Seriewerk
NN 36654

Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt

Ruwvoederproductie bij droogte

Kies voor zekerheid!

Themaboekje nr.21
mei 1998

Samenstelling: ing. D.A. van der Schans
Redactie: S. Zwanepol

ab-dlo

AB-DLO
Postbus 14
6700 AA Wageningen
tel. 0317-475700
fax. 0317-423110

PR
Runderweg 6
8219 PK Lelystad
tel. 0320-293211
fax. 0320-241584

SC-DLO
Postbus 125
6700 AC Wageningen
tel. 0317-424200
fax. 0317-424812

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0757 7352

Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt
Postbus 430
8200 AK Lelystad
telefoon: 0320 29 11 11
telefax: 0320 23 04 79

UN 935658

BIBLIOTHEEK
LANDBOUWUNIVERSITEIT
WAGENINGEN

Eerste druk, prijs *f* **20,00**

Meerdere exemplaren zijn verkrijgbaar door storting of overmaking van *f* 20,00 per exemplaar op postrekening nr 2249700 t.n.v. PAV, postbus 430, 8200 AK Lelystad, onder vermelding van "Themaboekje nummer 21".

© 1998 Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Het onderzoek wordt gefinancierd door het collectieve bedrijfsleven, het Ministerie van LNV, beide op basis van afgesproken programma's en projecten, en door derde opdrachtgevers.

Het PAV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruikmaking van de gegevens uit deze uitgave.

Reproductie: Drukkerij Casparie, Almere.

Bibliotheek TEELT
Vakgroep Agronomie
LU - Wageningen

Inhoud

KEUZE EN TEELT VAN VOEDERGEWASSEN BIJ DROOGTE
ing. D.A. van der Schans, PAV-Lelystad 5
Inleiding 5

VOCHTVERBRUIK EN DROOGTESCHADE
ir. H.F.M. Aarts, dr. C. Grashoff en H.G. Smid, AB-DLO Wageningen 8
Inleiding 8
Vragen 8
Proefopzet 9
Hoe sterk wordt de vochtopname beperkt als de grond uitdroogt? 12
Hoeveel schade veroorzaakt droogte? 13
Wat zijn de opbrengsten over een groot aantal jaren? 14
Wat betekenen de resultaten voor de praktijk? 19

OPBRENGSTVARIABILITEIT VAN VOEDERGEWASSEN OP DROOGTEGEVOELIGE GROND
ing. D.A. van der Schans, PAV-Lelystad en ir. M.W.J. Stienezen, PR-Lelystad 21
Inleiding 21
Opbrengstvariabiliteit 24
Gewaseigenschappen 26
Herstel na droogte 27
Droogte en kwaliteit 28
Stikstofbenutting en rest-stikstof in de bodem 29
Conclusies 29

ECONOMIE VAN DROOGTE-TOLERANTE GEWASSEN
ing. J.M.A. Nijssen en ir. R. Schreuder, PR-Lelystad 31
Inleiding 31
Methode 31
Uitgangspunten 32
Resultaten 36
Conclusies 48

EFFECT VAN TEELT VERSCHILLENDE VOEDERGEWASSEN OP DE REGIONALE WATERHUISHOUDING
ing.J.J. Stolte, ir. M.J.D. Hack-ten Broeke, ir. A.A. Veldhuizen, SC-DLO Wageningen ... 49
Inleiding 49
Scenario-beschrijvingen 50
Resultaten 50
Conclusies 55

SAMENVATTING
ir. P.H.M. Dekker, PAV-Lelystad **57**
Onderzoek onder geconditioneerde omstandigheden 57
Veldproeven 58
Inpassen van gewassenkeuze in bedrijfsverband 59
Gebiedshydrologie 61

KEUZE EN TEELT VAN VOEDERGEWASSEN BIJ DROOGTE

ing. D.A. van der Schans, PAV-Lelystad

Inleiding

Onttrekking van grondwater voor allerhande doeleinden is er de oorzaak van dat het grondwaterpeil in sommige gebieden de laatste decennia aanzienlijk is gedaald. Maatregelen om deze daling te stoppen, moeten worden gezocht in een afname van de onttrekking. Voor het beregenen van gewassen neemt de landbouw ongeveer eenderde van de grondwateronttrekking voor haar rekening. In gebieden met een diepe grondwaterstand wordt het benodigde beregeningswater aan het grondwater onttrokken. Juist in deze gebieden is landbouw zonder beregening, vooral op gronden met een klein vochtbergend vermogen, risicovol. Zonder beregening is het gemiddelde opbrengstniveau op droogtegevoelige gronden laag. Bovendien fluctueren de opbrengsten sterk, afhankelijk van het neerslagtekort in het groeiseizoen.
Uit een studie in 1991 (Metselaar e.a.) bleek dat er bij een beregeningsverbod op rundveehouderijbedrijven in Brabant, ondanks productiederving, geen sprake van negatieve financiële effecten zou zijn. Op basis van onder meer dit rapport heeft de provincie Noord-Brabant besloten maatregelen te nemen om de beregening op grasland te beperken. Dit beleid treft de melkveehouderij.
Provinciale overheden zoeken nog steeds naar mogelijkheden om het gebruik van grondwater door de landbouw verder te beperken. De omvang van schade door droogte hangt af van de marktwaarde van het gewas en de opbrengstderving. De waarde van voedergewassen is vrij laag. Het risico van opbrengstderving verschilt per gewas en is afhankelijk van gewaseigenschappen.
Bij de keuze van voedergewassen ten behoeve van de rundveehouderij wordt nauwelijks rekening gehouden met gewaseigenschappen zoals verschillen in vochtbehoefte, beworteling, groeiperiode of mogelijk herstel na droogte. In 1993 is daarom onderzoek gestart met als doel verschillen in productiviteit en opbrengstzekerheid tussen voedergewassen onder droge omstandigheden te kwantificeren en de gevolgen hiervan voor de bedrijfsvoering en gebiedshydrologie in beeld te brengen.
De volgende onderzoeksvragen werden daarbij geformuleerd:

- Wat zijn de consequenties van een beperking in de vochtvoorziening voor de opbrengst van de gangbare voedergewassen (Engels raaigras en snijmaïs)?
- Zijn er voedergewassen die bij een beperkte vochtvoorziening een hogere opbrengst geven of meer opbrengstzekerheid bieden?
- Wat is de invloed van profielopbouw en samenstelling van de bodem op het optreden van vochttekorten en de opname van stikstof bij de verschillende gewassen?
- Welke gevolgen hebben andere dan de gangbare combinaties van voedergewassen op de bedrijfsopzet en bedrijfsvoering van een melkveebedrijf?
- Wat zijn de gevolgen van gewaskeuzen op de hydrologie van een gebied?

Het onderzoeksproject bestaat uit vijf onderdelen:

- Experimenteel onderzoek naar de droogtetolerantie van zes voedergewassen op

proefvelden op droogtegevoelige gronden in Noord-Brabant en Overijssel (PAV en PR).
- Experimenteel onderzoek naar droogtetolerantie van zes voedergewassen onder geconditioneerde omstandigheden in Wageningen (AB-DLO en SC-DLO).
- Ontwikkeling van eenvoudige gewasmodellen om de productie onder droge omstandigheden te simuleren (AB-DLO).
- Modelstudies om de gevolgen van de introductie van alternatieve voedergewassen op bedrijfsniveau economisch te kwantificeren (PR).
- Hydrologische studies om de effecten van gewaskeuze op grondwaterstanden in een bepaalde regio te bereken (SC-DLO).

Kenmerkend voor dit onderzoeksproject was dat experimenteel en modelmatig onderzoek nauw waren verweven. Modellen maken het mogelijk resultaten uit experimenteel onderzoek breed toepasbaar te maken. Andersom is het nodig de resultaten van modelberekeningen te toetsen aan de werkelijkheid van veldexperimenten. Er is gekozen voor een benadering vanuit verschillende integratieniveaus. De experimenten onder geconditioneerde omstandigheden hadden tot doel de gewasreactie op droogte vast te stellen en deze te modelleren. De veldexperimenten hadden tot doel de gewassen snijmaïs, triticale, Engels raaigras, rietzwenkgras, voederbieten en luzerne onder natuurlijke omstandigheden met elkaar te vergelijken en de uitkomsten van modellen te toetsen. Tenslotte werden mogelijkheden op bedrijfsniveau verkend en werd er gekeken naar de gevolgen van gewaskeuze op de regionale hydrologie.

Van elk van deze onderzoeksonderdelen verschijnt een rapportage. In dit themaboekje worden de belangrijkste aspecten uit de discussies, conclusies en aanbevelingen van de verschillende onderdelen samengebracht.

In het eerste hoofdstuk worden de belangrijkste gewaseigenschappen behandeld zoals die in de productiemodellen zijn verwerkt. De uitkomsten van het onderzoek naar droogtestress onder geconditioneerde omstandigheden, de zogenaamde bakkenproef, hebben hiervoor waardevolle gegevens geleverd. Met de gewasgroei-modellen zijn voor verschillende grondsoorten en voor een groot aantal weerjaren opbrengsten berekend. De uitkomsten van deze berekeningen maken vergelijking van opbrengstniveau en opbrengstvariabiliteit van de verschillende voedergewassen mogelijk.

In het tweede hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten van het onderzoek naar opbrengstvariabiliteit van zes voedergewassen op twee proefvelden in Noord-Brabant en twee in Overijssel gepresenteerd en besproken. Er wordt ingegaan op de variatie in drogestofopbrengsten, stikstofopbrengsten, beworteling, vocht- en stikstofbenutting en kwaliteit.

In het derde hoofdstuk wordt ingegaan op de economische gevolgen van de teelt van voedergewassen op bedrijfsniveau. Kosten en baten worden gepresenteerd alsmede de mineralenbalans bij scenario's die qua grondsoort en gewaskeuze verschillen. De gevolgen van de verschillende keuzen zijn voor vijf karakteristieke weerjaren doorgerekend.

Tenslotte worden in het vierde hoofdstuk de gevolgen van gewaskeuze voor de regionale hydrologie gepresenteerd. Dit is gedaan door arealen van de gewassen te variëren en de bijbehorende grootheden in de hydrologische kringloop met reële weersgegevens en modelberekeningen te bepalen. Tussen gewassen treden verschillen in verdamping op. Deze leiden onder meer tot een bepaalde grondwaterstand en afvoer.

In de samenvatting van deze vier hoofdstukken worden de belangrijkste punten uit de deelonderzoeken op een rijtje gezet.

De provincies Noord-Brabant en Limburg waren medefinanciers van dit onderzoek. Hierdoor werd het mogelijk om op de proef-

velden in Noord-Brabant (Gastel en Leende), de effecten van droogte intensief te bestuderen zodat datasets werden verkregen die de toetsing van gewasproductiemodellen mogelijk maakte. Het belangrijkste deel van de kosten werd door de reguliere financiers van de deelnemende onderzoeksinstellingen gedragen, het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en het landbouwbedrijfsleven uit de akkerbouw- en veehouderijsector als financiers van het praktijkonderzoek.

In dit onderzoek werkten de volgende instellingen samen:

PAV : Praktijkonderzoek Akkerbouw en Vollegrondsgroenten,
PR : Praktijkonderzoek Rundveehouderij, schapen en paarden,
AB-DLO : Agrobiologisch en bodemkundig onderzoek (Dienst Landbouwkundig Onderzoek),
SC-DLO : Staring Centrum (Instituut voor onderzoek van het landelijk gebied).

VOCHTVERBRUIK EN DROOGTESCHADE

ir. H.F.M. Aarts, dr. C. Grashoff en H.G. Smid, AB-DLO, Wageningen

Inleiding

Planten hebben water nodig. Hoewel water ook een rol speelt bij de fotosynthese - de vorming van suikers uit water en CO_2 met behulp van zonlicht - wordt het uit de bodem opgenomen water vrijwel uitsluitend gebruikt voor transpiratie door het gewas. Dit betekent dat door verdamping het water aan de lucht wordt afgestaan. Verdamping van water zorgt voor afkoeling omdat dit proces energie kost. Koeling is nodig omdat anders de temperatuur in de bladeren zo hoog kan worden dat het gewas fysiologisch ontregeld raakt. Het verdampte water wordt aangevuld met bodemvocht waardoor opgeloste voedingsstoffen uit de bodem naar de bladeren worden gezogen. Ook kan er water vanaf het bodemoppervlak verdampen (evaporatie), maar in verhouding tot de transpiratie door het gewas is die hoeveelheid bij zandgrond - gerekend over een heel groeiseizoen - zeer gering. Als in dit hoofdstuk over verdamping wordt gesproken, wordt steeds de totale verdamping bedoeld, dus de verdamping vanaf het bodemoppervlak (evaporatie) plus de verdamping door het gewas (transpiratie). Deze som van evaporatie en transpiratie wordt ook vaak evapotranspiratie genoemd.
Verbeterde landbouwkundige kennis heeft ertoe geleid dat het nu mogelijk is hoge opbrengsten te halen van Engels raaigras en maïs, de gewassen waarop de ruwvoedervoorziening van de melkveehouderij is gebaseerd. Hogere opbrengsten vragen doorgaans meer water. De laatste decennia is de natuurlijke vochtvoorziening in de zandgebieden echter afgenomen. Oude vochthoudende cultuurgronden zijn ten prooi gevallen aan stadsuitbreiding en bij de droogtegevoelige ontginningsgronden is sprake van een aanzienlijke grondwaterstandsdaling - vooral als gevolg van versnelde afvoer van neerslag en de onttrekking van grondwater - waardoor capillaire nalevering van water nauwelijks meer telt. De meeste bedrijven met drogere zandgrond beschikken dan ook over een beregeningsinstallatie, om perioden met een tekort aan natuurlijke neerslag te overbruggen. Nauwkeurige registratie van beregening op het melkveebedrijf De Marke wees uit dat jaarlijks gemiddeld 100 mm beregeningswater nodig is op grasland, op maïsland 20 mm. Voor een bedrijf met 20 ha grasland en 10 ha maïs komt dat neer op een grondwateronttrekking die gelijk is aan de waterbehoefte van zo'n 100 gezinnen.

De vraag naar grondwater voor drinkwaterbereiding en andere hoogwaardige toepassingen neemt nog steeds toe. Bovendien wil de overheid verdroging van natuurgebieden tegengaan. Het beleid is er dan ook op gericht kunstmatige beregening uit grondwater te beperken tot het meest noodzakelijke. Onduidelijk is hoe groot de verschillen zijn tussen voedergewassen met betrekking tot vochtbehoefte en droogtegevoeligheid. Kennis daarover is van belang in een situatie dat beschikbaarheid van vocht niet meer vanzelfsprekend is.

Vragen

Het waterverbruik van gewassen is in het verleden weliswaar meerdere malen experimenteel onderzocht maar zelden werden gewassen in die experimenten gelijktijdig geteeld. Omdat bekend is dat de (weers)omstandigheden het waterverbruik kunnen be-

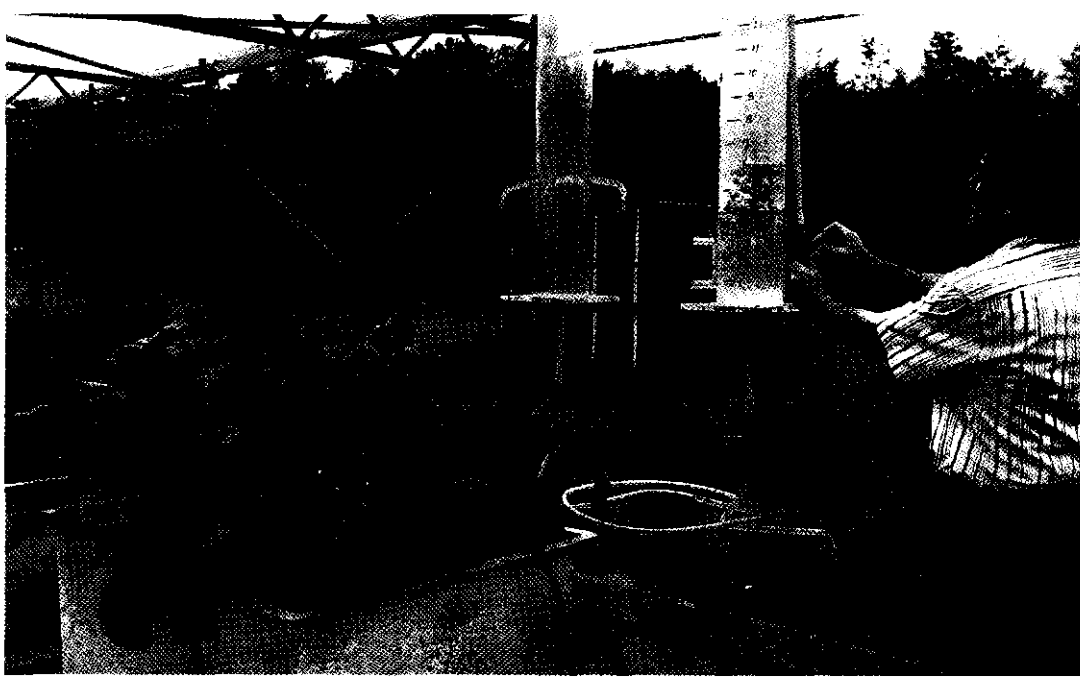
invloeden is vergelijking van het waterverbruik van verschillende gewassen dan problematisch. Ondermeer als gevolg van vragen die door het bedrijfssysteem De Marke werden opgeroepen, zijn in de jaren 1994 t/m 1996 door PAV, PR, SC-DLO en AB-DLO experimenten uitgevoerd waarin gewassen onderling werden vergeleken ten aanzien van waterverbruik en droogtetolerantie. Het betrof zowel veldproeven in Gastel en Leende als proeven onder geconditioneerde omstandigheden in Wageningen. De experimenten in Wageningen richtten zich op de volgende vragen:

- hoeveel water verbruiken gewassen voor de productie van één kg oogstbare droge stof bij een optimale vochtvoorziening en bij beperkte vochtvoorziening?
- hoe sterk wordt de vochtopname beperkt als de grond uitdroogt?
- hoeveel schade veroorzaakt droogte?

Heldere antwoorden op deze vragen waren nodig om gewasmodellen aan te kunnen passen zodat ze bruikbaar zouden zijn voor verkenningen van gewasopbrengsten bij beregeningsverboden. Met de aangepaste modellen werd berekend wat de productie van verschillende gewassen zou zijn geweest als ze de afgelopen 30 jaar zouden zijn geteeld. Dat gebeurde bij verschillende bodemomstandigheden. De resultaten leiden niet alleen tot inzicht in de gemiddelde opbrengst maar ook in de spreiding van de opbrengst, en daarmee tot inzicht in oogstzekerheid.

Proefopzet

Om de gestelde vragen te kunnen beantwoorden, werden in de jaren 1994 tot en met 1996 experimenten uitgevoerd door AB-DLO. Om de invloed van natuurlijke neer-



Om vochtverbruik en fysiologische reactie van voedergewassen op droogte nauwkeurig vast te stellen, werden vochtvoorziening en gewasgroei onder een overkapping in bakken nauwkeurig gemeten.

slag uit te sluiten, werd gebruik gemaakt van een transparante overkapping. Gewassen werden geteeld in bakken met een lengte en breedte van respectievelijk 90 en 70 cm en een diepte van 40 cm. De bodems van de bakken werden bedekt met een laag grind. Op dit grind kwam worteldoek waarna de bakken vérder werden gevuld met 32 cm zandgrond. De grond was afkomstig van de percelen in Gastel en Leende waarop veldexperimenten van PR en PAV waren gelegen. Om water te kunnen geven, werd tijdens het vullen van de bakken 10 cm onder het bodemoppervlak een horizontaal irrigatiesysteem aangebracht, met een bovengrondse aansluiting voor een waterslang. De bakken werden geplaatst op pallets waardoor ze met een krik konden worden opgetild en gelijktijdig automatisch gewogen. Uit gewichtsveranderingen van de bakken kon het waterverbruik worden berekend.

De teelt van Engels raaigras, rietzwenkgras, maïs, voederbieten, luzerne en triticale in de bakken werd zoveel mogelijk gelijk gehouden met de teelt van deze gewassen in de veldexperimenten. Rassen en bemesting kwamen daarom overeen. De gewassen werden aan de volgende behandelingen onderworpen:

1. *geen droogte*; als het vochtgehalte van de grond met 2 à 3% is afgenomen, wordt het gehalte teruggebracht naar 15 tot 22% van het volume (afhankelijk van herkomst grond). Deze laatste gehalten zijn optimaal voor gewasgroei;
2. *lichte droogte*; rond de langste dag een droogteperiode van ongeveer 10 dagen, waardoor het percentage vocht wordt teruggebracht naar 5 tot 8%. Bij dat niveau gaan gewassen blijvend verwelken. Daarna werd direct water gegeven;
3. *zware droogte*; een droogteperiode van ongeveer 20 dagen, waardoor het percentage vocht werd teruggebracht naar 3 tot 4% en pas na langere tijd weer water werd toegediend. Gewassen bleven daardoor langere tijd in verwelkte toestand;
4. *langdurige lichte droogte*; een droogteperiode van ongeveer 45 dagen, waarbij het vochtgehalte in de grond terugliep tot ongeveer 10% en op dat niveau werd gehouden. Overdag verwelkten de gewassen enigszins maar gedurende de nacht vond herstel plaats.

De startdatum van de behandelingen was per jaar steeds gelijk, uitgezonderd de behandelingen van triticale die vroeger in het jaar plaats vonden. Van een aantal bakken werden de gewassen kort voor en na de behandelingen geoogst. Niet alle gewassen en alle behandelingen waren elk jaar in de experimenten opgenomen (tabel 1).

Hoeveel water verbruiken gewassen voor de productie van één kg oogstbare droge stof bij een optimale vochtvoorziening en bij beperkte vochtvoorziening?

In tabel 2 is weergegeven hoeveel water er gemiddeld per kg *oogstbare droge stof* door de verschillende gewassen werd verbruikt. De verschillen tussen gewassen zijn soms groot. Eerstejaars luzerne heeft de grootste transpiratiecoëfficiënt, gevolgd door tweedejaars luzerne. De verschillen daartussen kunnen worden verklaard uit de vorming van een uitgebreid wortelstelsel in het eerste jaar dat in het tweede jaar nog in gebruik is. Het eerste jaar vraagt dus een relatief grote investering aan droge stof in niet-oogstbare delen. Voor de vorming van deze droge stof wordt ook water gebruikt. De grassen hebben eveneens een hoge transpiratiecoëfficiënt. Evenals luzerne investeren deze gewassen relatief veel droge stof in stoppels en wortels. De voedergewassen triticale, voederbieten en maïs hebben een veel lagere transpiratiecoëfficiënt. De transpiratiecoëfffiëint van maïs is niet alleen laag vanwege het lage

Tabel 1. Gewassen en behandelingen in de verschillende jaren (1 = geen droogte, 2 = lichte droogte, 3 = zware droogte en 4 = langdurig lichte droogte).

gewas	1994				1995				1996			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Engels raaigras, eerstejaars	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Engels raaigras, tweedejaars					x	x		x				
rietzwenk, eerstejaars									x	x	x	x
luzerne, eerstejaars	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
luzerne, tweedejaars					x	x		x				
maïs	x	x	x		x	x	x	x	x			
voederbieten	x	x	x		x	x	x	x	x			
triticale									x	x	x	x

Tabel 2. Het vochtverbruik per kg droge stof (transpiratiecoëfficiënt), gemiddeld over het groeiseizoen (1 = geen droogte, 2 = lichte droogte, 3 = zware droogte en 4 = langdurig lichte droogte).

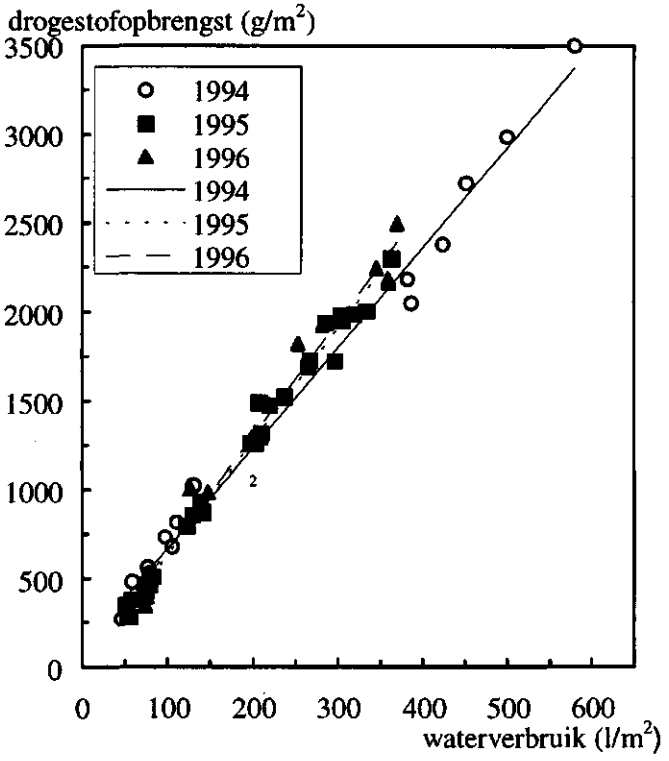
	1994				1995				1996			
gewas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Engels raaigras, eerstejaars	349	355	360		298	299	296	276	295	292	300	289
Engels raaigras, tweedejaars					409	399		401				
rietzwenk, eerstejaars									339	327	340	338
luzerne, eerstejaars	462	468	476		703	681	602	755	566	599	615	601
luzerne, tweedejaars					426	383		378				
maïs	166	172	182		159	162	158	150	161			
voederbieten	220	228	220		225	219	212	210	204			
triticale									251	239	228	236

aandeel niet-oogstbare droge stof (stoppels en wortels) maar ook vanwege een afwijkend fotosynthesesysteem (C4), kenmerkend voor subtropische gewassen.

Uit tabel 2 blijkt ook dat de transpiratiecoëfficiënt nauwelijks wordt beïnvloed door de vochtvoorziening van gewassen. Dit betekent dat gewassen bij droogte niet efficiënter omgaan met het beschikbare water. Op zandgrond gaat de verdamping vrijwel ongestoord door tot het water bijna op is, het gewas verwelkt en de fotosynthese stopt.

Als we de totale opbrengst van een gewas uitzetten tegen het vochtverbruik zien we een vrijwel rechtlijnig verband. Als voorbeeld is deze relatie voor maïs weergegeven in figuur 1.
De transpiratiecoëfficiënten van gras (figuur 2) en luzerne lopen in warme, droge perioden sterk op. Bij de andere gewassen gebeurt dat niet.

De benutting van water door gras en luzerne is dus vooral in de zomer slecht. Dit heeft tot gevolg dat het rendement van beregening in termen van extra eenheden droge stof per eenheid beregeningswater bij gras en luzerne geringer zal zijn dan bij bijvoorbeeld maïs.

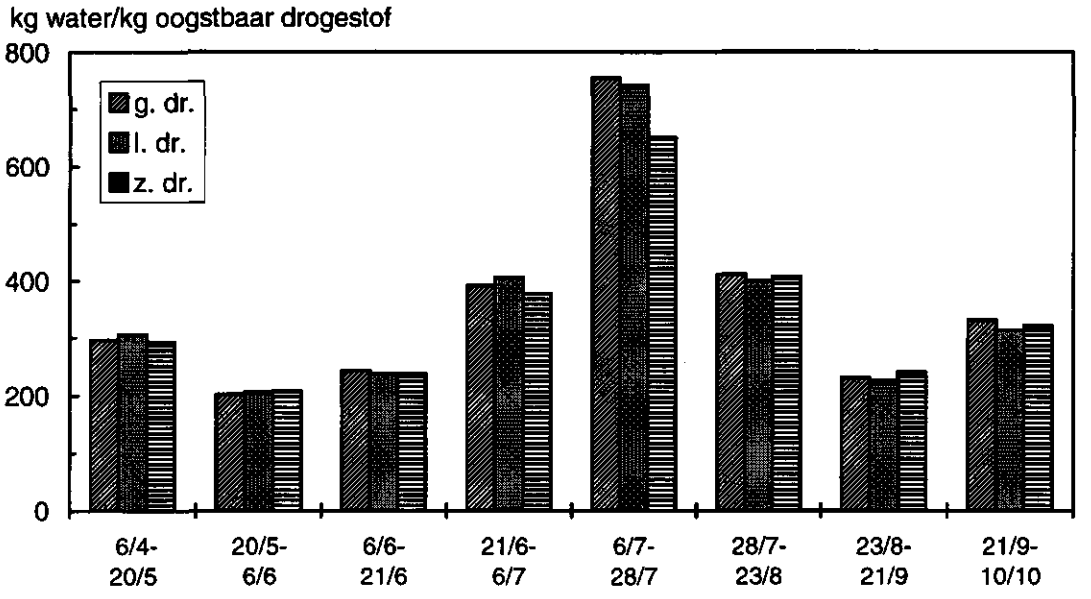


Figuur 1. De relatie tussen vochtverbruik en drogestofopbrengt bij maïs (resultaten van tussenoogsten en eindoogsten van alle behandelingen).

Hoe sterk wordt de vochtopname beperkt als de grond uitdroogt?

Naarmate de grond verder indroogt, moet een gewas meer moeite doen om het resterende vocht te onttrekken. Het is denkbaar dat het ene gewas daar beter in slaagt dan het andere gewas. Uit het onderzoek bleken de verschillen tussen de gewassen echter gering. Zolang het bodemvochtgehalte meer dan 10% van het bodemvolume bedraagt, wordt de transpiratie maar weinig geremd. Daarna neemt de transpiratie sterk af (vergeleken met gewassen die over voldoende vocht kunnen beschikken). Bij een vochtgehalte van minder dan 2.5% stopte de vochtopname van alle gewassen op Leendegrond, bij 4% op Gastel-grond. Tussen 10% en 4% bevat de bouwvoor ongeveer 18 mm vocht, voldoende voor de beperkte verdamping van een goed ontwikkeld gewas gedurende een kleine week. Gedurende die periode is er sprake van groeiremming die evenredig is met de beperking in de vochtopname. Daarna staat de groei stil en kan het gewas zelfs geheel of gedeeltelijk afsterven.

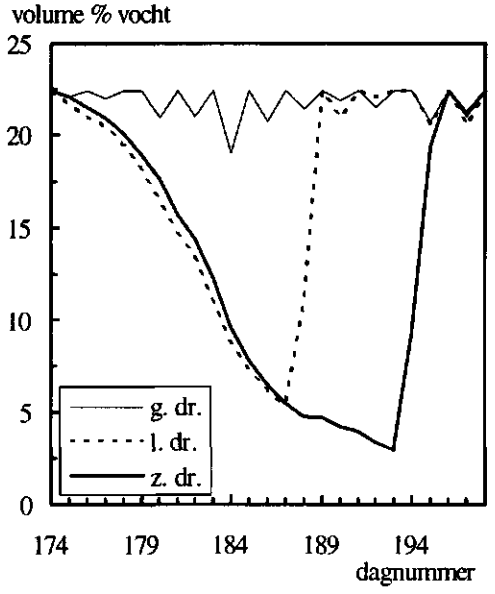
In figuur 3 is als illustratie het verloop van het vochtgehalte van de bodem bij eerstejaars luzerne weergegeven.



Figuur 2. De transpiratiecoëfficiënt van Engels raaigras gedurende het groeiseizoen 1994; g.dr. = geen droogte (1), l.dr. = lichte droogte (2), z.dr. = zware droogte (3).

Hoeveel schade veroorzaakt droogte?

Bij grassen en luzerne sterven bij vochttekorten de bladeren af. Bij Engels raaigras gebeurt dat eerder dan bij rietzwenkgras. Het duurt vrij lang voordat de planten echt afsterven. Zelfs bij de meest zware droogtebehandeling kwam de hergroei van grassen na het toedienen van water weer snel op gang. Bieten reageren op een vergelijkbare manier op droogte. Door de snelle bladvorming is de groei na de droogteperiode gelijk aan de groeisnelheid van gewassen die niet van droogte te leiden hebben gehad. Bij maïs ligt het anders. Maïs is niet in staat nieuwe bladeren te vormen om afgestorven blad te vervangen. Ook blijkt vochttekort tijdens de



Figuur 3. Het verloop van vochtgehalte in de grond afkomstig uit Leende bij de behandelingen geen droogte (g. dr.), lichte droogte (l. dr.) en zware droogte (z. dr.) bij eerstejaars luzerne in het groeiseizoen 1994.

bloei en zaadzetting het aantal gevormde zaden sterk te reduceren waardoor er later onvoldoende capaciteit is om de producten van de fotosynthese op te slaan. Als gevolg daarvan hopen suikers zich op in de stengel. Als die vol is, stagneert de opbrengstvorming. Niet alleen de opbrengst maar ook de verdeling van droge stof over de verschillende organen wordt daardoor sterk door droogte beïnvloed (tabel 3).

Triticale beperkt de droogtegevoeligheid door het vroeg voltooien van de levenscyclus. In de tweede helft van de zomer is het gewas al afgerijpt. Omdat het gewas vooral in relatief koele perioden groeit, zal de transpiratiecoëfficiënt relatief laag zijn. Opvallend is dat bij droogte tijdens de bloei en zaadzetting het aandeel korrels in de totale droge stof nauwelijks beïnvloed wordt. Bij gewassen die na droogte de groei 'normaal' hervatten, is de opbrengstderving eenvoudig te verklaren uit het gemiste aantal groeidagen. Bij maïs is dat dus niet het geval (tabel 4).

Wat zijn de opbrengsten over een groot aantal jaren?

De in de bakkenproeven gevonden fysiologische verschillen tussen de zes voedergewassen - de gewasspecifieke parameters - werden ingebouwd in een simulatiemodel voor gewasgroei, waar nodig aangevuld met literatuurgegevens. De uitkomsten van het model werden vervolgens getoetst aan de resultaten van de veldproeven in Leende en Gastel, waarna het model werd 'fijngeregeld'. Hierbij werd per gewas *één* set gewasparameters vastgesteld, waarmee simulatieresultaten werden bereikt die zo goed mogelijk overeenkwamen met de resultaten van de *totale* set veldproeven. Een vergelijking van de simulatieresultaten met de veldproefresultaten is voor drie van de zes gewassen weergegeven in figuur 4.

De overeenkomst tussen modelresultaten en

Tabel 3. De invloed van droogte op de drogestofopbrengst en distributie bij maïs (ton droge stof per ha) en op het drogestofgehalte. Resultaten van bakkenproef in 1995; de resultaten in andere jaren zijn vrijwel identiek (Smid et al., 1997).

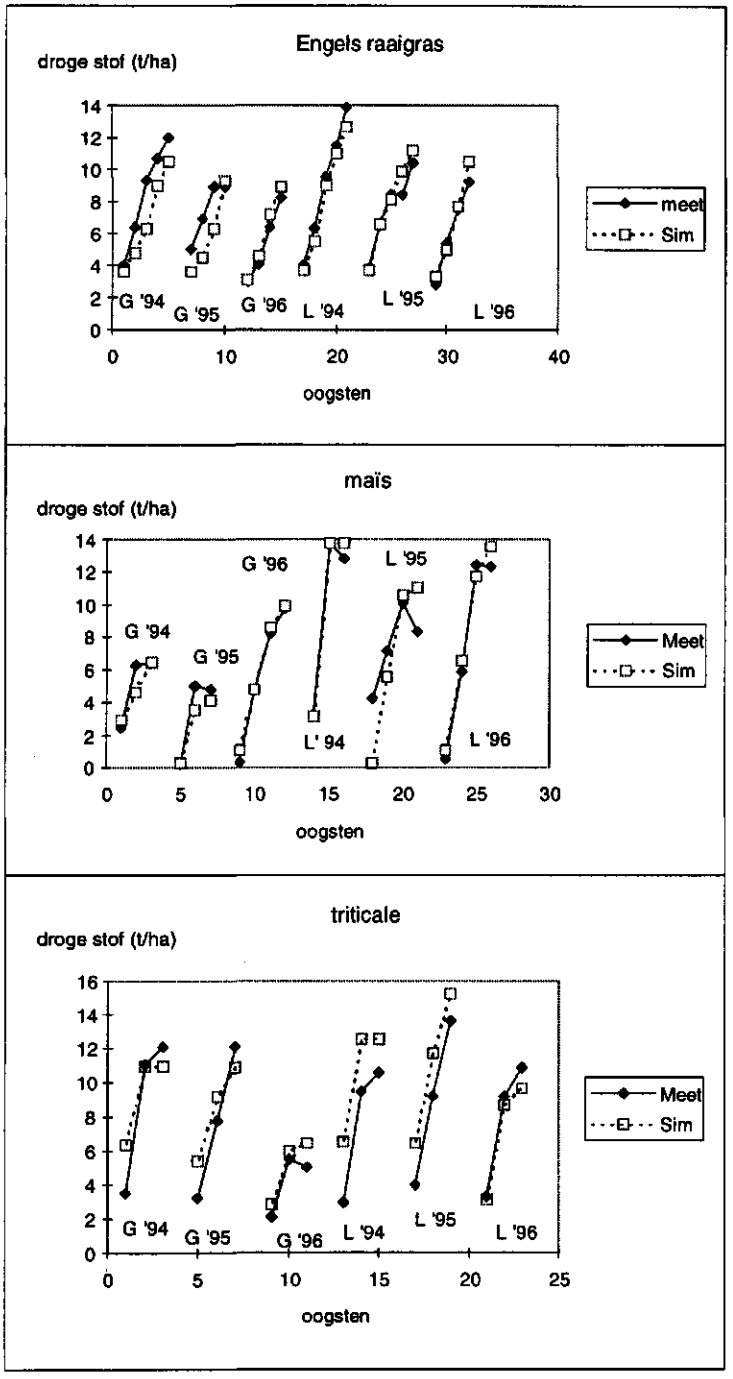
	geen droogte	lichte droogte	zware droogte
geel blad	2.2	1.4	1.8
groen blad	0.4	0.8	1.0
stengel	3.2	3.5	5.2
blad kolf	1.3	1.4	2.5
spil kolf	1.7	1.9	1.4
zaad kolf	12.3	9.1	0.4
stoppel	0.4	0.5	0.6
wortel	0.7	0.7	0.7
totaal	22.1	19.2	13.5
percentage droge stof (hele plant)	57	47	27

Tabel 4. De opbrengstdepressie als gevolg van droogte (behandeling 1 = 100).

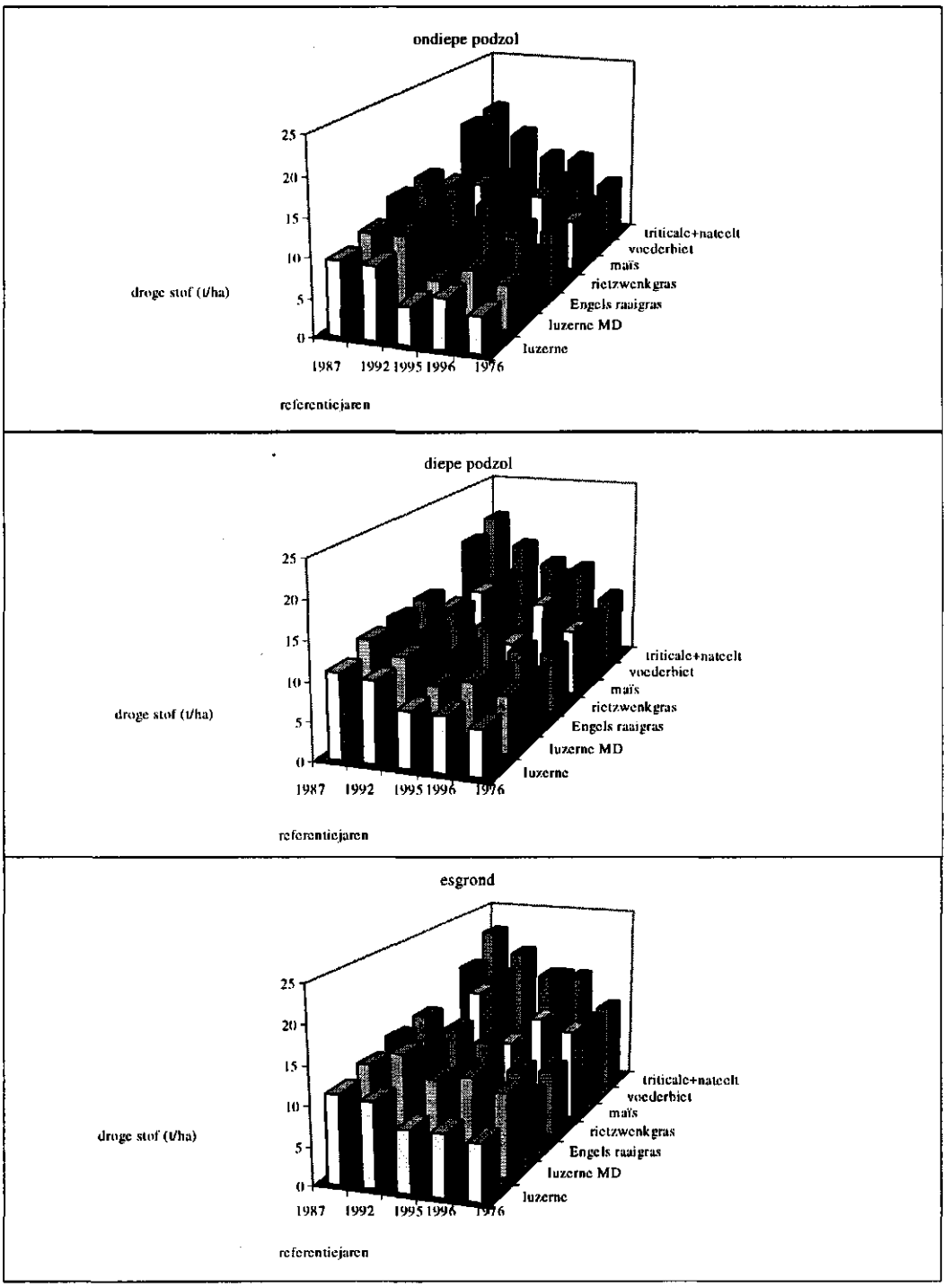
	1994				1995				1996			
gewas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Engels raaigras, eerstejaars	100	97	96		100	120	86	85	100	98	89	97
Engels raaigras, tweedejaars					100	120		106				
rietzwenk, eerstejaars									100	96	86	92
luzerne, eerstejaars	100	100	89		100	93	68	78	100	80	71	78
luzerne, tweedejaars					100	95		86				
maïs	100	78	65		100	87	60	92				
voederbieten	100	97	95		100	84	67	87				
triticale									100	97	93	101

veldmetingen bleek goed, op enkele onderdelen na. Simulatie van de hergroei van gras na zware droogte blijft een aandachtspunt; bij triticale wordt het aandeel aar in de droge stof nog niet correct gesimuleerd en een correcte simulatie van luzerne lukte alleen als (a) voor een 'meerderejaars'gewas een gunstiger drogestofverdeling tussen wortels en bovengrondse delen werd aangenomen en (b) voor de esgronden een aanzienlijk grotere worteldiepte werd aangenomen dan één meter. Wortelmetingen dieper dan één meter en metingen aan drogestofverdeling ondergronds/bovengronds zijn echter in het veld niet uitgevoerd. In de verdere modelverkenningen is daarom onderscheid gemaakt tussen 'luzerne' (standaard) en 'luzerne MD' (waarin M voor meerjarig staat en D voor diep wortelend). Uit het feit dat het model in het algemeen de grote jaar-, bodem- en gewasverschillen in gemeten drogestofproductie goed kon nabootsen, is geconcludeerd dat het verantwoord was om modelverkenningen uit te voeren voor de gewasproductie in een groot aantal jaren en bij verschillende bodemtypen binnen de zandgronden. In de eerste plaats werd de gewasproductie gesimuleerd voor vijf karakteristieke weerjaren en drie karakteristieke bodemtypen. De weerjaren waren: 1976 (een zeer droog groeiseizoen), 1992 (een min of meer normaal jaar), 1995 (een nat voorjaar en een droge zomer), 1996 (een droog voorjaar en een regenachtige zomer), 1987 (een uitgesproken nat groeiseizoen). De bodemtypen waren: (a) een podzol met circa 40 cm doorwortelbaar profiel en een waterbergend vermogen van circa 50 mm, (b) een podzol met circa 60 cm doorwortelbaar profiel en circa 75 mm waterbergend vermogen en (c) een esgrond met circa 90 cm doorwortelbaar profiel en circa 150 mm waterbergend vermogen. De doorwortelbare profielen gelden voor akkerbouwgewassen. Voor de grassen werden, op basis van informatie van het praktijkonderzoek, aanzienlijk lagere doorwortelbare diepten aangenomen.

De resultaten van deze simulaties zijn weergegeven in figuur 5. In vrijwel alle doorgerekende jaar/bodem-combinaties bleek de gesimuleerde productiviteit van triticale plus nateelt Italiaans raaigras het hoogst in vergelijking met de andere vijf gewassen. De beide grassen hadden niet de hoogste gemiddelde opbrengst, maar ze vertoonden wel een betere oogstzekerheid dan de andere vier gewassen. In de situatie met een vochtig voorjaar en een droge hoogzomer hebben vooral voederbiet, maïs en luzerne een lage productiviteit. Dit effect is het duidelijkst op de twee bodemtypen met het laagste waterbergend vermogen. In de droogste jaren is de productiviteit van alle zes gewassen ongeveer even laag. Het bereikte productieniveau wordt in deze jaren vrijwel alleen door het



Figuur 4. Vergelijking tussen gemeten gewasproductie (doorgetrokken lijnen) en gesimuleerde gewasproductie (gestippelde lijnen) voor Engels raaigras, triticale en maïs op proefvelden te Gastel (G) en Leende (L) in de jaren 1994-1996.

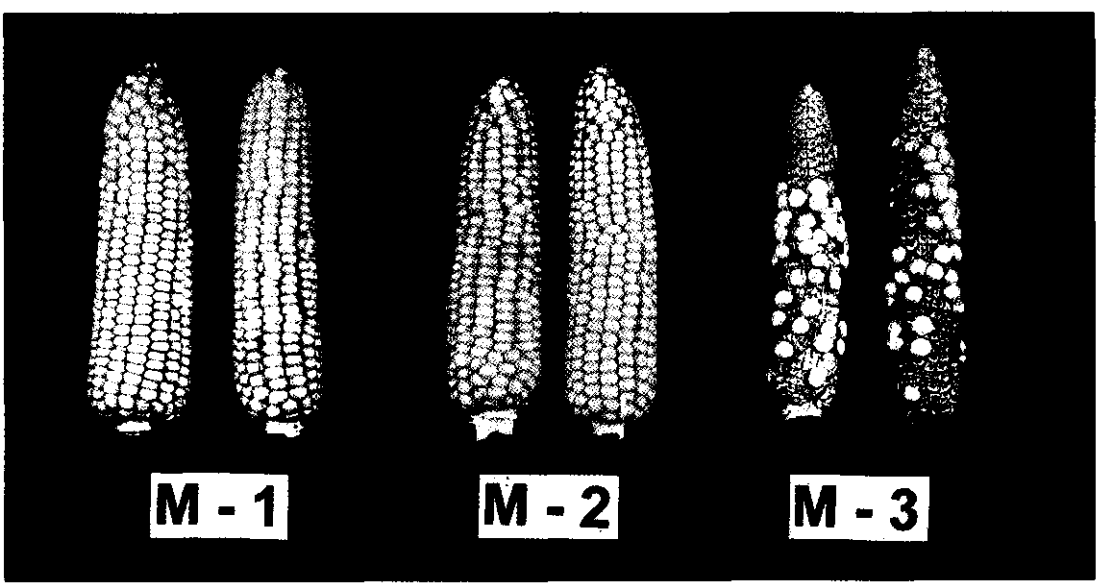


Figuur 5. Gesimuleerde gewasproductie voor zes gewassen op drie bodemtypen in de karakteristieke jaren 1976 (droog), 1992 (normaal), 1995 (nat voorjaar, droge zomer), 1996 (droog voorjaar, natte zomer) en 1987 (nat).

bodemtype bepaald. Alleen op de esgronden vertoont luzerne MD (=meerderejaars, dieper wortelend) een relatief gunstig beeld ten opzichte van de grassen, mits de bodemcondities zodanig zijn dat luzerne tot een diepte van circa 1.60 meter kan wortelen.

Tenslotte werden met de aldus verkregen modellen voor de zes voedergewassen simulaties gemaakt met 33 weerjaren (1958-1988, 1994-1996) voor de drie bovengenoemde bodemtypen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5 en bevestigen de resultaten van de simulaties over de vijf bovengenoemde karakteristieke jaren. Triticale plus nateelt Italiaans raaigras blijkt inderdaad voor alle bodemtypen de hoogste gemiddelde opbrengst te hebben. De variatie in opbrengst van jaar tot jaar is echter hoog in vergelijking met de beide grassen. Ook voederbiet heeft een hoog opbrengstniveau, maar eveneens een hoge variatie van jaar tot jaar. De beide grassen behoren qua gemiddelde opbrengst over 33 jaar tot de middenmoot. De grassen hebben echter wel de laagste variatie in opbrengst van jaar tot jaar, dat wil zeggen een gunstige oogstzekerheid. De gemiddelde opbrengst van rietzwenkgras ligt op alle drie bodemtypen circa 1 ton per ha hoger dan die van Engels raaigras. Luzerne lijkt bij doorwortelbare profielen tot maximaal 90 cm geen goed alternatief te zijn voor de huidige voedergewassen. Luzerne, ook de tweede en derdejaarsvariant, investeert te veel droge stof in ondergrondse delen.

Tenslotte werd doorgerekend wat het effect zou zijn als grassen even diep zouden wortelen als akkerbouwgewassen, en wat het effect zou zijn van een tot maximaal 160 cm diep wortelende luzerne met een gunstiger drogestofverdeling (hierboven omschreven als luzerne MD). Ook deze resultaten zijn vermeld in tabel 5. Als de grassen dieper zouden (kunnen) wortelen, heeft dit op de relatief betere bodemtypen een hogere gemiddelde opbrengst van circa 1.5 ton per ha tot gevolg, bij gelijkblijvende oogstzekerheid. De doorgerekende variant van luzerne



Bij een lange periode van droogte rond de bloei (M3) waren de kolven bij maïs extreem slecht gevuld. De korrelzetting bij een korte periode van droogte (M2) verschilde niet van die bij goede vochtvoorziening (M1).

Tabel 5. Gesimuleerde gemiddelde opbrengsten (oogstbaar gewas) inclusief standaardafwijkingen (maat voor oogstzekerheid) over 33 jaren van zes voedergewassen bij drie bodemtypen.

	podzol				esgrond		zonder vochttekort	
	ondiep (tot 40 cm) [1]		diep (tot 60 cm) [2]		(90 cm) [3]			
	gemidd. opbrengst (t/ha)	SD (t/ha)	gemidd. opbrengst (t/ha)	SD (t/ha)	gemidd. opbrengst (t/ha)	SD (t/ha)	gemidd. opbrengst (t/ha)	SD (t/ha)
Engels raaigras (standaard)	10.6	1.8	11.0	1.9	11.9	2.0	17.1	0.9
rietzwenkgras (standaard)	11.6	1.8	11.8	1.8	12.9	1.8	17.1	0.9
maïs	10.6	2.3	11.8	1.9	13.0	1.6	13.9	2.2
triticale + nateelt	14.0	3.3	16.3	3.3	18.8	2.9	21.8	2.5
voederbiet	12.9	4.0	14.9	3.8	17.3	3.2	21.3	1.6
luzerne	8.7	1.7	9.7	1.7	10.9	1.4	13.0	1.0
Engels raaigras (diep)	11.3	2.0	12.2	2.0	13.5	1.9	17.1	0.9
rietzwenkgras (diep)	11.8	1.8	13.3	1.8	14.8	1.5	17.1	0.9
luzerne (diep)	9.7	1.9	11.6	1.8	13.8	0.9	14.5	1.1

1) Engels raaigras (standaard) wortelt hier tot 30 cm, rietzwenk (standaard) tot 35 cm

2) Engels raaigras (standaard) wortelt hier tot 35 cm, rietzwenk (standaard) tot 40 cm

3) Engels raaigras (standaard) wortelt hier tot 40 cm, rietzwenk (standaard) tot 50 cm

met een dieper wortelstelsel en een iets gunstiger drogestofverdeling blijft op de podzolgronden steken op een lager productieniveau dan de andere gewassen, maar geeft op de esgronden een hogere en meer oogstzekere opbrengst dan de standaardvarianten van de beide grassen.

Bij bovenstaande resultaten moet worden aangetekend dat ze alleen betrekking hebben op opbrengstniveau en -zekerheid en nog niets zeggen over voederkwaliteit en/of inpasbaarheid in een bedrijfssysteem. Voor het beantwoorden van deze vraag zijn bovenvermelde simulatieresultaten gebruikt als invoer in het instrumentarium van het PR. De conclusies daaruit zijn elders in deze publicatie vermeld.

Wat betekenen de resultaten voor de praktijk?

Duidelijk is dat beperkingen in beregeningsmogelijkheden leiden tot lagere opbrengsten. Gras en luzerne hebben weliswaar een hoge transpiratiecoëfficiënt, waardoor ze water weinig efficiënt benutten, maar hebben ook een lang groeiseizoen waardoor ze van een grotere hoeveelheid natuurlijke neerslag kunnen profiteren dan bijvoorbeeld maïs. De niet oogstbare droge stof kan een belangrijke bijdrage leveren aan het behoud of herstel van de bodemkwaliteit (organische stof bodem). Dat is zeker van belang op jonge zandgronden wanneer het gebruik van dier-

lijke mest moet worden beperkt. Continuteelt van bijvoorbeeld maïs kan dan alleen maar als op een andere manier in de behoefte aan organische stof wordt voorzien, bijvoorbeeld door de teelt van een nagewas. Op de droogste gronden is gras oogstzekerder dan maïs. Maïs gaat weliswaar efficiënt om met water, maar is droogtegevoelig en groeit in een periode dat de kans op droogte relatief groot is. Op wat minder droogtegevoelige gronden zal maïs meer produceren dan gras. Bij beperkte beregeningsmogelijkheden is beregening van maïs veel effectiever dan van gras.

Luzerne is alleen maar aantrekkelijk op de gronden waar een diepe beworteling mogelijk is (luzerne MD). In het algemeen zijn dat de wat minder droogtegevoelige gronden. Zeker bij een volledig beregeningsverbod lijkt triticale interessant omdat dit gewas al vroeg afrijpt en droogte minder effect heeft op de zaadfractie dan bij maïs.

OPBRENGSTVARIABILITEIT VAN VOEDERGEWASSEN OP DROOGTEGEVOELIGE GROND

ing. D.A. van der Schans, PAV-Lelystad en ir. M.W.J. Stienezen, PR-Lelystad

Inleiding

Van wilde planten weten we dat verschillende soorten verschillende eisen stellen aan onder andere grondsoort en klimaat. Tot enkele decennia geleden was de keuze van cultuurgewassen afhankelijk van de grondsoort. Met het beheersbaar worden van bodemvruchtbaarheid door bodemanalyse en bemesting en het reguleren van de vochthuishouding door beregening is de gewaskeuze minder bodemafhankelijk geworden. Met een geheel of gedeeltelijk beregeningsverbod komt de oude vraag weer boven of gewassen meer of minder sterk reageren op variaties in de vochtvoorziening en of de bemesting van gangbare gewassen op droogtegevoelige gronden moet worden aangepast.
Dit artikel geeft de belangrijkste resultaten weer van vergelijkend veldonderzoek aan zes voedergewassen (snijmaïs, Engels raaigras, rietzwenkgras, voederbieten luzerne en triticale) op droogtegevoelige zandgrond.
Bij de resultaten en conclusies komen de volgende aspecten aan de orde: opbrengsten, kwaliteit, waterbenutting, stikstofhuishouding en herstelvermogen na droogte.

Droogtegevoelige gronden

Of gronden gevoelig zijn voor droogte hangt af van:

- De diepte waarop wortels door kunnen dringen.
- De mate waarin het profiel vocht kan opslaan.
- De diepte van het grondwater, met name in perioden met hoge verdamping.

Gewassen verschillen wat betreft hun vermogen in de grond door te dringen. De intensiteit van het wortelstelsel en de diepte van beworteling hangen echter niet alleen van het gewas af, maar ook van de profielopbouw. Op zandgronden zijn lagen met een grote dichtheid vaak de belangrijkste beperking van de bewortelingsdiepte.
De mate waarin een grond vocht kan vasthouden, hangt af van het materiaal waaruit de grond bestaat. Humusarme grofzandige gronden kunnen weinig water vasthouden. Per 10 cm bodemlaag is er minder dan 10 mm vocht gemakkelijk beschikbaar voor opname door de plant. Voor humeuze fijnzandige of lemige gronden kan dit oplopen tot bijna 20 mm per 10 cm. De opbouw van het bodemprofiel bepaalt daarmee in belangrijke mate de vochtbuffer waaruit gewassen kunnen putten in perioden van droogte.
Vanuit het grondwater wordt door capillaire werking water naar boven getransporteerd. Als ruwweg gesproken het grondwater binnen een meter onder de onderkant van wortelzone staat, kan een gewas nog van deze aanlevering vanuit het grondwater profiteren.
Voor het veldonderzoek zijn percelen gekozen die verschillen in bewortelingsdiepte, weinig vocht kunnen vasthouden en waarbij de grondwaterstand in het groeiseizoen dieper is dan één meter onder de doorwortelbare laag.
De gepresenteerde resultaten zijn afkomstig

van:

- Jonge ontginningsgrond (veldpodzol) met een matig humeus doorwortelbaar dek van ongeveer 35 cm. Onder dit dek bestaat de bodem uit humusarm compact zand met een dichtheid van 1,6 kilogram per cm^3 (perceel Gastel)
- Oud bouwland (enkeerdgrond) met een matig humeus doorwortelbaar dek van ongeveer 100 cm. Onder dit dek bevindt zich matig fijn zand waarin beworteling mogelijk is. De dichtheid van de ondergrond is minder dan 1,5 kilogram per cm^3 (perceel Leende).

Gewaseigenschappen in verband met droogtegevoeligheid

Bewortelingsdiepte. Reeds eerder is de bewortelingsdiepte genoemd als een belangrijke factor waardoor gewassen een periode met neerslagtekort kunnen overbruggen zodat schade door droogte beperkt blijft. Voedergewassen die in het onderzoek zijn opgenomen vanwege hun diepe beworteling zijn luzerne, tot enkele meters diep, en rietzwenkgras tot ruim één meter. Engels raaigras heeft de meest oppervlakkige beworteling, tussen 40 cm en 60 cm. De wortels van bieten, snijmaïs en triticale kunnen tot ongeveer 100 cm diepte water aan het profiel onttrekken. Uit waarnemingen bleek dat op het perceel te Gastel de bewortelingsdiepte tussen de gewassen weinig varieerde. Bovendien was er in de humusarme zandige ondergrond zeer weinig vocht beschikbaar. De bewortelingsdiepte varieerde tussen 35 en 50 cm. Op het perceel te Leende kwamen wel verschillen naar voren. Bij Engels raaigras werden beneden een diepte van 40 cm minus maaiveld slechts sporadisch wortels gevonden. Bij luzerne en in mindere mate rietzwenkgras werden er beneden 90 cm nog wortels gevonden. Uit wortelbeelden van luzerne te Westerhoven bleek dat luzernewortels tot 160 cm doordrongen in eenzelfde grondsoort als te Leende.

Groeiperiode. De periode van het jaar waarin gewassen potentieel kunnen produceren speelt een belangrijke rol bij de droogte-



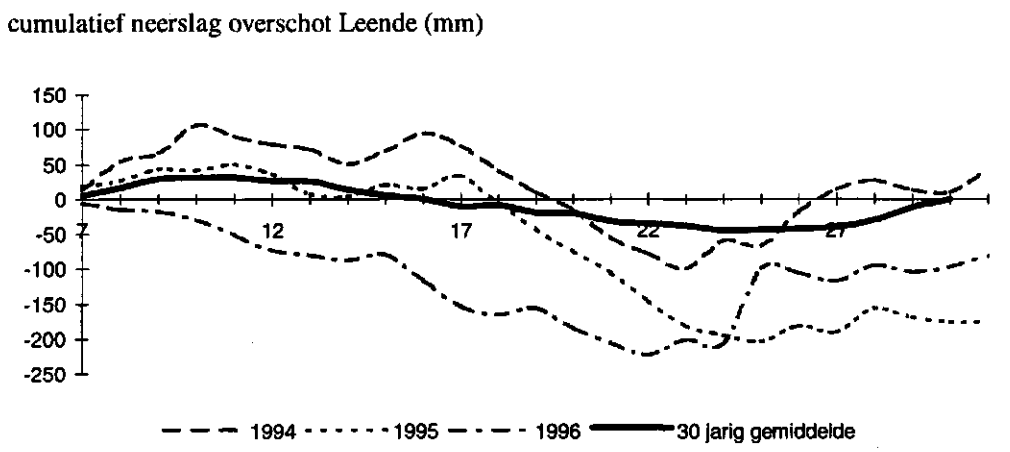
Ondiep doorwortelbare grond. Op een dergelijke grond in Gastel trad al na een week sterk drogend weer groeiremming op.

Tabel 1. Actuele gewasverdamping (mm) van 1 april tot 1 oktober van zes voedergewassen gemiddeld over 1995 en 1996 op twee proefvelden.

gewas	Gastel	Leende
Engels raaigras	370	415
rietzwenkgras	360	420
snijmaïs	312	280
luzerne	315	415
triticale + Italiaans raaigras	380	400
voederbiet	365	350

gevoeligheid van gewassen. De productie van meerjarige gewassen als grassen en luzerne begint vroeg in het voorjaar zo gauw de temperatuur stijgt tot waarden waarbij de productie op gang komt. Maïs en bieten worden vanaf half april gezaaid en hebben rond half juni de bodem met blad bedekt. Gunstige groei-omstandigheden tussen maart en juni worden door deze gewassen niet maximaal benut. Daarnaast kan met name gras tot de tweede helft van oktober groeien terwijl maïs eind september afrijpt. De groeiperiode van gras is ruim zeven maanden, die van maïs slechts drie en een halve maand. Een droge zomer heeft daarom een veel grotere impact op maïs dan op gras.

Wintergraan profiteert wel van een vroege start maar rijpt in juli al af. Wel zijn er na juli mogelijkheden om door een nagewas van de rest van het groeiseizoen te profiteren.
De lengte van het groeiseizoen heeft invloed op de totale gewasverdamping. Voor de gewassen is de totale verdamping weergegeven in tabel 1.
Uit de tabel 1 blijkt dat op minder droogtegevoelige grond (Leende) gewassen meer verdampen dan op zeer droogtegevoelige



Figuur 1. Neerslagtekort in 1994, 1995 en 1996.

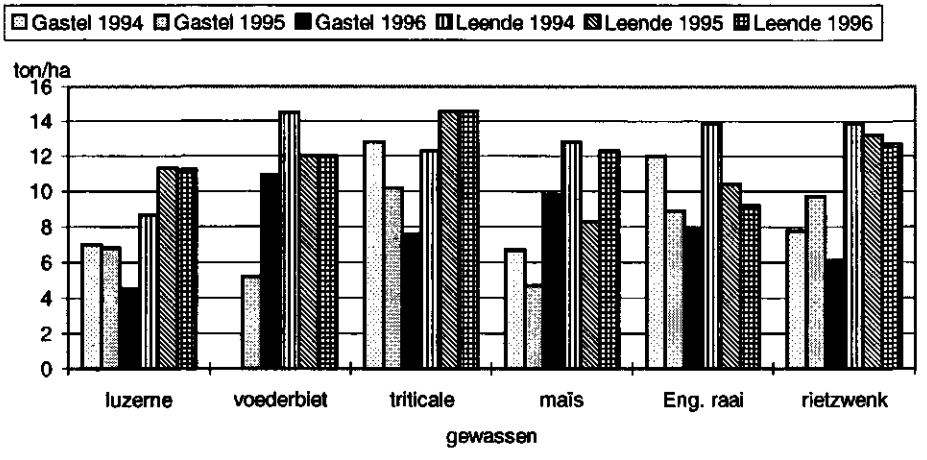
grond (Gastel). Snijmaïs heeft het kortste groeiseizoen en daardoor de laagste verdamping. Op zeer droogtegevoelige grond sterft luzerne bij droogte af waardoor de gewasverdamping laag is.

Vochtverbruiksefficiëntie. Met dit begrip wordt de hoeveelheid water bedoeld die het gewas moet verdampen om één kilo nuttige droge stof te produceren. Tussen gewassen treden grote verschillen op. Snijmaïs heeft met een verdamping van ongeveer 175 liter per kilogram droge stof het hoogste rendement. Wintergraan als GPS geoogst en voederbieten inclusief blad gebruiken ongeveer 200 - 225 liter per kilogram droge stof. Als het blad niet als nuttig product wordt meegerekend, is het vochtverbruik ongeveer 300 liter per kilogram droge stof. Grassen en luzerne gaan weinig efficiënt met water om. Deze gewassen verdampen respectievelijk 350-400 liter per kilogram droge stof.

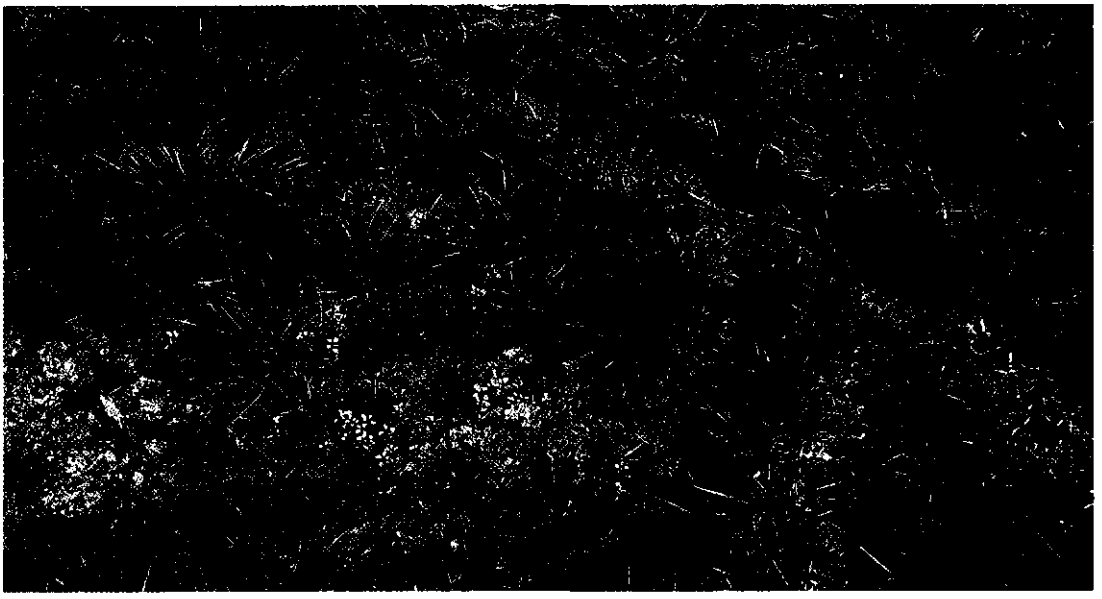
Neerslagtekort. De neerslagverdeling speelt een belangrijke rol bij het ontstaan van vochttekort. Het onderzoek werd in de jaren 1994 tot en met 1996 gedaan. In deze jaren trad er steeds een periode met een aanzienlijk neerslagtekort op (figuur 1).
In 1994 bereikte het neerslagtekort half augustus een maximum van ongeveer 150 mm. In 1995 bedroeg het maximum-neerslagtekort ruim 200 mm. Dit werd eind augustus bereikt. Het jaar 1996 had een zeer droog voorjaar. Half juni was het neerslagtekort al 150 mm, half juli ruim 200 mm en begin augustus werd het maximum van bijna 250 mm bereikt. De resultaten van dit onderzoek geven dus informatie over gewasreacties zowel vroeg als laat in het groeiseizoen.
Het gemiddelde van de drie jaren geeft evenwel geen gemiddeld beeld over een lange periode. De door AB-DLO uitgevoerde modelstudie geeft een beter beeld van het opbrenstniveau en de opbrengstvariatie die over een lage periode kan optreden (Aarts, 1998).

Opbrengstvariabiliteit

Om gewassen, die wat betreft groei en sa-



Figuur 2. Drogestofopbrengsten van de proefvelden te Gastel en Leende in de jaren 1994, 1995 en 1996.



Kweek en andere onkruiden krijgen meer kans bij verdroging van grasland. Scheuren is daardoor eerder nodig.

menstelling sterk verschillen, te kunnen vergelijken is een vergelijking van de drogestofopbrengst het meest voor de hand liggend. In figuur 2 zijn de totale drogestofopbrengsten van de gewassen weergegeven. Voederbietopbrengsten zijn inclusief loof en de opbrengst van triticale is inclusief een snede Italiaans raaigras in het najaar. De grassen zijn ruim met stikstof bemest, gebaseerd op 500 kg stikstof per jaar bij zes sneden. De grassen zijn alleen gemaaid. Praktijkopbrengsten waarbij zowel beweid als gemaaid wordt bij een lagere stikstofbemesting zijn ongeveer 15% tot 20% lager.
De opbrengsten van de gewassen op het perceel Gastel liggen steeds aanzienlijk onder de opbrengsten op de dieper doorwortelbare grond te Leende. Het verschil in bewortelbare diepte op de locaties is de oorzaak van de opbrengstverschillen. Het verschil in opbrengst tussen de twee proefplaatsen is voor het relatief ondiep wortelende Engels raaigras veel kleiner dan voor de veel dieper wortelende gewassen luzerne en rietzwenk gras. Ook bij maïs was het verschil in opbrengst tussen de twee proefplaatsen groot. Bij voederbieten speelde naast droogte ook een besmetting met rhizoctonia in Gastel in 1994 en 1995 een rol. In 1994 was de aantasting dermate ernstig dat er geen opbrengst kon worden bepaald. In 1995 werd de opbrengst wel bepaald.

In Gastel mislukte in de jaren 1994 en 1995 de nateelt van Italiaans raaigras door droogte. Desondanks waren de opbrengsten van triticale in die jaren hoger dan van de andere gewassen.
In 1996 bleef de opbrengst van triticale op zowel Gastel als Leende zeer laag door vochttekort in het voorjaar. Italiaans raaigras leverde in het najaar nog een snede van respectievelijk 2 en 3,5 ton per ha. Hierdoor was de totale drogestofopbrengst van triticale en Italiaans raaigras te Leende toch hoger dan die van de andere gewassen. In Gastel compenseerde de grassnede de lage triticale-opbrengst niet.

De verschillen in neerslaghoeveelheid en -verdeling zijn de belangrijkste oorzaak van opbrengstverschillen tussen de jaren. In 1994 en 1995, jaren met late droogte, hadden vooral maïs en bieten van droogte te lijden. In 1996 veroorzaakte het droge voorjaar een sterke groeiremming bij gewassen die het vooral van de productie in het voorjaar moeten hebben zoals triticale, de grassen en luzerne.

Luzerne en rietzwenkgras kennen na het zaaien een trage beginontwikkeling. Bij voorjaarsinzaai hebben deze gewassen in het jaar van inzaai respectievelijk 30% en 70% lagere opbrengst. Bij luzerne wordt waarschijnlijk bij jonge planten een relatief groot deel van de productie in wortels geïnvesteerd. Bij de bakkenproef op het AB-DLO bleek dat eerstejaars luzerne een hoger waterverbruik per kilo geproduceerde oogstbare droge stof had.

Gewaseigenschappen

Al eerder werd bewortelingsdiepte genoemd als een belangrijke factor om droge perioden te overbruggen. Daarnaast zijn ook de vochtverbruiksefficiëntie, het groeiseizoen en het vermogen na droogtestress te herstellen factoren die schade door droogte bepalen.

Als maat voor de efficiëntie waarmee planten met water omgaan, wordt de gewasverdamping ten opzichte van de oogstbare gewasproductie genomen; de zogenaamde transpiratiecoëfficiënt. Uit het veldonderzoek bleek dat er grote verschillen tussen gewassen bestaan. Snijmaïs en als gehele plant silage geoogste triticale verdampen per kilogram droge stof slechts ongeveer 200 liter water. Luzerne en grassen verdampen bijna twee maal zoveel voor dezelfde productie (tabel 2).
De berekeningen van het vochtverbruik uit opbrengstbepalingen in het veld en bepaling van het bodemvochtgehalte en de neerslag kwamen redelijk overeen met de onder geconditioneerde omstandigheden gemeten waarden uit de bakkenproef. Wel was opvallend dat de waarden die voor de zeer droogtegevoelige grond in Gastel werden berekend aanzienlijk hoger waren dan in Leende waar de droogteschade aanzienlijk minder was. In de bakkenproef werd juist weinig verschil in transpiratiecoëfficiënt gevonden tussen wel en geen droogte. Dit kan komen doordat bij sterk uitgedroogde grond in combinatie met een gewas dat ernstig van droogtestress te lijden heeft, vochtverliezen optreden door verdamping vanuit de bodem of wegzijging van water naar diepere bodemlagen via preferente stroombanen. Uit de waarnemingen in het veld is echter geen onderscheid te maken tussen deze verliezen en gewasverdam-

Tabel 2. De gewaseigenschappen: bewortelingsdiepte, transpiratiecoëfficiënt (mm per 10 ton droge stof), periode groeiseizoen en herstel na droogte van luzerne, Engels raaigras, rietzwenkgras, snijmaïs, triticale en voederbieten.

	bewortelingsdiepte (cm)	transpiratiecoëfficiënt (mm/10 ton DS)	groeiseizoen	herstel na droogte
luzerne	150	400	april-oktober	goed
Engels raaigras	40	350	maart-november	matig
rietzwenkgras	90	350	maart-november	matig
snijmaïs	90	190	juni-oktober	slecht
triticale	90	225	maart-juli	slecht
voederbieten (exclusief loof)	90	300	juni-november	goed

ping.
De periode waarin een gewas maximaal kan produceren, verschilt tussen de gewassen. Grassen hebben een lang groeiseizoen terwijl maïs een kort groeiseizoen heeft dat bovendien samenvalt met de periode dat de verdamping hoog is. Triticale heeft ook een kort groeiseizoen. Dit valt in een periode dat de kans op een neerslagtekort niet groot is. Grassen en luzerne ontsnappen vaak aan ernstige droogteschade omdat deze gedurende een relatief korte tijd van de beschikbare groeiperiode optreedt. Maïs en bieten worden in april gezaaid en hebben rond half juni het veld volledig met blad bedekt. In juli is de verdamping zeer hoog. Als neerslag dan uitblijft, treedt op gronden met een geringe vochtberging snel groeiremming op.

Herstel na droogte

Bij gewassen die zowel een vegetatief als een generatief stadium doormaken, geeft droogte bij de bloei, de overgang van het vegetatieve naar het generatieve stadium, onherstelbare schade aan het gewas. Dit komt tot uiting in een slechte korrelzetting in de kolf of de aar. Op de proefvelden varieerde bij maïs het kolfaandeel in de droge stof bij de eindoogst tussen 12% in Gastel 1995 en 60% in Leende 1994. Bij triticale varieerde het aaraandeel tussen 40% in Gastel 1994 en ruim 60% in Leende 1996. De reactie van droogte tijdens de bloei en korrelvulling is bij maïs dus veel sterker dan bij triticale.
Maaigewassen herstellen zich in het algemeen goed na een periode van droogtestress. Alleen als de droogte lange tijd aanhoudt en de zode bij grassen voor een belangrijk deel afsterft, herstelt het gewas zich langzaam en in sommige gevallen onvoldoende. Als gevolg van droogte stierf de graszode in 1994 en 1995 in Gastel in ernstige mate af. In 1994 herstelde de zode zich nadat deze gedurende twee weken voor meer dan 80% was afgestorven. In 1995 duurde de droogte langer en was de zode gedurende meer dan vier weken in ernstige mate verdroogd. Toen herstelde de zode niet zodat doorzaaien nodig



Door langdurige droogte sterft het loof van voederbieten bijna geheel af. Het gewas kan zich daarna weer goed herstellen, maar de bietenoogst valt dan vaak tegen.

was. Op de minder droogtegevoelige grond te Leende stierf Engels raaigras veel meer af dan rietzwenkgras. Door de diepere bewortteling is rietzwenkgras minder droogtegevoelig dan Engels raaigras.

Droogte en kwaliteit

In 1995 en 1996 is de kwaliteit, verteerbaarheid van snijmaïs, triticale, Engels raaigras rietzwenkgras en luzerne bepaald. Uit literatuur blijkt dat Engels raaigras iets beter verteerbaar is dan rietzwenkgras. De beperkte gegevens uit dit onderzoek lijken dit te bevestigen. Algemeen wordt aangenomen dat het oogststadium de kwaliteit van gras beïnvloedt. Bij een maaisnede waar dermate droogteschade optreedt dat blad afsterft en sterke groeivertraging optreedt, nemen verteerbaarheid en smakelijkheid af ten opzichte van een maaisnede bij goede vochtvoorziening. De variatie die tussen proefvelden optrad, kon echter niet worden verklaard uit de mate van opgetreden droogte. De gemiddelde VEM-waarde per kilogram droge stof van de twee proeven verschilde niet en bedroeg ongeveer 880 VEM per kg droge stof. Het stikstofgehalte van grassen en hiermee de eiwitopbrengst is hoger dan dat van de andere voedergewassen. Dit kan bij de keuze van het voedergewas een rol spelen. Ook bij snijmaïs en luzerne traden er slechts kleine verschillen in voederwaarde op tussen de twee proefvelden. Wel varieerde de voederwaarde van triticale vrij sterk tussen de jaren, namelijk tussen 715 en 890 VEM per kg droge stof. Ook hier is de variatie door de het beperkte aantal waarnemingen niet te verklaren als gevolg van droogte. De berekende VEM van luzerne en triticale zijn gemiddeld even hoog, ongeveer 800 VEM per kilogram droge stof.

De voederwaarde van snijmaïs was het hoogst, gemiddeld 960 VEM per kilo droge stof. Het kolfaandeel in de droge stof varieerde sterk van slechts 20% bij sterke droogte tot maximaal 60%. Bij een laag



Als droogte vanaf begin juli optreedt, kan sterke groeiremming bij maïs optreden. Triticale is dan oogstrijp en ontsnapt aan de droogte.

kolfaandeel was de VEM-waarde maximaal 5% lager dan bij een hoog kolfaandeel. Het zetmeelgehalte varieerde echter tussen 75 tot 318 gram per kilogram droge stof. Bij een laag kolfaandeel worden koolhydraten in blad en stengel en niet als zetmeel in de kolf opgeslagen. Hoewel de verteerbaarheid hierdoor gelijk blijft, speelt zetmeel een andere rol in de voeding dan suikers. Bij triticale varieerde het aaraandeel minder dan het kolfaandeel bij snijmaïs. Het aaraandeel bij droogte was minimaal 40% en maximaal 60%.
Met alle kanttekeningen bij de voederwaardebeoordeling en het beperkte aantal gegevens is het niet mogelijk deze op een verantwoorde wijze mee te wegen bij de afweging van de beste gewaskeuze. Bovendien is het onder droge omstandigheden belangrijker veel ruwvoer te produceren en staat kwaliteit van het geoogste product op de tweede plaats.

Stikstofbenutting en reststikstof in de bodem

De mate van droogte beïnvloedde de stikstofbenutting bij gras en maïs niet nadelig. Bij grassen werd bij lagere opbrengsten de bemesting per snede aangepast. Bij maïs was de stikstofbenutting op het proefveld met een betere vochtvoorziening zelfs slechter dan op het meest droogtegevoelige proefveld. Hier speelden verschillen in mineralisatieniveau tussen de percelen een rol zodat de vergelijking van stikstofbenutting tussen de twee locaties niet helemaal zuiver is.
Verschillen tussen gewassen en de neerslaghoeveelheid en -verdeling had wel duidelijk invloed op de rest-stikstof in het najaar. Grassen die een lang groeiseizoen hebben en vegetatief blijven, hebben de laagste hoeveelheid rest-stikstof in het najaar. Ook bieten blijven het hele groeiseizoen stikstof opnemen en hebben een lage hoeveelheid reststikstof in het najaar. Luzerne liet iets meer stikstof achter dan de grassen. De reststikstof na snijmaïs was verreweg het hoogst. Maïs neemt namelijk na de bloei nauwelijks stikstof op. Ook als de nateelt na triticale mislukte, waren bij dit gewas de stikstofhoeveelheden in het najaar hoog.
Een droog seizoen dat tot laat in het najaar voortduurt, zoals in 1995 optrad, gaf ook een sterke verhoging van de rest-stikstof. Ook na de droge winter van 1995/1996 waren de gehalten veel hoger dan in het voorjaar van 1994 en 1995.

Conclusies

Grond is droogtegevoelig als de hoeveelheid vocht die in het doorwortelbare deel van het profiel is opgeslagen, onvoldoende is om relatief korte perioden met een neerslagtekort te overbruggen en er geen aanvoer van vocht vanuit het grondwater naar de wortelzone optreedt.
Bij de gewaskeuze op droogtegevoelige grond is drogestofproductie belangrijker dan de kwaliteit van het ruwvoer. De gewaskeuze hangt af van de efficiëntie waarmee de beperkte hoeveelheid beschikbaar vocht in ruwvoeder wordt omgezet en de wijze waarop gewassen aan droogte weten te ontsnappen. Deze twee eigenschappen zijn verantwoordelijk voor de drogestofproductie en de oogstzekerheid. Voorts hangt de keuze van gewassen af van de mate van droogtegevoeligheid van die grond.

Op zeer droogtegevoelige gronden met een zeer beperkte doorwortelbaarheid, tot 35 cm, en een laag vochthoudend vermogen spelen verschillen in bewortelingsmogelijkheid tussen gewassen geen rol. Naast vochtbenuttingsefficiëntie zijn de maanden waarin de productie tot stand komt en het herstelvermogen van het gewas belangrijk.

Ondiep doorwortelbare grond
Op basis van deze eigenschappen is de gewasvolgorde voor ondiepe zeer droogtegevoelige grond:
triticale, Engels raaigras, rietzwenkgras, voederbieten, snijmaïs en luzerne.
Triticale scoort op alle punten beter dan de andere gewassen. De mogelijkheid van een nateelt verhoogt de oogstzekerheid in een voorjaar met een vochttekort waardoor de triticale-opbrengst laag is. Engels raaigras staat op de tweede plaats dankzij het lange groeiseizoen waardoor het gewas naast perioden van neerslagtekort ook profiteert van perioden met voldoende vochtvoorziening. De inefficiënte vochtbenutting en het risico van afsterving van de zode waardoor het grasland vaker moet worden vernieuwd, zijn de belangrijkste nadelen. De overige gewassen moeten het voornamelijk van hun diepe beworteling hebben. Op een ondiep doorwortelbaar profiel kunnen deze gewassen hier niet van profiteren.

Matig diep doorwortelbare grond
Nemen bewortelbare diepte en vochthoudend vermogen toe tot circa 50 cm en 15 mm per 10 cm dan verandert de gewasvolgorde als volgt:
triticale, snijmaïs, rietzwenkgras, Engels raaigras, luzerne en voederbieten.

Triticale blijft door bovengenoemde voordelen de beste keus. Door de toename van voor het gewas beschikbaar vocht stijgt de zeer vochtefficiënte maïs naar de op één na beste plaats en heeft rietzwenkgras voordelen boven Engels raaigras. Luzerne en voederbieten hebben ook op deze grond niet de voorkeur.

Diep doorwortelbare grond
Op diep doorwortelbare grond zonder grondwaterinvloed blijft triticale het meest oogstzeker, maar het verschil met snijmaïs wordt kleiner. Beide gewassen gaan efficiënt met vocht om. Luzerne en rietzwenkgras komen op een gedeelde derde plaats vanwege hun diepe beworteling. Voederbieten verdienen ook hier niet de voorkeur als de loofopbrengst niet wordt meegenomen. Engels raaigras scoort op deze grond lager dan de andere gewassen vanwege de ondiepe beworteling.
Dit onderzoek gaf aanwijzingen dat droogte invloed heeft op de levensduur van de graszode. De omstandigheden waarbij over- of doorzaaien na droogte nodig is, kunnen aan de hand van de resultaten echter onvoldoende worden gespecificeerd. Ook zijn er nog vragen over de rol van het zetmeelgehalte bij snijmaïs en triticale. Door droogte kan het zetmeelgehalte aanzienlijk variëren.

ECONOMIE VAN DROOGTE-TOLERANTE GEWASSEN

ing. J.M.A. Nijssen en ir. R. Schreuder, PR-Lelystad

Inleiding

Wanneer op droge zandgronden beregening niet mogelijk is, kan een veehouder besluiten om een deel van het land te gebruiken voor de teelt van droogte-tolerante voedergewassen. In dit hoofdstuk is gekeken naar het effect van de teelt van deze gewassen in bedrijfsverband. Dit betekent dat naast de ruwvoerproductie en de teeltkosten ook de invloed van die gewassen op bijvoorbeeld de voeding en mestproductie van het vee, de bemesting van de gewassen en de mineralenoverschotten is vastgesteld. Hierbij is gebruik gemaakt van diverse simulatiemodellen voor de voerproductie, het graslandgebruik en de bedrijfsvoering als geheel. Er is gerekend voor verschillende bedrijfsprofielen en met historische weersgegevens van vijf jaren. Op de doorgerekende bedrijven komt naast 40 of 60 procent grasland de teelt van één of twee voedergewassen voor. Er is gerekend met bedrijfsprofielen van 30 hectare, koeien met een melkproductie van 7500 kg per dier en een melkquotum van 14 of 19 ton per hectare.

Methode

Om de bedrijfssimulaties uit te voeren, is gebruik gemaakt van drie computermodellen.

- De groei van grasland en van voedergewassen is gesimuleerd met de eerder beschreven productiemodellen die ontwikkeld zijn door het AB-DLO. De modellen zijn gebaseerd op theoretische kennis en op gegevens uit de bakkenproef. Bovendien zijn de modellen gekalibreerd met behulp van de gegevens uit de veldproeven in Gastel en Leende.
- De groei van grasland is niet alleen afhankelijk van de productiecapaciteit zoals uit het groeimodel afkomstig, maar ook van het gebruik van het grasland. Wanneer bijvoorbeeld alleen gemaaid wordt, zal de drogestofopbrengst van grasland aanzienlijk hoger zijn dan bij een combinatie van beweiden en maaien. Bij beweiden wordt het gras in een jonger stadium benut, waardoor het minder lang van de optimale groeisnelheid kan profiteren. Bovendien treden bij beweiding meer verliezen op dan bij maaien. De interactie die plaats vindt tussen grasgroei en opbrengst afhankelijk van het gebruik wordt gesimuleerd in het door het PR ontwikkelde graslandgebruiksmodel GGB.
- Met het bedrijfsbegrotingsprogramma rundveehouderij BBPR wordt op basis van de technische resultaten uit de productiemodellen, aangevuld met overige gegevens, een geïntegreerde bedrijfsbegroting vastgesteld. Hierin is opgenomen een saldoberekening met opbrengsten, voerkosten en overige toegerekende productiekosten, een bemestingsbalans en een mineralenbalans volgens de MINAS-wetgeving. Ook de vaste kosten voor het bedrijf worden berekend. In het kader van deze studie zijn met name de kosten van ruwvoer- en mestopslag van belang.

Om te komen tot een beoordeling van de verschillende alternatieven ligt het voor de hand om de bedrijven met name te vergelijken op basis van het saldo van opbrengsten minus



Door een eenvoudige en relatief goedkope teeltwijze bij een goede opbrengstverwachting is triticale een alternatief voor maïs op droogtegevoelige grond.

toegerekende kosten, loonwerkkosten, kosten van mestafvoer en kosten van MINAS-heffing. In dat saldo zijn alle kosten die direct variëren met de bedrijfsopzet opgenomen. Wanneer in dit artikel wordt gesproken over saldo wordt dit gecorrigeerde saldo bedoeld.

Uitgangspunten

De voedergewassen zijn geëvalueerd door te kiezen voor verschillende bedrijfsprofielen. Deze profielen verschillen op de volgende onderdelen:

Bedrijfsopzet

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een bedrijf met 30 hectare cultuurgrond. Er is gerekend bij twee verschillende quotumintensiteiten, 14.000 en 19.000 kg melk per hectare. Het totale melkquotum bedraagt dan 420.000 respectievelijk 570.000 kg. De melkproductie per koe is 7.500 kg. Er zijn dan respectievelijk 56 en 76 koeien op het bedrijf. De kalveren en de pinken blijven het hele jaar op stal en worden gevoerd met geconserveerd ruwvoer. Bij de koeien wordt een beperkte beweiding toegepast. Naast vers gras wordt 6 tot 8 kilo droge stof uit snijmaïs bijgevoerd. De hoeveelheid bijvoeding varieert gedurende het seizoen, afhankelijk van het grasaanbod.

Gewassenkeuze

In de berekeningen is steeds naast gebruik van grasland een deel van de oppervlakte bestemd voor de teelt van de voedergewassen. In de helft van de berekeningen wordt 60 procent van de oppervlakte, ofwel 18 hectare, gebruikt als grasland. In de andere helft van de berekeningen is slecht 40 procent van het bedrijf in gebruik als grasland. Er zijn twee verschillende grassoorten geëvalueerd, Engels raaigras en rietzwenkgras. De resterende bedrijfsoppervlakte is in gebruik voor de teelt van droogte-tolerante voedergewassen. In tabel 1 is de verdeling van de oppervlakte over de voedergewassen in de berekeningen weergegeven. De oppervlakte voeder-

Tabel 1. Oppervlakteverdeling bij 18 hectare grasland en bij 12 hectare grasland.

gewassen	gras		maïs		luzerne		triticale + Ital. raaigras		voederbieten	
oppervlakte grasland	18	12	18	12	18	12	18	12	18	12
combinatie gewassen										
gras - maïs	18	12	12	18						
gras - luzerne	18	12			12	18				
gras - triticale	18	12					12	18		
gras - maïs - voederbieten	18	12	9	15					3	3
gras - maïs - luzerne	18	12	6	9	6	9				
gras - maïs - triticale	18	12	6	9			6	9		
gras - luzerne - voederbieten	18	12			9	15			3	3
gras - triticale - voederbieten	18	12					9	15	3	3
gras - luzerne - triticale	18	12			6	9	6	9		

bieten is in alle plannen beperkt tot 3 hectare omdat de totale oogst van een grotere oppervlakte meer zou zijn dan in de voeding van het vee benut kan worden.

Grondsoort

Er is gerekend met drie verschillende bodems:

- Een veldpodzolgrond. Dit is een zeer droogtegevoelige grond, vergelijkbaar met de bodem zoals die in Gastel wordt aangetroffen.
- Een eerdgrond met een relatief dun organisch dek. De bewortelingsdiepte van de gewassen kan beperkt worden door de dikte van de teeltlaag.
- Een eerdgrond met een dik organisch dek. Hierbij kunnen de gewassen beduidend dieper wortelen, wat de vochtvoorziening ten goede komt.

In de berekeningen is geen beregening toegepast. Alle gewassen zullen wat de groei betreft dus afhankelijk zijn van de natuurlijke vochtvoorziening. De gehanteerde bewortelingsdieptes voor de gewassen in de groeisimulaties zijn weergegeven in tabel 2.

Weerjaren

Er is gerekend met weersgegevens van vijf verschillende jaren, die zich onderscheiden in totale hoeveelheid neerslag in het groeiseizoen en de verdeling van de droogte binnen het groeiseizoen. De gekozen jaren zijn weergegeven in tabel 3.

Teelt- en oogstkosten

De teelt en oogstkosten van de verschillende voedergewassen verschillen aanzienlijk. In tabel 4 worden de jaarlijkse teeltkosten

Tabel 2. Bewortelingsdieptes in de groeisimulaties.

	Engels raaigras	rietzwenk	maïs	luzerne	triticale	Italiaans raaigras	voederbieten
veldpodzol	40	40	40	40	40	40	40
eerdgrond, dun dek	60	70	60	80	60	60	60
eerdgrond, dik dek	90	120	90	160	90	90	90

Tabel 3. Typering van de vochtvoorziening in diverse jaren.

jaar	typering
1987	gehele groeiseizoen nat
1992	gehele groeiseizoen normale vochtvoorziening
1995	voorjaar normaal, zomer droog
1996	voorjaar droog, zomer normaal
1976	heel groeiseizoen droog

Tabel 4. Jaarlijkse teeltkosten (gulden per ha).

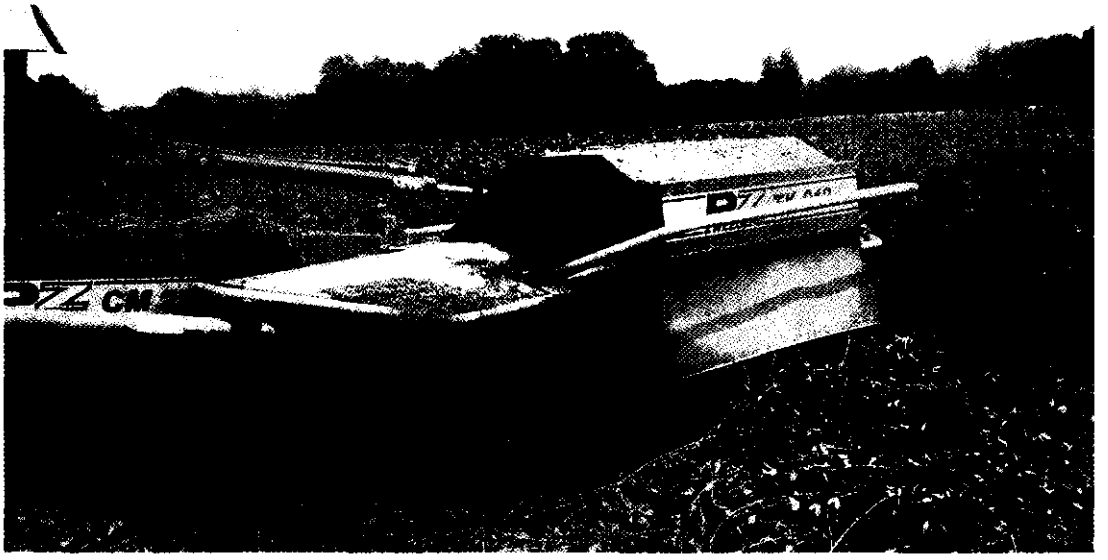
	gras	maïs	luzerne	triticale +Italiaans	voederbieten
zaaizaad	30	430	30	175 + 275	390
gewasbescherming	60	200	150	0	310
bemesting (niet NPK)	140	95	30	100	115
melasse bij inkuilen	0	0	30/ton ds	0	0

weergegeven. De teelt van gras en luzerne is meerjarig. Er hoeft dus niet elk jaar een grondbewerking plaats te vinden of opnieuw ingezaaid te worden. Hierdoor zijn de jaarlijkse kosten van zaaizaad relatief laag. Bij de teelt van triticale met Italiaans raaigras zijn de kosten van zaaizaad van beide gewassen vermeld. De kosten van gewasbeschermingsmiddelen hangen samen met de kosten van zaaizaad omdat juist na inzaai bestrijding van onkruiden plaatsvindt. Verder zijn er verschillen tussen de gewassen in kosten voor bemesting met kalk, kieseriet en dergelijke. Bij de oogst van luzerne wordt bovendien melasse toegevoegd.

In tabel 5 is de behoefte aan stikstof, fosfaat en kali van de gewassen weergegeven. Bij de stikstofbemesting van grasland wordt gewerkt volgens het maximale bemestingsadvies. Door de hoge quotumintensiteit moet zo veel mogelijk voer geproduceerd worden. De werkelijke stikstofgift hangt overigens af van het aantal sneden en van het gebruik (maaien of weiden) van het grasland. De fosfaat- en kalibehoefte van grasland wordt berekend afhankelijk van het aantal sneden, het gebruik (maaien of weiden) en de snedezwaarte bij maaien. Van de fosfaatbehoefte bij snijmaïs moet 30 kg worden gegeven met kunstmestfosfaat uit rijenbemesting bij het zaaien. Bij de teelt van triticale wordt de nasnede van Italiaans raaigras bemest met één drijfmestgift van 30 m^3.
De behoefte aan stikstof, fosfaat en kali wordt zoveel mogelijk gedekt uit de beschikbare drijfmest. Alleen tekorten aan een bepaalde meststof worden aangevuld met

Tabel 5. Bemestingsbehoefte (kg per ha).

	gras	maïs	luzerne	triticale +Italiaans	voederbieten
stikstof (N)	400	180	0	240 + 0	190
fosfaat (P_2O_5)	afhankelijk van	60 + 30	80	55 + 0	90
kali (K_2O)	gebruik	260	240	85 + 0	280
drijfmest				0 +30 m^3	



Alleen op diep doorwortelbare grond is de luzerne-opbrengst stabiel en voldoende hoog.

kunstmest.
In tabel 6 zijn de loonwerkkosten voor teelt en oogst van de gewassen weergegeven. Op grasland vindt incidenteel bestrijding van onkruid of emelten plaats. De kosten daarvan worden meegenomen onder de post graslandverzorging. Bij de teelt van gras en luzerne is de oogst per snede relatief goedkoop, maar er zijn meerdere sneden per jaar nodig waardoor de kosten stijgen. Wanneer na de teelt van triticale voldoende Italiaans raaigras groeit, worden daarvoor oogstkosten ingerekend. Bij de teelt van gras, luzerne en Italiaans raaigras wordt drijfmest met de zode-injecteur aangewend. Bij de teelt van maïs, triticale en voederbieten wordt drijfmest bovengronds aangewend en direct ondergeploegd.

Tabel 6. Loonwerkkosten (gulden per ha).

	gras	maïs	luzerne	triticale +Italiaans	voederbieten
graslandverzorging	20				
doodspuiten	55				
ploegen	250	250	250	250	250
frezen	220				
zaaiklaar maken	100	100	100	100	115
zaaien	200	185	200	200 + 200	150
spuiten onkruid	55	55	110	0	120
cultivateren		110	110	110	110
schoffelen					190
oogst + aanrijden	280 x	905	1.030	805 + 280	1400
	maai%		4 sneden		
mest uitrijden	8	4.50	8	4.50 + 8	4.50

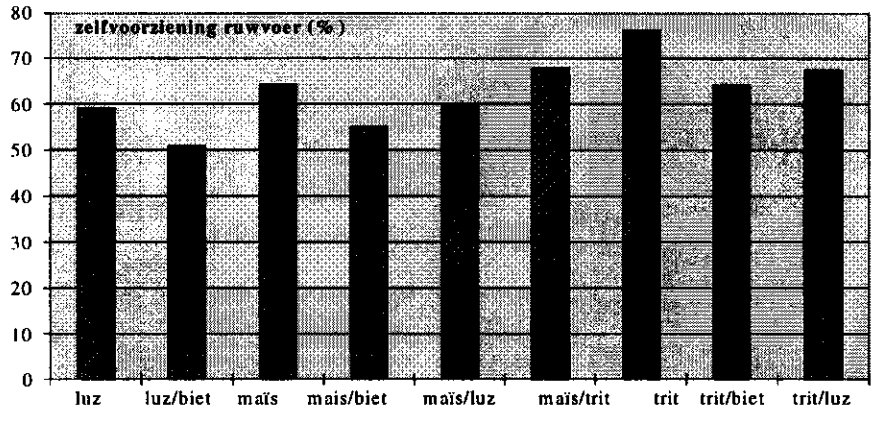
Resultaten

Gewasopbrengsten

In tabel 7 zijn de bruto gewasopbrengsten van de verschillende voedergewassen in de diverse jaren weergegeven. Om tot netto drogestofopbrengsten te komen, worden in de berekeningen oogstverliezen en conserveringsverliezen afgetrokken.
De opbrengst van het grasland is niet alleen afhankelijk van de grassoort, de bemesting, de bodem en de weersomstandigheden in een bepaald jaar, maar ook van het gebruik. In tabel 7 zijn de gemiddelde gegevens opgenomen van twee quotumintensiteiten en van bedrijfssituaties met 40 en 60 procent grasland.
Bij teelt van voederbieten zijn alleen de bieten zelf geoogst voor voederwinning. Het bietenblad blijft op het land achter.
Doordat het land bij de teelt van triticale vroeg vrijkomt, wordt in de berekeningen Italiaans raaigras als navrucht geteeld. In de berekeningen met triticale zijn de teeltkosten en bemestingskosten van Italiaans raaigras daarom opgenomen. Het gewas kan echter alleen geoogst worden voor voederwinning als er een juiste hoeveelheid droge stof beschikbaar is. De minimum-drogestofopbrengst voor oogst is gesteld op 1.000 kg. Wanneer 3.000 kg droge stof beschikbaar is, wordt het gewas geoogst voor voederwinning. Eventuele extra opbrengst wordt niet benut. Wanneer het Italiaans raaigras aan de opbrengsteisen voldoet, worden daarvoor oogstkosten ingerekend. De opbrengst wordt dan aan de kuilopbrengst van grasland toegevoegd en komt beschikbaar voor de voeding van het vee.
Bij voedergewassen gaat het niet alleen om de drogestofopbrengst. Ook de voederwaarde is van belang. In tabel 8 is de voederwaarde van de gewassen opgenomen. De voederwaarde van de voedergewassen is niet gekoppeld aan de drogestofopbrengsten omdat hierover onvoldoende gegevens bekend zijn. Bij gras is de voederwaarde van de kuil een gevolg van het vastgestelde graslandgebruik.

Zelfvoorziening ruwvoer

De hoeveelheid ruwvoer die op het bedrijf aangekocht moet worden, is afhankelijk van de eigen ruwvoerproductie en van de ruwvoerkwaliteit. De zelfvoorzieningsgraad geeft aan hoeveel procent van de behoefte aan



Figuur 1. Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer (%).

Tabel 7. Gemiddelde bruto drogestofopbrengst in verschillende jaren en op diverse gronden (kg droge stof per ha).

			grondsoort		
gewas	jaar	typering	veldpodzol	eerdgrond dun dek	eerdgrond dik dek
Engels raaigras	1987	nat	11 500	12 300	13 200
	1992	normaal	10 100	11 100	14 500
	1995	droge zomer	7 900	8 600	10 600
	1996	droog voorjaar	8 300	8 900	11 500
	1976	droog	5 700	6 100	8 600
rietzwenkgras	1987	nat	12 200	13 400	14 100
	1992	normaal	11 000	12 400	15 300
	1995	droge zomer	8 700	9 400	11 400
	1996	droog voorjaar	8 900	9 500	12 400
	1976	droog	6 100	6 800	9 100
luzerne	1987	nat	10 700	12 700	12 700
	1992	normaal	10 800	11 000	14 500
	1995	droge zomer	5 500	7 700	11 600
	1996	droog voorjaar	7 200	8 700	12 300
	1976	droog	5 800	7 400	10 800
snijmaïs	1987	nat	10 500	10 500	10 500
	1992	normaal	10 900	13 100	16 700
	1995	droge zomer	4 100	6 100	9 800
	1996	droog voorjaar	10 000	12 000	13 600
	1976	droog	6 800	8 700	12 200
triticale	1987	nat	14 000	16 300	18 400
	1992	normaal	10 200	12 000	14 900
	1995	droge zomer	10 900	13 500	15 100
	1996	droog voorjaar	6 900	9 100	11 700
	1976	droog	6 200	7 700	10 200
nateelt Italiaans	1987	nat	3 800	3 600	3 300
raaigras	1992	normaal	4 000	4 000	4 000
	1995	droge zomer	200	200	700
	1996	droog voorjaar	4 100	4 100	4 100
	1976	droog	1 400	1 300	1 300
voederbieten	1987	nat	13 000	13 600	13 700
alleen bieten,	1992	normaal	7 100	9 900	13 500
geen blad	1995	droge zomer	2 800	4 000	6 200
	1996	droog voorjaar	7 300	10 700	14 100
	1976	droog	4 500	5 400	8 100

ruwvoer geproduceerd wordt op het eigen bedrijf.

In figuur 1 is de zelfvoorzieningsgraad weergegeven van plannen met verschillende combinaties van voedergewassen. De gegevens zijn een gemiddelde over de vijf weerjaren, de drie grondsoorten, de situaties met relatief veel en weinig grasland, de twee

Tabel 8. Ruwvoerkwaliteit van voedergewassen.

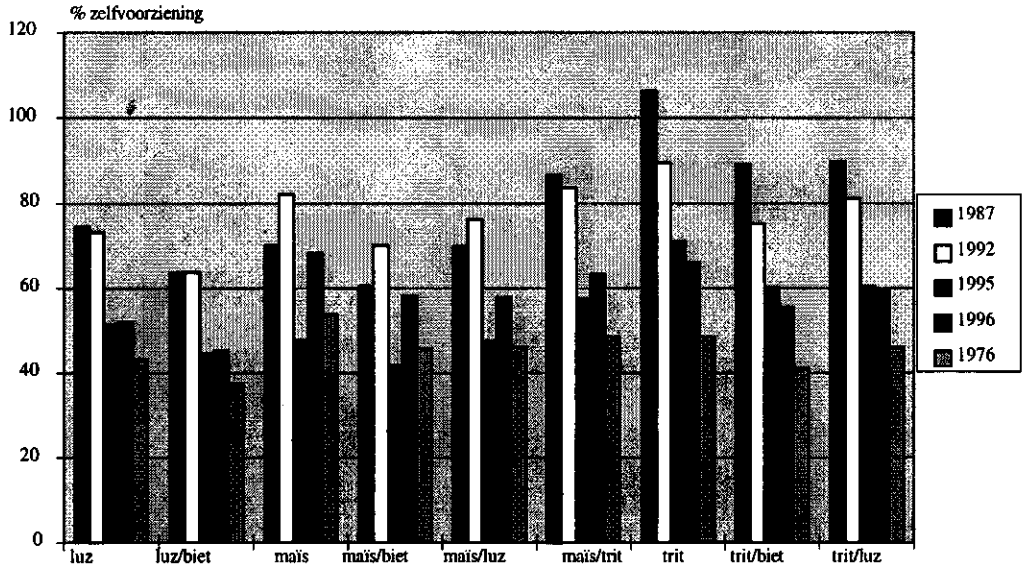
omschrijving	graskuil 1e snede	graskuil ov snede	luzerne	maïs	triticale	Italiaans raaigras	voeder-bieten
VEM-gehalte (VEM / kg ds)	945	868	800	909	850	825	1025
eiwitgehalte (gr DVE / kg ds)	79	73	48	47	31	68	74
OEB-gehalte (gr OEB / kg ds)	78	71	87	-25	-17	59	-51

grassoorten en de twee quotumintensiteiten. Alle gegevens zijn in dit gemiddelde even zwaar gewogen.

Uit figuur 1 blijkt dat de zelfvoorzieningsgraad in situaties met voederbieten lager is dan in situaties waarin hetzelfde voedergewas wordt geteeld maar dan zonder voederbieten. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat voederbieten als krachtvoervervanger worden gezien, en niet als ruwvoer. Verder valt op dat de zelfvoorzieningsgraad van plannen met triticale en een nasnede Italiaans raaigras bijzonder hoog is. De plannen met snijmaïs en luzerne blijven daarbij achter.

Figuur 2 geeft een overzicht van de zelfvoorzieningsgraad voor ruwvoer in de vijf berekende jaren. De staven zijn gerangschikt op vochtvoorziening, eerst het natte jaar 1987 dan vervolgens een 'normaal' jaar (1992), een jaar met een droge zomer (1995), met een droog voorjaar (1996) en een geheel droog jaar (1976).

De zelfvoorzieningsgraad van luzerne, triticale en bieten volgt de beschikbaarheid van de hoeveelheid vocht. In het natste jaar is de zelfvoorzieningsgraad het hoogst, in het



Figuur 2. Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer (%) in verschillende jaren.

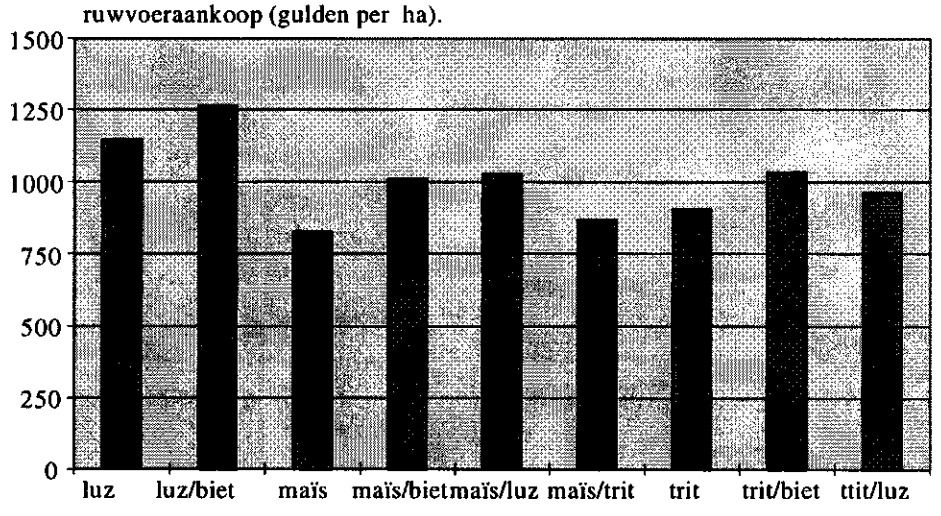
droogste jaar het laagst. Bij snijmaïs ligt de situatie anders. De zelfvoorzieningsgraad bij een nat jaar is lager dan bij een normaal jaar. In een nat jaar is er meer bewolking en minder licht. Juist snijmaïs heeft als C4-gewas last van dat lichttekort. In 1995, het jaar met de droge zomer, valt snijmaïs door de mand. De droge periode is samengevallen met de bloei en daardoor is de opbrengst van maïs erg laag.
Uit figuur 2 is ook het effect van de oogstzekerheid van de verschillende gewascombinaties af te leiden. Hiervoor is het verschil tussen de maximale en de minimale zelfvoorzieningsgraad maatgevend. Bij combinaties met voederbieten is de oogstzekerheid relatief groot. Van de plannen met slechts één voedergewas is het verschil tussen de hoogste en laagste zelfvoorzieningsgraad bij luzerne en maïs met respectievelijk 31 en 34 procent erg laag. Bij triticale is niet alleen de opbrengst erg hoog, maar ook het verschil tussen gunstige en ongunstige jaren is groot (een verschil van 58 procent zelfvoorziening tussen het gunstigste jaar 1987 en het ongunstigste jaar 1976). Bij teelt van triticale moeten dus meer uitschieters verwacht worden.

Ruwvoerkosten

De ruwvoerkosten op het bedrijf zijn een gevolg van het ruwvoertekort dat zich in bijna alle berekende bedrijfssituaties voordoet. De zelfvoorzieningsgraad ligt vrijwel steeds beneden de 100 procent.
De kosten van ruwvoeraankoop zijn weergegeven in figuur 3.

Krachtvoerkosten

Bij de berekening van de krachtvoerkosten speelt een aantal factoren een rol. De kwaliteit van het aangeboden ruwvoer bepaalt mede de opname van dat ruwvoer. Van ruwvoer met een hoge energie-inhoud wordt meer gevreten dan van ruwvoer met een lagere kwaliteit. De totale energie-opname bij mindere kwaliteit ruwvoer is daardoor beduidend lager dan bij goed ruwvoer. Er moet in dat geval extra krachtvoer gegeven worden. Ook de eiwit-inhoud van het ruwvoer



Figuur 3. Kosten ruwvoeraankoop (guldens per ha).

heeft invloed op de krachtvoerkosten. Wanneer ruwvoer met een lage eiwit-inhoud wordt verstrekt dan moet in verhouding meer eiwitrijk krachtvoer gegeven worden. Eiwitrijk krachtvoer is duurder dan standaard-krachtvoer met dezelfde energie-inhoud.
Figuur 4 geeft de hoeveelheid krachtvoer en de verdeling tussen de soorten krachtvoer weer.

In het rantsoen van de koe kan een deel van het krachtvoer worden vervangen door voederbieten. Dit is duidelijk terug te vinden in de krachtvoerkosten die bij de verschillende gewascombinaties gemaakt worden. De krachtvoerkosten bij een combinatie van een voedergewas met voederbieten zijn altijd lager dan die bij hetzelfde voedergewas zonder voederbieten. De kosten voor aankoop van krachtvoer zijn weergegeven in figuur 5.

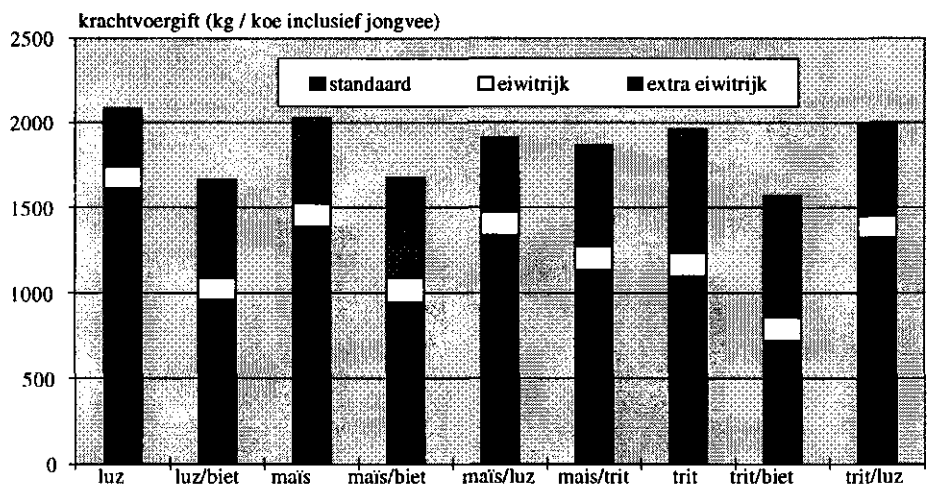
Teeltkosten

In figuur 6 zijn de totale teeltkosten opgenomen die bij de verschillende combinaties van voedergewassen gemaakt moeten worden. De bedragen zijn weergegeven inclusief de teeltkosten voor grasland. Het betreft kosten voor kunstmest (NPK en overige bemestingskosten zoals kalk), gewasbescherming, zaaizaad, grond- en hulpstoffen (zoals kuilplastic) en overige productgebonden kosten (zoals melasse dat wordt gebruikt bij de teelt van luzerne). Het maximale verschil tussen de diverse gewascombinaties bedraagt 100 gulden per hectare. De teelt van luzerne is relatief goedkoop. De teelt van voederbieten is relatief duur.

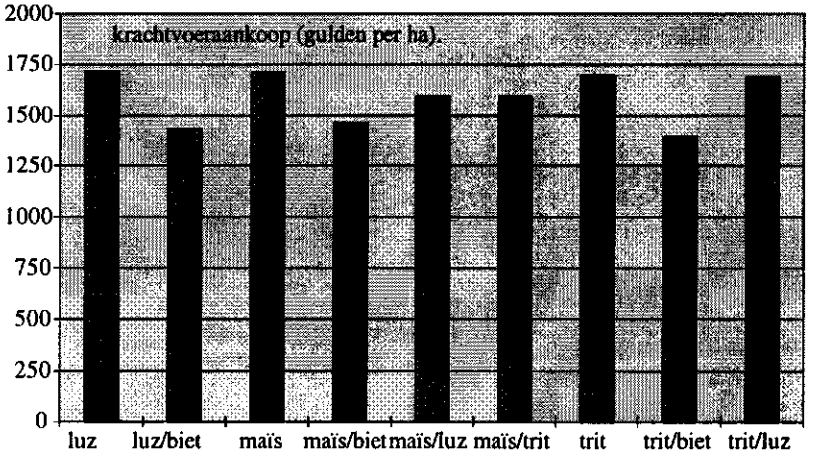
In de teeltkosten van triticale is ook zaaizaad voor de nasnede met Italiaans raaigras opgenomen.

Loonwerkkosten

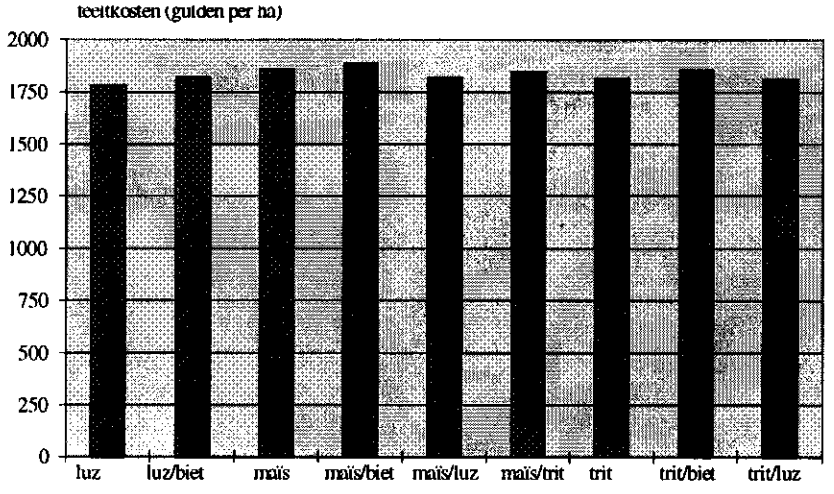
De loonwerkkosten zijn weergegeven in figuur 7. In de loonwerkkosten zijn niet alleen de kosten voor teelt en oogst van eigen ruwvoer opgenomen. Ook kosten voor oogst en inkuilen van aangekocht ruwvoer zijn meegenomen. Het maximale verschil in loonwerkkosten bedraagt ongeveer 300 gul-



Figuur 4. Krachtvoergift en verdeling tussen krachtvoersoorten.



Figuur 5. Kosten krachtvoeraankoop (gulden per ha).

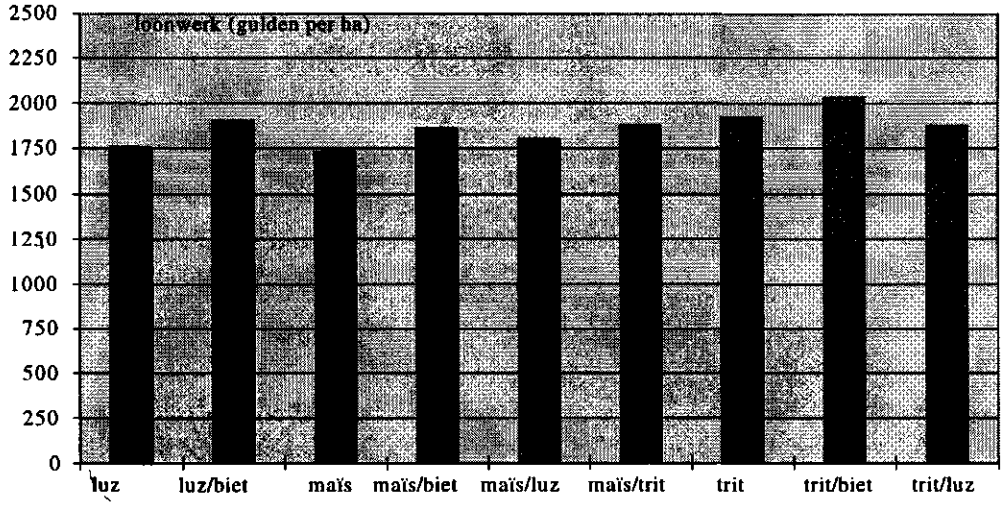


Figuur 6. Teeltkosten (gulden per ha).

den per hectare. Voederbieten hebben een duidelijk verhogend effect op de loonwerkkosten. De loonwerkkosten bij triticale zijn relatief hoog omdat ook de inzaai en oogst van de extra snede gras na de teelt van de triticale meegenomen worden.

Mestafvoer en MINAS heffing

In de berekeningen is de bemesting afgestemd op de maximale hoeveelheid fosfaat die onder MINAS gegeven mag worden. Hierbij is uitgegaan van de MINAS-normen



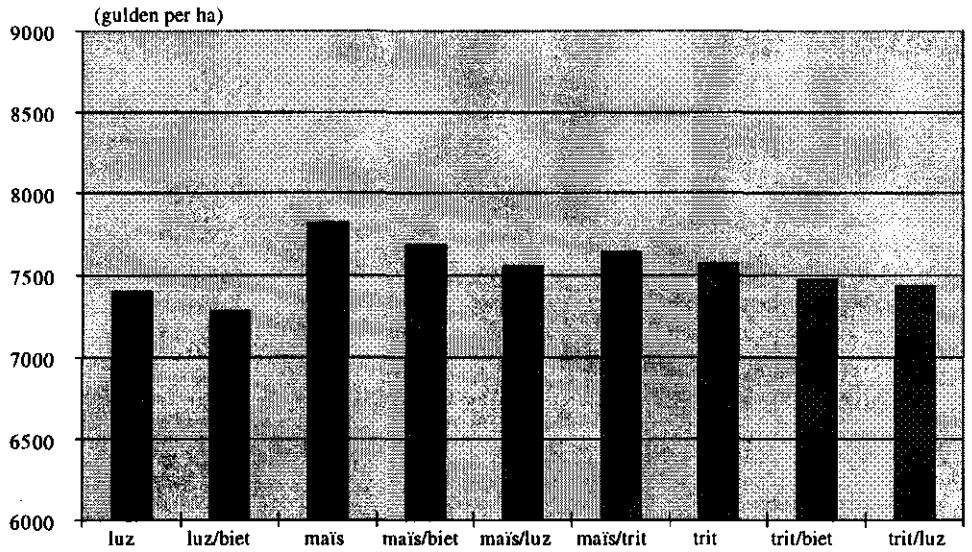
Figuur 7. Loonwerkkosten (gulden per ha).

voor de periode 2000 - 2001. Wanneer meer mest op het bedrijf aanwezig is, wordt dit afgevoerd tegen kosten van 15 gulden per m^3. Door deze strategie wordt ook de stikstofheffing voorkomen. De kosten van mestafvoer liggen in de gemiddelde situatie steeds tussen de 50 en 70 gulden per hectare.

Saldo minus loonwerkkosten, kosten van mestafvoer en MINAS-heffing

De keuze tussen de voedergewassen die een veehouder maakt zal uiteindelijk voor een belangrijk deel gebaseerd zijn op het totale economische effect van die keuze. De beste maatstaf voor vergelijking is daarom het saldo van opbrengsten minus toegerekende kosten, minus loonwerkkosten en minus kosten voor MINAS-heffing en mestafvoer. Wanneer in de verdere tekst het woord saldo gebruikt wordt, dan wordt steeds dat saldo bedoeld. In figuur 8 is het saldo weergeven voor alle gewascombinaties.

Het hoogste saldo wordt bereikt in de plannen met grasland en, als enig voedergewas, snijmaïs. Triticale gevolgd door een snede Italiaans raaigras komt als tweede gewas naar voren. Het saldo is dan 250 gulden per hectare bedrijfsoppervlakte lager. Het saldo van de combinatie van maïs en triticale ligt ongeveer 175 gulden per hectare onder teelt van alleen snijmaïs. De kosten voor de teelt van een snede Italiaans raaigras na afloop van de triticale-teelt zijn te hoog in verhouding tot de opbrengst van dat gras. Wanneer de nateelt met Italiaans raaigras achterwege zou blijven dan daalt de zelfvoorzieningsgraad van situaties met triticale iets. De voerkosten zullen dan iets stijgen. De kosten voor teelt (zaaizaad) en loonwerk (zaaien en oogsten) van het Italiaans raaigras dalen echter sterker, zodat het saldo zonder Italiaans raaigras toch gunstiger wordt. Snijmaïs en triticale komen dan ongeveer even hoog uit. Plannen waarin ook voederbieten zijn opgenomen, hebben steeds een saldo dat 130 gulden per hectare achterblijft bij het zelfde



Figuur 8. Saldo minus loonwerk, heffingen en mestafzet (gulden per ha).

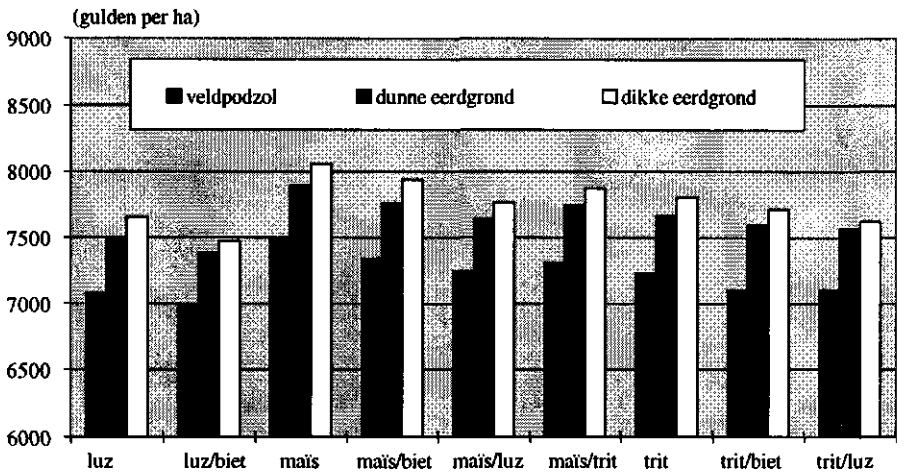
gewas zonder voederbieten. Kosten voor het voeren van de diverse producten zijn niet opgenomen in het saldo maar liggen bij voederbieten duidelijk hoger dan bij andere producten. De plannen met luzerne als voedergewas blijven duidelijk achter. Het verschil tussen de gunstigste situatie met gras en maïs en de ongunstige plannen met luzerne bedraagt ongeveer 400 gulden per hectare.

In figuur 9 is het saldo weergegeven waarbij onderscheid is gemaakt naar de verschillende grondsoorten. Gemiddeld over alle grondsoorten bleek snijmaïs het gunstigste gewas. Uit deze figuur blijkt dat dit op alle grondsoorten het geval is. De keuze van het gunstigste voedergewas wordt dus niet beïnvloed door de grondsoort. Het saldo op de zeer droge veldpodzol blijft ongeveer 500 gulden per hectare achter bij het saldo van de eerdgronden. Tussen de eerdgrond met een dun dek en die met een dik dek bedraagt het verschil in saldo ruim 130 gulden per hectare.

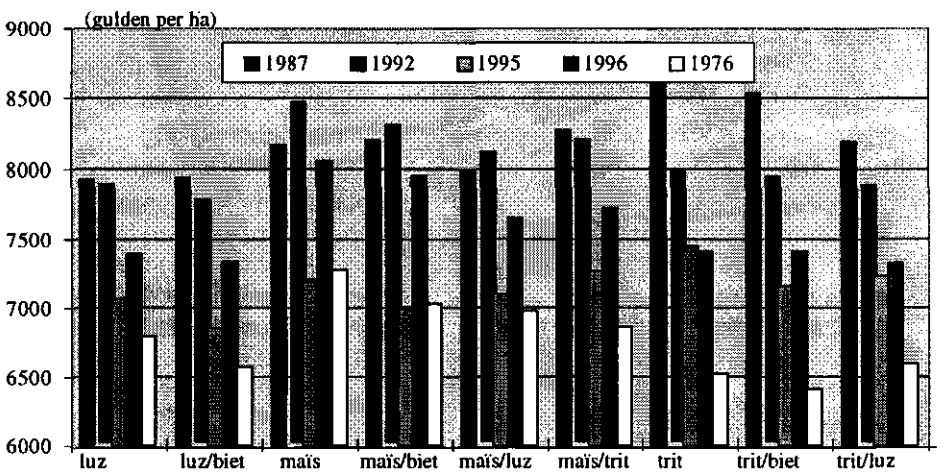
Figuur 10 geeft het saldo van de verschillende gewascombinaties in de vijf berekende jaren weer.
In het natte jaar 1987 is het saldo bij gebruik van triticale het beste. Maïs blijft dan net iets achter op triticale. Dit wordt veroorzaakt doordat natte jaren juist ook donkere jaren zijn. Maïs is een gewas dat juist veel licht nodig heeft. Het saldo bij teelt van luzerne is in 1987 juist relatief hoog.

Ook in het 'normale' jaar 1992 blijft het saldo van luzerne relatief hoog. Het saldo bij teelt van alleen maïs is in 1992 bijna 450 gulden per hectare beter dan in het natte jaar. Bij triticale is het saldo dan juist 600 gulden per hectare lager. Hierdoor komt het saldo van maïs in 1992 als beste uit de bus.

1995 was een jaar waarin de vochtvoorziening in het voorjaar vrij normaal was. De zomer was echter erg droog. In 1996 was het net andersom: een droog voorjaar en een re-



Figuur 9. Saldo minus loonwerk, heffingen en mestafzet (gulden per ha) per grondsoort.



Figuur 10. Saldo minus loonwerk, heffingen en mestafzet (gulden per ha) per berekend jaar.

delijk normale zomer. De reactie van de gewassen op deze weersomstandigheden is goed terug te vinden in het saldo. Snijmaïs heeft juist tijdens de bloei voor in de zomer voldoende vocht nodig om een kolf te kunnen maken. Het jaar 1995 was daarom voor snijmaïs slecht. In 1996 trad de droogte eerder op. Tijdens de kritieke periode in de zo-

mer was de vochtvoorziening echter goed. Maïs kon de slechte start van het voorjaar nog inhalen. Het saldo bij teelt van maïs als enigste voedergewas is in 1996 bijna 850 gulden per hectare hoger dan in de droge zomer van 1995. Bij triticale is de situatie beduidend anders. Door de vroege oogstdatum van triticale kan dat gewas een droge zomer helemaal ontwijken. Alleen de nasnede van Italiaans raaigras heeft te leiden van een droge zomer. De vochtvoorziening in het voorjaar is bij triticale veel belangrijker. Bij de teelt van triticale als enige voedergewas is het saldo in 1996 daarom zelfs bijna 50 gulden lager dan in 1995. Wanneer luzerne als enige voedergewas wordt geteeld bedraagt het verschil in saldo tussen 1996 en 1995 ongeveer 300 gulden per hectare.

In 1976, een jaar met zowel een droog voorjaar als een droge zomer, gaat het saldo bij alle voedergewassen flink onderuit. De bedrijfssituatie met snijmaïs als enige voedergewas geeft het gunstigste saldo. Triticale komt nu als slechtste gewas uit de bus.

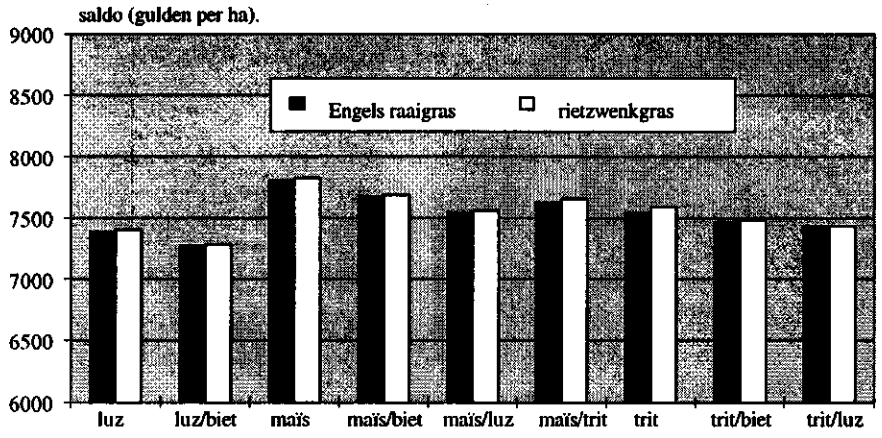
Tabel 9. Verschil in saldo minus loonwerk, heffingen en mestafzet (gld / ha) tussen het gunstigste jaar en het ongunstigste jaar.

gewascombinatie	bedrag
luzerne	1 070
luzerne / voederbieten	1 310
maïs	1 230
maïs / voederbieten	1 280
maïs / luzerne	1 110
maïs / triticale	1 330
triticale	2 000
triticale / voederbieten	2 040
triticale / luzerne	1 530

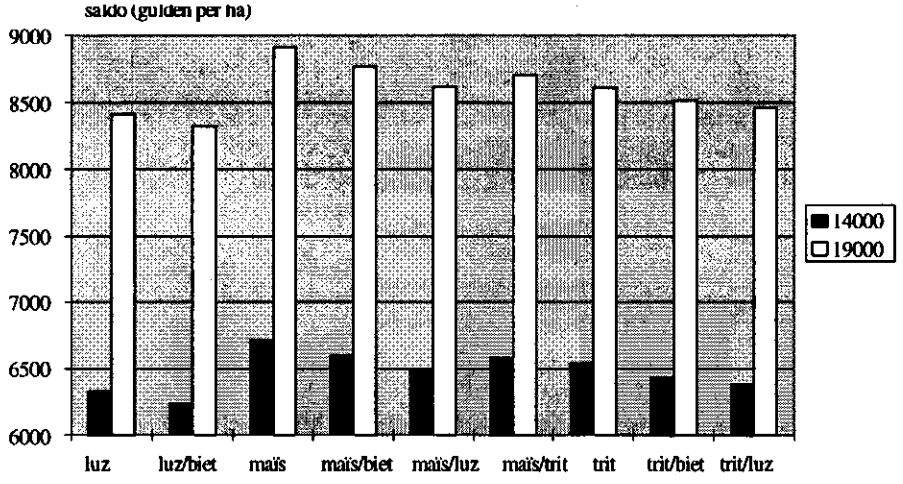
In tabel 9 is het verschil tussen het minimale en het maximale saldo van alle gewascombinaties tussen de verschillende jaren weergegeven. Het saldo bij de teelt van luzerne als enige voedergewas is weliswaar laag, maar wel het meest constant. Er is een verschil van 1070 gulden per hectare tussen het saldo van 1976 en dat van 1987. Bij snijmaïs is dat verschil 1230 gulden. Het grootste verschil vinden we bij triticale. Tussen 1976 en 1987 bestaat een verschil in saldo van precies 2000 gulden per hectare. Triticale kan dus zeer gunstige resultaten halen, maar ook zeer ongunstige resultaten.
De voordelen bij het gebruik van rietzwenkgras in plaats van Engels raaigras, zoals een betere standvastigheid bij droogte en de wat hogere drogestofopbrengst van oudere percelen worden bijna helemaal teniet gedaan doordat de inzaai van rietzwenkgras moeilijker slaagt. Zoals blijkt uit figuur 11 is het saldo bij gebruik van rietzwenkgras en Engels raaigras bij alle gewascombinaties vrijwel gelijk. Er is ook nauwelijks onderscheid tussen de grassoorten in de vijf berekende jaren. Ook de grondsoort heeft nauwelijks invloed op de keuze tussen de twee grassoorten. In de berekeningen doen rietzwenkgras en Engels raaigras het even goed.

In figuur 12 is het saldo weergegeven van bedrijfssituaties met een melkquotum van 14.000 en 19.000 kg melk per hectare. Tussen de twee groepen bestaat een groot verschil in saldo van gemiddeld 2.100 gulden per hectare. Tussen de twee quotumintensiteiten bestaat echter nauwelijks verschil in rangorde van de gewascombinaties. Bij beide quotumintensiteiten verlaagt de teelt van voederbieten het saldo. Wanneer slechts één voedergewas gekozen wordt, is luzerne het minst aantrekkelijk. Snijmaïs is bij beide quotumintensiteiten het gunstigste gewas.

Figuur 13 laat het saldo van de gewascombinaties zien bij 40 en 60 procent grasland op het bedrijf. Het saldo bij 60 procent grasland en 40 procent voedergewassen is steeds wat hoger dan bij 40 procent gras en 60 procent voedergewassen. De extra kosten die bij de teelt van voedergewassen worden gemaakt

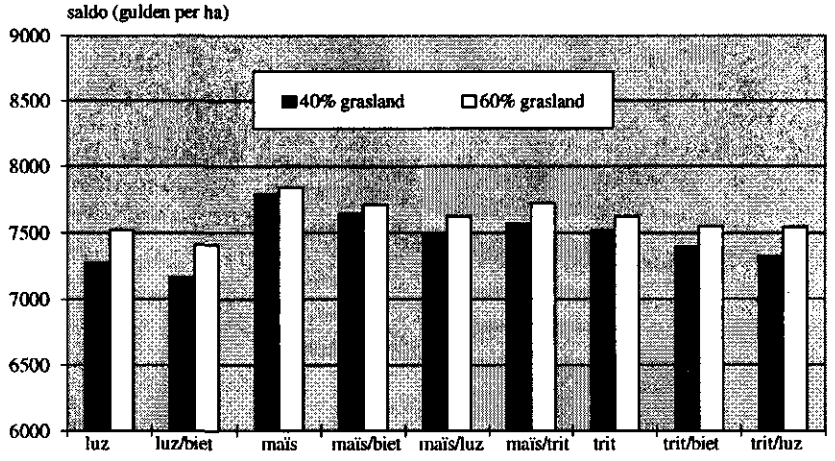


Figuur 11. Saldo minus loonwerk, heffingen en mestafzet (gulden per ha) per grassoort.



Figuur 12. Saldo minus loonwerk, heffingen en mestafzet (gulden per ha) per melkquotum.

drukken het saldo. Dit wordt voor een deel goed gemaakt door verschillen in opbrengst en kwaliteit. Bij luzerne blijft de opbrengst en kwaliteit wat achter. Ondanks het gunstige effect van luzerne op de voeropname blijft dat gewas achter. Dit wordt met name veroorzaakt door de hogere krachtvoerkosten. Daarom is het juist bij luzerne gunstig om een groter aandeel grasland te kiezen. Op dikke eerdgrond doen de voedergewassen het



Figuur 13. Saldo minus loonwerk, heffingen en mestafzet (gulden per ha) per aandeel grasland.



Met het voeren van bieten zijn extra kosten gemoeid. Deze zijn niet in de saldoberekeningen meegenomen.

relatief beter. Op die grond is het daarom (behalve bij luzerne) gunstiger om een kleiner aandeel grasland te kiezen.

Conclusies

- Snijmaïs is het gunstigste gewas, op alle drie gronden waarvoor berekeningen zijn uitgevoerd. Triticale met een nateelt van Italiaans raaigras is de tweede keuze. Zonder de nateelt van Italiaans raaigras zijn de saldi bij teelt van maïs en triticale ongeveer gelijk.
- Gebruik van voederbieten leidt in alle gewascombinaties tot een verlaging van het saldo met gemiddeld 130 gulden per hectare.
- Het saldo bij de teelt van luzerne blijft ruim 500 gulden per hectare achter op het saldo van maïs en/of triticale.
- De nateelt van Italiaans raaigras bij de teelt van triticale heeft een negatief effect op het saldo. De kosten voor de teelt en oogst zijn veel hoger dan de opbrengst van een snede kuilgras.
- Uit oogpunt van risicospreiding is een combinatie van gebruik van grasland voor beweiding en de teelt van snijmaïs en triticale (zonder nateelt) als voedergewassen op droge zandgronden de beste keuze.
- De oogstzekerheid bij luzerne is het grootst van alle berekende gewascombinaties. Het verschil in saldo tussen een droog jaar en een jaar met gunstige vochtvoorziening bedraagt 1.070 gulden per hectare. Ook snijmaïs is een behoorlijk oogstzeker gewas met een verschil in saldo tussen een droog jaar en een gunstig jaar van 1.230 gulden per hectare. De oogstzekerheid van triticale blijft daar ver bij achter met een verschil van 2.000 gulden tussen een droog jaar en een gunstig jaar.
- De rangorde in de keuze van voedergewassen wordt niet beïnvloed door de gebruikte grondsoort.
- Het saldo op een zeer droge veldpodzol is gemiddeld ongeveer 500 gulden hoger dan dat op een eerdgrond. Het saldo op een dikke eerdgrond ligt ongeveer 130 gulden per hectare hoger dan het saldo op een dunne eerdgrond.
- Er bestaat nauwelijks verschil in saldo tussen de twee berekende grassoorten, rietzwenkgras en Engels raaigras. Ook is er nauwelijks invloed van de grondsoort of het neerslagpatroon op deze keuze.
- De quotumintensiteit op het bedrijf heeft een belangrijke invloed op de hoogte van het saldo, maar nauwelijks op de keuze van de voedergewassen. Bij een quotum van 14.000 kg melk per hectare is het saldo van triticale 60 gulden per hectare hoger dan dat van maïs. Bij een quotum van 19.000 kg melk per hectare heeft snijmaïs een 60 gulden hoger saldo per hectare dan triticale.
- Op een droge veldpodzol en een dunne eerdgrond doet gras het toch relatief goed. Het saldo bij 40 procent grasland is dan respectievelijk 200 en 160 gulden per hectare hoger dan bij 60 procent grasland. De voedergewassen profiteren meer van een betere vochtvoorziening dan grasland. Bij een dikke eerdgrond is het saldo bij 40 procent voedergewassen lager dan bij 60 procent voedergewassen. Alleen het saldo met gebruik van luzerne is hierop een uitzondering.

EFFECT VAN TEELT VERSCHILLENDE VOEDERGEWASSEN OP DE REGIONALE WATERHUISHOUDING

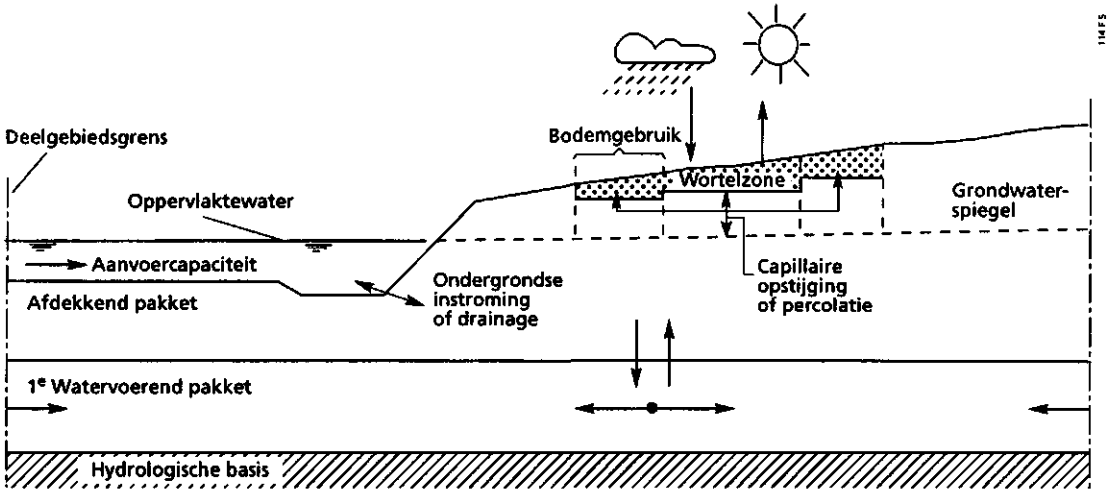
ing.J.J. Stolte, ir. M.J.D. Hack-ten Broeke, ir. A.A. Veldhuizen, SC-DLO, Wageningen

Inleiding

Het SC-DLO heeft onderzoek gedaan naar de effecten van de teelt van verschil in voedergewassen op de regionale waterhuishouding voor het gebied Beerze-Reusel. Het regionaal hydrologisch model SIMGRO is in dit gebied toegepast voor een zestal landgebruikscenario's.

Het studiegebied omvat het volledige stroomgebied van de Beerze en de Reusel (Van der Bolt et al., 1996). De stroomgebieden liggen in een zwak golvend Brabants dekzandgebied. Het studiegebied is gelegen binnen een veel groter regionaal grondwaterstromingssysteem. De hooggelegen Kempen fungeren als intrekgebied. De grondwaterscheiding valt samen met de topografische waterscheiding. SIMGRO (Veldhuizen, 1998) is een regionaal niet-stationair grondwaterstromingsmodel waarin behalve de grondwaterstroming ook de bodemvochtbeweging in de onverzadigde zone en de interactie met het oppervlaktewatersysteem wordt berekend. Daartoe beschrijft het model de hydrologische processen in een gebied volgens figuur 1.

Voor een keuze van scenario's is een keuze gemaakt uit scenario's die volgens verwachting een maximaal effect hebben op de regionale waterhuishouding en scenario's die door de landbouwpraktijk daadwerkelijk geïmplementeerd kunnen worden. Deze laat-



Figuur 1. Schematisering van de waterhuishouding in een deelgebied volgens SIMGRO (Querner en Aarnink, 1997).

ste scenario's zijn getoetst aan vertegenwoordigers van het landbouwbedrijfsleven tijdens een bijeenkomst van de klankbordgroep. De eerste groep scenario's is gebaseerd op resultaten van kasproeven zoals die in het kader van dit project zijn uitgevoerd (Smid, 1998). Daarnaast is een scenario gedefinieerd dat tot stand is gekomen naar aanleiding van de economische studie (Nijssen, 1998) en is in bedrijfseconomisch opzicht de meest optimale bedrijfsvoering bij geen beregening. Specifieke gewasgegevens die nodig waren voor de berekening zijn gehaald uit de kasproeven en berekende verdampingcijfers zijn getoetst aan gemeten verdamping uit de kasproeven en veldproeven (Van der Schans, 1998).

Scenario-beschrijvingen

Van de scenario's 1 en 2 wordt verondersteld dat deze het meest consumptief zijn wat betreft waterverbruik. Het volledige landbouwareaal bestaat in deze scenario's uit gras. Het verschil tussen de scenario's is het gebruikte grasras. Scenario 1 bestaat uit Engels raaigras en scenario 2 uit rietzwenkgras. Onderscheid tussen deze rassen is gemaakt omdat rietzwenkgras dieper wortelt (en dus in potentie meer water verbruikt) dan Engels raaigras. Als maat is aangenomen dat rietzwenkgras 10 cm dieper wortelt dan Engels raaigras.

In scenario 3 bestaat het volledige landbouwareaal uit het gewas dat over een groeiseizoen gezien het zuinigst met water omgaat. Tijdens de proeven, uitgevoerd in een kas (Smid, 1998) is van verschillende gewassen de verdamping gemeten. Hieruit blijkt dat maïs het zuinigst met water omgaat, doordat maïs een relatief kort groeiseizoen heeft.

In de scenario's 4 en 5 wordt rekening gehouden met de praktijk van de rundveehouderij bedrijven. In deze scenario's worden zowel gras als akkerbouwmatige gewassen geteeld. Onderscheid wordt gemaakt naar nattere en drogere delen binnen het studiegebied. Onder droog worden de gebieden verstaan met een GHG dieper dan 40 cm-mv. Scenario 4 bestaat voor het droge deel uit 40% gras (ER) en 60% maïs en voor het natte deel uit 60% gras (ER) en 40% maïs. Scenario 4 benadert de huidige landbouwpraktijk. Voor scenario 5 geldt hetzelfde, alleen wordt hier voor het droge deel 40% maïs en 20% triticale geteeld. Van deze scenario's wordt verwacht dat ze in de praktijkvoering kunnen worden ingepast.

Scenario 6 is het scenario dat in de economische studie een gunstig resultaat voor de bedrijfsvoering oplevert. Dit scenario is vergelijkbaar met de scenario's 4 en 5 en bestaat in de droge gebiedsdelen voor 40% uit gras, 30% uit maïs en 30% uit triticale. Het natte gebiedsdeel bevat 60% gras, 20% maïs en 20% triticale. Voor de triticale geldt dat er een nagewas gras geteeld wordt. Het resultaat van dit scenario op de regionale waterhuishouding wordt vergeleken met scenario 4 (wat de huidige praktijk het dichtst benadert).

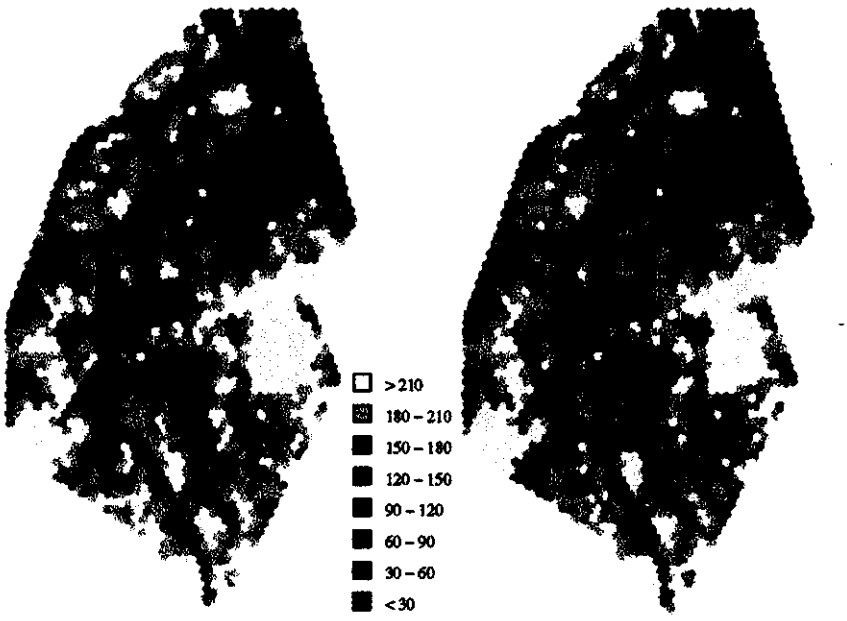
In tabel 1 zijn de gebruikte scenario's samengevat.

Resultaten

Over een periode van 30 jaar zijn grondwaterstand, kwel en gewasverdamping berekend voor de verschillende scenario's. De presentatie van de gegevens in dit artikel is gebaseerd op het laatste jaar van de rekenreeks (1996). In figuur 2 zijn de grondwaterstanden van het Engels raaigras- en maïsscenario weergegeven voor het studiegebied op 1 oktober 1996. In figuur 3 is het verschil

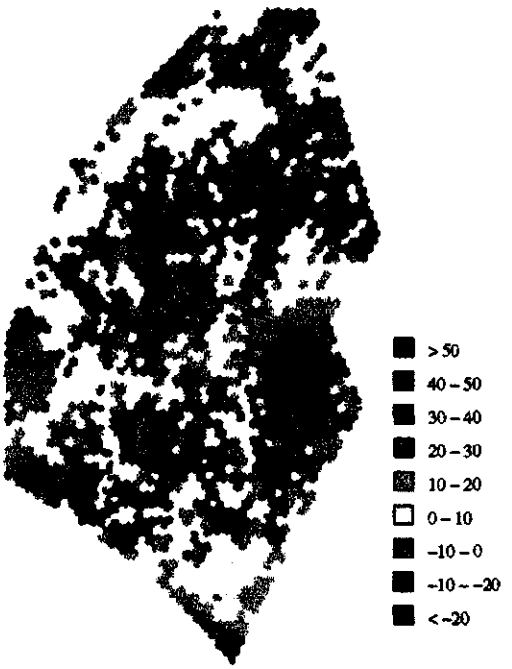
Tabel 1. Overzicht van landinrichtings-scenario's gebruikt om de effecten te berekenen op de regionale waterhuishouding.

scenario	naam	omschrijving
1	Engels raaigras	100% Engels raaigras
2	rietzwenkgras	100% rietzwenkgras
3	maïs	100% maïs
4	Engel raaigras/maïs	droge gebiedsdeel: 40% Engels raaigras + 60% maïs natte gebiedsdeel: 60% Engels raaigras + 40% maïs
5	Engels raaigras/maïs/triticale	droge gebiedsdeel: 40% Engels raaigras + 40% maïs + 20% triticale natte gebiedsdeel: 60% Engels raaigras + 40% maïs
6	economisch scenario	droge gebiedsdeel: 40% Engels raaigras + 30% maïs + 30% triticale + nagewas gras natte gebiedsdeel: 60% Engels raaigras + 20% maïs + 20% triticale + nagewas gras



Figuur 2 Berekende grondwaterstanden (cm - mv) op 1 oktober 1996 voor het Engels raaigras-scenario (links) en het maïs-scenario (rechts).

in grondwaterstand weergegeven tussen deze twee scenario's. In de droge gebieden kan het verschil oplopen tot meer dan 50 cm diepere grondwaterstand bij het Engels raaigras-scenario, terwijl in de nattere deelgebieden juist het maïs-scenario diepere grondwaterstanden kan opleveren (tot meer dan 20 cm). In tabel 2 zijn de verhoudingen

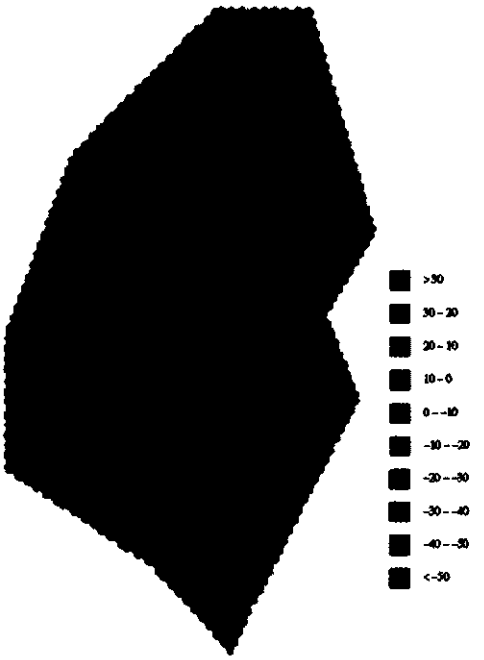


Figuur 3. Verschil in grondwaterstand (cm) op 1 oktober 1996 tussen het Engels raaigras- en maïs-scenario. Negatief (groen) is lagere grondwaterstand voor maïs scenario.

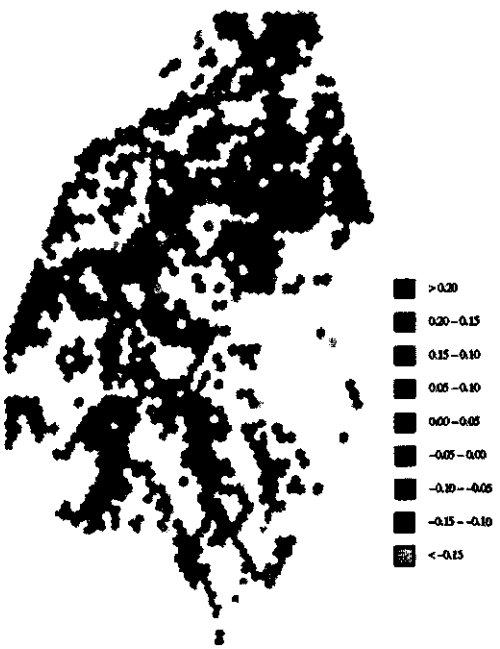
Tabel 2. Procenteule bijdrage van de grondwaterstand-verschillen tussen het Engels raaigras- en maïs-scenario.

verschil grondwaterstand	procentuele bijdrage
>50	1,4
40-50	1,7
30-40	4,9
20-30	8,1
10-20	15,0
0-10	35,7
-10-0	24,5
-20-10	8,4
<20	0,3

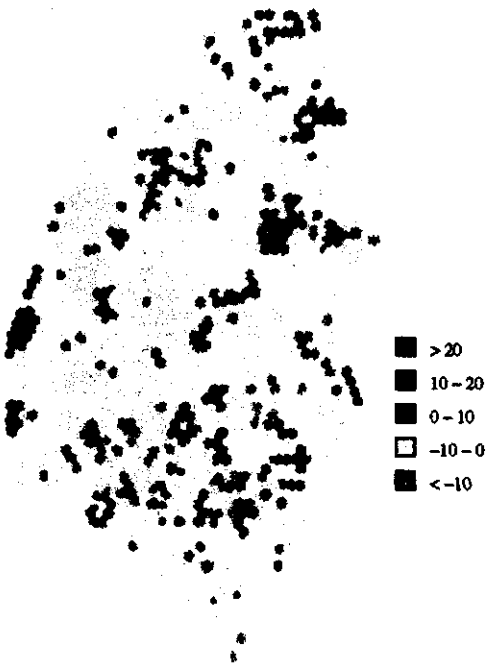
van de verschillen in grondwaterstand vermeld. Uit de tabel blijkt dat ruim 60% van de verschillen ligt tussen −10 cm en 10 cm, en dat ruim 30% van de verschillen groter is dan 10 cm (lagere grondwaterstand voor het Engels raaigras-scenario). De oorzaak van de verschillen moet worden gezocht in het verschil in waterverbruik per gewas per regio, wat zich uit in verschil in gewasverdamping. Het verschil in gewasverdamping tussen beide scenario's is te zien in figuur 4. Hieruit blijkt dat in het algemeen de gewasverdamping voor het Engels raaigras-scenario hoger is dan voor het maïs-scenario (volgens verwachting), maar dat er ook gebieden zijn waar de gewasverdamping van maïs hoger is. Dit is te verklaren door het verschil in kwel (figuur 5). Hier zijn gebieden te zien waar een hogere kwel voor het maïs-scenario optreedt. Dit wordt verklaard doordat op de hogere delen van het gebied maïs minder water verbruikt dan gras, waardoor er op de lagere delen meer water omhoog kan komen (communicerende vaten). Als nu het gras niet optimaal kan verdampen door vochtgebrek, en maïs wel door z'n diepere beworteling en hogere kwel, ontstaat de situatie dat maïs een hogere verdamping vertoont. Dit leidt tot een lagere grondwaterstand voor maïs in betreffend gebied. Dat is te zien in figuur 3 in de natte deelgebieden.
Het verschil tussen de Engels raaigras/maïs- en Engels raaigras/maïs/triticale-scenario's



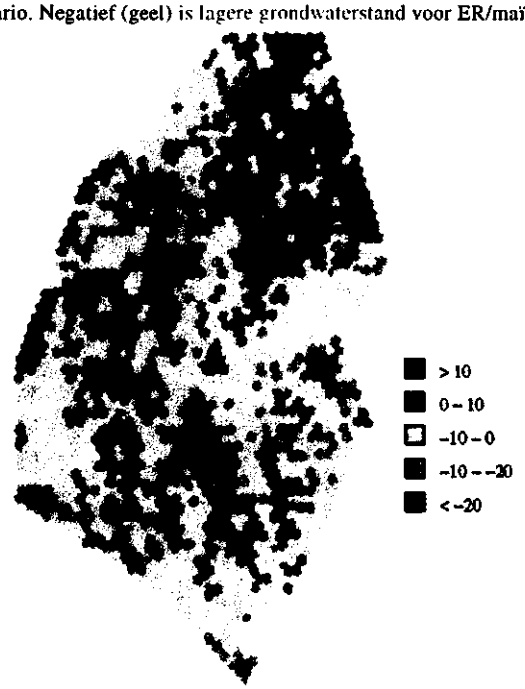
Figuur 4. Verschil in cumulatieve gewasverdamping (cm) op 1 oktober 1996 tussen het Engels raaigras- en maïs-scenario. Negatief (groen) is lagere gewasverdamping voor het maïs-scenario.



Figuur 5. Verschil in kwel (mm/d) op 1 oktober 1996 voor het Engels raaigras- en maïs-scenario voor de kwelgebieden van het Engels raaigras-scenario. Positief (donker) is hogere kwel voor het Engels raaigras-scenario.



Figuur 6. Verschil in gronwaterstand (cm) op 1 oktober 1996 tussen het Engels raaigras/maïs- en Engels raaigras/maïs/triticale-scenario. Negatief (geel) is lagere grondwaterstand voor ER/maïs/triticale.



Figuur 7. Verschil in grondwaterstand (cm) op 1 oktober 1996 tussen het Engels raaigras/maïs- en het bedrijfseconomisch scenario. Negatief (geel oranje) is lagere grondwaterstand voor het bedrijfseconomisch scenario.

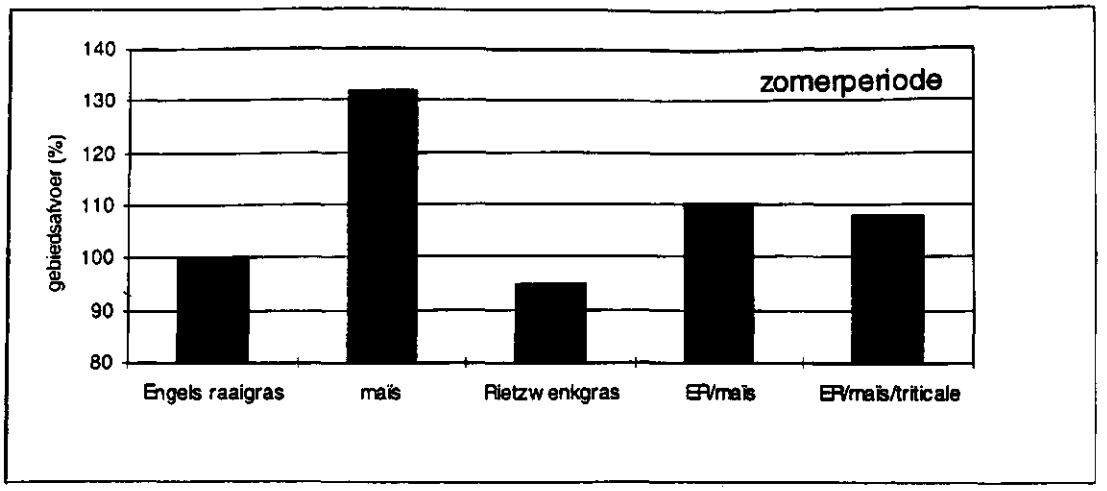
voor de grondwaterstand is te zien in figuur 6.
Hieruit blijkt dat het verschil tussen deze twee scenario's relatief klein is (hoofdzakelijk tussen 0 en 10 cm). Er wordt vanuit gegaan dat het Engels raaigras/maïs-scenario een goede weergave van de huidige praktijk is. Het verschil in grondwaterstand tussen het Engels raaigras/maïs-scenario en het bedrijfseconomisch-scenario is weergegeven in figuur 7.

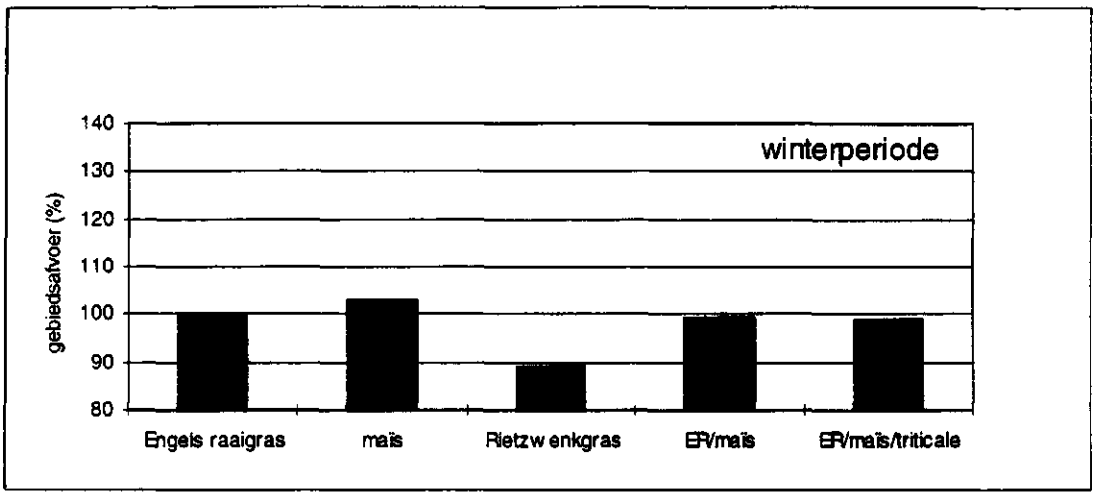
Uit figuur 7 blijkt dat op de droge delen de grondwaterstand voor het bedrijfseconomisch-scenario lager is (tot meer dan 20 cm) en in de natte delen de grondwaterstand voor het Engels raaigras/maïs-scenario (tot meer dan 10 cm).

De verschillen in gebruik van voedergewassen leveren naast verschillen in de grondwaterstand ook verschillen in gebiedsafvoer op. In figuur 8 zijn de verschillen te zien ten opzichte van het Engels raaigras-scenario, waarbij het Engels raaigras-scenario op 100% is gesteld, als gemiddelde van de zomer- en winterperiode van 1971 tot en met 1996. Het Engels raaigras-scenario levert gemiddeld ruim 32 miljoen m^3 water voor de zomerperiode en bijna 60 miljoen m^3 voor de winterperiode als gebiedsafvoer. Uit de figuur blijkt dat er een hoge correlatie is met de verdamping: een hogere verdamping van een scenario levert een lagere afvoer. Dus een hogere verdamping heeft niet alleen een verlagend effect op de grondwaterstand, maar ook op de gebiedsafvoer. De verschillen in de winterperiode zijn beduidend kleiner, met name voor het maïs- en Engels raaigras-scenario. Hier speelt dat er in de winter geen maïs meer op het veld staat, dus er wordt hier een vergelijking gemaakt tussen gras en kale grondverdamping. Wat verder nog opvalt is dat het gebruik van een dieper wortelend grasras de gebiedsafvoer nog verder reduceert. Dit is in overeenstemming met het verschil in verdamping tussen het Engels raaigras en rietzwenkgras (Stolte et al., 1998), en wordt veroorzaakt doordat een dieper wortelend gewas meer water kan opnemen.

Conclusies

In potentie is voor delen van het studiegebied een verschil in grondwaterstand van meer dan 50 cm te bereiken door verschil in voedergewas (maïs versus gras). Het verschil is niet voor het hele gebied gelijk en ligt voor een groot deel tussen 0 en 10 cm. De belangrijkste verklaring voor het verschil is een langer groeiseizoen voor het gras in vergelijking met maïs, waardoor de gewasverdamping hoger is. De grootste verschillen treden op in droge gebieden, met een grondwaterstand dieper dan 2 meter. Hier is de grondwaterstand voor gras het diepst. In de nattere gebieden kan het tegenovergestelde optreden (diepere grondwaterstand voor het maïs-scenario), wat te verklaren is door een hogere kwel voor het niet-consumptief gewas (maïs) samen met een diepere beworteling. Hierdoor kan maïs meer optimaal verdampen dan Engels raaigras.
Gebruik van triticale en maïs als voedergewas in combinatie met gras heeft een effect van tussen 0 en 10 cm op de grondwaterstand in vergelijking met gebruik van alleen maïs als voedergewas in combinatie met gras.
Het voor het financieel bedrijfsresultaat meest gunstige scenario levert in de droge delen een lagere grondwaterstand op (tot > 20 cm) en in de natte delen (beekdalen) een hogere grondwaterstand (tot > 10 cm) op. In het algemeen ligt het verschil in grondwaterstand tussen 0 en 10 cm.
Het gebruik van een hoog-consumptief gewas (gras) resulteert in een lagere gebiedsafvoer ten opzichte van een laag-consumptief gewas (maïs).





Figuur 8. Gebiedafvoer per scenario als gemiddelde voor de periode van 1971 tot en met 1996. Het Engels raaigras-scenario is op 100% gesteld en is gemiddeld ruim 32 miljoen m^3 water voor de zomerperiode en bijna 60 miljoen m^3 voor de winterperiode.

Door het telen van andere voedergewassen kunnen er regionale verschillen optreden in de grondwaterstand. Deze verschillen zijn relatief gering (0 – 10 cm) wanneer scenario's van een combinatie van gras en akkerbouwmatige gewassen in beschouwing worden genomen. Lokaal kunnen de effecten van belang zijn, afhankelijk van de functie van het gebied (natuurgebied of landbouwgebied). De verschillen kunnen van jaar tot jaar variëren als gevolg van weerverschillen.

SAMENVATTING

ir. P.H.M. Dekker, PAV-Lelystad

Onttrekking van grondwater is er de oorzaak van dat het grondwaterpeil in sommige gebieden in Nederland de laatste decennia is gedaald. De landbouw neemt ongeveer eenderde van de grondwateronttrekking voor haar rekening, zodat beperking van het gebruik van grondwater door de landbouw één van de te nemen maatregelen is. Landbouw zonder beregening is op gronden met een klein vochtbergend en vochtleverend vermogen risicovol. Droogtegevoelige gronden hebben een laag opbrengstniveau en bovendien fluctueren de opbrengsten sterk, afhankelijk van het neerslagtekort in het groeiseizoen.

Bij de keuze van voedergewassen ten behoeve van de rundveehouderij wordt nauwelijks rekening gehouden met mogelijke verschillen in vochtbehoefte. Kennis daarover is van belang in een situatie dat beschikbaarheid van vocht niet meer vanzelfsprekend is. In 1994 is onderzoek gestart met als doel verschillen in productiviteit en opbrengstzekerheid tussen voedergewassen onder droge omstandigheden te kwantificeren en de gevolgen hiervan voor de bedrijfsvoering en de gebiedshydrologie in beeld te brengen.

Het onderzoeksproject bestaat uit vier onderdelen, die door het PAV, PR, AB-DLO en SC-DLO in onderlinge samenwerking zijn uitgewerkt. Kenmerkend voor dit onderzoeksproject was dat experimenteel en modelmatig onderzoek nauw waren verweven. In dit project zijn de volgende gewassen beproefd: maïs, triticale, voederbieten, luzerne, rietzwenkgras en Engels raaigras.

In dit themaboekje zijn de belangrijkste resultaten weergegeven.

Onderzoek onder geconditioneerde omstandigheden

Onder geconditioneerde omstandigheden zijn door het AB-DLO proeven uitgevoerd in bakken gevuld met grond afkomstig van de percelen in Gastel en Leende waarop veldexperimenten van PAV en PR waren gelegen. In deze bakken was het mogelijk verschillende droogte-omstandigheden te creëren. Het onderzoek richtte zich op de vraag hoeveel water de gewassen verbruiken voor de productie van één kg oogstbare droge stof bij optimale en beperkte vochtvoorziening, hoe sterk de vochtopname wordt beperkt als de grond uitdroogt en hoeveel schade droogte veroorzaakt. De resultaten zijn ingepast in modellen die de gewasgroei en beschikbaarheid van vocht voor de gewassen beschrijven.

Maïs, voederbieten en triticale hebben de minste hoeveelheid vocht nodig voor de productie van één kg oogstbare droge stof. Van deze gewassen heeft maïs, een subtropisch C4-gewas, het laagste vochtgebruik. Het vochtgebruik per kg oogstbare droge stof bij luzerne, Engels raaigras en rietzwenkgras is beduidend hoger, omdat deze gewassen relatief veel droge stof investeren in stoppels en wortels. In het onderzoek is voor de eerste groep van gewassen een nagenoeg rechtlijnige relatie gevonden tussen opbrengst en waterverbruik. Dit betekent dat gedurende het gehele seizoen het water steeds even efficiënt wordt benut. Bij luzerne en gras is de benutting van water in een warme, droge periode beduidend minder.

Naarmate de grond verder indroogt, moet een gewas meer moeite doen om het reste-

rende vocht te onttrekken. Het is denkbaar dat het ene gewas daar beter in slaagt dan het andere gewas. Uit het onderzoek bleek dat er slechts minimale verschillen tussen de gewassen bestaan in het vermogen om meer vocht aan de grond te onttrekken.
Tussen de gewassen bestaan grote verschillen in droogtegevoeligheid in termen van schade of herstelvermogen na droogte. Door toedienen van water na een droogtebehandeling kwam bij grassen en bieten de hergroei weer snel op gang. Bij maïs ligt het anders. Maïs is niet in staat om nieuwe bladeren te vormen en vochttekort tijdens de bloei en zaadzetting beperkt het aantal gevormde zaden. Maïs is daarom een droogtegevoelig gewas. Triticale is een vroegrijpend gewas; door droogte rijpt het gewas sneller af. Een snelle afrijping kost echter opbrengst. Ondanks snelle afrijping bij droogte tijdens de bloei en zaadzetting blijft opvallend genoeg het aandeel korrels in de totale droge stof ongeveer gelijk.

Veldproeven

Door PAV en PR zijn met de zes voedergewassen veldproeven uitgevoerd op een jonge ontginningsgrond (veldpodzol) met een matig humeus doorwortelbaar dek van ongeveer 35 cm te Gastel en op een oud bouwland (enkeerdgrond) met een matig humeus doorwortelbaar dek van ongeveer 100 cm te Leende. Gebleken is dat de bewortelingsdiepte te Gastel slechts varieerde van 35 tot 50 cm. Op het perceel te Leende kwamen wel duidelijke verschillen tussen de gewassen naar voren. Engels raaigras wortelde niet dieper dan 40 cm; bij luzerne en in mindere mate bij rietzwenkgras werden er beneden 90 cm nog wortels gevonden.
De groeiperiode van de gewassen speelt een belangrijke rol bij de droogtegevoeligheid. Meerjarige gewassen, zoals gras en luzerne, beginnen al vroeg in het voorjaar met de productie en hebben een lange groeiperiode. Triticale als wintergraan begint ook al vroeg in het voorjaar met de groei, maar dit gewas wordt als silagegewas reeds in het begin van de zomer geoogst. De vroege oogst van triticale maakt het overigens wel mogelijk dat na triticale nog een nateelt van Italiaans raaigras mogelijk is. Maïs heeft de kortste groeiperiode. Het wordt gezaaid in april en geoogst in september. Een droge zomer heeft daarom een groot effect op maïs.
Het veldonderzoek is uitgevoerd in de periode 1994 t/m 1996. In alle drie jaren was er sprake van echt droge perioden. Tussen de jaren waren er grote verschillen in de periode waarin sprake was van droogte en in het totale neerslagtekort. Het neerslagtekort voor 1994, 1995 en 1996 was respectievelijk 150, 200 en 250 mm. In 1994 en 1995 hadden vooral maïs en bieten van de droogte te lijden. In 1996 veroorzaakte het droge voorjaar een sterke groeiremming bij triticale, luzerne en gras.
De berekeningen van het vochtgebruik uit opbrengstbepalingen in het veld en bepaling van het bodemvochtgehalte en de neerslag kwamen redelijk overeen met de onder geconditioneerde omstandigheden gemeten waarden uit de bakkenproef. Voor de productie van 1 kg oogstbare droge stof heeft maïs ongeveer 190 liter water nodig, triticale 225 liter, voederbieten (exclusief loof) 300 liter, de beide grassoorten 350 liter en luzerne 400 liter. Behalve efficiëntie in vochtgebruik spelen bewortelingsdiepte, herstelvermogen na droogte en het groeiseizoen van het betreffende gewas een belangrijke rol bij het bepalen van het productievermogen van de gewassen bij uitsluiting van beregening.
Van de zes beproefde gewassen was de voederwaarde van snijmaïs het hoogst, gemiddeld 960 VEM per kg droge stof. Hoewel bij maïs het kolfaandeel sterk varieerde van 20% bij sterke droogte tot maximaal 60%, was er geen systematisch verschil in voederwaarde. Bij een laag kolfaandeel wordt veel

zetmeel in blad en stengel opgeslagen; de VEM-waarde was daardoor maximaal 5% lager dan bij een hoog kolfaandeel. Bij verdere berekeningen is de drogestofproductie daarom als uitgangspunt genomen, niet alleen bij maïs maar ook bij de andere gewassen.

Naast specifieke gewaskenmerken hangt de gewassenkeuze ook af van het vochtleverend vermogen van de grond en de bewortelbare diepte. Bij de uitwerking van de resultaten zijn drie situaties met elkaar vergeleken: ondiep doorwortelbare grond, matig diep doorwortelbare grond en diep bewortelbare grond. Wanneer op basis van de in de proeven behaalde opbrengsten een keuze tussen de voedergewassen wordt gemaakt, dan ziet deze eruit zoals in tabel 1 is aangegeven. In bedrijfsverband gezien kan de keuze overigens anders uitvallen.

Op alle drie te onderscheiden bodemprofielen komt triticale als eerste keuze naar voren. Bovendien kan na triticale nog een nateelt plaatshebben. Dit verhoogt de oogstzekerheid van voederwinning in een voorjaar met een vochttekort waardoor de opbrengst van triticale laag is. Op percelen met een ondiep bewortelbaar profiel komt snijmaïs pas op de vijfde plaats, maar bij een matig diep of diep bewortelbaar profiel komt dit gewas op de tweede plaats. Op percelen met een ondiep bewortelbaar profiel komt Engels raaigras als goede tweede naar voren, maar vanwege de ondiepe beworteling valt dit gewas op de andere grondsoorten verder terug. Vanwege een diepere beworteling gaat, in een situatie dat niet beregend kan worden, bij de grassen de voorkeur uit naar rietzwenkgras. Luzerne en voederbieten komen in geen van de situaties als aan te bevelen gewassen naar voren.

Inpassen van gewassenkeuze in bedrijfsverband

Wanneer beregening niet mogelijk is, kan een veehouder besluiten om een deel van het land te gebruiken voor de teelt van droogtetolerante voedergewassen. Voor een goede afweging van de gewassenkeuze moet ook naar het effect van de teelt van deze gewassen in bedrijfsverband gekeken worden. Het gaat om het totale economische effect van die keuze. Dit betekent dat behalve de ruwvoerproductie en de teeltkosten ook de invloed van die gewassen op de voeding en mestproductie van het vee, de bemesting van de gewassen en de mineralenoverschotten moet worden vastgesteld. In het onderzoek is hiervoor gebruik gemaakt van diverse simulatiemodellen. Er is gerekend met verschillende bedrijfsprofielen en met historische weersgegevens van vijf jaren, te weten: 1976 een droog jaar gedurende het gehele groeiseizoen, 1987 een nat jaar, 1992 een normaal jaar, 1995 een droge zomer en 1996 als jaar met een droog voorjaar. De conclusies ten aanzien van de gewaskeuze zijn dus op andere jaren gebaseerd dan de jaren waarin het veldonderzoek is uitgevoerd. De conclusies ten aanzien van prioriteitsvolgorde van de gewassen kan hierdoor iets anders uitpak-

Tabel 1. Keuze voor voedergewas op basis van behaalde kg-opbrengst per ha.

bewortelbaar profiel	eerste keus	tweede keus	derde keus	vierde keus	vijfde keus	zesde keus
ondiep	triticale	Engels raaigras	rietzwenkgras	voederbieten	snijmaïs	luzerne
matig diep	triticale	snijmaïs	rietzwenkgras	Engels raaigras	luzerne	voederbieten
diep	triticale	snijmaïs	rietzwenkgras	luzerne	voederbieten	Engels raaigras

ken. De opbrengstgegevens zijn afkomstig van de berekeningen die door het AB-DLO zijn uitgevoerd.
Op de doorgerekende bedrijven komt naast 40 of 60% grasland de teelt van één of twee voedergewassen voor. Er is gerekend met bedrijven van 30 ha, koeien met een melkproductie van 7500 kg per dier en een melkquotum van 14 of 19 ton per ha.
De keuze van de voedergewassen wordt beoordeeld op basis van het saldo van opbrengsten minus toegerekende kosten waarvan ook nog de kosten van mestafzet en MINAS-heffing zijn afgetrokken. Dit noemen we in dit boekje kortweg het saldo. Uit de berekeningen blijkt dat gemiddeld genomen de keuze van grasland met alleen snijmaïs het hoogste saldo geeft. Deze keuze wordt niet beïnvloed door de grondsoort, het aandeel grasland en de quotumintensiteit. Wel is er onderscheid tussen de verschillende jaren. Met name in de wat nattere jaren is het saldo bij gebruik van triticale met een nateelt van Italiaans raaigras wat hoger. Bij de teelt van triticale wordt steeds Italiaans raaigras als nagewas geteeld. Het saldo van deze combinatie ligt ongeveer 250 gulden per hectare bedrijfsoppervlakte lager dan het saldo bij keuze van snijmaïs. De nateelt van Italiaans raaigras levert in de meeste jaren een snede ruwvoer op. Daarna wordt het land geploegd en klaargemaakt voor inzaai van een voedergewas. De kosten voor de teelt en oogst van slechts één snede Italiaans raaigras zijn te hoog om dit rendabel te maken. Wanneer triticale wordt geteeld zonder nateelt is het gemiddelde saldo vergelijkbaar met dat van snijmaïs.
De teelt van een beperkte oppervlakte voederbieten naast snijmaïs, luzerne of triticale verlaagt het saldo gemiddeld genomen met 130 gulden per hectare bedrijfsoppervlakte. De extra kosten voor het voeren van voederbieten zijn dan nog niet meegenomen. Voederbieten dragen daarom, ondanks hun stabiele opbrengst, niet bij aan een goed inkomen. De berekeningen met luzerne als voedergewas levert een 500 gulden lager saldo op dan bij de teelt van snijmaïs.
De zelfvoorzieningsgraad van ruwvoer is het hoogst in een bouwplan met triticale en een nateelt van Italiaans raaigras; tussen de jaren komen echter grote verschillen naar voren. In een jaar als 1987 was de zelfvoorzieningsgraad met de keuze voor triticale zelfs boven de 100%, terwijl dit in 1976 slechts ongeveer 50% was. Tussen een droog en een nat jaar is er bij triticale een verschil in saldo van 2000 gulden per ha. Bij geen enkel ander gewas zijn de schommelingen zo groot. Van alle gewascombinaties was de oogstzekerheid bij luzerne het grootst. Het verschil in saldo tussen een ongunstig en gunstig jaar bedraagt 1070 gulden per ha. Ook snijmaïs is behoorlijk oogstzeker met een saldoverschil van 1230 gulden per ha tussen een ongunstig en een gunstig jaar. Er bestaat nauwelijks een verschil in saldo tussen de twee grassoorten. Rietzwenkgras heeft weliswaar een iets hogere drogestofproductie en is iets minder droogtegevoelig door een diepere beworteling dan Engels raaigras, maar daar staat tegenover dat de inzaai van rietzwenkgras moeilijker slaagt.
De rangorde in de keuze van voedergewassen hangt niet af van de grondsoort. Wel blijft het saldo op een droge veldpodzol ongeveer 500 gulden per ha achter bij het saldo van een eerdgrond. Bij een veldpodzol en een dunne eerdgrond is het saldo bij 60% grasland en 40% voedergewassen wat hoger dan bij 40% grasland en 60% voedergewassen. Voor de teelt van voedergewassen worden extra kosten gemaakt, die het saldo verlagen. Dit wordt voor een deel goed gemaakt door verschillen in opbrengst en kwaliteit. Op dikke eerdgronden daarentegen doen de voedergewassen het relatief beter. Om deze reden kan daar het beste gekozen worden voor 40% grasland en 60% voedergewassen.
De berekeningen leiden tot de conclusie dat op de droge zandgrond het best gekozen kan

worden voor een bedrijfssituatie met grasland, gecombineerd met snijmaïs en triticale. De nateelt van Italiaans raaigras voor slechts één snede kan beter achterwege blijven. Deze combinatie levert een hoog saldo. Bovendien reageren de gewassen zeer verschillend op droogte. Door voor een combinatie van snijmaïs en triticale te kiezen, wordt het risico van opbrengstderving bij triticale in zeer droge jaren opgevangen door snijmaïs. Het risico van opbrengstderving in erg natte jaren of in jaren met een droge zomer bij snijmaïs wordt dan juist opgevangen door triticale.

Gebiedshydrologie

Verschillen in keuze van voedergewassen leiden tot verschillen in gewasverdamping en deze werken door op de grondwaterstand en het gebiedsafvoer. Om deze effecten te kwantificeren, heeft het SC-DLO de resultaten van de proeven doorgerekend voor het volledige stroomgebied van de Beerze en de Reusel. Het studiegebied is gelegen binnen een veel groter regionaal grondwaterstromingssysteem. Met het model SIMGRO zijn zes scenario's doorgerekend. SIMGRO is een regionaal niet-stationair grondwaterstromingsmodel waarin behalve de grondwaterstroming ook de bodemvochtbeweging in de onverzadigde zone en de interactie met het oppervlaktewatersysteem wordt berekend.
In de scenario's 1 en 2 bestaat het volledige landbouwareaal uit gras, respectievelijk Engels raaigras en rietzwenkgras; deze gewassen hebben het grootste waterverbruik. In scenario 3 is een situatie doorgerekend waarbij het volledige landbouwareaal bestaat uit een gewas dat over een geheel groeiseizoen gezien het zuinigst met water omgaat en wel maïs. In de scenario's 4 en 5 worden zowel gras als akkerbouwgewassen geteeld. Onderscheid wordt gemaakt naar nattere en drogere delen binnen het studiegebied. In scenario 4 bestaat het droge deel uit 40% Engels raaigras en 60% maïs en het natte deel uit 60% Engels raaigras en 40% maïs. Scenario 4 benadert de huidige praktijk. In scenario 5 wordt voor het drogere deel 60% maïs aangepast in 40% maïs en 20% triticale. Scenario 6 is het economisch scenario dat voortvloeit uit de bedrijfseconomische analyse van het PR.
De grondwaterstand, kwel en gewasverdamping zijn voor de verschillende scenario's doorgerekend voor een periode van 30 jaar. Wanneer de scenario's met Engels raaigras worden vergeleken met die van maïs, dan worden verschillen in grondwaterstand zichtbaar. Gemeten over het hele studiegebied blijkt dat voor 60% van de oppervlakte de verschillen tussen -10 en + 10 cm liggen. De uiterste verschillen lopen op van + 50 cm tot - 20 cm voor het maïs-scenario. Gemiddeld over het gehele gebied verdampt gras meer water dan maïs, waardoor bij gras de grondwaterstand sterker verlaagd wordt. Hierop zijn locaal echter wel uitzonderingen. Door verschillen in kwel kan op de ene plaats de gewasverdamping bij Engels raaigras het hoogst zijn en op een andere plaats bij maïs. Als gras niet optimaal kan verdampen door vochtgebrek en maïs wel door een diepere beworteling en hogere kwel, dan ontstaat de situatie dat maïs een hogere verdamping heeft. Dit leidt dan tot een lagere grondwaterstand voor maïs in het betreffende gebied. Vervanging van een gedeelte van de maïs door triticale heeft slechts een gering effect op de grondwaterstand. Het gebruik van een consumptief gewas (gras) leidt tot een lagere gebiedsafvoer. Potentieel grotere verschillen in grondwaterstand worden hierdoor afgevlakt.
De eindconclusie kan zijn dat verschillen in keuze van voedergewassen slechts tot minimale verschillen in grondwaterstand leiden. Van jaar tot jaar zijn er verschillen en moet men bedacht zijn op aanzienlijke locale verschillen.

Nog verkrijgbare PAV-uitgaven [1]

Verslagen

228. Effecten intensieve bouwplannen op lichte zavelgronden in de Noordoostpolder (WG 140). A. Rops, december 1996 ..... *f* 15,-
227. Verbetering van de opbrengst en trekrijpheid van roodlofwortels. Ing. C.A.Ph. van Wijk en P. Bleeker, december 1996 ..... *f* 15,-
226. Effecten van grondbewerking en organische stof op de structuur van de bouwvoor. Ing. V.P.H.M. de Kok en ing. J. Alblas, december 1996 ..... *f* 15,-
225. De gebruikswaarde van GFT-compost voor de akkerbouw en de groenteteelt in de volle grond. Ing. V.P.H.M. de Kok, december 1996 ..... *f* 15,-
224. Meerjarig rendement van beregenen op noordelijke zand- en dalgronden. Ir. W.A. Dekkers M.Sc. en ir. J. Smid, december 1996 ..... *f* 15,-
223. Bedrijfssystemen-onderzoek Meterik; evaluatie 1991-1993. Ing. B.M.A. Kroonen-Backbier, M.H.J.P. van der Burgt en ing. M. van der Ham, december 1996 ..... *f* 20,-
222. Cichorei. Verslag van vier jaar teeltonderzoek. Ir. C.E. Westerdijk, oktober 1996 ..... *f* 15,-
221. Natmaken, drogen en helen van peen en witlofwortels. Ing. J.A. Schoneveld en ing. H.P. Versluis, oktober 1996 ..... *f* 15,-
220. Toepassing van het stikstofbijmestsysteem in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser, oktober 1996 ..... *f* 15,-
219. Teeltonderzoek wortelgewaskruiden Angelica, levisticum en valeriaan 1987-1993. Ing. H.J. van der Mheen, oktober 1996 ..... *f* 15,-
218. Teeltonderzoek *Digitalis lanata* 1987-1994. Ing. H.J. van der Mheen, oktober 1996 ..... *f* 15,-
217. Effecten van maïs-gras vruchtwisseling. Ir. W. van Dijk, oktober 1996 ..... *f* 15,-
216. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van broccoli. Dr. ir. A.P. Everaarts, C.P. de Moel en dr. ir. P. de Willigen, oktober 1996 ..... *f* 15,-
215. Invloed van N-rijenbemesting op drogestofproductie en N-benutting bij snijmaïs. Ir. W. van Dijk, juli 1996 ..... *f* 15,-
214. Effect van rijenafstand, plantdichtheid en stikstofbemesting op de opbrengst, kwaliteit en gevoeligheid voor *Botrytis cinerea* bij stamslaboon (*Phaseolus vulgaris*). Ing. J.J. Neuvel, ing. H.P. Versluis en ir. K.J. Osinga, september 1996 ..... *f* 15,-
213. BEA, LP-model en Orspel; een beschrijving en vergelijking van hulpmiddelen in het bedrijfseconomische onderzoek. Ir. J. Smid, drs. A.T. Krikke en ir. H.B. Schoorlemmer, maart 1996 ..... *f* 15,-
212. Effecten van bodembedekking op de opbrengst en kwaliteit van groentegewassen. J.T.K. Poll en ing. C.G.M. Geven, september 1996 ..... *f* 15,-
211. Optimalisatie van erosieremmende teeltsystemen van maïs en suikerbieten op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, drs. F.J.P.M. Kwaad, drs. E.J. van Mulligen, drs. A.G. Wansink, drs. M. van der Zijp en ir. W. van den Berg, mei 1996 ..... *f* 15,-
210. Optimalizering van de biologisch-dynamische en ecologische pootgoedteelt; eindrapport over de onderzoeksjaren 1992 tot en met 1995. Ir. M. Hospers,

[1] Een volledig overzicht van de PAV-uitgaven wordt u op aanvraag graag toegezonden.

februari 1996 ..... f 15,-

209. Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroente/bloembollen, proeftuin Zwaagdijk; evaluatie 1991-1993. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, F.C.G. Kreuk en ing. M. van der Ham, februari 1996 ..... f 20,-

208. Perspectieven voor korrelmaïs als zetmeelbron voor het noordelijke veenkoloniale-/en zandgebied. Ir. W. van Dijk, dr. A.C. van Swaaij, ing. K.H. Wijnholds en ing. G. Veninga, januari 1996 ..... f 15,-

207. Waarnemingsmethoden voor bepaling van verschillen in onvolledige resistentie bij vollegrondsgroenterassen. Ir. J. Hoek, ing. I.P.M. Commandeur, ir. W. Sukkel en ing. H.J. Hylkema, november 1995 ..... f 15,-

206. Vruchtwisselingsproef AGM 600 proefboerderij A.G. Mulderhoeve Emmercompascuum 1981-1989. Ing. K.H. Wijnholds en ir. W. van den Berg, november 1995 ..... f 20,-

205. Aanbod en opname van stikstof bij hoge produktieniveaus van wintertarwe op klei- en zavelgrond. Dr. ir. A. Darwinkel, oktober 1995 ..... f 15,-

204. Bedrijfssystemen-onderzoek Borgerswold 1986-1990. Ir. Y. Hofmeester, ing. A. Bos ir. F.G. Wijnands, drs. A.T. Krikke en drs. ing. B.J.M. Meijer, augustus 1995 ..... f 25,-

203. Resultaten van onderzoek naar geïntegreerde bestrijding van onkruiden in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser en ing. L. Hoekstra, juli 1995 ..... f 15,-

202. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van witte kool. Dr. ir. A.P. Everaarts, augustus 1995 ..... f 15,-

201. Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Ir. W. van Dijk, ir. J.J. Schröder, L. ten Holte en ing. W.J.H. de Groot, augustus 1995 ..... f 15,-

200. Interactie tussen rassen en proefplaatsen bij witlof. Ing. A.R. Biesheuvel en ir. G. van Kruistum, juni 1995 ..... f 15,-

199. Ontwikkeling van een gewasgroeimodel voor peen op basis van SUCROS 87. Ir. C.L.M. de Visser, ing. J.A. Schoneveld en ing. M.H. Zwart-Roodzant, juni 1995 ..... f 20,-

198. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van bloemkool. Dr. ir. A.P. Everaarts en C.P. de Moel, maart 1995 ..... f 15,-

197. Toediening dierlijke mest op lössgrond, dal- en lichte zavelgrond. Ing. S. Postma, maart 1995 ..... f 20,-

196. Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw; beknopt overzicht technische en economische resultaten. Ir. F.G. Wijnands, ing. P. van Asperen, ing. G.J.M. van Dongen, ing. S.R.M. Janssens, ir. J.J. Schröder en ing. K.B. van Bon, maart 1995 ..... f 20,-

195. Inventarisatie naar de mogelijkheden van een waarschuwingssysteem voor *Phytophthora infestans* in aardappelen. Dr. ir. H.T.A.M. Schepers, ing. E. Bouma, ir. C. Bus en ir. W.A. Dekkers, maart 1995 ..... f 15,-

194. Beheersing van lage-temperatuurbederf bij witlof. Ir. G. van Kruistum, ing. A.R. Biesheuvel, ir. R.C.F.M. van den Broek, ing. P.M.T.M. Geelen en ing. J.G.M. Jeurissen, maart 1995 ..... f 15,-

193. Het forceren van asperges in een geconditioneerde ruimte. J.T.K. Poll, ir. W. van den Berg en ir. C.F.G. Kramer, maart 1995 ..... f 15,-

192. Optimalisering van de N-voeding van zetmeelaardappelen. Ir. C.D. van Loon, ing. K.H. Wijnholds en ir. A.H.M.C. Baltissen, maart 1995 ..... f 15,-

191. De invloed van plantveredeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstofbenutting door maïs tijdens de jeugdgroei. Ing. D.A. van der Schans, ir. W. van Dijk en dr. ir. O. Dolstra, juni 1995 ..... f 15,-

190. Teelt van crambe. Ing. N. van Dijk en ir. G.E.L. Borm, april 1995 ..... f 15,-
189. Maatregelen tegen verbruiningsziekte ter vergroting van de opbrengstzekerheid van karwij. Resultaten van onderzoek 1990-1994. Ir. A. Evenhuis en ing. B. Verdam, maart 1995 ..... f 25,-
188. Stikstofbemesting, zaaidichtheid en groeiregulatie bij haver. Dr. ir. A. Darwinkel, A.H.J. Rops en ing. K.H. Wijnholds, maart 1995 ..... f 15,-
187. Reactie van graszaad op fosfaatbemesting. Ing. J.W. Steenhuizen, ing. J.G.N. Wander, ir. P.A.I. Ehlert en S. Vreeke, februari 1995 ..... f 15,-
186. Resultaten bedrijfssystemen-onderzoek intensieve vollegrondsgroenten 1991-1993. Ing. M. van der Ham, februari 1995 ..... f 20,-
185. Ontwikkeling van een biotoets voor het aantonen van herinplantproblemen bij asperge. J.T.K. Poll en ing. Th. Huiskamp, december 1994 ..... f 15,-
184. Vergelijking en verloop van de zaad- en carvonopbrengst van karwij en dille. Ing. H.J. van der Mheen, december 1994 ..... f 15,-
183. Effecten van plantdatum en plantdichtheid op groei, ontwikkeling, opbrengst en sortering van spruitkool (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*). Dr. ir. A.P. Everaarts en C.P. de Moel, november 1994 ..... f 15,-
182. Inventarisatie van onderzoeksvragen over de fosfaatvoorziening. Ing. J. Alblas, ir. W. van Dijk en ing. C.A.Ph. van Wijk, november 1994 ..... f 15,-
181. Modificatie rassenkeuzetoets AM, PAGV en Hilbrands-laboratorium 1993. Ing. T.G. van Beers, drs. H. Regeer en ir. L.P.G. Molendijk, oktober 1994 ..... f 15,-
180. Onkruidbestrijding in de teelt van zaaiuien met herhaalde toepassing van combinaties van herbiciden na opkomst. Ing. L. Hoekstra, oktober 1994 ..... f 15,-
179. Herfstbehandeling van roodzwenk- en veldbeemdgewassen op zandgrond. Ir. G.E.L. Borm, oktober 1994 ..... f 15,-
178. Onderzoek naar effectieve chemische bestrijding van bladvlekkenziekte en koprot en naar voorspelling van koprot in uien. Ir. C.L.M. de Visser, ing. L. Hoekstra en D. Hoek, augustus 1994 ..... f 15,-
177. Vezelhennep als papiergrondstof; teeltonderzoek 1990-1993. Dr.ir. H.M.G. van der Werf en ing. W.C.A. van Geel, september 1994 ..... f 15,-
176. Bedrijfs-Systemen Onderzoek Vredepeel - Invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1993. Ing. B.M.A. Kroonen-Backbier, ir. Y. Hofmeester en ir. F. Wijnands, september 1994 ... f 15,-
175. Inhoudelijke beschrijving van de teeltbegeleidingssytemen BETA, CERA en KOBAS. Ir. W.A. Dekkers en ing. A. Grunefeld, augustus 1994 ..... f 20,-
174. Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven in het Noordelijk kleigebied. Drs. A.T. Krikke en ing. A. Bos, augustus 1994 ..... f 35,-
173. Opbrengst, rendement en kwaliteit van wintertarwe bij extensiever telen. Dr.ir. A. Darwinkel, juli 1994 ..... f 15,-
172. Breken van storende lagen in zavelgronden in de Noordoostpolder. A.H.J. Rops, ing. C.A.M. Schouten, G.A. van Soesbergen en ing. J. Alblas, juli 1994 ..... f 15,-
171. Chemische bestrijding van valse meeldauw (*Bremia lactucae*) in sla. Ing. R. Meier, mei 1994 ..... f 15,-
170. Zaadkwaliteit en veldopkomst van witlof. Ir. G. van Kruistum, ing. J.J. Neuvel en ir. W. van den Berg, mei 1994 ..... f 15,-
169. Optimalisatie van de teelt en afzet van kwaliteitsrogge voor de maalindustrie. Ing. S. Postma, april 1994 ..... f 15,-
168. Onderzoek naar vermindering van de stikstofbemesting door toepassing van

Rhizobium phaseoli bij stamslaboon *Phaseolus vulgaris* L.
Ing. J.J. Neuvel, ing. H.W.G. Floot, ing. S. Postma en ir. M.A.A. Evers, maart 1994 .... f 15,-

167. Onderzoek naar de mogelijkheden van stikstofrijentoediening bij suikerbieten.
M.A. van der Beek en P. Wilting, maart 1994 ..... f 15,-

166. De invloed van het weer op de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen.
Ing. E. Bouma en prof. dr. ir. L. Wartena, januari 1994 ..... f 15,-

165. Mens- en milieuvriendelijke treksystemen voor witlof: een verkenning van mogelijkheden. Ing. E.A. van Os, ir. C.F.G. Kramer, ir. G. van Kruistum, ing. F.X.C. Looijesteijn, dr. H.H.E. Oude Vrielink, januari 1994 ..... f 15,-

164. Zekerheid van de veldopkomst bij peen.
Ing. J.A. Schoneveld, december 1993 ..... f 15,-

163. De waardplantgeschiktheid van groenbemestingsgewassen voor het Noordelijk wortelknobbelaaltje. Ir. J.G. Lamers en ing. Js. Roosjen, december 1993 ..... f 15,-

162. Herfstbehandeling van Engels raaigras bestemd voor de eerste en tweede zaadoogst, en van veldbeemd en roodzwenk bestemd voor de tweede en latere zaadoogst op kleigronden. Ir. G.E.L. Borm, december 1993 ..... f 20,-

161. Bestrijding van het gerstevergelingsvirus in granen.
Ing. R.D. Timmer, november 1993 ..... f 15,-

160. Rhizomanie-onderzoek 1990-1993. Ir. L.W. Ebbers, november 1993 ..... f 15,-

159. Onderzoek naar een systeem voor geleide bestrijding van bladvlekkenziekte in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser, september 1993 ..... f 25,-

158. Biospectron, een systeem van mineraalvoorziening voor wintertarwe.
Dr. ir. A. Darwinkel en A. Bramsvik, juli 1993 ..... f 15,-

157. The infomation model for crop protection in arable farming.
Ir. A.J. Scheepens, april 1993 ..... f 15,-

156. Perspectieven van de teelt van brouwgerst buiten het Zuidwestelijk kleigebied.
Ing. R.D. Timmer, april 1993 ..... f 15,-

155. Produktie- en kwaliteitsverloop bij snijmaïs. Ing. D. van der Schans, ing. H.M.G. van der Werf MSc en ir. W. van den Berg, april 1993 ..... f 15,-

154. Gebruik van insektengaas op vollegrondsgroentegewassen. A. Ester e.a., febr. 1993 .. f 15,-

153. Arbeidsprestatie bij de oogst van ijsbergsla en bloemkool; een verkennende studie.
Ing. C.I. Dekker en ing. B.J. van der Sluis, februari 1993 ..... f 15,-

152. Informatiemodel "gewasgroei en -ontwikkeling". Ir. P.W.J. Raven, ing. W. Stol, dr.ir. H. van Keulen, ing. R.F.I. van Himste, dr. M.A. van Oijen en ir. H. Marring maart 1993 ..... f 15,-

151. Invloed van varkensdrijfmest op het nitraatgehalte van groenten. Ir. H.H.H. Titulaer, december 1992 ..... f 10,-

150. Planning van de optimale sortering bij peen.
Ing. J.A. Schoneveld, december 1992 ..... f 10,-

149. Najaarstoediening van dierlijke mest op kleigronden. Ir. H. Hengsdijk, november 1992 f 10,-

148. Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmais.
Ir. J. Schröder, L. ten Holte, ir. W. van Dijk, ing. W.J. de Groot, ing. W.A. de Boer en ir. E.J. Jansen, november 1992 ..... f 10,-

147. Koolvliegbestrijding met behulp van zaadcoating met insecticiden in bloem- en spruitkool. A. Ester, november 1992 ..... f 10,-

146. Bedrijfssystemenonderzoek Borgerswold. Invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1991.
Ing. J. Boerma en ir. Y. Hofmeester, november 1992 ..... f 10,-

145. Voorjaarstoediening van dunne dierlijke mest op kleigronden. Ing. G.J.M. van Dongen en ing. J. Alblas, oktober 1992 ..... f 10,-
144. Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw/opzet en eerste resultaten. Ir. F.G. Wijnands, ing. S.R.M. Janssens, ing. P.v.Asperen en ing. K.B. van Bon, oktober 1992 ..... f 10,-
143. Teeltfrequentie-effecten bij erwten, veldbonen, bruine bonen, snijmaïs, vlas en zaaiuien. Ing. Th. Huiskamp en ir. J.G. Lamers, oktober 1992. ..... f 10,-
142. Bestudering van het groeiverloop van zaaiuien en bouw van een groeimodel. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1992 ..... f 25,-
141. Analyse van het gebruik en de acceptatie van teeltbegeleidingssystemen in de praktijk. Ing. A. Grunefeld en ir. W.A. Dekkers, februari 1992 ..... f 10,-
140. De invloed van pootgoedbehandeling op het aantal stengels en knollen bij aardappelen. Ir. C.B. Bus, april 1992 ..... f 10,-
139. De invloed van de intensiteit van het bouwplan op pootaardappelen, suikerbieten en wintertarwe (vruchtwisselingsproefveld) FH82). Ing. H.W.G. Floot, ir. J.G. Lamers en ir. W. van den Berg, januari 1992 ..... f 10,-

Publicaties

89. Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroenten/bloembollen proeftuin Zwaagdijk. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, mei 1998 ..... f 25,-
88. Werkplan 1998, februari 1998 ..... f 25,-
87. Perspectieven geïntegreerde akkerbouw in Noordoost-Nederland, februari 1998 ..... f 25,-
86. Perspectieven voor de akkerbouw in het Zuidwestelijk kleigebied. Ir. J. Smid, december 1997 ..... f 15,-
85. Kwantitatieve Informatie 1997/1998, december 1997 ..... f 60,-
84. Bedrijfsbegroten in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Ir. H.B. Schoorlemmer en drs. A.T. Krikke, september 1997 ..... f 15,-
83. Werkplan 1997, maart 1997 ..... f 25,-
82. Geagrificeerd ABC. Ir. H.B. Schoorlemmer, drs. J.P.P.J. Welten en drs. A.T. Krikke, maart 1997 ..... f 25,-
81a. Jaarboek 1995/1996 akkerbouw, december 1996 ..... f 35,-
81b. Jaarboek 1995/1996 vollegrondsgroenteteelt, december 1996 ..... f 30,-
80. Jaarverslag 1995, juli 1996 ..... f 20,-
79. Werkplan 1996, februari 1996 ..... f 20,-
78a. Jaarboek 1994/1995 akkerbouw, november 1995 ..... f 30,-
78b. Jaarboek 1994/1995 vollegrondsgroenteteelt, november 1995 ..... f 30,-
77. Jaarverslag 1994, juni 1995 ..... f 20,-
76. Werkplan 1995, januari 1995 ..... f 20,-
75. Kwantitatieve informatie 1995, december 1994 ..... f 30,-
74. Onkruidbestrijding in de graszaadteelt. Ir. P. Baltus, december 1994 ..... f 15,-
73a. Jaarboek 1993/1994 akkerbouw, november 1994 ..... f 30,-
73b. Jaarboek 1993/1994 vollegrondsgroenteteelt, november 1994 ..... f 20,-
72. Jaarverslag 1993, mei 1994 ..... f 20,-
71. Werkplan 1994, februari 1994 ..... f 15,-
70a. Jaarboek 1992/1993 akkerbouw, oktober 1993 ..... f 30,-
70b. Jaarboek 1992/1993 vollegrondsgroenteteelt, oktober 1993 ..... f 20,-

67.	28 jaar De Schreef, april 1993	ƒ	40,-
65.	Werkplan 1993, februari 1993	ƒ	15,-
64.	Jaarboek 1991/1992, oktober 1992	ƒ	45,-
63.	Kwantitative Informatie 1992-1993, september 1992	ƒ	30,-
62.	Verspreiding van onkruiden en planteziekten met dierlijke mest - een risico-analyse Ir. A.G. Elema en dr.ir. A.J. Scheepens, augustus 1992	ƒ	15,-
61.	Jaarverslag 1991, april 1992	ƒ	15,-
60.	Werkplan 1992, februari 1992	ƒ	10,-

Themaboekjes

21.	Ruwvoederproductie bij droogte; kies voor zekerheid, mei 1998	ƒ	20,-
20.	Vollegrondsgroente telen met perspectief, januari 1998	ƒ	15,-
19.	Themadag maïs, november 1995	ƒ	15,-
18.	Stikstofstromen in de vollegrondsgroenteteelt, december 1994	ƒ	15,-
17.	Agrificatie en 'nieuwe' gewassen, maart 1994	ƒ	35,-
16.	Aardappelen, december 1993	ƒ	25,-
15.	Duurzame onkruidbestrijding, november 1993	ƒ	25,-
14.	Bedrijfssystemen voor een Akkerbouw met toekomst, december 1992	ƒ	25,-
13.	Gewasbescherming vollegrondsgroenten, november 1992	ƒ	15,-

OBS - uitgaven

10.	Verslag over 1989 (juni 1993)	ƒ	15,-
9.	Verslag over 1988 (februari 1992)	ƒ	15,-

Teelthandleidingen

81.	Teelt van plantuien, februari 1998	ƒ	25,-
80.	Teelt van witte asperges, januari 1998	ƒ	30,-
79.	Teelt van witlof en roodlof, januari 1998	ƒ	50,-
78.	Teelt van kruidenwortelgewassen Agelica, Levisticum en Valeriana, oktober 1997	ƒ	25,-
77.	Teelt van spruitkool, september 1997	ƒ	25,-
76.	Teelt van wintertarwe, maart 1997	ƒ	25,-
75.	Teelt van knoflook, januari 1997	ƒ	15,-
74.	Teelt van bosui, januari 1997	ƒ	15,-
73.	Teelt van sluitkool, oktober 1996	ƒ	35,-
72.	Teelt van pootaardappelen, augustus 1996	ƒ	35,-
71.	Teelt van kroten, juli 1996	ƒ	35,-
70.	Teelt van Chinese kool, februari 1996	ƒ	20,-
69.	Teelt van graszaad, oktober 1995	ƒ	25,-
68.	Teelt van peulen en doperwten voor de verse markt, juli 1995	ƒ	25,-
67.	Teelt van courgette en pompoen, april 1995	ƒ	25,-
66.	Teelt van stamslabonen, december 1994	ƒ	40,-
65.	Teelt van andijvie, december 1994	ƒ	30,-
64.	Teelt van suikerbieten, september 1994	ƒ	30,-
63.	Teelt van sla, augustus 1994	ƒ	40,-

62.	Teelt van bleekselderij, maart 1994	ƒ	25,-
61.	Teelt van haver, februari 1994	ƒ	20,-
60.	Teelt van karwij, januari 1994	ƒ	15,-
59.	Teelt van dille, januari 1994	ƒ	15,-
58.	Teelt van maïs, december 1993	ƒ	25,-
57.	Teelt van consumptie-aardappelen, november 1993	ƒ	30,-
56.	Teelt van prei, oktober 1993	ƒ	30,-
55.	Teelt van knolvenkel, augustus 1993	ƒ	25,-
54.	Teelt van broccoli, juli 1993	ƒ	30,-
53.	Teelt van suikermaïs, juli 1993	ƒ	25,-
52.	Teelt van zaaiuien, juni 1993	ƒ	30,-
51.	Teelt van bloemkool, april 1993	ƒ	35,-
50.	Teelt van Digitalis lanata, februari 1993	ƒ	10,-
49.	Teelt van thijm, februari 1993	ƒ	10,-
48.	Teelt van doperwten, december 1992	ƒ	15,-
47.	Teelt van groene asperges, november 1992	ƒ	15,-
46.	Teelt van peterselie en bladselderij, oktober 1992	ƒ	10,-
45.	Teelt van zomergerst, juni 1992	ƒ	20,-
44.	Teelt van rammenas, april 1992	ƒ	15,-
43.	Teelt van boerenkool, maart 1992	ƒ	15,-

Losse bestellingen

U kunt losse exemplaren bestellen door het per titel vermelde bedrag over te maken op postgirorekening nr. 22.49.700 van het PAV, Lelystad, met vermelding van de uitgave(n) die u wilt ontvangen.

WORDT ABONNEE VAN HET PAV

De uitgaven van het PAV zijn los te bestellen, maar ook via een abonnement. Wat zijn de mogelijkheden?

Pakket-abonnementen:

PAV-uitgaven	Akkerbouw	Vollegrondsgroente	Totaal
Werkplan			+
Jaarverslag	+	+	+
PAV-bulletin Akkerbouw	+		+
PAV-bulletin Voll. groente		+	+
Kwantitatieve Informatie	+	+	+
Teelth. Akkerbouw	+		+
Teelth. Voll. groente		+	+
Publicaties Akkerbouw	+		+
Publicaties Voll. groente		+	+
Publicaties Algemeen	+	+	+
prijs per jaar (*f*)	125,-	125,-	225,-

Deel-abonnementen
Deel-abonnementen zijn mogelijk op:

PAV-bulletin Akkerbouw (*f* 75,- per jaar)
PAV-bulletin Vollegrondsgroente (*f* 75,- per jaar)
Rassenbulletin Akkerbouw (*f* 25,- per jaar)
Rassenbulletin Vollegrondsgroente (*f* 50,- per jaar)
Bestelabonnement voor losse PAV-uitgaven (*f* 25,- per jaar).

U kunt zich schriftelijk, telefonisch of per fax opgeven voor een pakket-abonnement of een deel-abonnement. Zie voor de benodigde gegevens onder colofon (binnenkant omslag).

LITERATUUR

Grashoff, C., H.F.M. Aarts & H.G. Smid, 1998. Opbrengst en oogstzekerheid van voedergewassen bij beregeningsverboden. Simulatieverkenningen. AB-rapport nr. 129, AB-DLO, Wageningen.

Nijssen, J.M.A. & R. Schreuder 1998. Economie van droogte-tolerante gewassen. PR-publicatie nr. 132 (in voorbereiding) PR-Lelystad mei 1998.

Schans, David van der, Marcia Stienezen (PR, Harm Everts (PR) & Paul Snijders (PR), 1998. Opbrengstvariabiliteit van voedergewassen op droogtegevoelige grond. Intern documentatieverslag nr. 92, PAV-Lelystad mei 1998.

Smid, H.G., Grashoff & H.F.M. Aarts, 1998. Vochtgebruik en droogtegevoeligheid van voedergewassen. Experimenteel onderzoek 1994-1996. AB-rapport nr. 91, AB-DLO, Wageningen.

Stolte, J., M.J.D. Hack-ten Broeke & A.A. Veldhuizen. Effect van de teelt van verschillende voedergewassen zonder beregening op de regionale waterhuishouding in het Beerze-Reuzel-gebied. Rapport nr. 590, DLO-Staring Centrum, Wageningen 1998.