzaamheden extensief beheer f 700,- per ha.

Productie: p.s.c. juli '93 = 2.300 kg d.s./ha.

p.s.c. juli '92 = 4.200 kg d.s./ha

Zeedijk Zeeland (Zeedorp/Ossenisse)

(gegevens verstrekt door Dhr. Huige, pachter zeedijk Ossenisse)

Vak I (bemest & beweid):

- Systeem:** beheer wisselt per seizoen. Eerste snede hooien, daarna weiden, of weiden-hooien-weiden, of continu weiden met alleen aftoppen (bloten). Dijkgrasland doorgaans in gebruik van 1/3 tot 31/12. Aflammeren in maart en daarna weiden op dijk. Op stal van 1/1 tot 1/3. Beheer in seizoen 1993: inscharen van 2/4-1/5: 10 dieren/ha; 4/6-6/7 met 12 dieren/ha; 11/8-26/12: 13 dieren/ha. Geen hooi- of maaibeurt, alleen aftoppen 30/7. Chemische bestrijding: geen. Mollenbestrijding: geen.
- Mestgift:** totaal in 1993 163 kg N/ha:
28/2: 280 kg K.A.S (27 % N)/ha
11/8: 325 kg K.A.S./ha
Ook hier geen drijfmest op zeedijken !
- Pacht:** Huur bedraagt f 150 per ha per jaar. Bemesting, eventuele maaibeurt en onderhoud (bloten, slepen, distel- en mollenbestrijding) moeten worden verricht door waterschap. Afrasteringen en onderhoud daarvan (inclusief uitmaaien perceelsranden) door waterschap.
- Productie:** In 1993 5900 kg d.s./ha peak standing crop (1/7). Productie in 1992 bedraagt: 8520 kg d.s./ha p.s.c. en hergroei (1/11) 3530 kg d.s./ha, jaarproductie van 12050 kg d.s./ha.
- Afzet:** Ras: Texelaar. Aflammeren in maart, gespeend op 100 dagen, juli-augustus op stal bijvoeren tot slachtrijp (35-40 kg) of op dijk/vlak grasland doorweiden tot verkoop in voorjaar. Op dijken alleen worden schapen niet slachtbekwaam, bijvoeren of bijweiden is noodzakelijk. Krachtvoer in de winter wanneer de schapen op stal zijn en in de aflamperiode (\pm 1 kg krachtvoer per schaap per dag). Ook wordt een weinig krachtvoer gegeven wanneer de lammeren bij de ooien weg zijn. In totaal op dit bedrijf 110 ooien en 110 lammeren. Lammeren worden bijgeweid op grasland (2-3 ha).
- Algemeen:** Ook hier is de schapenhouderij op dijken een nevenactiviteit (akkerbouw).

Vak WW (onbemest extensief weiden)

- Systeem:** geen bemesting en aangepaste begrazing in doorgaans twee periodes: 15/4-15/5 en 15/8-1/10 15 ooien/ha; daarnaast bloten of maaien bij hogere producties.
- Pacht:** Vergoeding voor verminderde opbrengst en extra werkzaamheden extensief beheer f 700,- per ha.
- Productie:** p.s.c. juli '93 = 5300 kg d.s./ha.
p.s.c. juli '92 = 5900 kg d.s./ha

Verwijderd uit catalogus
TU Delft Library



Landbouwniversiteit



Wageningen



ministerie van verkeer en waterstaat

dienst weg- en waterbouwkunde

directoraat-generaal rijkswaterstaat