

**Rapport 172**

# **Beregenen op maat 1997**

Toetsing beregeningsplanner en -wijzer in de praktijk

**Mei 1998**



# **Beregenen op maat 1997**

Toetsing van de beregeningsplanner en -wijzer in de praktijk.  
Onderzoeksresultaten 1997

Customised sprinkle irrigation 1997  
Trialling of the irrigation planner and irrigation guide

I.E. Hoving (PR)  
H. Everts (PR)  
J. Alblas (PAV)

## Voorwoord

In dit rapport zijn de resultaten beschreven van het tweede onderzoeksjaar van het project 'Beregenen op maat'. In dit project wordt gewerkt aan de ontwikkeling en het op grote schaal introduceren van Beregeningsadviessystemen. De adviessystemen dienen een bijdrage te leveren aan een vermindering van de grondwateronttrekking in de provincies Noord-Brabant en Limburg. In 1996 is een intentieverklaring 'waterconservering op peil' ondertekend door de provincie Noord-Brabant, de Brabantse waterschappen, de NCB en de GLTO Zuid Midden Oost om dit te bewerkstelligen. Na het eerste jaar is ook de provincie Limburg bij het project betrokken. De veehouderijbedrijven die bij het onderzoek betrokken waren, maakten eveneens deel uit van een grotere groep bedrijven die werden begeleid door DLV- Rundveehouderij Zuid. Het benodigde onderzoek en de ontwikkeling wordt uitgevoerd door het PR (Praktijkonderzoek voor de Rundveehouderij, Schapen en Paarden), PAV (Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt) en SC-DLO (DLO-Staringcentrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied). De resultaten zijn besproken door een onderzoeksgroep bestaande uit de volgende leden:

H. Everts, M. de Haan, I.E. Hoving, K. Nijssen, W. Luten, B. Philipsen, P. Snijders (allen werkzaam bij het PR), M.J.D. Hack-ten Broeke, W.J.M. de Groot (beide werkzaam bij SC-DLO), J. Alblas (PAV) en R. Ruytenberg (provincie Noord-Brabant).

Ir. W. Luten, projectleider onderzoeksgroep

## Samenvatting

In het kader van het project 'Beregenen op maat' is in 1997 wederom op acht melkveebedrijven en op het Proefbedrijf Cranendonck de CLM-beregeningsplanner getoetst. Op vijf extra bedrijven werd het nieuwe beregeningsadviesstelsel 'Beregeningswijzer' getoetst. Beide methoden zijn onderzocht op praktisch gebruik voor de boer. De *planner* en de *wijzer* dienen sturend te zijn voor het optimale moment om te gaan beregenen en het bepalen van de beregeningsgift. Het uiteindelijke doel is dat deze hulpmiddelen bijdragen aan waterbesparing. In 1997 is van de beregeningsplanner een computerversie gevolgd. De planner is geprogrammeerd door de firma Opticrop BV en is gebaseerd op de papieren versie van CLM.

In het voorjaar van 1997 is het onderzoek van 1996 op praktijkbedrijven voortgezet waarbij extra aandacht is besteed aan de keuze van de bodemkundige uitgangspunten voor de invoer van de planner. De bewortelingsdiepte is gemeten en representatieve profielbeschrijvingen voor percelen zijn opnieuw vastgesteld. Het groeiseizoen van 1997 werd gekenmerkt door twee droge perioden. Voor deze perioden kon de met veldwaarnemingen vastgestelde vermindering van de vochtinhoud van de wortelzone worden vergeleken met de berekende vochtinhoud van de planner. Over het algemeen bleken de berekeningen van de planner te positief (=natter) vergeleken met de vastgestelde achteruitgang van de vochtvoorraad. Voor een aantal percelen was de berekende teruggang van de vochttoestand zelfs nihil. Opticrop BV heeft halverwege het groeiseizoen een aangepaste versie van het computerprogramma uitgebracht, waarmee de bedrijven vanaf dat moment hebben gewerkt. De voornaamste verandering van deze versie betreft de berekening van de capillaire nalevering bij een vochtinhoud die ligt tussen veldcapaciteit (V-max) en de kritische grens waarbij beregening geadviseerd wordt (V-start). De reden voor deze verandering is geweest, dat de capillaire nalevering vanaf V-max niet maximaal is, maar geleidelijk toeneemt naarmate de vochttoestand van de wortelzone afneemt. De aangepaste versie van de planner blijkt echter niet de gewenste verbetering opgeleverd te hebben.

De eenvoudige vochtboekhouding die bij de methode Beregeningswijzer gebruikt wordt blijkt de vochtinhoud van de wortelzone voldoende te kunnen simuleren. Wel was tijdens het groeiseizoen voor een aantal proefpercelen een aanpassing van de bodemkundige gegevens noodzakelijk. De bodemkundige basisinformatie, waarin de wijzer voorziet, is weliswaar een ruwe benadering van de werkelijke hydrologische processen, maar kwam overeen met wat in het veld met vochtwaarnemingen werd vastgesteld.

De beregeningsplanner lijkt over het algemeen de capillaire opstijging van bodemvocht te overschatten. Hierdoor berekende de planner over het algemeen onvoldoende vermindering van vocht in de wortelzone. Voor percelen waar in perioden van een neerslagtekort verdroging werd vastgesteld, bleef veelal een beregeningsadvies uit. Door een onvoldoende advies van het optimale beregeningstijdstip door de planner bleek in een aantal gevallen dat het tijdstip van beregening nog iets beter gekozen had kunnen worden. Om het probleem van overschatting van de capillaire nalevering op te kunnen lossen kan gekozen worden voor het aanpassen van de bodemkundige invoergegevens en voor het aanpassen van het model volgens welke de planner rekent. Voor het aanpassen van de bodemkundige gegevens dient de uitvoer van het programma gekalibreerd te worden met veldwaarnemingen. Het verkrijgen van gedetailleerdere invoergegevens door een uitgebreidere kartering lijkt geen haalbare optie. De kartering zoals die volgens het protocol van het Staring Centrum aanbevolen wordt uit te voeren, is het maximale haalbare wat binnen het tijdsbestek van een halve dag uitgevoerd kan worden. Dus de bodemkundige invoer van de planner moet worden aangepast op basis van kalibratie van de praktijksituatie.

De beregeningswijzer en de vochtboekhouding hebben over het algemeen voor de gevolgde proefpercelen een goede bijdrage kunnen leveren voor het bepalen van het optimale tijdstip en een verantwoorde beregeningsgift. In de praktijk zal flexibeler omgegaan kunnen worden met de vochtboekhouding en de wijzer dan gebeurd is in het onderzoek. Dit komt ten goede aan de toepasbaarheid en de acceptatie van deze methode. De basis van deze methode blijft het regelmatig vaststellen van de actuele vochtvoorraad van de wortelzone en het checken van de eenvoudige vochtboekhouding. Het vaststellen van de vochtvoorraad van de bodem met behulp van de magnetron blijkt werkbaar in de praktijk. Daarbij kan een afwijking kleiner dan 3 mm per 10 cm wortelzone tussen de berekende waarden uit de vochtboekhouding en de vastgestelde vochtinhoud als acceptabel beschouwd worden.

Bij de berekening van maïs lijkt te worden bevestigd dat beregening rond de bloei en korrelzetting cruciaal is op het moment van verdroging van de wortelzone. Bij uitstel van beregening na V-start treedt droogtestress op en lijdt de plant onherstelbare schade. Hierdoor zal de eindopbrengst en voederwaarde lager zijn.

## Summary

In 1997 the practicability of the CLM sprinkle irrigation planner was again tested on eight working dairy farms and the Cranendonck experimental farm, as part of the 'Customised sprinkle irrigation' project. The practicability of the new Irrigation Guide was also tested on five additional farms. The planner and the guide are intended to help the farmer decide on the optimal moment for irrigation and how much water should be applied. The ultimate aim is to help save water. In 1997 a computer version of the sprinkle irrigation planner developed by the Opticrop BV company and based on the paper version was monitored.

In spring 1997 the 1996 research conducted on working farms was continued, but giving extra attention to the soil data required by the planner. Rooting depth was measured and representative soil profile descriptions of the fields were again established. There were two dry periods during the 1997 growing season. The field observations of the decline in soil moisture during these periods was compared with the soil moisture estimated by the planner. In general, the estimates appeared to be too positive by comparison with the decline in moisture content measured in the field. In some plots the estimated decline was zero. Midway through the growing season, the farmers switched to the improved version of the computer program that had just been issued by Opticrop BV. The biggest change in this version is the estimation of capillary supply when the moisture content is between field capacity (V-max) and the critical threshold at which irrigation is advised (V-start). This change was made because the capillary supply from V-Max is not maximum but decreases gradually with declining moisture content in the root zone. However, this modified version did not meet expectations.

The simple moisture balance sheets used in the Irrigation Guide simulated the moisture content of the root zone adequately. The soil data for several fields had to be adjusted during the growing season, however. The basic soil data provided by the Guide are a rough approximation of the actual hydrological processes, but nevertheless agreed with the moisture data measured in the field.

The sprinkle irrigation planner seems to generally overestimate the capillary rise of soil moisture and therefore generally underestimated the reduction of moisture in the root zone. Often, no recommendation to irrigate was given for fields that had dried out during periods of insufficient precipitation. In several cases, shortcomings in the recommendations to irrigate meant that the timing of irrigation was unsatisfactory. Two ways to solve the problem of overestimating the capillary supply are to modify the soil data input and to adjust the model the planner is based on. In order to modify the soil data, the program output must be calibrated with field observations. More detailed soil survey to obtain detailed field data for modifying the program is not a feasible option. The mapping procedure recommended by the Winand Staring Centre (Institute for Integrated Land, Soil and Water Research) is what is maximally feasible within half a day. The soil data input into the planner must therefore be adjusted by calibrating with field data.

In general, the Irrigation Guide and the moisture balance sheets were useful when determining the optimal timing of irrigation and the appropriate volume of water to apply. In practice, the balance sheet and the Guide can be used more flexibly than they were used in the trial. This will benefit the method's applicability and acceptance. The basis of the method remains the regular checking of the actual moisture content in the root zone. It proved practicable to use the magnetron to ascertain the soil moisture content. A discrepancy between the estimated and actual moisture content of less than 3 mm per 10 cm of root zone is acceptable.

It appears to be confirmed that when sprinkle irrigating maize, it is crucial to irrigate during flowering and grain set the moment that the root zone dries out. Delaying irrigation results in the plants suffering drought stress and becoming irreversibly damaged. This depresses yields and reduces nutritional value.

## List of tables and figures

- |          |  |
|----------|--|
| Table 1  | Overview of the rootable depth (mapped) and the measured rooting depth on the trial plots of the reference farms and of Cranendonck Experimental Farm in 1996 and 1997 |
| Table 2  | Overview of the stocking rate and botanical composition (%) of the trial plots per farm, mapped in the autumn. A + indicates a very low % occurrence.                  |
| Figure 1 | Moisture content according to the Opticrop BV irrigation planner (V-planner) version 1.1 compared with measured moisture content (V-gemeten) in plot 4 (grass)         |
| Table 3  | Testing version 1.1 against moisture samples. Results (in mm) given per 10 cm of root zone   |
| Table 4  | Testing version 1.2 against moisture samples. Results (in mm) given per 10 cm of root zone   |
| Table 5  | 1997 data for silage maize trial plots   |
| Table 6  | Basic data on the trial plots for testing the irrigation guide   |
| Table 7  | Overview of the stocking rate and botanical composition (%) of the trial plots per farm, mapped in the autumn. A + indicates a very low % occurrence.                  |
| Table 8  | Testing the irrigation guide's moisture balance calculations against moisture samples. Results (in mm) given per 10 cm of root zone                                    |
| Table 9  | Results of visual assessment of moisture content of uppermost 30 cm of soil  |
| Table 10 | Comparison of soil samples dried in the drying stove and in a microwave oven   |
| Table 11 | Comparison between measured rooting depth and estimated rootable depth on the basis of thickness of humus-rich topsoil   |

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1 Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Onderzoek op bedrijven</b> .....	<b>2</b>
2.1 Beregeningsplanner-OPTICROP-BV .....	2
2.1.1 Keuze van bedrijven.....	2
2.1.2 Toepassing CLM-beregeningsplanner algemeen .....	2
2.1.3 Toepassing beregeningsplanner op praktijkbedrijven.....	2
2.1.4 Toetsing beregeningsplanner met veldwaarnemingen .....	3
2.2 Beregeningswijzer-PR .....	3
2.2.1 Keuze bedrijven.....	3
2.2.2 Toepassing beregeningswijzer algemeen .....	4
2.2.3 Toepassing beregeningswijzer op praktijkbedrijven.....	4
2.2.4 Toetsing beregeningswijzer met veldwaarnemingen .....	4
<b>3 Resultaten</b> .....	<b>5</b>
3.1 Beregeningsplanner-Opticrop-BV.....	5
3.1.1 Vastgestelde uitgangssituatie.....	5
3.1.2 Toetsing planner aan veldwaarnemingen .....	7
3.1.3 Resultaat aangepaste versie beregeningsplanner-PC (versie 1.2).....	9
3.1.4 Planning moment berekening en giftgrootte .....	9
3.1.5 Opbrengst grasland.....	10
3.1.6 Opbrengst snijmaïs .....	11
3.2 Beregeningswijzer-PR .....	13
3.2.1 Vastgestelde uitgangssituatie.....	13
3.2.2 Toetsing wijzer aan veldwaarnemingen .....	14
3.2.3 Planning moment berekening en giftgrootte .....	15
3.2.4 Visuele beoordeling volumepercentage vocht bovengrond .....	15
3.2.5 Vochtwaarnemingen magnetron .....	16
<b>4 Discussie</b> .....	<b>18</b>
4.1 Beregeningsplanner .....	18
4.1.1 Opbrengst snijmaïs .....	20
4.2 Beregeningswijzer .....	21
<b>5 Conclusie</b> .....	<b>22</b>
5.1 Beregeningsplanner .....	22
5.2 Beregeningswijzer .....	22
<b>6 Aanbevelingen</b> .....	<b>23</b>
<b>Literatuur</b> .....	<b>25</b>
<b>Bijlagen</b> .....	<b>26</b>
Bijlage 1 .....	26

Bijlage 2 .....	26
Bijlage 3 .....	26
Bijlage 4 .....	26
Bijlage 5 .....	26
Bijlage 6 .....	26
Bijlage 7 .....	26



## 1 Inleiding

Het project 'Beregenen op maat' heeft als doel het toetsen, ontwikkelen en eventueel breed introduceren van beregeningsadviessystemen, die agrarische ondernemers in staat stellen om effectief te gaan beregenen. Het uiteindelijke doel van toepassing van die adviesystemen is het realiseren van waterbesparing. In het eerste jaar 1996 is de CLM-beregeningsplanner op kleine schaal geïntroduceerd. Op acht praktijkbedrijven en op het proefbedrijf Cranendonck zijn de gebruiksmogelijkheden van de CLM-beregeningsplanner beoordeeld. De resultaten van het onderzoeksjaar 1996 zijn beschreven in de deelrapportages Beregenen op maat (Hoving, 1997) en Toetsing van de beregeningsplanner met het hydrologische model SWAP (De Groot en Hack-Ten Broeke, 1997). In 1997 is dit onderzoek op het zelfde aantal bedrijven herhaald waarbij gebruik is gemaakt van de aanbevelingen en ontwikkelingen van het voorgaande jaar. Naast de Beregeningsplanner is de zogenaamde Beregeningswijzer als adviesstelsel geïntroduceerd en onderzocht op 5 onderzoeksbedrijven.

In 1995 heeft het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) een beregeningsplanner ontwikkeld die een boer in staat moet stellen het optimale tijdstip en de giftgrootte vast te stellen voor beregening. Deze planner stond bij de start van het onderzoek centraal om een beregeningsadviesstelsel te ontwikkelen. De planner geeft adviezen voor het tijdstip van beregenen en de te verstrekken hoeveelheid water op basis van een vochtboekhouding. De basis voor de vochtboekhouding wordt gevormd door de vochtinhoud van de grond, de capillaire opstijging, de neerslag en de gewasverdamping. De beregeningsplanner van het CLM is gebaseerd op een modelmatige benadering van de hydrologische processen in de onverzadigde zone van de bodem. De planner wordt aangeboden in de vorm van een papieren versie en als PC-programma (in 1996 ontwikkeld door OPTICROP). Naar aanleiding van de ervaringen in het eerste onderzoeksjaar heeft het PR de Beregeningswijzer ontwikkeld. Met de wijzer wordt het mogelijk een inschatting te maken van de actuele vochtvoorraad van de bovengrond, zonder voor een beregeningsadvies afhankelijk te zijn van uitsluitend een vochtboekhouding. Door het drogen van een kleine hoeveelheid grond in de magnetron kan bepaald worden wat de vochttoestand van de bovengrond is. Op de wijzer wordt afgelezen of de bepaalde vochttoestand voldoende of onvoldoende is en hoe groot een verantwoorde beregeningsgift mag zijn. De capillaire nalevering van de ondergrond kan van de wijzer worden afgelezen voor het opstellen van een eenvoudige vochtboekhouding.

De planner is door het PR getoetst aan veldwaarnemingen. SC-DLO heeft de planner getoetst met het hydrologische model SWAP 2.0 (werkgroep SWAP, 1996). In het afgelopen seizoen is op de onderzoeksbedrijven uitsluitend gebruik gemaakt van de PC-versie van de planner. Verwacht werd dat een PC-programma gebruikersvriendelijker is dan het met de hand uitrekenen van een vochtboekhouding. Daarbij is de benodigde bodemkundige basisinformatie gestructureerd vastgelegd zodat tijdens het groeiseizoen overzicht over de basisgegevens behouden blijft. Het vaststellen van de basisinformatie in het voorjaar heeft voor het opstarten van het programma extra aandacht gekregen, omdat na het eerste onderzoeksjaar geconcludeerd werd dat dit veelal de oorzaak was voor het onvoldoende functioneren van de beregeningsplanner.

## 2 Onderzoek op bedrijven

### 2.1 Beregeningsplanner-OPTICROP-BV

#### 2.1.1 Keuze van bedrijven

In 1997 is evenals in het eerste onderzoeksjaar op acht melkveehouderijbedrijven en Proefbedrijf Cranendonck de beregeningsplanner geïntroduceerd. Daarvan lagen zeven bedrijven in het oostelijk deel van de provincie Noord-Brabant en één bedrijf in de provincie Limburg. Ten opzichte van 1996 zijn van de acht bedrijven twee afgefallen. Het bedrijf wat geen berekening toepaste is vervangen door wederom een bedrijf wat geen berekening toepast. Het andere bedrijf wat is afgefallen is vervangen door het genoemde bedrijf in Limburg.

De belangrijkste criteria waarop de bedrijven geselecteerd zijn, zijn droogtegevoeligheid van de bodem, de bodemkundige uniformiteit van de gekozen proefpercelen en de teelt van maïs met de mogelijkheid om dit gewas te kunnen beregenen. Gelet is op het vochthoudend vermogen van de bovengrond en vochtlevering vanuit de ondergrond. Van de acht bedrijven waren er drie bedrijven relatief 'nat' en vijf relatief 'droog'. Eén van de droge bedrijven beregende niet. Per bedrijf werd voor twee graspercelen en één maïspaneel het gebruik van de planner gevolgd. Het uitgangspunt is dat de planner sturend is voor het juiste moment om te gaan beregenen en het bepalen van de optimale giftgrootte. Wekelijks werden op deze percelen veldwaarnemingen gedaan om de planner te kunnen toetsen.

Halverwege het groeiseizoen werd het onmogelijk om op het bedrijf Mulders het onderzoek voort te zetten. Dit bedrijf werd getroffen door hygiënemaatregelen die in acht genomen moesten worden, vanwege een geval van varkenspest in de directe omgeving van het bedrijf. In deze rapportage zijn daarom de resultaten van dit bedrijf voor 1997 niet vermeld.

#### 2.1.2 Toepassing CLM-beregeningsplanner algemeen

De beregeningsplanner is een vochtboekhoudsysteem waarmee dagelijks de balans wordt opgemaakt van de vochtinhoud van de wortelzone. Daarbij dragen neerslag, berekening en capillaire nalevering positief bij aan de balans en de actuele gewasverdamping negatief. De actuele vochtinhoud berekend met de vochtboekhouding wordt gerefereerd aan drie kritische waarden (Boland et al., 1996). Deze zijn een maximale vochtinhoud (V-max) van de wortelzone, een minimale vochtinhoud (V-uit) en de vochtinhoud waarbij groeireductie gaat optreden (V-start). Met de planner wordt geadviseerd pas te beregenen als V-Start wordt bereikt. De pF-waarden (vocht karakteristiek) die bij V-max, V-start en V-uit horen zijn respectievelijk circa 2.0 (afhankelijk van de grondwaterstand), 2,7 en 3,7. De giftgrootte wordt berekend als verschil tussen V-max en de actuele vochtvoorraad van de bovengrond. Als veiligheidsmarge wordt een hoeveelheid van 10 mm gehanteerd en afgetrokken van de maximale giftgrootte om zo een onverwachte regenbui niet verloren te laten gaan. In 1996 heeft de firma Opticrop BV de CLM-beregeningsplanner als PC-programma uitgebracht. Een belangrijke verandering ten opzichte van de papieren versie is dat de potentiële verdamping gecorrigeerd wordt met een gewasfactor afhankelijk van het gewasstadium.

#### 2.1.3 Toepassing beregeningsplanner op praktijkbedrijven

Voor het vaststellen van de bodemkundige uitgangspunten voor de planner zijn de referentie bedrijven door SC-DLO bodemkundig geïnterviewd. De twee nieuwe referentiebedrijven zijn in het voorjaar van 1997 gekarteerd. Van de overige vijf bedrijven en het proefbedrijf Cranendonck is de kartering van 1996 gebruikt om opnieuw de uitgangspunten te bepalen. Voor het uitvoeren van een bodeminventarisatie ten behoeve van Beregenen op maat is door De Groot en Hack-Ten Broeke in 1996 een protocol geschreven. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde bouwstenen van de Staringreeks (Wösten et al., 1987). De bodeminventarisatie op de twee nieuwe bedrijven is uitgevoerd volgens een vernieuwd protocol wat geschreven is in 1997. Dit protocol is herzien om in een kortere tijd de benodigde bodemkundige informatie te kunnen vaststellen. Ten opzichte van het eerste protocol wordt het aantal tijdrovende diepe boringen met de Edelmanboor beperkt, door in overleg met de boer reeds in grote lijn vast te stellen wat zijn ervaringen zijn met betrekking tot de

droogtegevoeligheid van de percelen op het bedrijf. Uit de boringen met de Edelmanboor werden profielen gekozen, die als referentie kunnen dienen voor één of meerdere percelen. Met deze basisinformatie werd door DLV-Almelo het vochthoudend vermogen van de bovengrond en vochtleverend vermogen uit de ondergrond in tabelvorm berekend en weergegeven.

De werkelijke giftgrootte bij beregening werd in het begin van het groeiseizoen door de bedrijven gecontroleerd door vier regenmeters diagonaalsgewijs op de beregeningsbaan te plaatsen zoals wordt geadviseerd volgens de planner.

DLV-Boxtel stuurde de deelnemende bedrijven wekelijks twee maal de potentiële referentiegewasverdamping toe voor het kunnen bijhouden van de beregeningsplanner.

#### *2.1.4 Toetsing beregeningsplanner met veldwaarnemingen*

Voor het toetsen van de beregeningsplanner werd in de periode van begin mei tot en met eind augustus veldwaarnemingen gedaan, op dezelfde percelen waarvoor ook de planner werd bijgehouden. Op één vaste plaats binnen de proefpercelen werd wekelijks op 15 en 25 cm beneden maaiveld de drukhoogte van het bodemvocht en het vochtgehalte gemeten. De drukhoogte werd gemeten met tensiometers en het vochtgehalte met Time Domain Reflectometry (TDR). Voor het aflezen van de grondwaterstand zijn op meerdere plaatsen op het bedrijf buizen geplaatst. Voor de bepaling van het vochtinhoud van de wortelzone werden wekelijks op de proefpercelen grondmonsters genomen en gedroogd. Voor de beoordeling van de werking van de planner is de berekende vochtinhoud van de wortelzone (vochtboekhouding) vergeleken met de waargenomen vochtinhoud. Hiertoe is het bepaalde vochtgehalte (perceelsgemiddelde) uit de grondmonsters omgerekend naar een vochtinhoud voor de geschatte bewortelingsdiepte. De grondmonsters werden gedroogd in een droogstoof op het proefbedrijf Cranendonck. Een goede overeenkomst van de planner met de veldwaarnemingen geeft aan dat de planner de vochtinhouding van de bodem goed simuleert. Voor een praktische toepassing van de planner is het belangrijk dat een vermindering van de vochtinhoud van de wortelzone en het moment waarop beregening gestart kan worden goed gesimuleerd wordt. In het voorjaar werd voor het opstarten van de planner voor de graspercelen de bewortelingsdiepte bepaald. Op de beide proefpercelen werd op minimaal drie plaatsen per perceel met een wortelboor de beworteling geanalyseerd. Als criterium voor de bewortelingsdiepte geldt een aanwezigheid van minimaal 5 wortels per oppervlakte, bij een boordiameter van 8 cm (oppervlakte = 50,3 cm<sup>2</sup>). Wanneer de resultaten van de drie boringen niet met elkaar overeenstemden werden meerdere boringen genomen. In het voorjaar is een ruwe inschatting van de botanische samenstelling van de graszode voor de keuze van de proefpercelen. In het najaar is de botanische samenstelling vastgesteld. De boeren is gevraagd om van de grasproefpercelen voor maaien of inscharen de grashoogte te meten om een indicatie te krijgen van het opbrengstniveau. Deze geschatte opbrengst kon vervolgens in de planner ingevoerd worden, zodat het programma de zogenaamde gewasfactor hierop kon afstemmen. De gewasfactor corrigeert de gewasverdamping op basis van het gewasstadium en de verwachte hergroeivertraging van gras na een maaisnede.

## **2.2 Beregeningswijzer-PR**

### *2.2.1 Keuze bedrijven*

Voor het testen van de beregeningswijzer als adviessysteem is de wijzer op vijf referentiebedrijven ingezet.

Deze bedrijven liggen allen in het oostelijk deel van de provincie Noord-Brabant. De belangrijkste criteria waarop de bedrijven geselecteerd zijn, is evenals bij de planner-bedrijven, de droogtegevoeligheid van de bodem, de bodemkundige uniformiteit van de gekozen proefpercelen en de teelt van maïs met de mogelijkheid om dit gewas te kunnen beregenen. Gelet is op het vochthoudend vermogen van de bovengrond en vochtlevering vanuit de ondergrond. Het uitgangspunt is dat de methode beregeningswijzer sturend is voor het juiste moment om te gaan beregenen en het bepalen van de optimale giftgrootte. Wekelijks werden op deze percelen veldwaarnemingen gedaan om het gebruik van de wijzer te kunnen toetsen.

### 2.2.2 Toepassing beregeningswijzer algemeen

In 1996 bleek bij de verwerking van de onderzoeksresultaten dat de veldwaarnemingen met een vereenvoudigde berekeningsmethode voldoende gesimuleerd konden worden. Hieruit is het idee voortgekomen om op basis van deze methode een adviessysteem te ontwikkelen. De basis van dit adviessysteem is de zogenaamde beregeningswijzer, een kaart vormgegeven als de bekende 'parkeerkaart', waarop alle benodigde basisgegevens voor het bepalen van het optimale beregeningstijdstip en de optimale beregeningsgift zijn samengevat. Met de basisgegevens op de wijzer kan een inschatting gemaakt worden van de actuele vochtvoorraad van de bovengrond. Geadviseerd wordt regelmatig met een gutsboor het vochtgehalte van de wortelzone te beoordelen op het moment dat verdroging actueel is. Bij twijfel over het vochtgehalte van de grond is het advies een grondmonster te drogen. Door het drogen van een kleine hoeveelheid grond in de magnetron kan bepaald worden wat de vochttoestand van de bovengrond is. Op de wijzer wordt afgelezen of de bepaalde vochttoestand voldoende of onvoldoende is en hoe groot een verantwoorde beregeningsgift mag zijn. Het kunnen beoordelen van de actuele vochttoestand van de bodem heeft als voordeel dat men voor een beregeningsadvies niet uitsluitend afhankelijk is van een vochtboekhouding. Bovendien blijken actuele vochtwaarnemingen onmisbaar voor het starten van een vochtboekhouding en voor de controle hiervan. Bij het gebruik van de beregeningswijzer wordt geadviseerd voor één of enkele percelen wel een vochtboekhouding bij te houden om het inzicht in de vochtinhouding van de bodem te vergroten. Hiertoe kunnen de capillaire nalevering van de ondergrond, het moment van beregenen en de maximale vochtinhoud van de bovengrond van de wijzer worden afgelezen.

### 2.2.3 Toepassing beregeningswijzer op praktijkbedrijven

Voor het vaststellen van de bodemkundige uitgangspunten voor de planner zijn de referentiebedrijven door de DLV en het PR bodemkundig geïnterviewd. In samenwerking met de betreffende boer werd de bodem geïnterviewd. Hij gaf daarbij aan wat zijn ervaringen zijn met betrekking tot de bodem op zijn bedrijf. Met een gutsboor werd de bovengrond beoordeeld plus een gedeelte van de ondergrond. Op een aantal representatieve plaatsen werd met een Edelmanboor de profielopbouw van de bodem uitgebreid bekeken. De grond werd gekwalificeerd aan de hand de bouwstenen van de Staringreeks (Wösten et al., 1994).

Voor het bepalen van het juiste beregeningstijdstip en de optimale giftgrootte werd voor zowel de graspercelen als de maïspcelen gebruik gemaakt van de gutsboor en de beregeningswijzer. Voor twee graspercelen (tevens de proefpercelen) werd eveneens een eenvoudige vochtboekhouding bijgehouden.

De werkelijke giftgrootte bij beregening werd in het begin van het groeiseizoen door de bedrijven gecontroleerd door vier regenmeters diagonaalsgewijs op de beregeningsbaan te plaatsen. DLV-Boxtel stuurde de deelnemende bedrijven wekelijks drie maal de potentiële referentiegewasverdamping toe voor het kunnen bijhouden van de vochtboekhouding.

### 2.2.4 Toetsing beregeningswijzer met veldwaarnemingen

Voor het toetsen van de beregeningswijzer op vijf praktijkbedrijven werden gedurende begin mei tot en met eind augustus veldwaarnemingen gedaan. Op twee graspercelen werden wekelijks grondmonsters genomen en gedroogd voor het bepalen van de vochtinhoud van de wortelzone. Beide percelen waren representatief voor de vochtinhouding van omliggende percelen en waren wat betreft droogtegevoeligheid verschillend. Voor de beoordeling van de vereenvoudigde vochtboekhouding van beide percelen is de berekende vochtinhoud van de wortelzone vergeleken met de waargenomen vochtinhoud. De werkelijke vochtinhoud is bepaald met grondmonsters die gedroogd zijn in de droogstoof op het proefbedrijf Cranendonck. Daarnaast controleerden de boeren ook zelf de vochtboekhouding door eveneens wekelijks grondmonsters te drogen in de magnetron. Op het bedrijf zijn meerdere grondwaterstandsbuizen geplaatst. In het voorjaar is de bewortelingsdiepte gemeten. In het najaar is de botanische samenstelling bepaald.

### 3 Resultaten

#### 3.1 Beregeningsplanner-Opticrop-BV

##### 3.1.1 Vastgestelde uitgangssituatie

De bodeminventarisatie van de zes bedrijven uit het eerste onderzoeksjaar, is nogmaals kritisch bekeken om de uitgangspunten voor de beregeningsplanner vast te stellen voor de start van het groeiseizoen '97. De keuze van representatieve profielbeschrijvingen bleek ten opzichte van 1996 verbeterd te kunnen worden. In bijlage 1 staan de bodeminventarisaties van de praktijkbedrijven en proefbedrijf Cranendonck vermeld. In de tabel 1 van bijlage 1 wordt een samenvatting gegeven van de nummers van boringen met de Edelmanboor uit de bodemkartering, die representatief zijn voor het bodemprofiel van één of meerdere percelen. DLV-Almelo heeft deze representatieve profielgegevens verwerkt tot de benodigde hydrologische basisinformatie voor de planner.

In het voorjaar van '97 is de bodem van de twee nieuwe bedrijven geïnventariseerd volgens het herziene protocol van het SC-DLO (De Groot en Hack-Ten Broeke, 1997). Als randvoorwaarde aan dit protocol is gesteld door het onderzoekers van het PR en de DLV, dat in een halve dag een gemiddeld bedrijf geïnventariseerd kan worden. De kartering van de beide nieuwe bedrijven nam echter wel meer tijd in beslag, ondermeer omdat het bedrijven voor onderzoek betrof en omdat gelijktijdig de proefpercelen werden vastgesteld. Een inventariserende rondgang met de boer, met name bedoeld om de heterogeniteit van de bodem vast te stellen, wordt als zeer positief ervaren. Het beperkt het aantal diepe boringen met de Edelmanboor, die tijdrovend zijn.

In 1996 werd vastgesteld dat de geschatte bewortelingsdiepte op basis van de bewortelbare diepte vaak behoorlijk afweek van de gemeten bewortelingsdiepte. Om de afwijking die hierdoor ontstaat bij de berekening van de vochtuithouding te voorkomen of te beperken, is in het voorjaar van de grasproefpercelen de bewortelingsdiepte gemeten. Tijdens het meten waren de groeiomstandigheden voor gras zeer gunstig. Het gras was op dat moment zeer productief, wat te zien was aan de beworteling van het gras. De haarwortels zagen er over het algemeen duidelijk vers uit en waren goed zichtbaar door een heldere witte kleur. Ondanks het relatief jonge wortelstelsel, week over het algemeen de bewortelingsdiepte niet erg af van de diepte die in 1996 op dezelfde percelen werd gemeten. De resultaten van deze inventarisatie staan vermeld in tabel 1. Tevens staan in deze tabel de gemeten bewortelingsdiepten van 1996 weergegeven. Zoals in 1996 ook is gebleken was de bewortelingsdiepte van een jonge graszode beduidend groter dan van de oudere zoden. Dit was het geval bij perceel 13 van het bedrijf Janssen in '97, dat is ingezaaid in het najaar van '96. De graszode van perceel W5 van het bedrijf Keijzers was relatief jong. Dit perceel is een jaar eerder ingezaaid in het najaar van '95 en werd dus voor het tweede jaar productief. De bewortelingsdiepte was nog aanzienlijk, namelijk 35 cm, maar is reeds na het eerste jaar verminderd. Dit beeld bevestigt hetgeen van de ontwikkeling van de beworteling van gras bekend is (Soesbergen et al., 1996). Halverwege het groeiseizoen is nogmaals voor een aantal percelen de bewortelingsdiepte gecheckt. Hierbij werd geen veranderde diepte waargenomen ten opzichte van het de metingen in het voorjaar. Daarbij moet opgemerkt dat tot augustus de groeiomstandigheden zeer gunstig waren.

**Tabel 1** Overzicht van de bewortelbare diepte (kartering) en de gemeten bewortelingsdiepte op de proefpercelen van de referentiebedrijven en van het Proefbedrijf Cranendonck in '96 en '97

Bedrijf	Proefpercelen	Geschatte bewortelbare diepte (cm)	Gemeten bewortelingsdiepte (cm) gras mei '97 en maïs augustus '97	Gemeten bewortelingsdiepte (cm) gras en maïs augustus '96
Janssen	2 - gras	35	20-25	15-20
	13- gras	35-40	35	20-25 (perceel 11)
	16 - maïs	40-80	35-55	-
School	H1 - gras	25-35	20-25	10-15
	R4 - gras	25-35	20-25	20 (perceel R5)
	M1 - maïs	40-80	40-50	40
v. Genugten	4 - gras	25-35	30-35	30-35
	8 - gras	30-35	30-35	30-40 (perceel 7)
	6 - maïs	30-40	35-40	50 (perceel 11)
Vink	2 - gras	30	30	-
	11 - gras	80	25	-
	25 - Maïs	40	35-60	-
Mulders	7 - gras	35-45	25	15-20
	16 - gras	30-35	25	25-30
	18 - maïs	40-90	?	45
Smulders	10 - gras	25-35	25-30	25 (perceel 11)
	20 - gras	25-35	25-30	25-30 (perceel 18)
	M3 - maïs	40-100	45-55	50 (ander perceel)
Keijzers	W5 - gras	25-40	35	35-40
	W10 - gras	25-30	25	20-25
	M2- maïs	30	40-75	55
Strous	1c - gras	35-40	25-30	-
	3b - gras	35-40	25-30	-
	17 - maïs	40-75	35-45	-
Cranendonck	8 - gras	45	25	25-30
	22 - gras	25	30	-
	44b - gras	80	30	35-40
	82 - maïs	110	90	75

In het najaar is de botanische samenstelling gekarteerd. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2. Over het algemeen was de botanische samenstelling niet zodanig afwijkend dat hierdoor de gewasverdamping nadelig beïnvloed zou zijn geweest. Voor beide proefpercelen van het bedrijf Vink werd hoogst waarschijnlijk, afgezien van droogtestress van het gras, de verdamping wel gereduceerd, omdat van deze percelen de botanische samenstelling niet optimaal was.

**Tabel 2** Overzicht van de bezettingsgraad en de botanische samenstelling (%) van de proefpercelen per bedrijf, gekarteerd in het najaar. Een + karakteriseert een zeer laag percentage aanwezigheid.

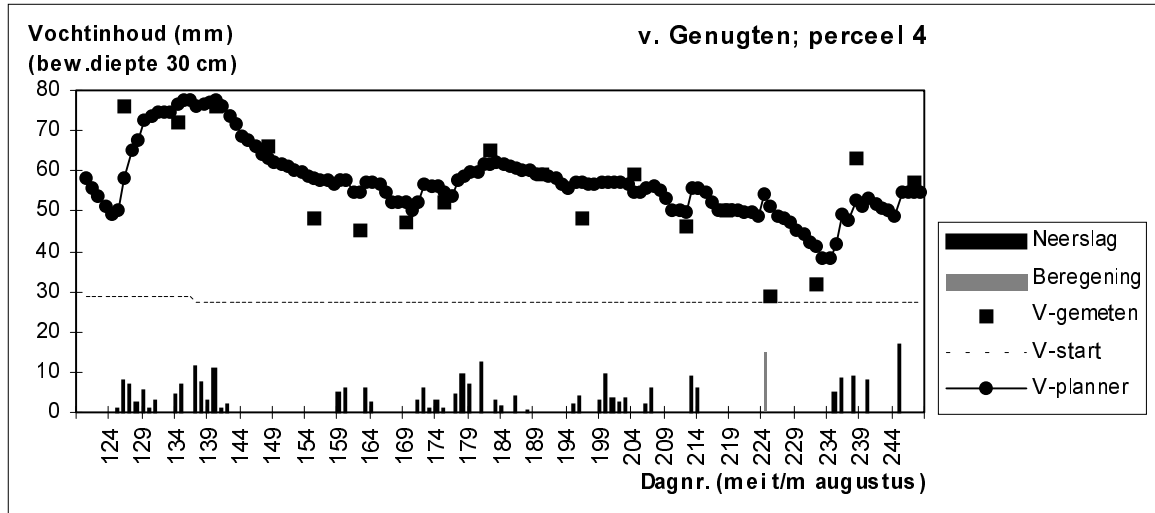
Bedrijf	Perceel	Bezetting	Engels raai	Ruwbeemd	Veldbeemd	Timothee	Witte klaver	Kweek	Straatgras	Onkruiden
Janssen	2	85	87	+	+		2	1	3	8
	13	80	96						4	
School	H1	80	97						3	
	R4	95	85					2	7	1
v.Genugten	4	85	88	+			1		6	5
	8	85	88	3			+		7	2
Strous	1c	95	70	2		4	18	1	2	3
	3b	95	78	12	+			1	8	1
Vink	2	80	50	4			1	16	5	24
	11	95	58	+			+	26	8	8
Keijzers	W5	90	92			2			2	4
	W10	95	71	7		+	3	6	9	4
Smulders	10	90	60	4	1	+	12	4	12	7
	20	95	80	+			7		9	4
Cranendonck	8	95	75	2			+		20	3
	10	95	74	2					22	2
	12	95	78	2				3	9	8
	22	80	93	+					2	5

### 3.1.2 Toetsing planner aan veldwaarnemingen

Voor het toetsen van de planner is de wekelijks met grondmonsters vastgestelde gemiddelde vochtinhoud van de wortelzone vergeleken met de berekende vochtinhoud van de planner. De resultaten zijn in bijlage 2 weergegeven in figuren. De figuren geven per proefperceel een overzicht van de vochthuishouding van de betreffende wortelzone. Als voorbeeld geeft figuur 1 het resultaat weer van één van de proefpercelen.

Bij de analyse van de resultaten is gelet op het niveau van de maximale vochtinhoud tijdens natte perioden en de mate waarin de planner de teruggang van de vochtinhoud voorspelt bij droogte. Om de resultaten zo objectief mogelijk te beoordelen wordt een afwijking kleiner dan 3 mm tussen de berekende waarden en de vastgestelde vochtinhoud beschouwd als geen verschil. Dit criterium is gehanteerd voor zowel het niveau als het verloop van de vochtinhoud gedurende de droge perioden in mei-juni en augustus. Voor een beoordeling van de planner voor het gehele groeiseizoen is per proefperceel van de drie afzonderlijke beoordelingen een totaalbeoordeling gegeven. In tabel 3 zijn de resultaten weergegeven. Daarbij is een score van een verschil kleiner dan 3 mm op drie onderdelen betiteld als goed, op twee onderdelen als redelijk en op één onderdeel onvoldoende. Voor de maïspancelen geldt voor de totaalbeoordeling dat vooral rond de bloei de vochtinhoud van de wortelzone goed voorspeld moet worden. Voor een beoordeling redelijk of goed moet voor 1997 minimaal de vochtvermindering tijdens de droge periode in augustus juist voorspeld worden. De in de tabel weergegeven hoeveelheden zijn afgeronde getallen. Zo kan het voorkomen dat bij een verschil van 3 mm tussen de berekende waarden en de vastgestelde vochtinhoud (bijvoorbeeld Vink perceel 2) toch aangegeven staat dat deze als gelijk beschouwd worden, omdat het verschil tussen de niet afgeronde getallen kleiner is dan 3 mm.

Tijdens de eerste droge periode in mei-juni is een afname van de vochtinhoud van de wortelzone van maïs in de figuren niet zichtbaar, omdat het gewas in deze periode nog volop in ontwikkeling was. Door de toename van de bewortelingsdiepte neemt ook de beschikbare vochtvoorraad toe terwijl gelijktijdig in een droge periode de vochthoeveelheid per 10 cm kan afnemen.



**Figuur 1** Vochtinhoud volgens Beregeningsplanner-Opticrop BV (V-planner) versie 1.1 vergeleken met de gemeten vochtinhoud (V-gemeten). Perceel 4 (gras).

**Tabel 3** Toetsing versie 1.1 aan vochtmonsters. Resultaten weergegeven per 10 cm wortelzone (mm).

Bedrijf	Perceel	V-max planner (mm)	V-max bepaald (mm)	Verschil V-max planner en bepaald 1)	Vergelijking vermindering vochtvoorraad in twee droge perioden (mm)						Algemeen resultaat
					juni			augustus			
					planner	bepaald	verschil	planner	bepaald	verschil	
Janssen	2	21 - 23	16 - 18	>	5	6	=	5	5	=	redelijk
	13	23 - 26	21 - 27	<>	<1	1	=	<1	9	<	onvoldoende
	M	20 - 22	21 - 22	=	2	2	=	<1	7	<	onvoldoende
School	H1	18 - 25	23 - 26	<	4	5	=	4	7	<	onvoldoende
	R4	28 - 36	28 - 32	>	<1	8	<	3	9	<	onvoldoende
	M	18 - 31	19 - 22	>	2	4	=	<1	5	<	onvoldoende
v.Genugten	4	18 - 26	20 - 25	=	2	6	<	<1	7	<	onvoldoende
	8	21 - 32	23 - 25	>	4	4	=	4	3	=	redelijk
	M	17 - 29	21 - 25	<>	<1	<1	=	3	5	=	redelijk
Strous	1c	16 - 23	16 - 19	=	6	5	=	4	1	=	goed
	3b	19 - 28	24 - 26	=	5	4	=	6	8	=	goed
	M	14 - 18	18	=	4	-4	<	2	3	=	redelijk
Vink	2	20 - 26	22	>	4	4	=	8	5	=	redelijk
	11	19 - 23	15 - 18	>	2	8	<	11	9	=	onvoldoende
	M	20 - 23	19	>	4	2	=	3	6	<	onvoldoende
Keijzers	W5	18 - 23	21 - 23	=	6	6	=	7	<1	>	redelijk
	W10	23 - 32	25 - 28	>	<1	5	<	<1	<1	=	onvoldoende
	M	16	16 - 18	=	5	<1	>	3	3	=	redelijk
Smulders	10	23 - 29	23 - 25	>	<1	4	<	2	7	<	onvoldoende
	20	24 - 36	23 - 27	>	2	6	<	<1	3	<	onvoldoende
	M	22 - 25	15 - 17	>	7	6	=	2	5	<	onvoldoende
Cranendonck	8	21 - 26	22 - 24	=	4	7	<	<1	4	<	onvoldoende
	10	22 - 30	19 - 21	>	4	5	=	<1	<1	=	redelijk
	12	22 - 30	19 - 23	>	3	8	<	4	3	=	onvoldoende
	22	20 - 23	13 - 16	>	3	5	=	9	3	>	onvoldoende
	44b	21 - 28	18	>	2	7	<	2	6	<	onvoldoende
M	14 - 16	18	<	-	-		2	9	<	onvoldoende	

1) = : afwijking minder dan 3 mm. < : 3 mm of meer verschil negatief. > : 3 mm of meer verschil positief



Voor een aantal percelen lijkt de planner in de droge periode mei-juni beter te scoren dan in augustus. Voor de percelen 13 en M van het bedrijf Janssen en M van het bedrijf School is dit schijn, omdat gedurende het gehele groeiseizoen de berekende vochtvermindering zeer gering is en onafhankelijk lijkt van de omstandigheden. In mei-juni werd geen duidelijke vermindering van de vochtvoorraad gemeten en lijkt de planner dit goed voorspeld te hebben. Het resultaat van de berekende vochtinhoud van deze proefpercelen is echter vergelijkbaar met bijvoorbeeld de grasproefpercelen van het bedrijf Smulders, waar de berekende vermindering van de vochtvoorraad gedurende het gehele groeiseizoen nihil blijkt.

### 3.1.3 Resultaat aangepaste versie beregeningsplanner-PC (versie 1.2)

Na de eerste droge periode in het groeiseizoen, was de indruk dat een vermindering van de vochtvoorraad over het algemeen onvoldoende voorspeld werd door de planner. In veel gevallen was de vochtafname zo gering dat het kritische moment om te gaan beregenen niet bereikt werd en zodoende een advies om te gaan beregenen uitbleef. In de praktijk bleek echter, dat voor een aantal percelen beregening wel geadviseerd had moeten worden.

De firma Opticrop BV heeft als reactie daarop het PC-programma aangepast (versie 1.2), welke eind juli is geleverd aan de deelnemende bedrijven. De voornaamste verandering van deze versie betreft de berekening van de capillaire nalevering bij een vochtinhoud die ligt tussen veldcapaciteit (V-max) en de kritische waarbij beregening geadviseerd wordt (V-start). De reden voor deze verandering is geweest, dat de capillaire nalevering vanaf V-max niet maximaal is, maar geleidelijk toeneemt naarmate de vochttoestand van de wortelzone afneemt. In de verklaring van de toegevoegde rekenregels aan het programma wordt de afnemende beschikbare vochtinhoud van de wortelzone, het verschil tussen V-max en V-start, 'leegloop' genoemd. Aan de wijziging van de capillaire nalevering is als volgt inhoud gegeven:

- bij minder dan 20 % leegloop (dus een vochtgehalte op of in de buurt van V-max, wordt de capillaire nalevering op 0 mm gesteld
- tussen de 20 en 50 % leegloop wordt de capillaire nalevering steeds hoger. Namelijk van 0 mm naar de waarde zoals deze in de bodemtabellen staat vermeld voor het betreffende profiel bij de heersende grondwaterstand en vochtgehalte
- onder de 50 % leegloop wordt rechtstreeks de waarde uit de tabel gebruikt

De resultaten van deze versie staan vermeld in tabel 4. Evenals bij de analyse van de oorspronkelijke versie is voornamelijk gelet op het niveau van de maximale vochtinhoud tijdens natte perioden en de mate waarin de planner de teruggang van de vochtinhoud voorspelt bij droogte. Bij de analyse van versie 1.2 werden dezelfde beoordelingscriteria gehanteerd als beschreven in de vorige paragraaf. In bijlage 3 zijn de resultaten weergegeven in figuren.

De verandering van het programma geven over het algemeen in de figuren wel een lichte verbetering te zien. Bij een strikte analyse zoals die is samengevat in tabel 4 komen deze verbeteringen niet tot uiting in gemiddeld kleinere afwijkingen en in een betere kwalificatie. Het resultaat blijft overwegend onvoldoende.

### 3.1.4 Planning moment beregening en giftgrootte

De planner bood voor de meeste proefpercelen niet een zodanig betrouwbaar inzicht in het vochtverloop van de wortelzone, dat de beregeningsadviezen bruikbaar waren. In plaats daarvan was het voor de deelnemende bedrijven noodzakelijk gedurende de twee droge perioden in het veld zo goed mogelijk waar te nemen wanneer beregend kon gaan worden.

Over het algemeen is beregening niet te vroeg toegepast. Wel is vlak voor het einde van de eerste droge periode op een aantal percelen beregening toegepast terwijl gelijk of meteen erna in de daarop volgende dagen neerslag zou vallen.

De giftgrootte is over het algemeen goed gekozen. De zeer hoge giften op beide grasproefpercelen van het bedrijf Strous begin juni worden verklaard door een verkeerde afstelling van de installatie, omdat het een nieuwe machine betrof die voor het eerst gebruikt werd. Na deze eerste giften is de afstelling aangepast tot de gewenste giftgrootte werd bereikt. De grootte van de beregeningsgift in juni op het perceel H1 van het bedrijf School was vrij hoog gezien de buien die hierop volgden. Vanwege

de beperkte bewortelingsdiepte en het relatief lage vochthoudend vermogen van de bovengrond van dit perceel had bij een neerslag-verwachting voor de daarop volgende dagen de giftgrootte kleiner moeten zijn om ook een eventuele bui van 5-10 mm te kunnen benutten.

De totale onttrekking van grondwater voor beregening van de deelnemende bedrijven aan het onderzoek staat samengevat in bijlage 4. Het gemaakte onderscheid in relatief droge en natte bedrijven komt tot uitdrukking in de totale onttrekking van water voor beregening. De bedrijven Mulders, Strous en Keijzers zijn relatief droog en hebben van de zeven onderzoeksbedrijven die beregening toepassen het meeste water onttrokken. Het bedrijf Smulders heeft onder de gehele bedrijfsoppervlakte te maken met grof zand in de ondergrond en is afhankelijk van de grondwaterstand droogtegevoelig. Smulders heeft desondanks op zijn bedrijf van de maïspcelen alleen het proefperceel beregend met een geringe giftgrootte.

**Tabel 4** Toetsing versie 1.2 aan vochtmonsters. Resultaten weergegeven per 10 cm wortelzone (mm).

Bedrijf	Perceel	V-max planner (mm)	V-max bepaald (mm)	Verschil V-max planner en bepaald 1)	Vermindering vochtvoorraad in twee droge perioden (mm)						Algemeen resultaat
					juni			augustus			
					planner	bepaald	verschil	planner	bepaald	verschil	
Janssen	2	21 - 23	16 - 18	>	7	6	=	4	5	=	redelijk
	13	23 - 26	21 - 27	<>	<1	1	=	1	9	<	onvoldoende
	M	20 - 22	21 - 22	=	2	2	=	<1	7	<	onvoldoende
School	H1	18 - 25	23 - 26	<	3	5	=	3	7	<	onvoldoende
	R4	28 - 36	28 - 32	>	2	8	<	4	9	<	onvoldoende
	M	18 - 29	19 - 22	>	3	4	=	4	5	=	redelijk
v.Genugten	4	18 - 26	20 - 25	=	3	6	<	-1	7	<	onvoldoende
	8	21 - 32	23 - 25	>	7	4	>	3	3	=	onvoldoende
	M	17 - 29	21 - 25	<>	1	<1	=	2	5	<	onvoldoende
Strous	1c	16 - 23	16 - 19	=	9	6	>	4	1	=	redelijk
	3b	19 - 28	24 - 26	=	8	4	>	6	8	=	redelijk
	M	14 - 18	18	=	3	-4	<	2	3	=	redelijk
Vink	2	13 - 17	22	<	11	4	>	8	5	>	onvoldoende
	11	19 - 23	15 - 18	>	7	8	=	10	9	=	redelijk
	M	20 - 23	19	>	4	2	=	3	6	<	onvoldoende
Keijzers	W5	18 - 23	21 - 23	=	10	6	>	7	<1	>	onvoldoende
	W10	23 - 32	25 - 28	>	4	5	=	<1	<1	=	redelijk
	M	16	16 - 18	=	5	<1	>	3	3	=	redelijk
Smulders	10	23 - 29	23 - 25	>	<1	4	<	4	7	<	onvoldoende
	20	24 - 36	23 - 27	>	3	6	<	2	3	=	onvoldoende
	M	22 - 25	15 - 17	>	7	6	=	1	5	<	onvoldoende
Cranendonck	8	21 - 26	22 - 24	=	4	7	<	-2	4	<	onvoldoende
	10	22 - 30	19 - 21	>	3	5	=	2	<1	=	redelijk
	12	22 - 30	19 - 23	>	3	8	<	<1	3	=	onvoldoende
	22	20 - 23	13 - 16	>	4	5	=	10	3	>	onvoldoende
	44b	21 - 28	18	>	1	7	<	5	6	=	onvoldoende
M	14 - 16	18	<	-	-		3	9	<	onvoldoende	

1) = : afwijking minder dan 3 mm. < : 3 mm of meer verschil negatief. > : 3 mm of meer verschil positief

### 3.1.5 Opbrengst grasland

De deelnemende boeren is gevraagd om van de grasproefpercelen voor maaien of inscharen de grashoogte te meten om een indicatie te krijgen van het opbrengstniveau. Deze geschatte opbrengst werd vervolgens in de planner ingevoerd, zodat het programma de zogenaamde gewasfactor hierop kon afstemmen. De gewasfactor corrigeert de gewasverdamping op basis van het gewasstadium en de verwachte hergroei vertraging van gras na een maaisnede. De grashoogtemetingen zijn echter niet

nauwkeurig genoeg om conclusies te kunnen trekken over de totale opbrengst en het benodigde watergebruik per proefperceel voor 1997.

### 3.1.6 Opbrengst snijmaïs

De resultaten van de opbrengstbepalingen van de maïs (zie tabel 5) kent een uitschieter wat betreft de drogestof opbrengst voor het maïsperceel van het bedrijf School. Dit perceel had vergeleken met de andere maïsproefpercelen een duidelijk hogere drogestof opbrengst per hectare. De maïs werd op dit perceel op tijd gezaaid en gedurende de droge periode in augustus werd met de veldwaarnemingen geen verdroging van de bodem geconstateerd. De toename van drogestof in de periode van tussenoogst tot eindoogst was voor dit perceel ook meer dan voor de andere percelen. Het perceel van het bedrijf Van Genugten had de op één na hoogste drogestof opbrengst per hectare en de op één na hoogste toename van drogestof in de periode na de tussenoogst. Op dit perceel is eveneens geen verdroging geconstateerd in de bodem, omdat op het juiste moment eenmalig is beregend. Op dit perceel werd optisch ook geen stilstand of achter-uitgang van de groei geconstateerd. Bij het maïsperceel van het bedrijf Janssen werd wel enige verdroging geconstateerd in de wortelzone. De verklaring voor een lagere eindopbrengst moet echter gezocht worden in de tragere beginontwikkeling van het gewas door de zwaarte van de grond. De bovengrond van dit perceel wordt gekarakteriseerd als matig lichte zavel. Op dergelijke gronden wordt de beginontwikkeling van maïs vertraagd door een tragere opwarming van de grond in het voorjaar. Ook de opkomstdatum van de maïs op het betreffende perceel van Janssen was later. Het kolfaandeel was desondanks goed. De eind-opbrengst en de toename van de droge stof na de tussenoogst van het maïsperceel van het bedrijf Smulders valt erg mee, gezien de verdroging die is waargenomen met vochtwaarnemingen van de bodem. Het kolfpercentage van dit gewas was aanzienlijk evenals het drogestof percentage bij eindoogst. Uiteindelijk is de waargenomen droogtestress van het gewas niet van grote invloed geweest op de toename van de drogestof na de tussenoogst en op de eindopbrengst. Mogelijk is de grondwaterstand, die maximaal 150 cm was, van positieve invloed geweest op de capillaire nalevering van vocht. De eindoogst van het perceel maïs van het bedrijf Keijzers viel tegen ten opzichte van de opbrengst van de tussenoogst. Daarmee in verband staat een hoog kolfaandeel en het hoge drogestof percentage bij eindoogst. Het maïsperceel van Keijzers heeft een diepe grondwaterstand, waarbij geen capillaire opstijging verwacht mag worden. Dit gewas heeft blijkbaar ondanks de betrekkelijk grote hoeveelheid beregening meer droogtestress gehad dan het maïsperceel van het bedrijf Strous, waarbij de omstandigheden voor groei en droogtestress vergelijkbaar waren (zie figuren in bijlage 2). Bovendien was de opkomstdatum op dit perceel tien dagen later en was het drogestofpercentage bij eindoogst lager. Het perceel van Strous heeft eveneens een vrij diepe grondwaterstand en is beregend met een vergelijkbare hoeveelheid water. Wanneer echter voor beide percelen de vochtmonsters worden vergeleken met het moment waarop beregening was toegepast leek het perceel van Keijzers in een droger stadium beregend te zijn. Bovendien was de beregening verdeeld in twee grote giften van 40 mm. Op het perceel van Strous waren dit drie giften van respectievelijk 34, 35 en 25 mm. De totale hoeveelheid was meer dan bij Keijzers, maar de verdeling en de grootte van de giften waren gunstiger. Van het maïsperceel van het bedrijf Vink wordt de bepaling van de eindopbrengst gemist omdat het perceel vroegtijdig werd geoogst.

**Tabel 5** Gegevens proefpercelen snijmaïs 1997

Bedrijf	Tussenoogst 6-7 augustus		Eindoogst 17-18 september		Verskil eindooget en tussenoogst (ton/ha)	kolfaandeel (%)	Berekening (mm)	Beworteling (cm)	Verdroging gemeten	Opkomst- datum
	drogestof (%)	drogestof opbrengst (ton/ha)	drogestof (%)	drogestof opbrengst (ton/ha)						
Janssen	14,9	8,6	28,8	16,7	8,1	59,3	-	35-55	wel	16-5
School	14,5	11,1	32,6	20,9	9,8	53	-	40-50	niet	5-5
v.Genugten	16,2	9,2	30	17,7	8,5	52	35	35-40	niet	8-5
Strous	15	10,1	25,6	16,7	6,6	41,9	94	35-45	wel	20-5
Vink	17	9,5	-	-	-	-	-	35-60	wel	20-5
Keijzers	18,8	10	39,5	15,3	5,3	63,8	80	40-75	wel	10-5
Smulders	15,6	8,8	36,1	16,5	7,7	55,6	24	45-55	wel	14-5

### 3.2 Beregeningswijzer-PR

#### 3.2.1 Vastgestelde uitgangssituatie

In het voorjaar van 1997 zijn vijf bedrijven geselecteerd voor het toetsen van de Beregeningswijzer en is de bodem geïnventariseerd volgens het herziene protocol van het SC-DLO (De Groot en Hack-Ten Broeke, 1997). Twee van de bedrijven zijn door het PR gekarteerd. De drie andere bedrijven zijn door de DLV gekarteerd. In het protocol wordt onderscheid gemaakt voor het inventariseren van een bodem voor het gebruik van de beregeningsplanner en de beregeningswijzer. Het belangrijkste verschil is dat voor het gebruik van de planner de gelaagdheid van het bodemprofiel moet worden onderscheiden met behulp van de Edelmanboor. Hierbij is de dikte van de onderscheiden lagen van belang en wordt van elke laag een schatting van de bouwstenen van de Staringreeks gegeven. Bij de bodeminventarisatie voor de beregeningswijzer wordt wel op meerdere plaatsen naar de ondergrond gekeken om een inschatting te maken van mogelijke capillaire opstijging uit de ondergrond en het grondwater, maar is een uitgebreide beschrijving niet noodzakelijk. Hierdoor wordt duidelijk tijd bespaard. De kartering van beide bedrijven kostte minder dan twee keer een halve dag. In bijlage 5 wordt een overzicht gegeven van de bodeminventarisaties van de vijf referentiebedrijven. In het voorjaar van 1997 is voor de start van het groeiseizoen de bewortelingsdiepte bepaald met een wortelboor. De basisinformatie voor de proefpercelen voor het gebruik van de beregeningswijzer en het opstellen van een eenvoudige vochtboekhouding zijn samengevat in tabel 6.

**Tabel 6** Basisgegevens van de proefpercelen voor het toetsen van de beregeningswijzer

Bedrijf	Proefperceel	Gras/Mais	Bewortelings- diepte (cm)	Bodeminventarisatie		Aanpassing bouwstenen n.a.v. droge periode juni '97		Invloed grondwater
				Bouwsteen bovengrond	Bouwsteen ondergrond	Bouwsteen bovengrond	Bouwsteen ondergrond	
Reijnen	4	gras	30-35	B2	O2			wel
	7	gras	15-20	B2	O2			niet
	11	mais	60 (schatting)	B2	O2			niet
Frijters	10	gras	35	B2	O2		O5	wel
	16	gras	20-25	B2	O2	B1		niet
	13	mais	70 (schatting)	B2	O2			wel
Donkers	6a	gras	30	B1	O1			wel
	12	gras	35	B2	O1			wel
	13	mais	60 (schatting)	B2	O1			wel
Krol	1	gras	30	B2	O1			wel
	4	gras	40	B2	O2	B1		wel
	8	mais	50 (schatting)	B2	O2			wel
v.Grinsven	5	gras	25	B2	O5			wel
	17	gras	40	B3	O5	B2		wel
	10	mais	50 (schatting)	B2	O5			wel

In het najaar is de botanische samenstelling van de graspercelen gekarteerd. De resultaten van de proefpercelen zijn weergegeven in tabel 7. Over het algemeen was de botanische samenstelling niet zodanig afwijkend dat hierdoor de gewasverdamping nadelig beïnvloed zou zijn geweest. Voor perceel 12 van het bedrijf Donkers was de botanische samenstelling matig. Mogelijk is hierdoor, afgezien van droogtestress, de gewasverdamping gereduceerd.

**Tabel 7** Overzicht van de bezettingsgraad en de botanische samenstelling (%) van de proefpercelen per bedrijf, gekarteerd in het najaar. Een + karakteriseert een zeer laag percentage aanwezigheid.

Bedrijf	Perceel	Bezetting	Engels raai	Ruwbeemd	Veldbeemd	Timothee	Witte klaver	Kweek	Straatgras	Onkruiden
Frijters	10	90	85	2		2	1	3	6	1
	16	85	90					2	4	4
Donkers	6a	90	82			6	2		2	8
	12	85	59	4	+	2	14	11	6	4
Reijnen	4	90	97	+			+		2	1
	7	95	73	5				3	7	12
Krol	1	85	82	6			2		3	7
	4	85	98						2	
v.Grinsven	5	85	95	2					3	
	17	90	71	2				12	11	4

### 3.2.2 Toetsing wijzer aan veldwaarnemingen

Het gebruik van de beregeningswijzer en een eenvoudige vochtboekhouding is op een vergelijkbare manier getoetst als de beregeningsplanner, zoals beschreven is in paragraaf 3.1.2. De resultaten staan weergegeven in figuren in bijlage 6 en de analyse van de resultaten staat samengevat in tabel 8. Met de wijzer wordt de gebruiker de mogelijkheid geboden om de bodemkundige basisgegevens te wijzigen wanneer waarnemingen in het veld hiertoe aanleiding geven. Voor een aantal proefpercelen bleek tijdens de eerste droge periode in mei-juni dat de vastgestelde bouwstenen voor bovengrond of ondergrond herzien te moeten worden om de vochtboekhouding beter af te kunnen stemmen op de gemeten vochtinhoud van de wortelzone. In tabel 6 is de herziene keuze van de bouwstenen voor de betreffende proefpercelen weergegeven. De figuren in bijlage 6 en de analyse in tabel 8 zijn het resultaat van de bijgehouden vochtboekhoudingen na eventuele correctie van de basisgegevens in juni. Met deze aanpassingen is opnieuw voor deze percelen de vochtboekhouding uitgerekend vanaf begin mei. Voor een objectieve beoordeling wordt, zoals ook bij de analyse van de beregeningsplanner gebeurd is, een afwijking kleiner dan 3 mm tussen de berekende waarden en de vastgestelde vochtinhoud beschouwd als geen verschil. De voorspelling door de vochtboekhouding van de maximale vochtvoorraad en de teruggang van de vochtvoorraad van de wortelzone gedurende de twee droge perioden in het seizoen zijn afzonderlijk beoordeeld. Aan de hand van deze drie afzonderlijke beoordelingen is een totaalbeoordeling gegeven. Een score van een verschil kleiner dan 3 mm op drie onderdelen is betiteld als goed, op twee onderdelen als redelijk en op één onderdeel als onvoldoende.

Voor het perceel 1 van het bedrijf Krol bleek het niet goed mogelijk met de eenvoudige vochtboekhouding de vochtinhouding gedurende het gehele groeiseizoen voldoende te simuleren, zonder één of meerdere keren opnieuw te starten. Het resultaat van de andere proefpercelen was redelijk of goed. Aanvankelijk was voor vier proefpercelen het resultaat onvoldoende. Dit was de conclusie naar aanleiding van de resultaten van de bodemmonsters in de eerste droge periode mei-juni. In overleg met de betreffende bedrijven is van drie percelen de bouwsteen voor de bovengrond herzien en van één perceel de bouwsteen van de ondergrond om de vochtboekhouding beter met de vochtmonsters overeen te laten komen.

Het vaststellen van de vochtvoorraad van de bodem met behulp van de magnetron blijkt werkbaar in de praktijk. In enkele gevallen bleek dat het vermogen van de magnetron niet maximaal ingesteld kon worden, omdat dat in een korte tijd oververhitting van de ovenschaal tot gevolg had. Een vermogen van ongeveer 800 watt leverde geen problemen op.

**Tabel 8** Toetsing vochtboekhouding beregeningswijzer aan vochtmonsters. Resultaten weergegeven per 10 cm wortelzone (mm).

Bedrijf	Perceel	V-max wijzer (mm)	V-max bepaald (mm)	Verschil V-max wijzer en bepaald 1)	Vergelijking vermindering vochtvoorraad in twee droge perioden (mm)						Algemeen resultaat
					juni			augustus			
					wijzer	bepaald	verschil	wijzer	bepaald	verschil	
Frijters	10	28	23 - 28	>	6,3	6	=	4	4	=	redelijk
	16	20	20 - 22	=	7	4	>	<1	<1	=	redelijk
Donkers	6a	20	20 - 23	=	5	7	=	8	7	=	goed
	12	28	27 - 30	=	5	6	=	7	6	=	goed
Reijnen	4	28	27 - 28	=	2	6	<	2	1	=	redelijk
	7	28	28	=	7	6	=	<1	3	=	goed
Krol	1	28	24 - 28	>	3	10	<	1	3	=	onvoldoende
	4	20	20 - 25	<	2	3	=	3	5	=	redelijk
v.Grinsven	5	28	27 - 30	=	5	6	=	7	7	=	goed
	17	28	31 - 33	<	3	5	=	3	3	=	redelijk

1) = : afwijking minder dan 3 mm. < : 3 mm of meer verschil negatief. > : 3 mm of meer verschil positief

### 3.2.3 Planning moment berekening en giftgrootte

Van de vijf bedrijven heeft het bedrijf Van Grinsven op het gehele bedrijf geen berekening toegepast. Dit bedrijf heeft te maken met een hoge grondwaterstand (80 - 90 cm) en is om die reden niet droogtegevoelig. De ondergrond bestaat hier echter voornamelijk uit grof zand. Wanneer op dit bedrijf de grondwaterstand bijvoorbeeld 30 cm zou zakken neemt de droogtegevoeligheid enorm toe. De vier andere bedrijven die berekening hebben toegepast hebben de giftgrootte voldoende afgestemd op het vochthoudend vermogen van de bovengrond. Het moment van berekening kon in een aantal gevallen nog wel een aantal dagen uitgesteld worden, omdat de kritische grens van het moment van beregenen nog niet bereikt was. In bijlage 4 staat de wateronttrekking voor deze bedrijven weergegeven.

### 3.2.4 Visuele beoordeling volumepercentage vocht bovengrond

Een wezenlijk onderdeel van de beregeningswijzer methode is het visueel beoordelen van de vochttoestand van de bovengrond. Pas als er twijfel is over een voldoende vochtvoorraad wordt een grondmonster gedroogd in de magnetron om exact het volumepercentage te kunnen bepalen. Voor vier achtereenvolgende weken in augustus is een vergelijking gemaakt tussen het volumepercentage bepaald met een grondmonster gedroogd in de droogstoof en een visuele beoordeling door de onderzoeker. Het resultaat van deze vergelijking staat vermeld in tabel 9. Voor het inschatten van de mate van verdroging van de wortelzone werd onderscheid gemaakt tussen vier klassen. Een specificatie van deze codering wordt gegeven onderaan tabel 9. Het vastgestelde volumepercentage van de grondmonsters is, voor de vergelijking met de beoordeling in het veld, eveneens gewaardeerd volgens de genoemde codering. Uit de vergelijking blijkt dat de vochttoestand over het algemeen heel behoorlijk wordt ingeschat. In één geval is de schatting duidelijk fout. Dit betrof perceel 4 van het bedrijf Krol op 13 augustus. In de tabel worden met V-max en V-start de grenzen aangegeven voor een voldoende vochttoestand. Deze grenzen zijn echter niet zo strikt als de getallen doen voorkomen. Dit relateert een strikte vergelijking tussen de codering als resultaat van de visuele beoordeling en de codering toegekend aan de vochtwaarnemingen met grondmonsters.

**Tabel 9** Resultaat visuele beoordeling vochttoestand bovengrond (0 - 30 cm)

Bedrijf	Perceel	Datum	Bouwsteen	Volumepercentage vocht (mm)			Code volumepercentage	Visuele beoordeling
				V-max	V-start	Bepaald		
v.Grinsven	5	30-7-97	B2	28	16	29	1	1
		6-8-97				26	1	1
		13-8-97				18	2	2
		20-8-97				18	2	2-3
	17	30-7-97	B2	28	16	31	1	1
		6-8-97				31	1	1
		13-8-97				21	1-2	1-2
		20-8-97				18	2	2
Krol	1	30-7-97	B2	28	16	24	1	1
		6-8-97				22	1-2	1
		13-8-97				20	2	2
		20-8-97				18	2	2-3
	4	30-7-97	B1	20	10	20	1	1-2
		6-8-97				20	1	1-2
		13-8-97				15	1-2	2-3
		20-8-97				18	1	2
Reijnen	4	30-7-97	B2	28	16	21	1-2	1
		6-8-97				20	2	1
		13-8-97				20	2	2
		20-8-97				22	1-2	1
	7	30-7-97	B2	28	16	18	2	2
		6-8-97				24	1	1
		13-8-97				21	1-2	1-2
		20-8-97				25	1	1
Frijters	10	30-7-97	B2	28	16	17	2	1
		6-8-97				17	2	1-2
		13-8-97				14	3	2
		20-8-97				18	2	1
	16	30-7-97	B1	20	10	12	2	1-2
		6-8-97				12	2	2
		13-8-97				12	2	2
		20-8-97				11	2	2
Donkers	12	30-7-97	B2	28	16	26	1	1
		6-8-97				25	1	1
		13-8-97				17	2	3
		20-8-97				15	3	3
	6a	30-7-97	B1	20	10	17	1	1
		6-8-97				17	1	1-2
		13-8-97				10	2-3	3
		20-8-97				12	2	2-3

- Code:
1. Vochtinhoud tussen V-max en ½ V-start; geen berekening nodig.
  2. Vochtinhoud tussen ½ V-start en V-start; vrij snel berekening nodig.
  3. Vochtinhoud tussen V-start en ½ V-uiteerlijk; berekening is nodig, uitstel kost productie.
  4. V-uiteerlijk; productie staat stil.

### 3.2.5 Vochtwaarnemingen magnetron

Om te beoordelen of het droogresultaat van grondmonsters in de magnetron even nauwkeurig is als in de droogstoof is een vergelijking gemaakt tussen beide methoden. Van twee bedrijven zijn van twee grasproefpercelen grondmonsters zowel gedroogd in de magnetron van het betreffende bedrijf als in de droogstoof op het proefbedrijf Cranendonck. Van elk proefperceel werd het verzamelmonster van de twaalf steken met de gutsboor na monsternamen gesplitst in twee deelmonsters, waarvan één in de magnetron werd gedroogd en de ander in de droogstoof. In tabel 10 zijn de resultaten van de vergelijking samengevat. Als beoordelingscriterium voor de vergelijkbaarheid van beide methoden is gesteld dat de afwijking kleiner moet zijn dan 3 mm vochtinhoud per 10 cm wortelzone. In vier gevallen is sprake van een behoorlijke afwijking. De oorzaak hiervan is onbekend. In twee gevallen wordt met



de droogstoof een lager vochtgehalte vastgesteld en in de twee andere gevallen is het net anders om. Het resultaat van deze vergelijking geeft geen aanleiding om te twijfelen aan de nauwkeurigheid van drogen van grond in de magnetron.

**Tabel 10** Vergelijking drogen van grondmonsters in de droogstoof en de magnetron

Bedrijf	Weeknummer	Perceel	Volumepercentage vocht (mm)		Bedrijf	Perceel	Volumepercentage vocht (mm)				
			droogstoof	magnetron			droogstoof	magnetron			
Frijters	24	10	14	14	Donkers	12					
	25		15	14			25	27			
	26						23	24			
	27						29	23	1)		
	28		21	21			29	29			
	29		19	17			26	17	1)		
	30		21	23			30	30			
	31		17	21			26	25			
	32		17	17			25	24			
	33		14	16			17	17			
	22		16					6	20	20	17
	23			13			14				
	24			15			16				
25	13	14		13	15						
26				16	16						
27				20	20						
28	16	17		20	21						
29	13	14		18	18						
30	15	16		20	19						
31	12	16		17	17	1)					
32	11	12		17	15						
33	12	12		10	10						

1) verschil tussen bepaling volumepercentage met droogstoof en magnetron groter of gelijk aan 3 mm

## 4 Discussie

### 4.1 Beregeningsplanner

Het beregeningsonderzoek in 1996 heeft geleerd dat de bodemkundige basisgegevens voor de planner zeer zorgvuldig gekozen moeten worden wil de planner de vochtuishouding van de wortelzone voldoende simuleren. In het voorjaar van 1997 is aan de opstartfase van de planner veel aandacht besteed. Gezien de zorgvuldige keuze van de uitgangspunten vallen de resultaten van de proefpercelen tegen. Over het algemeen werd door de planner een onvoldoende vermindering van de vochtvoorraad van de wortelzone berekend, vergeleken met de in het veld vastgestelde vochtvoorraad. Bij een aantal percelen was deze vermindering zelfs nihil. Dit wil zeggen dat de hoeveelheid vocht die door gewasverdamping uit de wortelzone verdwijnt, in de berekende vochtboekhouding door de planner geheel of grotendeels wordt gecompenseerd door capillaire opstijging. Het programma voorspelde echter wel een duidelijke vermindering van de vochtinhoud van de wortelzone wanneer de ingevoerde basisgegevens hier duidelijk aanleiding toe gaven. Hierbij kunnen genoemd worden een relatief diepe grondwaterstand en of een ondergrond met een laag percentage leem of grof zand. Relatief weinig nalevering van vocht wordt dan doorberekend. Percelen die hierbij genoemd kunnen worden zijn de drie proefpercelen van het bedrijf Strous, en de proefpercelen W5 en M3 van het bedrijf Keijzers, die een relatief diepe gemiddelde grondwaterstand hebben en perceel 2 van het bedrijf Janssen waar sprake was van grof zand in de ondergrond. De gemeten grondwaterstanden van de proefpercelen zijn samengevat in bijlage 7.

Voor een aantal percelen scoort de planner in de droge periode mei-juni beter dan in augustus. Voor de percelen 13 en M van het bedrijf Janssen en M van het bedrijf School van deze percelen is dit echter schijn, omdat gedurende het gehele groeiseizoen de berekende vochtvermindering zeer gering is en onafhankelijk lijkt van de weersomstandigheden. Een dalende grondwaterstand had voor de percelen 22 van proefbedrijf Cranendonck en W5 van Keijzers een overschatting van de vochtvermindering met de planner ten opzichte van de werkelijkheid tot gevolg. Afhankelijk van de daling van de grondwaterstand en het grondwaterniveau vermindert de capillaire nalevering in meerdere of mindere mate. Ook hangt deze daling af van de dikte van de wortelzone, omdat de dikte van de wortelzone de afstand bepaalt tot het grondwaterniveau. Voor de betreffende percelen was de daling van het grondwater ten opzichte van de dikte van de wortelzone aanzienlijk, waardoor capillaire nalevering door het programma werd uitgesloten. De reductie van de nalevering lijkt gezien de praktijkervaring reëel. Uit de figuur van de vochtuishouding van perceel 22 van Cranendonck, maar ook uit de figuren van de percelen 2 en 11 van het bedrijf Vink, 1c en 17 van Strous en M3 van Keijzers (bijlage 2) valt echter op dat ook onder de kritische vochtgrens V-start de berekende uitdroging zeer sterk is in een korte tijd. Dit roept de vraag op of de gewasverdamping onder het niveau van V-start wel voldoende werd gereduceerd door het programma, waardoor de vochtvermindering minder snel zou gaan. Bij droogtestress van een gewas vermindert de gewasverdamping en daarmee de groei. In de handmatige papieren versie werd vanaf V-start tot V-uiteindelijk een reductie van de gewasverdamping gehanteerd van 50 %. Voor de graspercelen van Vink moet bij de discussie over de gewasverdamping ook de matige botanische samenstelling genoemd worden. De aanzienlijke grotere vochtvermindering berekend met de planner vergeleken met de werkelijk gecontateerde verdroging kan extra overschat zijn door een lagere gewasverdamping veroorzaakt door een matige botanische samenstelling.

Voor de percelen H1 van het bedrijf School, M van Vink en M van Smulders was het berekende vochtverlies in de wortelzone in augustus duidelijk minder dan in de werkelijkheid werd vastgesteld, terwijl in mei-juni de planner en de werkelijkheid wel overeen kwamen. Voor de planner was bij de betreffende bodemkundige basisgegevens van deze percelen de daling van het grondwaterpeil in augustus te gering om de capillaire nalevering te doen reduceren.

De matige resultaten van de gevolgde proefpercelen in 1997 roepen de volgende vragen op:

- moet de bodeminventarisatie nog nauwkeuriger uitgevoerd worden ?
- kan de invoer van het programma zodanig worden aangepast dat de vochtuishouding van een wortelzone wel goed kan worden gesimuleerd.
- In hoeverre is de beregeningsplanner een copy van het hydrologische model MUST ?
- beschrijft de beregeningsplanner de bodemfysische processen goed ?

Zoals het zich nu laat aanzien is het niet mogelijk de kartering nog verder te verbeteren of uit te breiden. Een uitbreiding van de Staringreeks op zeer korte termijn is niet haalbaar. Daarnaast moeten de differentierende eigenschappen ook op een vrij eenvoudige wijze en nauwkeurig genoeg te schatten zijn. Na de eerste droge periode in mei - juni, toen duidelijk werd dat de planner nog niet optimaal werkte, bestond sterk de behoefte de bodemkundige uitgangspunten aan te passen. Hiertoe zouden de gebruikte beschrijvingen van de profielopbouw van de bodem aangepast dienen te kunnen worden. Dergelijke profielbeschrijvingen bestaan voor zandgronden meestal uit één bouwsteen voor de bovengrond en meerdere bouwstenen voor de ondergrond. In de praktijk zijn bodemprofielen vaak zodanig heterogeen dat het reëel is om een gekozen profielbeschrijving te herzien. Het is echter de vraag in hoeverre de dikte van de verschillende lagen in de ondergrond en de volgorde van deze lagen van invloed zijn op de capillaire naleveringen in relatie tot de grondwaterstand. Dit maakt het lastiger doeltreffend bodemprofielen aan te passen, zodat het resultaat verbeterd wordt. Om te kunnen beoordelen of het programma voldoende de werkelijkheid simuleert moet het resultaat vergeleken worden met veldwaarnemingen.

Gezien de eenduidigheid van de resultaten bestaat het vermoeden dat het programma de capillaire nalevering systematisch overschat. Aangezien de capillaire nalevering niet rechtstreeks gemeten kan worden is het lastig hier een harde uitspraak over te doen. Opticrop BV heeft de capillaire nalevering in een nieuwe versie van het programma (versie 1.2) aangepast. Het niveau van de nalevering is ongewijzigd, echter het moment waarop de nalevering een rol gaat spelen is verlaagd. Eerst moet een bepaald percentage 'leegloop' bereikt zijn (zie paragraaf 3.1.3.) voordat de nalevering maximaal is. Dit komt overeen met de theorie dat door gewasverdamping eerst een zuigspanning gerealiseerd moet worden in de wortelzone voordat de capillaire nalevering een rol gaat spelen. Tijdens de leeglooperperiode vermindert de vochttoestand, maar daarna stabiliseert de vochtinhoud van de wortelzone volgens berekening van de planner en blijft een advies voor beregening uit. Dit in tegenstelling tot de vochttoestand die in het veld werd waargenomen. In feite is het alleen maar een verschuiving in de tijd.

De bewortelingsdiepte van de gras- en maïspcelen is gemeten en het lijkt niet erg waarschijnlijk dat met de keuze van de dikte van de wortelzone grote afwijkingen zijn ontstaan. In het protocol voor de bodeminventarisatie staat in tabel 1 de bewortelbare diepte voor grasland weergegeven op basis van de dikte van de humushoudende bovengrond. Deze waarden kunnen gebruikt worden voor een globale schatting. Naar aanleiding van deze tabel is voor de proefpercelen een globale schatting gemaakt van de bewortelbare diepte en is vergeleken met de gemeten waarden. Voor de dikte van de bovengrond is de waarde genomen van de betreffende referentieboringen. Het resultaat van de vergelijking staat weergegeven in tabel 11. De gemeten waarden komen aardig goed overeen met de geschatte waarden. Voor ouder grasland wordt wel vrij snel de bewortelingsdiepte met 5 of 10 cm overschat. Dit kan bijvoorbeeld doordat de botanische samenstelling niet optimaal is.

Het is gebleken dat het beregeningsadvies niet zodanig betrouwbaar was dat in alle gevallen beregening optimaal werd toegepast. Zo hadden enkele percelen in de eerste droge periode vroeger beregend kunnen worden. Deze percelen werden in een droger stadium beregend toen duidelijk bleek dat het nodig begon te worden en de kritische grens van beregenen reeds ruim overschreden was. Achteraf bleek dat deze percelen beregend werden vlak voor het einde van de eerste droge periode, terwijl gelijk in de daarop volgende dagen neerslag zou vallen. Op dat moment had men mogelijk beter van de weerberichten gebruik kunnen maken.

**Tabel 11**      Vergelijking gemeten bewortelingsdiepte en geschatte bewortelbare diepte op basis van dikte humushoudende bovengrond

Bedrijf	Perceel	Gewas	Referentie-boring	Dikte bovengrond (cm)	Bewortelingsdiepte (cm)	
					Gemeten	Schatting
Janssen	2	gras	5	55	25	35
	13	gras	25	35	35	40
	16	mais	32	35	60	40
School	H1	gras	28	30	20	30
	R4	gras	33	35	20	30
	M	mais	67	35	40	40
v.Genugten	4	gras	13	30	30	30
	8	gras	13	30	30	30
	6	mais	15	40	40	40
Strous	1c	gras	1c	75	35	35
	3b	gras	3b	50	30	35
	17	mais	17	45	40	45
Vink	2	gras	2	30	20	30
	11	gras	11	115	30	35
	25	mais	25	40	45	40
Keijzers	W5	gras	29	30	25	30
	W10	gras	30	30	25	30
	M3	mais	43	55	60	55
Smulders	10	gras	24	30	30	30
	20	gras	3	30	30	30
	M	mais	38	35	50	40
Cranendonck	8	gras	30	45	25	35
	22	gras	4	25	30	25
	44b	gras	62	80	30	35
	82	mais	86	110	90	60

#### 4.1.1 Opbrengst snijmaïs

Geprobeerd is de maïsoopbrengst van de gevolgde proefpercelen in verband te brengen met de geleden droogtestress en beregening. Op basis van de resultaten kunnen echter alleen zeer globale uitspraken worden gedaan, omdat resultaten ter vergelijking missen. De invloed van de rassenkeuze en het bemestingsniveau worden in vergelijking tot droogtestress minder bepalend geacht voor de opbrengstverschillen en zijn vanwege het globale karakter van dit onderdeel van het onderzoek niet meegenomen in de analyse.

De toename van de drogestof opbrengst na de tussenoogst kan, voor de percelen waar beregening is toegepast, niet rechtstreeks toegeschreven worden aan het aantal millimeters beregening. In het onderzoek in 1997 wordt bevestigd dat het stadium van het gewas en de hoeveelheid droogtestress zeer bepalend zijn voor het effect van een of meerdere beregeningsgiften. In de eerste plaats moet op het moment dat het gewas bloeit (minimaal 50 % vrouwelijke bloei) en de korrelzetting op gang komt, het gewas van voldoende vocht voorzien zijn (IKC teelthandleiding, 1993). Wanneer op dit moment droogtestress optreedt lijdt het gewas onherstelbare schade. Dit komt tot uitdrukking in de ontwikkeling van de kolf en in de effectieve groei van de rest van de plant. De maïs van het bedrijf van Van Genugten lijkt wat dat betreft precies op het juiste moment beregend te zijn. De verdere ontwikkeling van dit gewas is goed, gezien de eindopbrengst en het kolfaandeel. De percelen van de bedrijven Strous en Keijzers kunnen wat betreft uitdroging van de bovengrond en de groeiomstandigheden met

elkaar vergeleken worden. Beide percelen hebben te maken met een diepe grondwaterstand. De opbrengsten van de tussenoogst waren gelijk en de hoeveelheid berekening was vergelijkbaar. De eindopbrengst van het perceel van Keijzers was echter 1,5 ton per hectare lager dan dat van Strous, terwijl het kolfaandeel van deze maïs zeer hoog was. Het maïsgewas van Keijzers heeft duidelijk last gehad van droogtestress, waarbij blijkbaar relatief veel energie en vocht is geïnvesteerd in de kolf. De rest van de plant heeft onherstelbare schade opgelopen waardoor de eindoogst is tegen gevallen. De onherstelbare schade blijkt uit het feit dat de hoeveelheid berekening die is toegediend niet het gewenste effect heeft gehad. Waarschijnlijk heeft berekening te laat plaats gevonden, zoals ook blijkt uit de vastgestelde vochttoestand van de bovengrond rond deze tijd. Bij de maïs van Strous is aan het kolfaandeel bij eindoogst te zien dat het gewas te maken heeft gehad met een late opkomst. Dit heeft meestal een lager kolfaandeel tot gevolg. Misschien heeft het gewas daardoor ook minder last gehad van droogtestress. Bovendien is dit gewas in een eerder stadium berekend en is de hoeveelheid berekening beter verdeeld door een extra gift ten opzichte van het perceel van Keijzers. Het is echter onbekend of hier het hogere opbrengsteffect aan toe geschreven mag worden. Het lagere opbrengstniveau van het perceel van Keijzers is mogelijk ook te verklaren door bijvoorbeeld het grotere aantal jaren dat op dit perceel maïs wordt verbouwd of door een raseffect. Bij Strous werd de maïs op het onderzoeksperceel verbouwd na luzerne. Uit onderzoek is bekend dat bij de teelt van maïs na luzerne als voorvrucht een verhoging van de opbrengst van 10-15 % kan optreden (Van de Schans, 1992). Wanneer in een later stadium dan korrelvulling droogtestress optreedt zal dit waarschijnlijk minder grote gevolgen hebben en hoofdzakelijk de afrijping sterk bevorderen. Dit is waarschijnlijk het geval geweest bij het perceel van Smulders. Waar ondanks de zeer sterke verdroging toch een behoorlijke opbrengst gehaald werd.

## 4.2 Beregeningswijzer

De resultaten van het onderzoek naar het gebruik van de beregeningswijzer zijn over het algemeen redelijk tot goed. Eigenlijk wordt hier het resultaat bedoeld van het bijhouden van een eenvoudige vochtboekhouding, waarbij de benodigde bodemkundige gegevens worden afgelezen van de wijzer. Het gebruik van de wijzer heeft als voordeel dat de basisgegevens gemakkelijk gewijzigd kunnen worden. Dit is voor vier percelen gebeurd, waardoor het resultaat beter lijkt dan het geweest zou zijn als de uitgangspunten gedurende het groeiseizoen niet veranderd waren zoals bij de planner. In de praktijk is deze eenvoudige vochtboekhouding voldoende bruikbaar, mits veel aandacht wordt besteed aan het controleren en eventueel bijstellen van de boekhouding op basis van vochtmonsters. Bedacht moet worden dat bij zeven van de tien percelen sprake is van grondwaterinvloed en dus van capillaire nalevering, iets wat het resultaat van een vochtboekhouding sterk beïnvloedt. Met een gemiddelde capillaire nalevering van maximaal 3 mm per dag blijkt de eenvoudige vochtboekhouding percelen met een sterke grondwaterinvloed goed te kunnen simuleren. Dit was onder andere het geval voor beide proefpercelen van het bedrijf van Van Grinsven.

Een eenvoudige kartering levert voldoende informatie voor het doelmatig bijhouden van een eenvoudige vochtboekhouding. Wel blijkt dat bij het bijhouden van een vochtboekhouding toch nog vrij snel fouten worden gemaakt of dat de verkeerde uitgangspunten worden gebruikt. Dit vergt discipline van de gebruiker om alles zorgvuldig vast te leggen en rekening te houden met de aandachtspunten die opgemerkt worden bij het gebruik van de eenvoudige vochtboekhouding. In het onderzoek werd voor twee graspercelen de vochtboekhouding ononderbroken volgehouden tot eind augustus. In de praktijk is dit niet noodzakelijk en kan altijd worden teruggevallen op een grondmonster om de actuele vochttoestand te bepalen. Een vochtboekhouding kan zo opnieuw gestart worden voor zolang dat gewenst is. Een nadeel is dat op deze manier niet een overzicht wordt verkregen van hoe berekening op het bedrijf is toegepast. Hiervoor is het aan te bevelen berekening apart te registreren op bijvoorbeeld een graslandkalender.

## 5 Conclusie

### 5.1 Beregeningsplanner

Na het eerste onderzoeksjaar in 1996 valt ook in 1997 het resultaat van de beregeningsplanner tegen. De planner berekende een vermindering van de vochtvoorraad van de wortelzone door een overschatting van de capillaire opstijging vanuit de ondergrond en het grondwater onvoldoende. Meestal bleef een beregeningsadvies uit, terwijl wel verdroging werd waargenomen. In het eerste onderzoeksjaar in 1996 was eveneens bij de meeste proefpercelen sprake van een overschatting van de capillaire nalevering. De geconstateerde afwijkingen werden in hoofdzaak geweten aan een verkeerde keuze van de uitgangspunten; bewortelingsdiepte en profielopbouw van de bodem. In 1997 is extra aandacht besteed aan de bodeminventarisatie, maar blijkt ook bij de aangepaste bodemkundige basisgegevens over het algemeen nog steeds de capillaire nalevering overschat te worden. Het programma overschat hoogst waarschijnlijk systematisch de nalevering. De oorzaak kan bij het programma zelf liggen, maar ook bij de karakteristieken die bij de verschillende bouwstenen van de Staringreeks horen. Ook de vernieuwde versie van de planner bracht geen verandering in een overschatting van de capillaire nalevering, omdat alleen het moment waarop capillaire nalevering een rol gaat spelen is aangepast. De bodemkartering, als basis voor de het vaststellen van deze basisgegevens, lijkt niet zodanig verbeterd te kunnen worden dat dit de genoemde problemen voorkomt. Zelfs al zou dit technisch mogelijk zijn, dan zou mogelijk de benodigde tijd beperkt worden om de bodemkartering uit te voeren. Ook bij de kartering volgens het huidige protocol van het Staring Centrum is het moeilijk om de tijdslimiet van een halve dag niet te overschrijden. Om een onvoldoende simulatie van de vochtuithouding van de bodem af te kunnen stemmen op de praktijksituatie dienen de bodemkundige basisgegevens van de planner gedurende het groeiseizoen veranderd te kunnen worden.

Bij de berekening van maïs werd bij het volgen van de acht praktijkbedrijven bevestigd dat berekening rond de bloei en kolfzetting cruciaal is, wanneer de actuele vochtvoorraad van de bodem hier aanleiding toe geeft. Wanneer iets te lang gewacht wordt met berekening treedt droogtestress op en lijdt de plant onherstelbare schade. Hierdoor zal de eindopbrengst lager zijn. Wanneer in een iets later stadium droogtestress optreedt zal dit waarschijnlijk minder grote gevolgen hebben en alleen de afrijping sterk bevorderen.

### 5.2 Beregeningswijzer

De eenvoudige vochtboekhouding, welke geadviseerd wordt in combinatie met de wijzer te gebruiken, geeft rekentechnisch voldoende de veranderingen van de vochtinhoud van de wortelzone weer. Daarbij lijkt een maximale waarde van 3 mm voor de gemiddelde capillaire nalevering goed de werkelijkheid te benaderen. De wijzer en de vochtboekhouding hebben over het algemeen voor de gevolgde proefpercelen een goede bijdrage kunnen leveren voor het bepalen het optimale tijdstip en een verantwoorde beregeningsgift. In de praktijk zal flexibeler omgegaan kunnen worden met de vochtboekhouding en de wijzer dan gebeurd is in het onderzoek. Dit komt ten goede aan de toepasbaarheid en de acceptatie van deze methode. Een voorwaarde is wel dat regelmatig op enkele percelen grondmonster worden genomen om de actuele vochtvoorraad van de wortelzone te checken. Het vaststellen van de vochtvoorraad van de bodem met behulp van de magnetron blijkt werkbaar in de praktijk. Wel moet het vermogen van de magnetron niet te hoog ingesteld worden. Een vermogen van 800 watt leverde geen problemen op. Het drogen grond in de magnetron is vergeleken met het drogen in de droogstoof voldoende nauwkeurig gebleken.

## 6 Aanbevelingen

### *Beregeningsplanner*

Voor een betere toepassing van de planner in de praktijk is het wenselijk de bodemkundige basisgegevens, de bouwstenen van de Staringreeks, te kunnen veranderen op het moment dat daar behoefte aan bestaat. Het kunnen aanpassen van de bodemkundige invoergegevens draagt mogelijk bij aan het verminderen van het overschatten van de capillaire nalevering. Voor het aanpassen van de bodemkundige gegevens dient de uitvoer van het programma gekalibreerd te worden met veldwaarnemingen.

Uit de analyse van een aantal proefpercelen is gebleken dat het lijkt alsof de gewasverdamping onvoldoende wordt gereduceerd onder droge omstandigheden. Bij de papieren versie van de planner werd uitgegaan van 50 % reductie van de verdamping na V-start. Bij V-uiterlijk werd verondersteld dat er geen sprake meer is van groei en dat zodoende de verdamping vanaf dit punt op nul gesteld werd. Het verdient aanbeveling de correctie van de gewasverdamping na V-start bij de PC-planner nogmaals kritisch te bekijken en te controleren.

Het toepassen van berekening blijkt volgens de resultaten van de proefpercelen nog verbeterd te kunnen worden. Ook in 1997 is weer gebleken dat de volgende punten aandacht verdienen bij het toepassen van beregenen op maat:

- het juiste moment van beregenen
- het rekening houden met de neerslagverwachting voor de komende dagen
- het afstemmen van de giftgrootte op de actuele vochtvoorraad van de wortelzone. Hierbij moet rekening gehouden met een eventuele bui die verwacht kan worden of neerslag die reeds gevallen is
- afstelling van de apparatuur

### *Beregeningswijzer*

Aanbevolen wordt bij het gebruik van de beregeningswijzer berekening te registreren om meer inzicht te krijgen in de toepassing van berekening op het bedrijf. Hiervoor zou ook heel goed de graslandgebruikskalender gebruikt kunnen worden.

De waarden die per bouwsteen voor de bovengrond op de wijzer vermeld wordt voor een voldoende en onvoldoende vochttoestand geven de orde van grootte weer van de hoeveelheid vocht die in de wortelzone waargenomen kan worden. Dit geldt ook voor de dagelijkse vochtinhoud van de wortelzone berekend met een vochtboekhouding. Bij het beoordelen van de vochttoestand aan de hand van een vochtbepaling met gutsboor en magnetron moet rekening gehouden worden met een bepaalde marge rond de aangegeven waarden op de wijzer of rond de berekende vochtinhoud met een vochtboekhouding. Een richtlijn voor een acceptabele afwijking is 2-3 mm per 10 cm wortelzone. Pas als bij een aantal metingen in een korte periode de gemiddelde afwijking hoger is dan 2-3 mm per 10 cm, dan is het raadzaam de aangenomen bodemkundige basis gegevens te wijzigen. Bij het nemen van een grondmonster moet bedacht worden dat de wijze van monsternamen een grote invloed heeft op het te bepalen volumepercentage. Met de wijze van monsternamen wordt bedoeld het rekening houden met variatie in droogtegevoeligheid van de bovengrond binnen een perceel en de diepte waarop het grondmonster wordt gestoken.

### *Maïs*

Het verdient aanbeveling berekening van maïs te verkiezen boven het beregenen van gras, omdat het te verwachten opbrengsteffect voor maïs groter is dan voor gras door een hogere efficiëntie van watergebruik.

In de periode rond de bloei en korrelzetting van maïs moet zo mogelijk droogtestress worden voorkomen, omdat de eindopbrengst hieraan sterk gerelateerd is. Prioriteit geven aan berekening van maïs heeft in deze periode zeker de voorkeur.

### *Vervolgonderzoek*

In 1998 zal in het onderzoek op praktijkbedrijven aandacht besteed worden aan een meer flexibelere toepassing van de beregeningsplanner in de praktijk. Bekeken zal worden of het mogelijk is de planner te kalibreren met veldwaarnemingen. Naast dit onderzoek zal het PR in 1998 in een drietal extra projecten aan specifieke aspecten van Beregenen op maat aandacht besteden. Deze projecten worden gestart of voortgezet om kennis te vergroten en om eveneens een bijdrage te leveren aan het reduceren van grondwatergebruik voor beregening. In een nieuw project zal worden gewerkt aan de toepassing van beregening in het algemeen op veehouderijbedrijven, het uitwerken van de zogenaamde beregeningsstrategie. Hiertoe worden managementmaatregelen opgesteld voor het zo goed mogelijk benutten van de capaciteit van de beregeningsapparatuur en het verminderen van de afhankelijkheid van beregening. De managementmaatregelen kunnen zowel betrekking hebben op korte - als op lange termijn. Bedrijven die jaarlijks gemiddeld te maken hebben met een te lage capaciteit dienen van advies voorzien te kunnen worden hoe de afhankelijkheid van beregening verlaagd kan worden en hoe de beschikbare capaciteit beter ingezet kan worden. Bij onverwacht extreem droge perioden spelen alleen maatregelen een rol die betrekking hebben op de inzet van de capaciteit, zoals het stellen van prioriteiten tussen gewassen of tussen verschillende percelen. Het programma globaal economisch criterium wat in 1996 en 1997 is ontwikkeld zal worden uitgebreid en worden aangepast zodat het een praktisch toepasbaar instrument wordt om de operationele beslissing van al of niet beregenen te ondersteunen. Het computerprogramma maakt voor beregening van gras of maïs een economische afweging tussen de te verwachten meeropbrengst bij beregening en de aankoop van ruwvoer op basis van variabele kosten, afhankelijk van de aanwezige ruwvoervoorraad en de actuele ruwveerprijzen. Op basis van opmerkingen uit de praktijk zijn reeds een aantal kleine verbeteringen doorgevoerd. Om het economisch criterium breed toepasbaar te laten zijn moeten echter een aantal rekenregels verbeterd of toegevoegd worden. Voor een brede toepassing zal ook een vereenvoudigde papieren versie van dit programma worden gemaakt. De beregeningsproef die in 1997 op Proefbedrijf Cranendonck is uitgevoerd zal worden uitgebreid. In deze beregeningsproef wordt op grasland het effect van diverse beregeningsstrategieën (verschillende beregeningstijdstippen) getoetst aan de opbrengst van gras. Bij het toepassen van beregening in deze proef zal niet alleen rekening worden gehouden met droogtestress, maar ook met de optimum temperatuur voor grasgroei. Wanneer bij geconstateerde verdroging van de bodem de temperatuur beneden het optimum van 10 °C ligt, is gemakkelijk beschikbaar vocht niet de beperkende factor en heeft beregening geen zin. Dit is bijvoorbeeld een situatie die vroeg in het voorjaar kan voorkomen. Wanneer de temperatuur hoger is dan 25 °C neemt de transpiratiecoëfficiënt duidelijk toe en is de te verwachten opbrengst van een beregeningsgift onder deze omstandigheden lager. Mogelijk zo laag dat geadviseerd moet worden beregening uit te stellen tot de temperatuur lager is of tot het moment waarop besloten moet worden te beregenen voor het in stand houden van een levensvatbare zode. De proef zal in 1998 komen te liggen op drie lokaties met een verschillend vochtbergend vermogen van de bovengrond.



## Literatuur

Boland, D., J. Bongers, G. Slagman, 1996. Werkboek voor het gebruik van de beregeningsplanner. Almelo, DLV. Utrecht, CLM. Werkboek

Groot, W.J.M. de en M.J.D. Hack-ten Broeke, 1997. Toetsing van de beregeningsplanner met het hydrologische model SWAP 2.0. Onderzoeksresultaten 1996. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Tussenrapport

Hoving, I.E., H. Everts en D.A. v.d. Schans, 1997. Beregenen op maat. Toetsing van de beregeningsplanner in de praktijk. Onderzoeksresultaten 1996. Lelystad, PR. Rapport 165

IKC, 1993. Handboek voor de rundveehouderij. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij. Publicatie nr. 35.

IKC, 1993. Teelt van maïs. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij. Teelthandleiding nr. 58.

Schans, D. van der, 1992. Bij droogte zijn mais en luzerne redders in nood. Boerderij / Veehouderij 77 - no. 10 (28 juli 1992).

Soesbergen, G.A. van, C. van Wallenburg, K.R. van Lynden en H.A.J. van Lanen, 1986. De interpretatie van bodemkundige gegevens; systeem voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1967.

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving. 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Wageningen, Stiboka (Rapport 1932), ICW (Rapport 18).

### Niet gepubliceerde bronnen

Groot, W.J.M. de en M.J.D. Hack-ten Broeke, 1996. Protocol voor de inventarisatie van bodemkundig/hydrologische basisgegevens voor de beregeningsplanner. Wageningen, DLO-Staring Centrum

Opticrop, 1997. Beregeningsplanner versie 1.1. Vijfhuizen, Opticrop BV.

PR, 1997. Beregeningswijzer. Lelystad, PR

Werkgroep SWAP, 1996. SWAP crop growth and soil water balance simulation system, Users's manual version 2.0. Draft july 1996. WAU-Dept. of Water Resources/DLO-Winand Staring Centre.

## **Bijlagen**

### **Bijlage 1**

Gegevens bodemkartering SC-DLO

### **Bijlage 2**

Toetsing Beregeningsplanner Opticrop BV versie 1.1

### **Bijlage 3**

Toetsing Beregeningsplanner Opticrop BV versie 1.2

### **Bijlage 4**

Wateronttrekking onderzoeksbedrijven 1997

### **Bijlage 5**

Bodeminventarisatie gebruik Beregeningswijzer

### **Bijlage 6**

Toetsing PR-Beregeningswijzer

### **Bijlage 7**

Grondwaterstand van de proefpercelen gedurende het groeiseizoen 1997