

Rapport 177

Beregenen op Maat 1998

Oktober 1999



Colofon

Uitgever:

Praktijkonderzoek Rundvee,
Schapen en Paarden (PR)
Runderweg 6, NL-8219 PK Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info@pr.agro.nl.
Internet <http://www.agro.nl/pr/>

Redactie:

Sectie Voorlichtingszaken PR

Niets uit dit rapport mag zonder overleg
met het Praktijkonderzoek
worden overgenomen
Nadruk verboden © PR-Lelystad

ISSN 0169-3689

Eerste druk 1999/oplage 200

Dit rapport is verkrijgbaar door storting
van f 25,- op Rabobank nr. 11.25.54.989
van het Praktijkonderzoek PR te Lelystad
met vermelding van: Rapport nr. 177

Referaat

Beregen op Maat. (PR-rapport 177)/A.C.M.M.
Boomaerts, I.E. Hoving- Lelystad, 1999.
Trefw.: Grondwateronttrekking, adviessystemen,
beregenen, bodem, vochttoestand



Beregenen op Maat 1998

Toetsing van de Beregeningsplanner en -wijzer in de praktijk.
Onderzoeksresultaten 1998

A.C.M.M. Boomaerts
I.E. Hoving

Voorwoord

In dit rapport zijn de resultaten beschreven van het onderzoek aan de beregeningsadviesystemen Beregeningswijzer en Beregeningsplanner, in het derde onderzoeksjaar van het project "Beregenen op maat". In dit project wordt gewerkt aan de ontwikkeling en het op grote schaal introduceren van beregeningsadviesystemen. De adviesystemen 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:

A.C.M.M. Boomaerts, H. Everts, M. de Haan, I.E. Hoving, 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), W. Nugteren (Opticrop BV) en R. Ruytenberg (provincie Noord-Brabant).

Ir. W. Luten, projectleider onderzoeksgroep

Samenvatting

Voor het project Beregenen op maat is door het PR in 1998 voor het derde achtereenvolgende jaar onderzoek gedaan naar het toepassen van beregeningsadviesystemen. De algemene doelstelling van het project is het toetsen, ontwikkelen en eventueel breed introduceren van beregeningsadviesystemen, die agrarische ondernemers in staat stellen om effectief te beregenen. Het uiteindelijke doel van het project is het realiseren van waterbesparing. Het onderzoek van PR betreft toetsing in de praktijk van de adviesystemen Beregeningsplanner (Opticrop BV) en Beregeningswijzer (PR) op hun bruikbaarheid bij het realiseren van waterbesparing door effectieve beregening op praktijkbedrijven. De Beregeningswijzer-PC werd in 1998 als computerversie van de handmatige Beregeningswijzer geïntroduceerd. De Beregeningsplanner, een computerversie van de CLM-Beregeningsplanner, werd reeds eerder uitgebracht. Hiervan is in 1998 een vernieuwde versie getoetst.

Beide adviesystemen berekenen op basis van bodem- en weersgegevens de vochttoestand van de bodem. Per perceel wordt een advies gegeven voor het juiste moment van beregenen en voor de gewenste hoeveelheid beregening. In de periode mei t/m augustus werden per perceel wekelijks grondmonsters genomen om het werkelijke vochtgehalte van de grond te bepalen. De betrokken veehouders registreerden de grondwaterstand, de weersgegevens en de beregeningsgiften. Bij de toetsing zijn de vochtgehalten vergeleken met de resultaten van de adviesystemen.

Bij de beoordeling van de adviesystemen lag het accent op het benaderen van de werkelijke vochttoestand tijdens twee relatief droge periodes in mei en augustus en op benadering van de maximale hoeveelheid vocht in de wortelzone tijdens natte perioden. Een afwijking van minder dan 3 mm per 10 cm wortelzone werd als acceptabel beschouwd. Dit komt overeen met ongeveer twee dagen afwijking van het optimale moment van beregenen. Op basis van de drie genoemde perioden is per proefperceel een totaalbeoordeling gemaakt met als uitkomst een kwalificatie goed, redelijk of onvoldoende.

Het resultaat van de toetsing is dat de Beregeningsplanner op 19 van de 28 percelen de vochttoestand van de grond redelijk tot goed gevolgd heeft. De meest voorkomende afwijking is een te hoge maximale vochtinhoud van de grond. Daarnaast werd door de Beregeningsplanner op een aantal percelen een te geringe afname van de vochtinhoud berekend. Het resultaat is ten opzichte van 1997 sterk verbeterd. De Beregeningswijzer voldeed redelijk tot goed op 9 van de 12 onderzochte percelen. Ten opzichte van 1997 werd op enkele percelen tijdens het seizoen de bodemtypering anders gekozen waardoor het resultaat verbeterde. Tevens bleek dat meten van de grondwaterstand in het perceel de voorkeur heeft boven het meten in perceelsranden.

Conclusie

De Beregeningswijzer en Beregeningsplanner zijn bruikbaar als hulpmiddel bij het bepalen van het beregeningstijdstip en de hoeveelheid. Bij het in gebruik nemen van een adviesstelsel dient men rekening te houden met een aanlooperperiode waarin het resultaat van de systemen afgestemd moet worden op de specifieke bodemgesteldheid van het bedrijf.

De Beregeningsplanner vergt een zeer nauwkeurige bepaling van de bodemgegevens, die niet direct door de gebruiker zijn te wijzigen. Regelmatige controle op basis van grondmonsters is raadzaam. Bij de Beregeningswijzer blijkt het kunnen aanpassen van de bodemgegevens zeer praktisch. Voor de gebruiker is echter duidelijkheid gewenst bij welke afwijking dit kan.

De voorwaarden voor het goed functioneren van de systemen zijn: een representatieve plaats van de peilbuis in het perceel, frequente invoer van grondwaterstand en weersgegevens, correctie voor de actuele wortelontwikkeling bij maispercelen en een representatieve bodemtypering.

De keuze van een adviesstelsel is afhankelijk van de wensen van de gebruikers.

Summary

Customised Sprinkle Irrigation 1998

In 1998, as in the two preceding years, the research conducted by PR for the Customised Sprinkle Irrigation project was on the application of irrigation planners. The general aims of the project are to test and develop irrigation planners that enable agricultural entrepreneurs to irrigate effectively, and ultimately to introduce such planners on a large scale. The ultimate aim of the project is to achieve savings in water use. PR's research is concerned with the on-farm testing of the Opticrop BV Irrigation Planner (*Beregeningsplanner*) and the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Beregeningswijzer*), to ascertain their usefulness for achieving water savings by effective sprinkle irrigation on commercial farms. The PC version of the Sprinkle Irrigation Guide was launched in 1998 (superceding the original, paper, version). The Irrigation Planner, a computer version of the CLM Irrigation Planner, had been launched earlier, but a new version was tested in 1998.

Both systems use soil and meteorological data to calculate the soil moisture content. This results in recommendations per plot, about the appropriate moment to irrigate and the volume of water to apply. In order to determine the actual moisture content, soil samples were taken from the plots weekly, from May to August. The livestock farmers involved recorded the water table, various meteorological variables and the irrigation gifts. The testing entailed comparing the measured moisture contents with the moisture contents estimated by the advisory systems.

When evaluating the advisory systems the emphasis was on how closely they predicted the actual moisture content during two relatively dry periods in May and August, and on their estimation of the maximal moisture content in the root zone during wet periods. It was assumed that an acceptable deviation from the real situation was anything within 3 mm per 10 cm of root zone. This is equivalent to approximately two days' deviation from the optimal moment to irrigate. A total assessment was performed for each trial plot on the basis of the three periods mentioned. There were three possible rankings: good, reasonable or unsatisfactory.

On 19 of the 28 plots the Irrigation Planner's estimates of the soil moisture content were reasonable to good. The most common deviation was an overestimate of the maximal soil moisture content. On some plots, the Irrigation Planner underestimated the decline in moisture content. Compared with 1997, however, performance was greatly improved.

The Sprinkle Irrigation Guide's performance was ranked reasonable to good on 9 of the 12 trial plots. In the course of the season the soil descriptions of some of the plots were altered from what they were in 1997; this improved the results. It was also found that it is better to measure the water table near the centre of the plot, rather than at the edges.

Conclusion

The Sprinkle Irrigation Guide and the Irrigation Planner are both useful aids to determining the moment of sprinkle irrigation and the volume of water to be applied. Farmers considering acquiring an advisory system should take into account that a run-up period is needed, in which the system's results have to be adjusted to the specific soil characteristics of the farm.

The Irrigation Planner requires soil data that are very accurately determined, and these cannot be changed directly by the user. It is advisable to carry out controls regularly, on the basis of soil samples. By contrast, the Sprinkle Irrigation Guide allows the user to adjust the soil data; though this is extremely practical, it must be made clear to the user which deviations justify recalibrating the system.

For the systems to function well, the following conditions must be met: the groundwater observation well must be sited in a representative area of the plot, the water table and meteorological data must be input regularly, corrections must be made to take account of the actual root development in maize plots, and the soil type must be characterised properly. Ultimately, the farmer's choice of system depends on personal considerations.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
Summary	5
Inleiding	8
Doelstelling en afbakening van het onderzoek	8
De onderzochte adviessystemen	8
Leeswijzer	8
1 Onderzoek op bedrijven	9
1.1 Beregeningsplanner-Opticrop-BV	9
1.1.1 Keuze van bedrijven	9
1.1.2 Toepassing CLM-beregeningsplanner algemeen	9
1.1.3 Toepassing Beregeningsplanner op praktijkbedrijven	9
1.1.4 Toetsing Beregeningsplanner met veldwaarnemingen	10
1.2 Beregeningswijzer-PR	10
1.2.1 Keuze bedrijven	10
1.2.2 Toepassing beregeningswijzer algemeen	10
1.2.3 Toepassing beregeningswijzer op praktijkbedrijven	11
1.2.4 Toetsing beregeningswijzer met veldwaarnemingen	11
2 Resultaten	12
2.1 Beregeningsplanner-Opticrop BV	12
2.1.1 Vastgestelde uitgangssituatie	12
2.1.2 Toetsing planner aan veldwaarnemingen	14
2.1.3 Resultaat Beregeningsplanner-PC (versie 2.1, 1998)	15
2.1.4 Planning moment beregening en giftgrootte	17
2.1.5 Opbrengst snijmaïs	17
2.2 Beregeningswijzer-PR	19
2.2.1 Vastgestelde uitgangssituatie	19
2.2.2 Toetsing wijzer aan veldwaarnemingen	22
2.2.3 Planning moment beregening en giftgrootte	24
3 Discussie	25
3.1 Beregeningsplanner	25
3.1.1 Algemene invloedsfactoren (niet perceelsgebonden)	25
3.1.2 Perceelsgebonden Invloedsfactoren	27
3.1.3 Modelstudies Beregeningsplanner door Opticrop BV	29
3.1.4 Sterke en zwakke punten van de Beregeningsplanner	29
3.2 Beregeningswijzer	30
3.2.1 Sterke en zwakke punten Beregeningswijzer-PC	30
4 Conclusie	31
4.1 Beregeningsplanner	31
4.2 Beregeningswijzer	31

5	Aanbevelingen	32
5.1	Beregeningsplanner	32
5.2	Beregeningswijzer-PC	32
	Literatuur	33
	Bijlagen	34
Bijlage 1	Gegevens bodemkartering SC-DLO	35
Bijlage 2	Toetsing Beregeningsplanner Opticrop BV versie 2.1: vochttoestand van de praktijkpercelen, figuren.	36
Bijlage 3	Bodeminventarisatie gebruik Beregeningswijzer PR: tabellen	51
Bijlage 4	Toetsing Beregeningswijzer PR: vochttoestand van de praktijkpercelen, figuren.	57
Bijlage 5	Beregeningsplanner: grondwaterstanden van de praktijkpercelen, figuren.	65
Bijlage 6	Wateronttrekking onderzoeksbedrijven 1998	70
Bijlage 7	List of tables and figures	72

Inleiding

Doelstelling en afbakening van het onderzoek

In deze rapportage worden de resultaten beschreven van onderzoek uitgevoerd door het PR op veehouderijbedrijven voor het project "Beregenen op maat" in 1998. Het project in de provincies Noord Brabant en Limburg 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 het project is het realiseren van waterbesparing. De onderzochte adviesystemen zijn de Beregeningsplanner (Opticrop BV, 1997) en de Beregeningswijzer (PR, 1997).

Met het gebruik van een beregeningsadviesstelsysteem dient inzichtelijk te worden wanneer een gewas beregend moet worden om groeireductie te voorkomen en hoeveel water gewenst is om een vochttekort op te heffen (beregenen op maat). Met dit onderzoek moet duidelijk worden of de getoetste adviesystemen als een zinvol hulpmiddel beschouwd kunnen worden en geschikt zijn voor grootschalige toepassing. Voor toepassing in de akkerbouw en groenteteelt in de volle grond heeft het PAV onderzoek uitgevoerd (Kok et al, 1999).

Door het SC-DLO zijn scenariostudies verricht naar de mogelijk gerealiseerde waterbesparing door het gebruik van de onderzochte adviesystemen (Hoogland et al, 1999). Voor een beregeningsadvies op basis van economische uitgangspunten is het PC-programma Economisch Criterium door het PR geïntroduceerd. Het gebruik is niet getoetst maar uitsluitend geëvalueerd door de DLV.

In een samenvattende rapportage van het PR (Hoving, 1999) wordt de stand van zaken na drie jaar onderzoek aan de toepasbaarheid van de onderzochte adviesystemen weergegeven. Ingegaan wordt op de afwegingen bij de keuze voor beregening op het bedrijfsniveau. Tevens worden adviezen gegeven bij de toepassing van de adviesystemen en van beregening op maat in het algemeen.

De onderzochte adviesystemen

In het eerste jaar van het onderzoek in 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 op basis van veldwaarnemingen (Hoving, 1997) en door toetsing met het hydrologische model SWAP (De Groot en Hack-ten Broeke, 1997). In 1997 is dit onderzoek herhaald waarbij gebruik is gemaakt van de aanbevelingen en ontwikkelingen van het voorgaande jaar. De resultaten van het onderzoeksjaar 1997 zijn beschreven in deelrapportages (Hoving, 1998) en (De Groot en Hack-ten Broeke, 1999). Naast de Beregeningsplanner van Opticrop BV is in 1997 door het PR de zogenaamde Beregeningswijzer als adviesstelsysteem geïntroduceerd en onderzocht op vijf onderzoeksbedrijven (Hoving, 1998). In 1998 is voor het onderzoek een verbeterde versie van de Beregeningsplanner ingezet. Op basis van ervaringen in 1997 zijn verbeteringen aangebracht in de berekening van de capillaire nalevering van vocht uit de ondergrond en de maximale vochtinhoud van de bovengrond. Voor de Beregeningswijzer is een computerversie geïntroduceerd. Naar aanleiding van de aanbevelingen uit het onderzoek van 1996 en 1997 is met name aandacht besteed aan het adequaat kunnen veranderen van de bodemkundige basisinformatie op het moment dat de werkelijke vochttoestand onvoldoende benaderd wordt.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de keuze van de onderzochte bedrijven en percelen toegelicht en komt de onderzoeksmethode aan bod. Hoofdstuk 3 behandelt de uitgangssituatie en de resultaten van het onderzoek naar de toetsing van de beregeningsadviesystemen op praktijkbedrijven. In hoofdstuk 4 komt de discussie aan bod. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies van het onderzoek in 1998. Tevens worden aandachtspunten voor verbetering van de resultaten en het gebruik van de programma's gegeven. In elk hoofdstuk is een tweedeling aangehouden zodat de tekst zelfstandig per systeem is te lezen. De bijlagen bevatten onder andere grafieken van het verloop van de vochttoestand per proefperceel en tabellen met het waterverbruik van de individuele bedrijven.

1 Onderzoek op bedrijven

1.1 Beregeningsplanner-Opticrop-BV

1.1.1 Keuze van bedrijven

In 1998 is evenals in het eerste onderzoeksjaar op acht melkveehouderijbedrijven en Proefbedrijf Cranendonck de Beregeningsplanner gebruikt. Daarvan lagen zeven bedrijven in het oostelijk deel van de provincie Noord-Brabant en één bedrijf in de provincie Limburg. Ten opzichte van 1997 zijn de acht bedrijven ongewijzigd. De belangrijkste criteria waarop de bedrijven geselecteerd zijn, zijn droogtegevoeligheid van de bodem, de variatie in profielopbouw van de bodem voor de keuze van 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.

1.1.2 Toepassing CLM-beregeningsplanner algemeen

De Beregeningsplanner is een vochtboekhoudsysteem waarmee dagelijks de balans wordt opgemaakt van de vochtinhoud van de wortelzone. Daarbij dragen neerslag, beregening 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. Eind 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. In 1998 is een verbeterde versie van de Beregeningsplanner-PC toegepast. De belangrijkste aanpassing betrof het verminderen van het niveau van capillaire nalevering tot maximaal 4 mm per dag. Daarnaast is het niveau van V-max niet meer volledig afhankelijk gesteld van de grondwaterstand, maar gedefinieerd als de vochtinhoud bij 10 volumeprocent lucht in de grond.

1.1.3 Toepassing Beregeningsplanner op praktijkbedrijven

Voor het vaststellen van de bodemkundige uitgangspunten voor de planner zijn de referentiebedrijven door SC-DLO bodemkundig geïnventariseerd. Drie 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 voor Beregenen op maat is een protocol geschreven (De Groot en Hack-ten Broeke, 1996). 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 de ervaringen zijn 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 werden door DLV-Almelo van elke profielbeschrijving invoergegevens voor de Beregeningsplanner gegenereerd.

De werkelijke giftgrootte bij berekening 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.

1.1.4 Toetsing Beregeningsplanner met veldwaarnemingen

Voor het toetsen van de Beregeningsplanner werden 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 in de voorgaande onderzoeksjaren wekelijks op 15 en 25 cm beneden maaiveld de drukhoogte van het bodemvocht en het vochtgehalte gemeten. Op deze meetpunten waren eveneens peilbuizen geplaatst voor het meten van de actuele grondwaterstand. In 1998 is dit niet meer gedaan, maar is deze meetlocatie alleen nog gebruikt voor het meten van de grondwaterstand. Voor een aantal bedrijven zijn de proefpercelen gewijzigd en is een nieuwe peilbuis geplaatst.

Voor de bepaling van de vochtinhoud van de wortelzone werden wekelijks op de proefpercelen grondmonsters genomen (0-30 cm) 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 gemeten 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 berekening 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 is aangenomen een aanwezigheid van minimaal 5 wortels per oppervlakte, bij een boordiameter van 8 cm (oppervlakte = 50,3 cm²). Wanneer de resultaten van de drie boringen niet met elkaar overeenstemden werden meerdere boringen genomen. In het voorjaar is een globale inschatting gemaakt van de zodedichtheid van de graspercelen om te kunnen beoordelen of de proefpercelen van het voorgaande jaar gehandhaafd konden blijven of voor de keuze van nieuwe proefpercelen. In het najaar is de botanische samenstelling vastgesteld.

1.2 Beregeningswijzer-PR

1.2.1 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 bedrijven met de Beregeningsplanner, de droogtegevoeligheid van de bodem, de variatie in profielopbouw van de bodem voor de keuze van 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.

1.2.2 Toepassing beregeningswijzer algemeen

In 1996 bleek bij de verwerking van de onderzoeksresultaten dat de veldwaarnemingen met een vereenvoudigde berekeningsmethode behoorlijk gesimuleerd konden worden. Hieruit is het idee voortgekomen om op basis van deze methode een vereenvoudigd adviessysteem te ontwikkelen. De basis

van dit adviessysteem is de zogenaamde beregeningswijzer, een kaart vormgegeven als de bekende "parkeerkaart", waarop de belangrijkste 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 of de actuele vochtvoorraad van de bovengrond nog voldoende is. 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 een magnetron kan bepaald worden wat de vochttoestand van de bovengrond is. Op de wijzer wordt dan afgelezen of de bepaalde vochttoestand voldoende of onvoldoende is en hoe groot een verantwoorde beregeningsgift mag zijn. Het 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 vochtthuishouding 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.

In 1998 is gebruik gemaakt van een PC-versie van de Beregeningswijzer. Met dit programma kan voor alle percelen van een bedrijf tegelijk een vochtboekhouding bijgehouden worden. Het waterverbruik wordt daarbij geregistreerd en weergegeven per perceel, wat meer inzicht geeft in het totale watergebruik. Per perceel wordt eenmalig de bodemkundige gegevens vastgelegd. Gedurende het groeiseizoen worden de hoeveelheid neerslag, gewasverdamping, beregening en de grondwaterstand ingevoerd. Met deze gegevens berekent het programma per perceel automatisch de dagelijks veranderende vochtvoorraad van de wortelzone. Met bepalingen van de werkelijke vochttoestand (gutsboor en magnetron) kan de berekende vochtboekhouding gecontroleerd worden. Wanneer de werkelijke vochttoestand afwijkt van de berekende vochttoestand kunnen gemakkelijk de gekozen bodemkundige uitgangspunten gewijzigd worden. Daarbij is onmiddellijk zichtbaar of de veranderingen ook een verbetering opleveren.

1.2.3 Toepassing beregeningswijzer op praktijkbedrijven

Voor het vaststellen van de bodemkundige uitgangspunten voor de wijzer zijn de referentiebedrijven door de DLV en het PR bodemkundig geïnventariseerd, in samenwerking met de betreffende boer. Hij gaf daarbij aan wat zijn ervaringen zijn met 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 uitgebreider bekeken. De grond werd gekwalificeerd aan de hand de bouwstenen van de Staringreeks (Wösten et al., 1987).

Voor het bepalen van het juiste beregeningstijdstip en de optimale giftgrootte werd voor zowel de graspercelen als de maïspancelen 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.

1.2.4 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. Deze percelen waren min of meer representatief voor de vochtthuishouding van omliggende percelen en waren wat betreft droogtegevoeligheid verschillend. Voor de beoordeling van de vereenvoudigde vochtboekhouding van de graspercelen 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. Op de bedrijven zijn meerdere grondwaterstandbuizen geplaatst. In het voorjaar is de bewortelingsdiepte gemeten. In het najaar is de botanische samenstelling bepaald.

2 Resultaten

2.1 Beregeningsplanner-Opticrop BV

2.1.1 Vastgestelde uitgangssituatie

De Beregeningsplanner is getoetst op 8 praktijkbedrijven met 28 proefpercelen. De perceelskenmerken zullen van invloed zijn op de mate waarin de Beregeningsplanner de vochttoestand kan volgen. Om de werking van de Beregeningsplanner goed te kunnen beoordelen zijn perceelskenmerken vastgelegd. Deze kenmerken zijn van belang in de basisinvoer van het programma. De volgende kenmerken zijn vastgelegd en weergegeven in tabel 1:

- De bodemtypering voor de bovengrond en ondergrond
Deze bepaalt het vochthoudend vermogen resp. de hoeveelheid opstijgend vocht naar de bovenlaag. De bodemkundige gegevens zijn afgeleid uit de bodeminventarisatie die bij de aanvang van het project in 1996 reeds is uitgevoerd. Op basis van de proefboringen is de boven- en ondergrond van de percelen ingedeeld in een klasse uit de bouwstenen van de Staringreeks (Wösten et al., 1987). In 1997 zijn na de ervaringen van het eerste jaar de keuzes van representatieve bodemprofielen herzien. In 1998 zijn deze onveranderd overgenomen.
- De bewortelingsdiepte
De bewortelingsdiepte is direct van invloed op de hoeveelheid beschikbaar vocht voor het gewas. . Op de graslandpercelen zijn m.b.v. boringen de worteldiepten gemeten in mei, ter vergelijking zijn de worteldiepten van 1997 opgenomen. In de maïspcelen is de worteldiepte in augustus na bloei van de maïs gemeten.
- Grondwaterstanden
Een aantal gegevens is pas na het seizoen volledig weer te geven, zoals de grondwaterstand van het perceel, en de weersgegevens. Ter vergelijking zijn de grondwaterstanden van 1997 opgenomen. De grondwaterstanden in 1997 waren in de meeste gevallen iets ondieper dan in 1998, door de grote hoeveelheden neerslag in 1998.
- De botanische samenstelling en bezettingsgraad van de graslandpercelen
De referentie gewasverdamping geldt alleen bij een voldoende botanische samenstelling en bezettingsgraad. Met name een voldoende bezettingsgraad is van belang.

Voor de bewortelingsdiepte, bodemtypering en grondwaterstand zijn zeer bepalend voor het verloop van de vochttoestand. Een vergelijking van deze parameters met het voorgaande jaar is daarom opgenomen. Deze bodemkundige kenmerken zijn beknopt weergegeven in tabel 1, voor een volledige rapportage met gegevens van proefboringen wordt verwezen naar de bijlage 1. Voor de ondergrond is de meest beperkende bouwsteen voor de capillaire opstijging aangehouden.

Tabel 1: Bodemkundige kenmerken van de proefpercelen in de uitgangssituatie van de proef

Bedrijf	Perceel	Bewortelingsdiepte		Bodemkartering		Grondwaterstand				
		98 cm	97 cm	Boven- grond	Onder- grond	Hoogste '98 (cm)	Laagste '98 (cm)	Hoogste '97 (cm)	Laagste '97 (cm)	
Gras										
Janssen	2	30	25	B2	O1	105	130	114	137	
Janssen	9	30	*	B3	O2	55	110	*	*	
Janssen	13	35	35	B8	O2	55	95	64	88	
School	H1	20	20	B1	O1	65	95	62	100	
School	R4	25	20	B2	O1	35	65	35	72	
School	TOH	25	*	B1	O1	65	130	*	*	
Vink	2	25	20	B2	O1	45	145	85	158	
Vink	26	35	*	B1	O1	60	155	*	*	
v. Genugten	4	25	30	B2	O2	60	110	65	140	
v. Genugten	6	30	*	B2	O2	55	115	*	*	
v. Genugten	8	25	30	B2	O2	55	105	55	140	
Mulders	16	25	25	B2	O2	130	240	*	*	
Mulders	18	30	30	B2	O2	130	240	*	*	
Smulders	11	20	*	B2	O2	50	125	*	*	
Smulders	20	25	30	B2	O2	60	125	62	109	
Keijzers	W10	30	25	B3	O3	80	160	62	165	
Keijzers	W4	35	*	B3	O3	80	175	*	*	
Keijzers	W5	30	25	B2	O2	110	190	111	195	
Strous	1c	25	35	B2	O2	175	250	231	263	
Strous	3b	30	30	B2	O2	35	*	79	176	
Strous	9	30	*	B3	O3	35	150	*	*	
Mais										
Janssen	M	30	60	B9	O2	80	115	84	108	
Vink	M	35	45	B2	O2	75	160	110	171	
School	M	30	40	B1	O1	20	95	36	93	
Mulders	M	35	*	B2	O2	150	250	*	*	
Smulders	M	45	50*	B1	O2	105	170	120*	151*	
Keijzers	M	40	60	B2	O2	260	>300	271	300	
Strous	M	35	40*	B2	O2	*	>240	164*	198*	

* Niet beschikbaar, grondgebruik veranderd, perceel niet in de proef of ander maïspaneel

De botanische samenstelling van de proefpercelen is in het najaar van 1998 gekarteerd. De gegevens zijn in tabel 2 weergegeven. In het najaar van 1997 zijn de percelen die toen in de proef zaten eveneens gekarteerd. Voor een volledig overzicht van de botanische samenstelling in 1997 wordt verwezen naar het verslag van dat jaar (Hoving et al., 1997). Ter indicatie is in tabel 2 het percentage Engels raaisgras in de percelen in 1997 weergegeven. Door vergelijking is inzicht te verkrijgen in de ontwikkeling van het grasbestand op de proefpercelen. Opvallend is dat op percelen met een relatief laag percentage Engels raaisgras in 1997, dit aandeel verder terugloopt in 1998 (bedrijven Keijzers en School). Een sterk afwijkende botanische samenstelling of bezetting heeft invloed op de gewasverdamping, op de proefpercelen was dit niet het geval. Alle percelen hadden een voldoende bezetting van 80 % of meer. Opmerkelijk is de uitbreiding van kweek in harden op drie percelen, de wateronttrekking van het totale gewas zal echter niet nadelig beïnvloed worden. Straatgras is ook nadrukkelijk aanwezig, het percentage is echter zodanig dat dit

geen invloed van betekenis heeft gehad. Bij Keijzers W4 is na inzaai een hoog percentage ruwbeemd te zien, dit is tekenend voor dit natte en lage perceel.

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

Bedrijf	Perceel	Bezetting 1998	Engels raai '98	Engels raai '97	Ruwbeemd	Timothee	Witte klaver	Kweek	Straatgras	Onkruiden
Mulders	16	85	81	*	2		+	1	11	5
Mulders	18	90	92	*	2	2	+	6	6	+
School	H1	85	78	97	4	1	+	12	5	+
School	R4	85	79	80	2		+	3	14	2
School	TOH	95	59	+	*	1		18	15	7
Smulders	11	90	78	*	4	+	1	6	8	3
Smulders	20	90	84	80	2		+	1	7	5
Strous	1c	*		70						
Strous	3b	*		78						
Strous	9	*		*						
Vink	2	inzaai	*	50						
Vink	26	80	86	*					2	12
v. Genugten	4	85	85	88	2		+	3	5	5
v. Genugten	6	85	96	*					2	2
v. Genugten	8	85	84	84	3			1	14	1
Janssen	2	95	89	87	2		+		6	3
Janssen	9	85	98	*	+				2	
Janssen	13	80	91	96	1				5	3
Keijzers	W10	95	55	71	8	+	8	12	6	11
Keijzers	W4	85	76	*	11		2	1	8	8
Keijzers	W5	80	87	92		3	1		4	8

* Niet gekarteerd wegens inzaai, veranderd grondgebruik of niet in de proef

De weersomstandigheden zorgden voor een bijzonder natte zomer, met veel meer dan de normale hoeveelheid neerslag in de maand juni. Deze neerslag viel vaak in grote hoeveelheden gedurende een korte tijd. Er waren twee relatief korte droge perioden in mei en augustus. In bijlage 2 is in figuren de vochttoestand van de percelen en tevens de neerslag weergegeven. In tabel 3 is een kort overzicht van de neerslag en verdamping in de zomermaanden opgenomen op basis van gegevens van KNMI, weerstation Eindhoven.

Tabel 3: Overzicht van neerslag en verdamping in de zomermaanden, gemeten op weerstation Eindhoven. Bron: KNMI, 1998

Maand	Referentie	Neerslag	
	gewasverdamping (mm)	1998 (mm)	normaal (mm)
Mei	90,4	35,4	63,7
Juni	79,4	139,0	71,5
Juli	76,8	65,9	74,5
Augustus	85,8	52,8	59,0

2.1.2 Toetsing planner aan veldwaarnemingen

Dit onderzoek is opgezet om het beregeningsadviesstelsel te beoordelen op bruikbaarheid in de praktijk. Om te komen tot een goed advies voor het beregeningstijdstip moet de Beregeningsplanner de werkelijke vochttoestand van de grond goed kunnen voorspellen en het moment waarbij het startvochtgehalte (V-start)

voor berekening bereikt wordt tijdig aangeven. Daarbij is van belang dat ook de hoeveelheid vocht die de grond in een natte periode maximaal kan bevatten (V-max) goed wordt benaderd. Deze hoeveelheid wordt in de Beregeningsplanner 1998 gedefinieerd als de hoeveelheid vocht waarbij nog tien volumeprocent lucht in de grond aanwezig is (Nugteren, 1999). In deze omstandigheden kunnen de wortels nog overleven. Deze V-max en V-start zijn afhankelijk van het bodemtype.

De toetsing is gebaseerd op grafieken van de vochtinhoud per perceel (zie bijlage). Daarin is de berekende vochtinhoud volgens de Beregeningsplanner weergegeven samen met de bepaalde vochtinhoud uit de grondmonsters, die wekelijks per perceel zijn gestoken. In de betreffende paragraaf wordt hier nader op ingegaan en worden de resultaten van de toetsing gepresenteerd.

2.1.3 Resultaat Beregeningsplanner-PC (versie 2.1, 1998)

De Beregeningsplanner is beoordeeld op basis van de grootte van het verschil tussen berekende vochtinhoud en bepaalde vochtinhoud. Het gaat daarbij om de afname van de hoeveelheid beschikbaar vocht tijdens een droge periode en de maximale hoeveelheid beschikbaar vocht (V-max) in een natte periode. De keuze van de periodes is gebaseerd op de neerslagregistratie van het betreffende bedrijf. Deze neerslag is in de perceelsgrafieken (zie bijlage 2) weergegeven. Voor de maximale vochtinhoud zijn de rekenwaarde en bepaling vergeleken op momenten tijdens of direct na een neerslagperiode, wanneer zich meerdere situaties met maximale vochtinhoud voordeden is gemiddeld.

Als acceptabel verschil tussen bepaling en rekenwaarde wordt minder dan drie mm vochtleverend vermogen per tien cm worteldiepte gehanteerd. Dit criterium is overeengekomen met SC-DLO. Door een waarde per tien cm worteldiepte te hanteren wordt voor eventuele verschillen in worteldiepte gecorrigeerd. De waarde van drie mm komt bij normale beworteling van grasland neer op een vochtvoorraad van circa tien mm. Bij sterk drogend weer is dit de gewasverdamping van twee dagen. Voor de praktijk betekent dit dat het door de Beregeningsplanner voorspelde beregeningstijdstip maximaal twee dagen mag afwijken van het werkelijke beregeningstijdstip.

In tabel 4 zijn de resultaten van de beoordeling van de planner op grond van dit criterium weergegeven. Deze beoordeling is bij gras gemaakt op basis van:

- de afname van de vochtinhoud in de droge periode in mei
- de afname van de vochtinhoud in de droge periode in augustus
- het niveau van de maximale vochtinhoud van de grond (V-max) na natte periodes.

Voor maïs is naast V-max alleen de afname van de vochtinhoud per tien cm wortelzone in augustus beschouwd. Vanwege de achterblijvende bewortelingsdiepte was vergelijking op basis van veronderstelde worteldiepte niet zinvol. Juist in de periode rond bloei is de vochtvoorziening in maïs cruciaal voor een goede opbrengst. Tevens is op dat moment het wortelstelsel pas volledig ontwikkeld, eerder in de droge periode in mei was de gewasontwikkeling onvoldoende (nog geen gesloten gewas) om een representatieve vergelijking te maken. Voor de maïs wordt er dus getoetst op twee onderdelen in de toetsing.

Een toename van de vochttoestand na beregenen is over het algemeen vrij sterk terug te vinden in de berekende vochttoestand en minder sterk in de bepaalde vochttoestand van de grond.

De afname van de vochttoestand van de grond tijdens de droge perioden is in de bepalingen goed te zien en meestal minder sterk in de berekende waarden van de planner. In de natte periode in juni en juli liggen de bepalingen in veel gevallen boven de berekende waarden. In juni was op enkele maïs- en graspercelen de grond verzadigd met water en de vochtinhoud was hoger dan de vochttoestand die de Beregeningsplanner aangaf.

De eindbeoordeling per perceel komt tot stand door de score op de toetsingsonderdelen op te tellen tot een totaalscore per perceel. Deze totaalscore loopt uiteen van 0 (op geen enkel toetsingsonderdeel is het verschil tussen Beregeningsplanner en bepalingen kleiner dan drie mm) tot drie (op alle toetsingsonderdelen is het verschil tussen Beregeningsplanner en bepalingen kleiner dan drie mm).

Het eindoordeel voor de graslandpercelen is als volgt gebaseerd op de totaalscore:

- score op 0 of 1 onderdeel: eindoordeel is "onvoldoende "
- score op 2 onderdelen: eindoordeel is "redelijk"
- score op 3 onderdelen: eindoordeel is "goed"

Het eindoordeel voor de maïspanpercelen is als volgt gebaseerd op de totaalscore:

- score op 0 onderdelen: eindoordeel is "onvoldoende "
- score op 1 onderdeel: eindoordeel is "redelijk"
- score op 2 onderdelen: eindoordeel is "goed"

Uit tabel 4 blijkt dat 19 van de 28 percelen redelijk tot goed als eindbeoordeling hebben gehaald, waarvan vijf maïspanpercelen. De planner volgt op die percelen de vochttoestand van de grond redelijk tot goed. De meest voorkomende afwijking is een te hoge maximale vochtinhoud van de grond (V-max) op 13 van de 28 percelen. Daarnaast is op acht percelen een te geringe afname van de vochtinhoud berekend door de planner. Met name deze situatie kan er toe leiden dat berekening te laat wordt geadviseerd of zelfs helemaal niet. Slechts voor een perceel heeft deze afwijking er toe geleid dat desondanks nog de eindbeoordeling "redelijk" gehaald kon worden. In alle andere gevallen waar deze afwijking werd geconstateerd ging dit samen met een tweede tekortkoming van de planner zodat de eindscore op het betreffende perceel "onvoldoende" werd. De grootste afwijkingen komen voor op matig ontwaterde percelen met een ondiepe grondwaterstand, een sterk leemhoudende bovengrond en doorlatende ondergrond. Mogelijk kan hier aanpassing van de bodemtypering verbetering geven. De beoordeling van de versie 1997 door het PR op basis van dezelfde toetsingscriteria was voor 18 van de 27 proefpercelen onvoldoende (Hoving et al., 1998). De voornaamste oorzaak was een afwijkende V-max en te geringe uitdroging in droge periodes. In de versie 1998 van de planner is V-max en de capillaire nalevering aangepast wat duidelijk een verbetering betekent.

Tabel 4: Verschil vochtthoeveelheid planner - vochtthoeveelheid bepaald per 10 cm worteldiepte in mm, gescoord op een maximaal verschil van 3mm

Bedrijf	Perceel	Afname mei/juni		Afname juli/augustus		Verschil V-max - bepaling	Score	Algemene score
		Verschil planner - bepaling	Score	Verschil planner - bepaling	Score			
Janssen	2	-5.7	te weinig	-0.3		7.7	te hoog	onvoldoende
Janssen	9	-4.1	te weinig	-0.3		5.2	te hoog	onvoldoende
Janssen	13	-4.4		-7.6		-0.1		onvoldoende
Janssen	M			-3.6	te weinig	3.9	te hoog	onvoldoende
School	H1	1.3				-3.3	te laag	redelijk
School	R4	3.8	te veel	-1.3		0.0		redelijk
School	M			0.2		0.0		goed
School	TOH	0.3		0.0		2.5		goed
v. Genugten	4	-0.6		-2.1		-0.5		goed
v. Genugten	6	-3.3	te weinig	-2.5		0.9		redelijk
v. Genugten	8	-1.3				0.7		goed
Vink	2	0.1		1.7		1.4		goed
Vink	26	-4.4	te weinig	4.9	te veel	3.4	te hoog	onvoldoende
Vink	M			-2.4		5.1	te hoog	redelijk
Mulders	16	-0.8		1.8		2.7		goed
Mulders	18	1.9		-0.9		5.3	te hoog	redelijk
Mulders	M			-2.6		2.3		goed
Smulders	11	1.1		1.9		5.2	te hoog	redelijk
Smulders	20	-2.1		-2.2		0.6		goed
Smulders	M			1.3		3.6	te hoog	redelijk
Keijzers	M			-0.8		12.2	te hoog	redelijk
Keijzers	W10	-3.2	te weinig	-4.6	te weinig	1.7		onvoldoende
Keijzers	W4	0.2		-8.0	te weinig	-8.8	te laag	onvoldoende
Keijzers	W5	-0.7		-1.1		2.2		goed
Strous	1C	-0.1		0.0		7.1	te hoog	redelijk
Strous	3B	0.5				1.4		goed
Strous	9	7.5	te veel	-4.1	te weinig	-2.2		onvoldoende
Strous	M			4.2	te veel	5.8	te hoog	onvoldoende
Aantal totaal		21		25		28		28
Aantal goed (%)		13 (62%)		18 (72%)		15 (54%)		10 (36%)
Aantal redelijk (%)								9 (32%)

2.1.4 Planning moment berekening en giftgrootte

De wateronttrekking is dit jaar relatief gering geweest. Het bedrijf Vink heeft evenals in 1997 er voor gekozen om geen berekening toe te passen. De overige bedrijven hebben een aantal percelen eerder berekend dan volgens de Beregeningsplanner werd geadviseerd. Hier zou de planning beter gevolgd kunnen worden of heeft de planning op dat moment onvoldoende inzicht gegeven. In bijlage 6 is de wateronttrekking voor deze bedrijven weergegeven.

2.1.5 Opbrengst snijmaïs

Een indicatie van het effect van berekening geeft de drogestofproductie. Maïs herstelt zich na droogtestress in de groeifase rond bloei niet meer, wat kan leiden tot een duidelijke productievermindering (IKC 1993,

Van der Schans en Stienezen, 1998). De productie van snijmaïs bij de eind oogst geeft dan ook een indicatie voor het effect van de rond de bloei toegepaste beregening.

Op de maïspancelen zijn opbrengstbepalingen uitgevoerd tijdens de bloeifase en de eind oogst, in tabel 5 zijn de resultaten weergegeven. In de praktijk verliep de ontwikkeling van de maïs vaak traag en was de uiteindelijke beworteling ondiep. Door deze ondiepe beworteling is de maïs in augustus op een aantal percelen verdroogd waardoor groeireductie is opgetreden. Op enkele percelen is beregend. Uit de vochtgrafieken van de percelen is het volgende effect van beregening op te maken. De beregening van Mulders is op tijd geweest volgens de Beregeningsplanner, dit is ook te zien aan de eindopbrengst van de maïs. De beregening bij Keijzers is mogelijk te laat geweest, in het gewas was begin augustus lichte verdroging zichtbaar en volgens de Beregeningsplanner was de startwaarde voor beregening eind juli bereikt. Bij droging van een grondmonster in de magnetron op 4 augustus bleek het vochtgehalte het startvochtgehalte voor beregening te zijn, eveneens een aanwijzing voor droogtestress. De maïs van Janssen ontwikkelde zich traag, maar is vanaf augustus normaal gegroeid met 6 ton drogestofproductie van bloei tot oogst half oktober. De maïs van Strous is niet beregend. Door droogtestress in augustus is de eindopbrengst lager in verhouding tot de verwachting op basis van de tussenoogst. De percelen maïs van Smulders en School vertoonden duidelijk verdrogingverschijnselen begin augustus, ook de Beregeningsplanner gaf aan dat de startwaarde was bereikt. Het perceel maïs van Smulders had aanvankelijk een normale ontwikkeling terwijl het perceel maïs van School eerst wateroverlast kende en daarna verdroging. Opmerkelijk is dat de Beregeningsplanner juist voor dat perceel de bepaalde vochtwaarden dicht naderde. Het maïspancel van Smulders was helaas al voortijdig geoogst, de eindopbrengst is geschat op 14 tot 15 ton drogestof. De Beregeningsplanner volgde hier de vochttoestand goed en gaf de startwaarde voor beregening op tijd aan. De eind oogst van Strous lag op een goed niveau ondanks een slechte beginontwikkeling van de maïs, er is echter weinig verdroging opgetreden.

Tabel 5: Overzicht opbrengsten maïspercelen

Bedrijf	Tussenoogst augustus		Eindoogst oktober		Verschil ton ds / ha	Beregening mm	Opkomst datum	Beworteling cm
	ton ds / ha	ds %	Ton ds / ha	ds %				
Janssen	5.5	14.6	11.1	28.8	5.6		18 mei	30
School	7.0	18.8	10.5	34.7	3.5		11 mei	30
Vink	9.4	18.1	14.8	36.5	5.4		13 mei	35
Keijzers	9.8	18.9	15.4	34.5	5.6	70	10 mei	40
Mulders	10.3	15.7	18.6	27.8	8.3	25	12 mei	35
Smulders	12.0	17.2	14 *		2 *		8 mei	45
Strous	8.2	16.9	16.4	37.2	8.2		10 mei	35

* Geschatte opbrengst

Opvallend is dat de percelen van Keijzers en Vink een vergelijkbare productie haalden, terwijl Keijzers wel beregende en Vink niet. De bodemtypes zijn hetzelfde echter de grondwaterstand bij Keijzers is dieper dan 2.50 m beneden maaiveld. De grondwaterstand van het maïsperceel van Vink varieerde tussen de 0.75 en 1.60 m beneden maaiveld waardoor de maïs van capillaire nalevering kon profiteren.

Vergelijking van de percelen van Mulders en Keijzers geeft aan dat beregening van de maïs bij droogte rond bloei van belang is voor een goede opbrengst op de droogtegevoelige percelen.

Door op het juiste moment te beregenen heeft de maïs bij Mulders met een relatief geringe gift de droge periode overbrugd zonder opbrengstreductie. Daarentegen leed de maïs bij Keijzers wel opbrengstreductie al was de beregeningsgift hoger, maar was het moment iets te laat.

De maïs van Janssen en School heeft zich afwijkend ontwikkeld als gevolg van de natte omstandigheden tijdens de groei en is daarom in de beoordeling van het effect van beregening buiten beschouwing gelaten.

De maïs had in het algemeen een hoog percentage droge stof, door de relatief late oogst en droogtestress. Uitzondering is het perceel van Janssen waar de ontwikkeling in het begin sterk is achtergebleven en het perceel van Mulders waar de maïs geen droogtestress heeft gehad vanwege tijdige beregening.

Naast beregening zijn er nog andere factoren zoals ras en bemesting die een rol kunnen spelen bij opbrengstverschillen, in dit onderzoek is daar niet op ingegaan.

2.2 Beregeningswijzer-PR

2.2.1 Vastgestelde uitgangssituatie

Voor het gebruik van de beregeningswijzer is in 1998 gestart met de bodemkundige basisinformatie, zoals die in 1997 afgeleid is uit de bodeminventarisatie. De bodem is geïnventariseerd volgens het herziene protocol van het SC-DLO (De Groot en Hack-ten Broeke, 1997) De bodem wordt daarbij gekarteerd volgens de zogenaamde bouwstenen van de Staringreeks (Wösten et al, 1987). In bijlage 4 wordt een overzicht gegeven van de bodeminventarisaties van de vijf referentiebedrijven. Wijzigingen van de gekarteerde bodemklassen voor de boven- of ondergrond, die in 1997 hebben geleid tot een verbeterde benadering van de werkelijke vochtvoorraad, zijn bij de start in 1998 overgenomen. De bewortelingsdiepte van de grasproefpercelen is in het voorjaar gemeten met een wortelboor en is gebruikt als basisgegevens voor het programma. De basisinformatie van de proefpercelen voor het gebruik van de beregeningswijzer is samengevat in tabel 6.

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

Bedrijf	Perceel	Bewortelings- diepte '98 cm	Bodeminventarisatie voorjaar '97		Aanpassing bouwstenen n.a.v. ervaring '97		Aanpassing bouwsteen bovengrond *	Aanpassing bouwsteen ondergrond **	Grondwaterstand '97	Grondwaterstand '98	Gecorrigeerde grondwaterstand
			bovengrond	ondergrond	bovengrond	ondergrond			cm	cm	cm
Reijnen	3	30	B2	O2				O1	130-175	100-175	80-155
	4	30	B2	O2				O1	130-175	100-175	80-155
	8	30	B2	O2				O1	150-200	120-190	
Frijters	10	25	B2	O2		O5			110-170	90-185	
	16	25	B2	O2	B1				>200	190-200	
Donkers	6a	25	B1	O1	B1		B2		120-174	120-190	
	11	30	B2	O1					-	110-185	
Krol	2	25	B2	O1					95-105	60-135	
	3	30	B2	O1				O5	70-90	60-120	45-105
	4	30	B2	O2	B1			O5	70-90	60-120	45-105
v. Grinsven	5	25	B2	O5			B3		55-85	40-85	60-105
	18	30	B3	O5	B2				70-85	50-95	

* n.a.v. ervaring '98

** n.a.v. ervaring '98; hogere grondwaterstand + correctie peilbuizen

In 1996 en 1997 werd bij het toetsen van de Beregeningsplanner en de beregeningswijzer duidelijk dat een vochtboekhouding op basis van de bodeminventarisatie niet altijd direct tot een goede simulatie leidt van de werkelijke vochtinhoud van de wortelzone. In 1997 werden de bodemkundige basisgegevens volgens de bodemkartering voor een aantal proefpercelen tijdens het groeiseizoen aangepast, zodat de berekende vochtboekhouding overeenkwam met de werkelijkheid. Met deze bodemgegevens werd in 1998 het computerprogramma van de beregeningswijzer opgestart. Aanvankelijk werd in mei en begin juni de werkelijke vochttoestand van de bodem op basis van deze invoer goed benaderd. Na deze periode is in juni en juli echter zeer veel neerslag gevallen. Hierdoor was de grondwaterstand veelal enorm gestegen, hoger ook dan in 1997 ooit werd gemeten. Na half juli nam de neerslagintensiteit af en bleek voor een aantal proefpercelen op de bedrijven Reijnen, Krol en van Grinsven dat de berekende vochtvoorraad niet meer overeenkwam met de werkelijke vochtvoorraad. Bekeken is of hier een verklaring voor gevonden kon worden. Uiteindelijk bleek de plaatsing van de peilbuizen op deze percelen niet representatief te zijn. De buizen waren vanwege het gebruiksgemak in de perceelsranden geplaatst. Het blijkt dat bij het meten van de grondwaterstand in een perceelsrand, het moeilijker is om rekening te houden met de hoogte van het maaiveld binnen een perceel en dat het grondwaterniveau vaak sterk beïnvloed wordt door een eventuele waterloop in de buurt van de perceelsrand. Bij plaatsing van een peilbuis in het midden van de proefpercelen werd op vier percelen een hogere grondwaterstand en op één perceel een lagere stand gemeten. De afwijking betrof op elk perceel ongeveer 20 cm. Bij een relatief hoge grondwaterstand in de buurt van een meter kan dit verschil een grote invloed hebben op de capillaire opstijging van vocht uit de ondergrond. Met de gecorrigeerde grondwaterstanden is voor deze percelen het groeiseizoen van 1998 opnieuw doorgerekend. In tabel 6 zijn de aanpassingen ten opzichte van 1997, de globale grondwaterniveaus en de gecorrigeerde grondwaterstanden weergegeven.

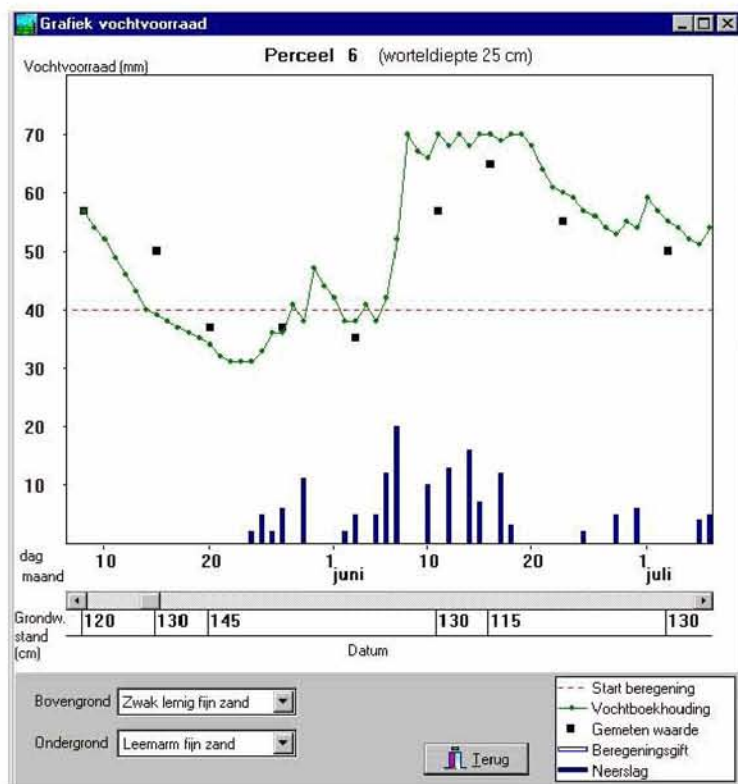
In het najaar is de botanische samenstelling en botanische dichtheid van de graspercelen gekarteerd. De resultaten van de proefpercelen zijn weergegeven in tabel 7. Over het algemeen was de botanische samenstelling en botanische dichtheid niet zodanig afwijkend dat hierdoor de gewasverdamping nadelig beïnvloed zou zijn geweest.

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	Ruw-beemd	Veld-beemd	Timo-thee	Witte klaver	Kweek	Straat-gras	Overige grassen	On-kruiden
Frijters	10	85	75	3		2	1	11	4		4
	16	90	81	+			+	3	9		7
Donkers	6a	95	78	+		8	1		5		8
	11	95	90			+			3		7
Reijnen	3	90	89	5			+		4		2
	4	90	97	+			+		3		+
	8	85	98				+		2		+
Krol	2	95	78	7			+	2	6	3	4
	3	80	83	6			+		9		2
	4	90	94						4		2
v. Grinsven	5	Herinzaai najaar '98									
	18	85	99	+					1		+

2.2.2 Toetsing wijzer aan veldwaarnemingen

Voor het toetsen van de Beregeningsplanner en de beregeningswijzer is de wekelijks met grondmonsters vastgestelde gemiddelde vochtinhoud van de wortelzone vergeleken met de berekende vochtinhoud van de planner. De resultaten zijn in bijlage 5 weergegeven in figuren. De figuren geven per proefperceel een overzicht van de vochthuishouding van de wortelzone voor twee maanden van het groeiseizoen. Per perceel is zodoende in twee figuren het resultaat van het gehele groeiseizoen weergegeven. Als voorbeeld geeft figuur 1 het resultaat weer van één van de proefpercelen. De legenda staat onder de figuur weergegeven, evenals het verloop van de grondwaterstand en de gekozen bouwstenen voor de boven- en ondergrond. De figuren vertonen over het algemeen een redelijke overeenkomst met de gemeten waarden. Voor een objectieve beoordeling is een afwijking kleiner dan drie mm tussen de berekende waarden en de vastgestelde vochtinhoud beschouwd als goed. De berekening van de maximale vochtvoorraad en de teruggang van de vochtvoorraad van de wortelzone met de beregeningswijzer-PC gedurende de twee droge perioden in mei en augustus, zijn afzonderlijk beoordeeld. Aan de hand van deze drie afzonderlijke beoordelingen is een totaalbeoordeling gegeven. Een score van een verschil kleiner dan drie mm op drie onderdelen is betiteld als goed, op twee onderdelen als redelijk en op één onderdeel als onvoldoende. De resultaten van de proefpercelen zijn weergegeven in tabel 8. Vijf van de twaalf percelen hadden een goed resultaat; vier redelijk en drie onvoldoende. De grootste afwijking die voorkwam was vijf mm tussen de berekende waarden en de vastgestelde vochtinhoud (v. Grinsven, perceel 5).



Figuur 1 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Donkers perceel 6 (gras)

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 *	Vergelijking vermindering vochtvoorraad in twee droge perioden (mm)						Algemeen resultaat
					mei			augustus			
					W	B	V	W	B	V	
Reijnen	3	28	28	=	7	6	=	5	7	=	goed
	4	28	27	=	3	7	<	5	9	<	onvoldoende
	8	28	28	=	10	10	=	7	8	=	goed
Irijters	10	28	24	>	13	11	=	6	3	>	onvoldoende
	16	20	20	=	13	10	=	7	4	=	goed
Donkers	6a	28	24	>	9	8	=	6	4	=	redelijk
	11	28	28	=	11	15	<	6	6	=	redelijk
Krol	2	28	28	=	7	5	=	6	9	<	redelijk
	3	28	28	=	7	5	=	6	9	<	goed
	4	28	28	=	8	4	=	9	6	>	redelijk
v. Grinsven	5	34	33	=	-	-	-	15	10	>	onvoldoende
	18	28	28	=	9	8	=	11	13	=	goed

* = : afwijking minder dan 3 mm; < : 3 mm of meer verschil negatief; > : 3 mm of meer verschil positief

2.2.3 Planning moment berekening en giftgrootte

De wateronttrekking is dit jaar relatief gering geweest. Het bedrijf Van Grinsven heeft evenals in 1997 geen berekening toegepast. Het bedrijf Donkers heeft alleen in augustus beperkt berekend. Van de overige bedrijven hebben de bedrijven Krol en Reijnen op scherp berekend waarbij bij een aantal percelen eerder werd berekend dan volgens de beregeningswijzer werd geadviseerd. Hier zou de planning nog beter gevolgd kunnen worden of heeft de planning op dat moment onvoldoende inzicht gegeven. In bijlage 6 is de wateronttrekking voor deze bedrijven weergegeven.

3 Discussie

3.1 Beregeningsplanner

Eventuele verschillen tussen berekende vochttoestand volgens de Beregeningsplanner en de bepaalde vochttoestand uit grondmonsters zijn o.a. van invoervariabelen voor de Beregeningsplanner afhankelijk. De belangrijkste factoren zijn:

1. de nauwkeurigheid van de vochtbepaling via grondmonsters
2. de representativiteit van de gemeten grondwaterstand voor het perceel
3. de nauwkeurigheid van de gekozen karakteristiek van de bovengrond m.b.t. vochtinhoud
4. de nauwkeurigheid van gekozen karakteristiek voor de ondergrond m.b.t. capillaire levering
5. de ontwikkeling van het gewas.
6. de juiste en tijdige invoer van weersgegevens, graslandgebruik en berekening
7. wateroverlast na overvloedige neerslag
8. de mate van vochtopname bij neerslag na droogte

De punten twee en zes liggen in de invloedssfeer van de gebruiker, door nauwkeurig te werken kan de invoer van de adviessystemen verbeteren.

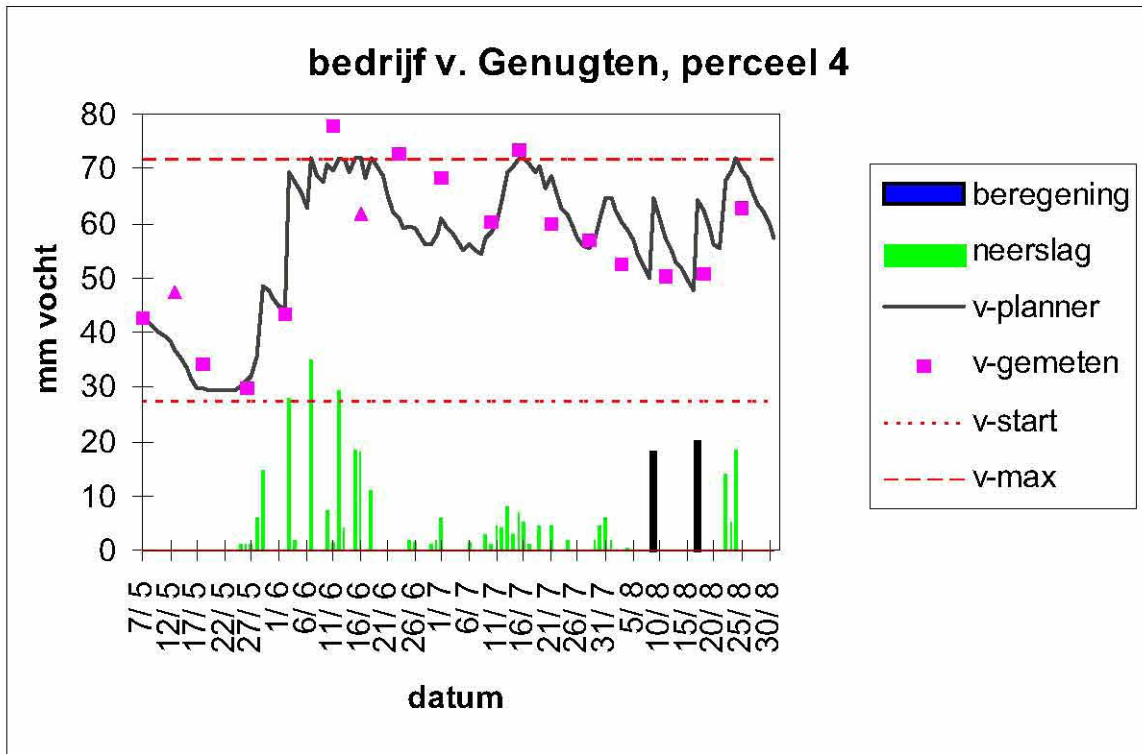
In de volgende paragrafen worden deze invloedsfactoren en hun effect op het functioneren van de planner besproken. Factoren die specifiek voor een perceel zijn en factoren die voor het functioneren van de planner op alle percelen van invloed zijn worden apart weergegeven.

3.1.1 Algemene invloedsfactoren (niet perceelsgebonden)

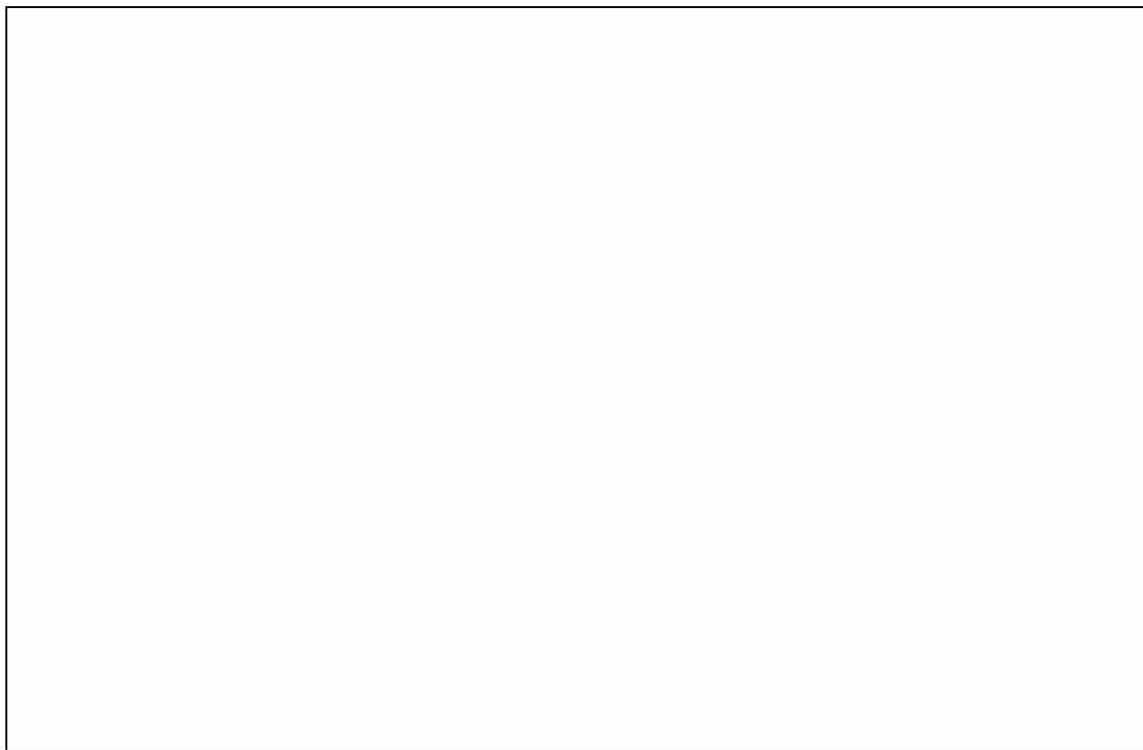
Van de acht genoemde factoren in de voorgaande paragraaf zijn er drie niet specifiek voor een bepaald perceel:

- De nauwkeurigheid van monstername
 - Het vochtgehalte in de bodem onder maïs blijkt te variëren afhankelijk van de afstand t.o.v. de maïsrij (Alblas, 1998). De in dit onderzoek gevolgde methode van monstername op circa 20 cm langs de rij is acceptabel. Een protocol voor de bemonstering van maïs is in onderzoek (Alblas, 1998).
 - Bij wijze van proef is voor het graslandperceel 26 van bedrijf Vink op 11-8 uit 12 afzonderlijke steken de gemiddelde vochtinhoud bepaald. De standaardafwijking bleek vijf mm, ofwel + tot - 15 % rond het gemiddelde van 34 mm te zijn. Omgerekend naar 35 cm bewortelingsdiepte (voor dit perceel) is dit 1,4 mm per tien cm worteldiepte. Dit is minder dan de maximaal geaccepteerde afwijking van drie mm per tien cm worteldiepte volgens het beoordelingscriterium. De onnauwkeurigheid bij bepaling van het vochtgehalte uit grondmonsters heeft daarom slechts een beperkte invloed op de uiteindelijke beoordeling van de planner.
- In periodes met extreme neerslag zoals in juni ligt de bepaalde vochttoestand van de grond hoger dan V-max, (het volumepercentage lucht is dan minder dan 10 % omdat het water niet weggezakt is). Dit was het geval op de bedrijven School, Van Genugten en Strous. Op enkele percelen (b.v. perceel 4 van Van Genugten, figuur 1) blijft de bepaalde vochtinhoud langer op een hoog niveau dan de Beregeningsplanner aangeeft. Bij een betere ontwatering door b.v. drainage is dit niet het geval (b.v. perceel 8 van Van Genugten, figuur 2). Perceel 8 is qua grondwaterstand en bodemtype vergelijkbaar maar wel gedraineerd. De Beregeningsplanner rekent niet met deze extra vochtinhoud. Door rekening te houden met deze extra vochthoeveelheid boven V-max kan mogelijk V-start later worden bereikt. In de figuren 2 en 3 van resp. perceel 4 en 8 is het verschil tussen beide situaties in de periode van 11-6 tot 17-7 goed te zien.
- De tijdige en juiste invoer van gegevens. Voor het optimaal functioneren van de Beregeningsplanner is dit een voorwaarde. Gebleken is dat in de praktijk hieraan niet altijd wordt voldaan. Vooral dagelijkse invoer van neerslag en verdamping is belangrijk voor een goede berekening van de actuele vochtinhoud van de grond. In verband met de capillaire nalevering is het bij invloed van het grondwater op de

vochttoestand van het perceel vooral bij doorlatende ondergronden belangrijk de grondwaterstanden twee maal per week in te voeren.



Figuur 2 Vochttoestand volgens planner (v-planner) en grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 4, bedrijf Van Genugten

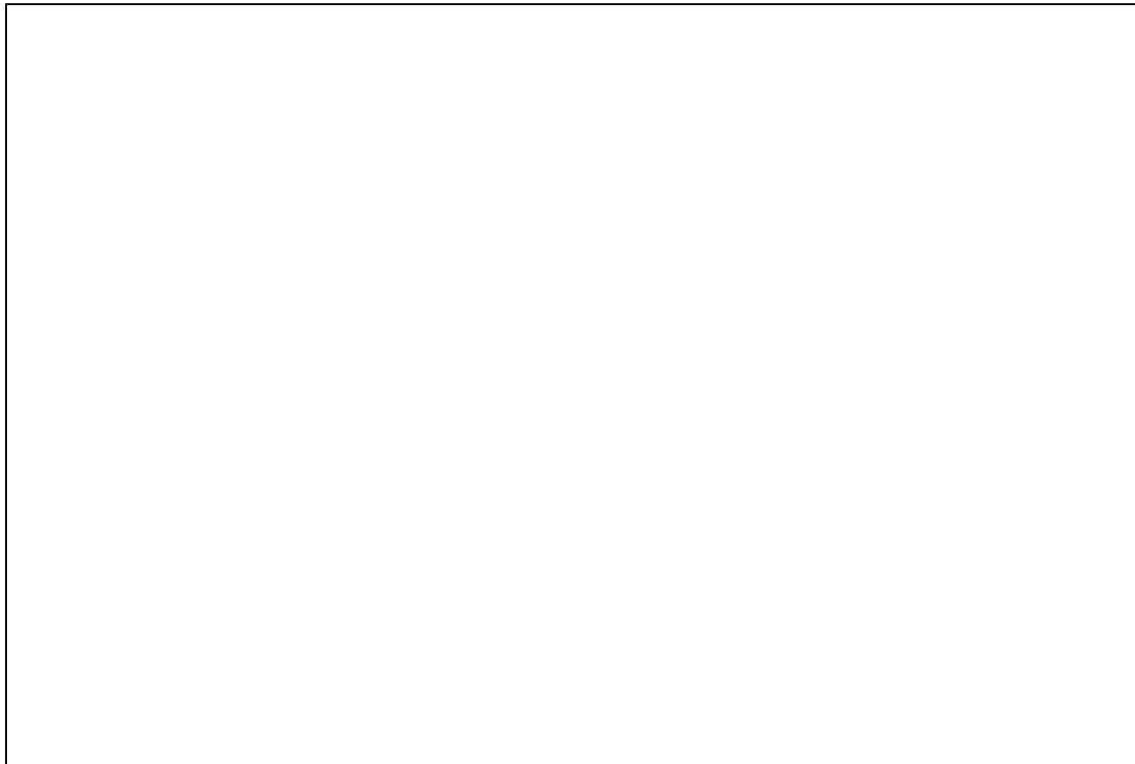


Figuur 3 Vochttoestand volgens planner (v-planner) en grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 8, bedrijf Van Genugten

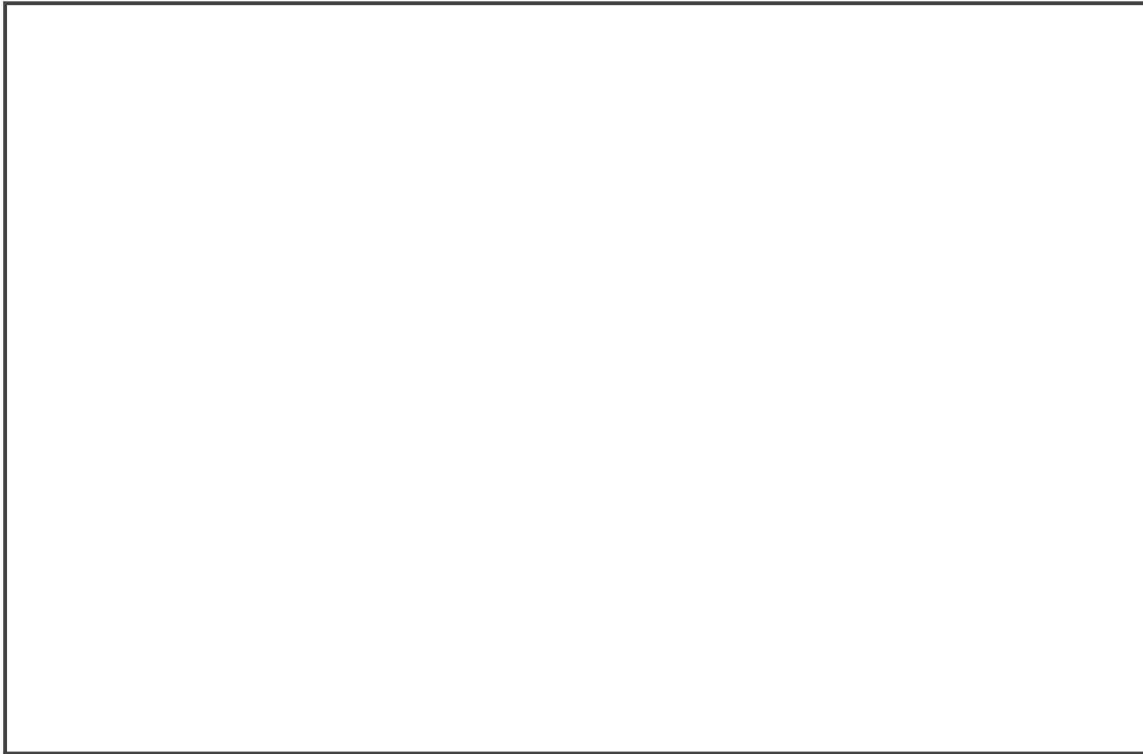
3.1.2 Perceelsgebonden Invloedsfactoren

De volgende factoren zijn meer specifiek voor de situatie per perceel en worden m.b.v. voorbeelden toegelicht (zie ook tabel 5 voor voorbeelden):

- De plaats van een peilbuis in de perceelsrand leidt in een aantal gevallen tot een grondwaterstand die niet representatief is voor het gehele perceel. Storende invloeden zijn dan: de nabijheid van een sloot en het reliëf in het perceel. Voor deze situaties zijn geen herberekeningen gemaakt. De plaatsing van de peilbuis is niet ideaal op alle maïspcelen en enkele graspercelen (Vink, 26; Keijzers, W4; Mulders, 18; Smulders, 20; Strous 1C, 3B en 9). Op de graspercelen V. Genugten 8, Mulders 16 en Strous 9 is later in het seizoen een peilbuis geplaatst, daarvoor is de meest nabije buis gebruikt.
- Bij de maïs is regelmatige meting van de worteldiepte van belang. De planner rekent met een normatieve wortelontwikkeling en correctiefactoren voor de gewasverdamping afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van de maïs. De achterblijvende ontwikkeling van de maïs dit jaar heeft er in een aantal gevallen toe geleid dat de hoeveelheid beschikbaar vocht door de planner werd overschat. Tussen de maïspcelen was veel verschil in ontwikkeling. De maïs van Keijzers (figuur 4) laat de tragere wortelontwikkeling van de maïs in het begin goed zien. V-start en V-max die afhankelijk zijn van de worteldiepte wijken sterk af. Wanneer begin augustus de uiteindelijke worteldiepte is bereikt komt de berekening per tien cm wortelzone weer beter overeen met de meetwaarden. In figuur 4 is duidelijk te zien dat correctie voor de werkelijke bewortelingsdiepte in de Beregeningsplanner nodig is. In figuur 5 is ter vergelijking de vochttoestand van het perceel maïs van Smulders weergegeven waar de beworteling wel normaal is verlopen. Hier treden minder grote verschillen tussen de vochttoestand volgens de Beregeningsplanner en de bepalingen.



Figuur 4 Vochttoestand van perceel maïs voor berekende worteldiepte en per 10 cm worteldiepte volgens planner (v-planner) en grondmonsters (v-gemeten)



Figuur 5 Vochttoestand van perceel maïs voor berekende worteldiepte en per 10 cm worteldiepte volgens planner (v-planner) en grondmonsters (v-gemeten)

- De gekozen bouwsteen voor de bovengrond
 Samenhangend met de bouwsteen voor de bovengrond is V-max soms te hoog gekozen. Het is in de praktijk echter niet altijd duidelijk vast te stellen of op het moment van bepaling de situatie met tien volumeprocent lucht is bereikt of overschreden. Op percelen waar geen wateroverlast is geweest en de grondwaterstand correct is voor het hele perceel kan een te hoge V-max een gevolg zijn van de bodemtypering voor de bovengrond. De gekozen bouwsteen uit de Staringreeks (Wösten, 1987) sluit dan niet geheel aan bij het gedrag van de bovengrond in het perceel. Percelen 2 en 9 (Janssen), 1C (Strous) en 18 (Mulders) zijn hier voorbeelden van (zie bijlage). De bovengrond bevat minder vocht dan verondersteld en als gevolg wordt een startwaarde voor berekening niet of te laat bereikt. Omgekeerd komt ook een te lage V-max voor. Percelen W4 en H1 zijn hier voorbeelden van (zie bijlage) .
- De mate van wateropname uit neerslag.
 Na een droge periode wordt neerslag moeilijker opgenomen door de bovengrond en de afstotende werking van de droge grond. Een deel van de neerslag kan oppervlakkig afstromen terwijl een ander deel door percolatie via preferente banen snel naar de ondergrond verdwijnt, of verdampt. V-max wordt dan alleen na langdurige neerslag bereikt. Voorbeeld is perceel 2 (Janssen)
 Op verschillende percelen die berekend zijn is de berekende vochttoestand na beregenen niet volledig terug te vinden in de bepaalde vochttoestand van de grond (percelen 4 en TOH, zie bijlage). Dit is een aanwijzing dat na een droge periode niet alle neerslag direct zal worden vastgehouden in de grond en er sprake is van een zeker rendement van wateropname na droogte.
- De gekozen karakteristiek voor de ondergrond
 Typerend voor een grove ondergrond is dat nalevering slechts bij relatief hoge grondwaterstanden plaatsvindt en bij een dalende grondwaterstand snel wegvalt. Een grove ondergrond geeft ook bewegingen in de grondwaterstand snel door naar de bovengrond. Het is voor het functioneren van de planner in deze situaties dan ook aan te bevelen het grondwaterpeil frequent te peilen. Voorbeelden zijn de percelen Keijzers W5, W10; v. Genugten 8 en Janssen 13.
 De percelen grasland van Mulders laten een grote vermindering in de vochttoestand zien na de natte periode in juni. De Beregeningsplanner blijft veel te hoog t.o.v. de bepaalde waarden. Het zijn percelen met een diepe grondwaterstand en grove ondergrond die na een natte periode snel draineren en geen

nalevering geven. De planner volgt dit wegzakken van water uit de ondergrond onvoldoende. Wanneer echter de ontwatering van het perceel slecht is of sprake is van nalevering door een ondiepe grondwaterstand, blijft de grond na een natte periode langer onder invloed van het grondwater dan de planner veronderstelt. Perceel 11 (Smulders) is hiervan een voorbeeld.

- Het effect van de grondwaterstand op de vochtlevering vanuit de ondergrond. Bij perceel R4 (School) is te zien dat de bepaalde vochthoeveelheden boven de berekende vochthoeveelheden liggen. Het is een perceel met een constante ondiepe grondwaterstand van ca. 50 cm -mv. Vanwege peilbeheer is dit perceel onder constante invloed van het grondwater. De bijbehorende capillaire levering wordt onderschat.

3.1.3 Modelstudies Beregeningsplanner door Opticrop BV.

Door Opticrop BV is op basis van dezelfde gegevens eveneens het resultaat van de planner beoordeeld met dezelfde criteria en in dezelfde droge periodes. De afname van de vochttoestand is daarbij echter omgerekend tot een afname per 7 dagen. Hierdoor is het resultaat enigszins verschillend van de beoordeling van het PR, er zijn in eerste instantie 18 van de 28 percelen die redelijk tot goed voldoen.

Na de door Opticrop BV uitgevoerde aanpassing (versie 1999) van V-max en de capillaire nalevering bleek het mogelijk om 24 van de 28 percelen redelijk tot goed aan de beoordelingscriteria te laten voldoen. Afwijkend bleven enkele percelen met een ondiepe grondwaterstand, een sterk leemhoudende bovengrond en doorlatende ondergrond.

De aanpassing door Opticrop BV in versie 1999 houdt in dat de capillaire nalevering is beperkt tot 70 % van de verdamping waardoor een snellere uitdroging in droge periodes wordt bereikt. In 1998 was deze beperkt tot maximaal de verdamping. De V-max is berekend als een gemiddelde tussen de situatie met 10 % lucht (planner versie 1998) en de evenwichtssituatie met de grondwaterstand (planner versie 1997). De planner versie 1998 blijkt met deze gegevensset van 1998 betere resultaten te geven dan de versie van 1997, omdat meer percelen als goed kunnen worden beoordeeld i.p.v. redelijk. Voor een volledige beschrijving van de modelstudies wordt verwezen naar de rapportage van Opticrop BV (Nugteren, 1999).

3.1.4 Sterke en zwakke punten van de Beregeningsplanner

Sterke punten

- De kracht van de Beregeningsplanner zit in de mogelijkheid een planning met prioriteit per perceel voor de beregening van het bedrijf op te stellen.
- Gegevens van graslandgebruik en weersgegevens zijn automatisch in te voeren via een koppeling.
- In de ideale situatie dat de berekeningen van de planner goed aansluiten op de werkelijke vochttoestand van een perceel kan door de berekende giftgrootte efficiënt met beregeningswater worden omgesprongen wat tot besparing van kosten en water kan leiden

De Beregeningsplanner biedt tevens de mogelijkheid te herstarten op basis van actuele vochtgehalten uit grondmonsters.

Zwakke punten

- De eisen aan invoer van weersgegevens en graslandgebruik als dit niet geautomatiseerd is. Voor een goede werking van de Beregeningsplanner is het noodzakelijk dat deze gegevens en ook de grondwaterstanden frequent worden ingevoerd en representatief voor het perceel zijn.
- Een nauwkeurige voorspelling van de vochttoestand van een perceel stelt hoge eisen aan de representativiteit van deze bodemgegevens voor het perceel. Aanpassing van de bodemkundige gegevens aan de specifieke situatie van een perceel kan mogelijk een betere voorspelling van de vochttoestand van het perceel geven, de planner mist deze mogelijkheid.
- Het programma beschikt over mogelijkheden voor visuele weergave van de vochtbalans per perceel, deze zijn echter niet direct in het menu terug te vinden.

3.2 Beregeningswijzer

Een belangrijk kenmerk van de Beregeningswijzer-PC is dat bodemkundige basisgegevens gewijzigd kunnen worden, wanneer de planning van het programma niet overeenkomt met de werkelijke vochttoestand van de bodem. Het is echter de vraag of de gebruiker voldoende kan inschatten, wanneer hij wat moet veranderen en of de gebruiker kan zien of een veranderde instelling ook een verbetering is. Met andere woorden wat zijn de hoofdzaken waarop gelet moet worden en welke afwijking is acceptabel. De beregeningswijzer-PC zal hiertoe moeten worden uitgebreid met een Helpfunctie. Een aantal punten kunnen hierbij genoemd worden:

- De planning kan met de gutsboor en magnetron gecontroleerd worden. Perioden met een duidelijk neerslagoverschot of neerslagtekort, waarbij respectievelijk veldcapaciteit verondersteld wordt of waarin de wortelzone verdroogt, zijn het meest interessant.
- De veldcapaciteit en de kritische grens waarbij beregening wordt geadviseerd worden gekarakteriseerd door een klasse voor de bovengrond.
- De mate van verdroging wordt bepaald door de hoeveelheid capillaire opstijging van vocht en is daarom gerelateerd aan een klasse van de ondergrond.
- Een afwijking kleiner dan 3 mm per 10 cm wortelzone kan als criterium gebruikt worden voor het aanpassen van de bodemklasse voor de boven- en of ondergrond.

De ervaring is dat de bodemgegevens het meest cruciaal zijn voor een goed resultaat, mits neerslag, beregening, gewasverdamping, bewortelingsdiepte en de grondwaterstand goed gemeten en geregistreerd worden. Aangenomen wordt dat de fout die mogelijk ontstaat door het gebruik van potentiële gewasverdamping, als maat voor de actuele verdamping, gering is vergeleken bij de fout die gemaakt kan worden door een verkeerde invoer van bodemgegevens. Een correctie van de verdamping voor het gewasstadium zal naar verwachting geen verbetering opleveren.

In het onderzoek werd de bewortelingsdiepte gemeten. Dit is de beste methode om dit uitgangspunt te bepalen. De fout die echter gemaakt wordt bij het schatten van de bewortelingsdiepte is beperkt. De ervaring is dat de bewortelingsdiepte voornamelijk gerelateerd is aan de leeftijd van gras en de intensiteit van gebruik. Bij intensief gebruik is de bewortelingsdiepte van ouder grasland veelal ongeveer 25 cm, van tweedejaars gras 25-30 cm en van eerstejaars gras ongeveer 30-35 cm. Wel kan de bewortelbare diepte hierbij beperkend zijn (minder dan 25 cm). Voor een *indicatie* van de bewortelingsdiepte kan men bij intensief graslandgebruik eenvoudig uitgaan van de leeftijd van de graszode.

3.2.1 Sterke en zwakke punten Beregeningswijzer-PC

Sterke punten:

- Visuele weergave
- Eenvoudige basisinvoer bodemgegevens
- De bodemgegevens zijn gemakkelijk te controleren en aan te passen

Zwakke punten / verbeterpunten voor definitieve versie:

- Geen automatische invoer weergegevens
- Alleen toepasbaar voor zandgrond
- Er wordt alleen een vochtboekhouding voor gras bijgehouden. Voor maïs is een vochtboekhouding gewenst. Door de toename van de bewortelingsdiepte van het gewas na opkomst blijkt een simulatie van de werkelijkheid zeer moeilijk. Mogelijk is dit op te lossen door te starten met een vochtboekhouding wanneer de bewortelingsdiepte niet meer toeneemt.
- De vraag blijft bij welke afwijking het noodzakelijk of raadzaam is de basisinvoer te veranderen; introductie van een helpfunctie is gewenst
- Prioriteit beregeningsvolgorde wordt niet gegeven

4 Conclusie

Beide systemen kunnen de ondernemer behulpzaam zijn bij het plannen van de berekening. De meerwaarde voor de ondernemer is dat de trend in ontwikkeling van de vochtvoorraad in de bodem in de meeste gevallen goed wordt aangegeven. Per perceel kan dan een inschatting worden gemaakt van het gewenste tijdstip van berekening. Voor de meeste percelen wordt dit tijdstip tot op twee dagen nauwkeurig door de systemen benaderd. Controle op basis van grondmonsters is raadzaam. Wanneer de benodigde invoergegevens goed zijn afgestemd op het betreffende perceel zullen de systemen in principe dezelfde resultaten geven.

4.1 Beregeningsplanner

De planner is bruikbaar als hulpmiddel bij het bepalen van de vochttoestand van de grond en het vaststellen van het berekeningstijdstip, afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid. In het onderzoek geeft de planner versie 1998 op 19 van de 28 praktijkpercelen de vochttoestand redelijk tot goed weer, zodat het voorspelde berekeningstijdstip niet meer dan twee dagen afwijkt van het gewenste tijdstip. De meest voorkomende afwijking ten opzichte van de bepaalde vochttoestand is een geringe afname van de vochtthoeveelheid in droge perioden en een lage maximale vochtinhoud. Regelmatige controle en herstart met vochtwaarden op basis van grondmonsters, vooral na een natte periode is dan ook raadzaam.

De voorwaarden voor het goed functioneren van de planner zijn: een representatieve plaats van de peilbuis in het perceel, het frequent invoeren van de grondwaterstand, weersgegevens en graslandgebruik, correctie voor de gewasontwikkeling bij maïspancelen en een representatieve bodemkartering. Een verdergaande afstemming tussen planner en perceel kan worden bereikt door enige keuzemogelijkheden in bodemtypering voor onder- en bovengrond. Nader onderzoek zou dit uit kunnen wijzen.

4.2 Beregeningswijzer

Met de relatief eenvoudige bodemkundige basisgegevens blijkt het werkelijke verloop van de vochttoestand in de wortelzone van praktijkpercelen goed benaderd te kunnen worden. Daarmee is de Beregeningswijzer een bruikbaar hulpmiddel gebleken. Dit geldt voor zowel de handmatige versie als het computerprogramma. De ervaring is dat, bij het in gebruik nemen van de Beregeningswijzer, met de bodemgegevens op basis van de bodemkartering niet altijd direct het gewenste resultaat bereikt wordt. De capillaire opstijging van vocht blijkt bijna altijd tegen te vallen. Men dient rekening te houden met een aanlooperperiode waarin de vochtboekhouding afgestemd moet worden op de specifieke omstandigheden op het bedrijf. Het flexibel en inzichtelijk kunnen aanpassen van de bodemgegevens in de computerversie van de Beregeningswijzer blijkt zodoende zeer praktisch. Na aanpassing wordt over het algemeen wel een goed resultaat bereikt. Extreem natte of droge situaties echter kunnen het afstemmen van de juiste invoer op de praktijksituatie bemoeilijken. Het vraagt dan meer tijd om inzicht te krijgen in de praktijksituatie. De vraag blijft of het voor de gebruiker duidelijk zal zijn bij welke afwijking hij de bodemgegevens moet aanpassen.

5 Aanbevelingen

5.1 Beregeningsplanner

Om een goed resultaat te krijgen zijn voor de praktijk de aanbevelingen:

- Regelmatige en frequente invoer van
 - grondwaterstanden
 - weersgegevens
 - graslandgebruik
 - beregeningsgiften
- Zorg voor een representatieve meting van de grondwaterstand per perceel door een goede plaatsing van de peilbuis in het perceel
- Controleer de planner en herijk deze na een natte periode met een vochttoestand op basis van grondmonsters wanneer de grond niet meer verzadigd is (afhankelijk van ontwatering van het perceel)

5.2 Beregeningswijzer-PC

Een juiste meting van de grondwaterstand ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte van een perceel is erg belangrijk. De plaatsing van een peilbuis in een perceel, in plaats van in een perceelsrand, heeft daarbij de voorkeur. Bij plaatsing van een peilbuis onder een tegel wordt bij het gebruik van het perceel hiervan geen hinder ondervonden.

Voor een doelmatig gebruik van de Beregeningswijzer-PC is een automatische invoer van de referentiegewasverdamping gewenst.

Een goede instructie bij het programma is vereist. Vooral wat betreft het afstemmen van de basis invoer op de praktijksituatie.

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.
- Groot, W.J.M. de en M.J.D. Hack-ten Broeke, 1999. Toetsing van de beregeningsplanner met het hydrologische model SWAP 2.0. Onderzoeksresultaten 1997. SC-DLO, rapport 661, Wageningen.
- Hoogland, T., A.G.T. Schut, W.J.M. de Groot en M.J.D. Hack-ten Broeke, 1998. Watergebruik bij beregening voor en na beregenen op maat, SC-DLO, rapport 658, Wageningen
- 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
- Hoving, I.E., H. Everts en J. Alblas, 1998. Beregenen op maat. Toetsing van beregeningsplanner en -wijzer in de praktijk. Onderzoeksresultaten 1997. Lelystad, PR. Rapport 172.
- Hoving, I.E., 1999: De stand van zaken na 3 jaar onderzoek Beregenen Op Maat, Lelystad, PR, Rapport.... (in press.)
- IKC, 1993. Teelt van maïs. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij. Teelthandleiding nr. 58.
- Kok, V.P.H.M. de, J. Alblas, W.A. Dekkers en H. verstegen, 1999. Beregenen Op Maat Open Teelten 1997-1998, onderzoeksbedrijven. Lelystad, PAV, Intern documentatieverslag nr. 131.
- Schans, D.A. van der en M.W.J. Stienezen, 1998. Opbrengstvariabiliteit van voedergewassen op droogtegevoelige grond. In: Ruwvoerproductie bij droogte, kies voor zekerheid. Lelystad, PAV, Themaboekje nr 21.
- 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

- Alblas, J., 1998. Verslag BOM Veehouderij, de variabiliteit van het vochtgehalte onder maïs. Lelystad, PAV, 1998.
- Alblas, J., 1998. Bemonsteren is meer dan steken. Lelystad, PAV, handleiding.
- 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
- Nugteren, W., 1999. Analyse van de Beregeningsplanner met gegevens Beregenen Op Maat Onderzoeksbedrijven 1998. Vijfhuizen, Opticrop BV.
- Opticrop, 1997. Beregeningsplanner versie 1.1. Vijfhuizen, Opticrop BV.

PR, 1997. Beregeningswijzer. Lelystad, PR

Bijlagen

Bijlage 1

Gegevens bodemkartering SC-DLO

Bijlage 2

Toetsing Beregeningsplanner Opticrop BV versie 2.1

Bijlage 3

Bodeminventarisatie gebruik Beregeningswijzer

Bijlage 4

Toetsing PR-Beregeningswijzer

Bijlage 5

Grondwaterstand van de proefpercelen gedurende het groeiseizoen 1997

Bijlage 6

Wateronttrekking onderzoeksbedrijven 1997

Bijlage 7

List of tables and figures

Bijlage 1 Gegevens bodemkartering SC-DLO

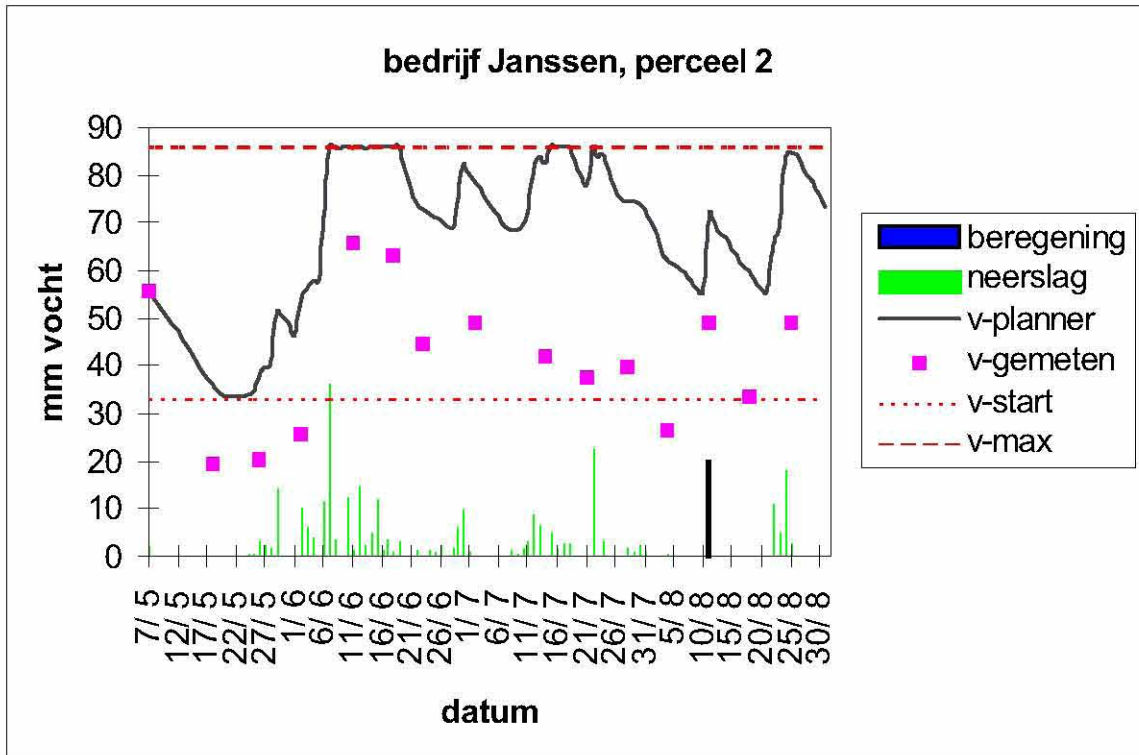
Verklaring bouwsteen Bovengronden

B1	leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand
B2	zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
B3	sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
B4	zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
B5	grof zand
B6	keileem
B7	zeer lichte zavel
B8	matig lichte zavel
B9	zware zavel
B10	lichte klei
B11	matig zware klei
B12	zeer zware klei
B13	zandige leem
B14	ziltige leem

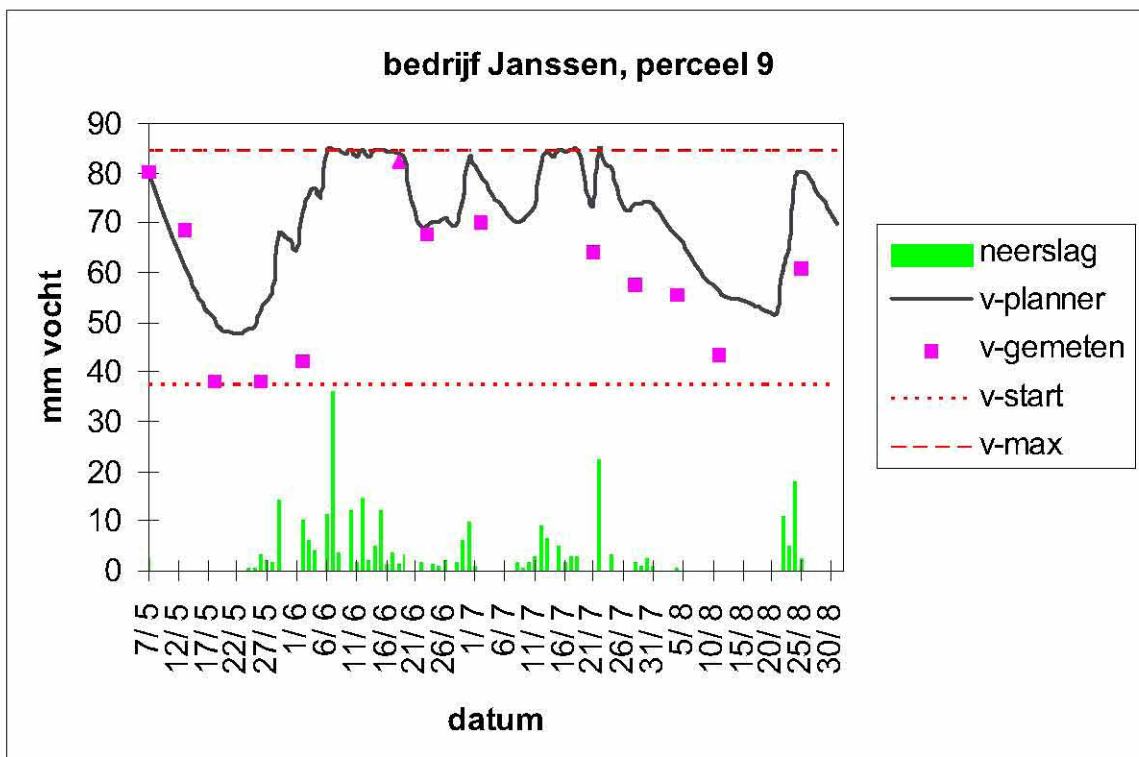
Verklaring bouwsteen Ondergronden

O1	leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand
O2	zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
O3	sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
O4	zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
O5	grof zand
O6	keileem
O7	Beekleem
O8	zeer lichte zavel
O9	matig lichte zavel
O10	zware zavel
O11	lichte klei
O12	matig zware klei
O13	zeer zware klei
O14	zandige leem
O15	ziltige leem

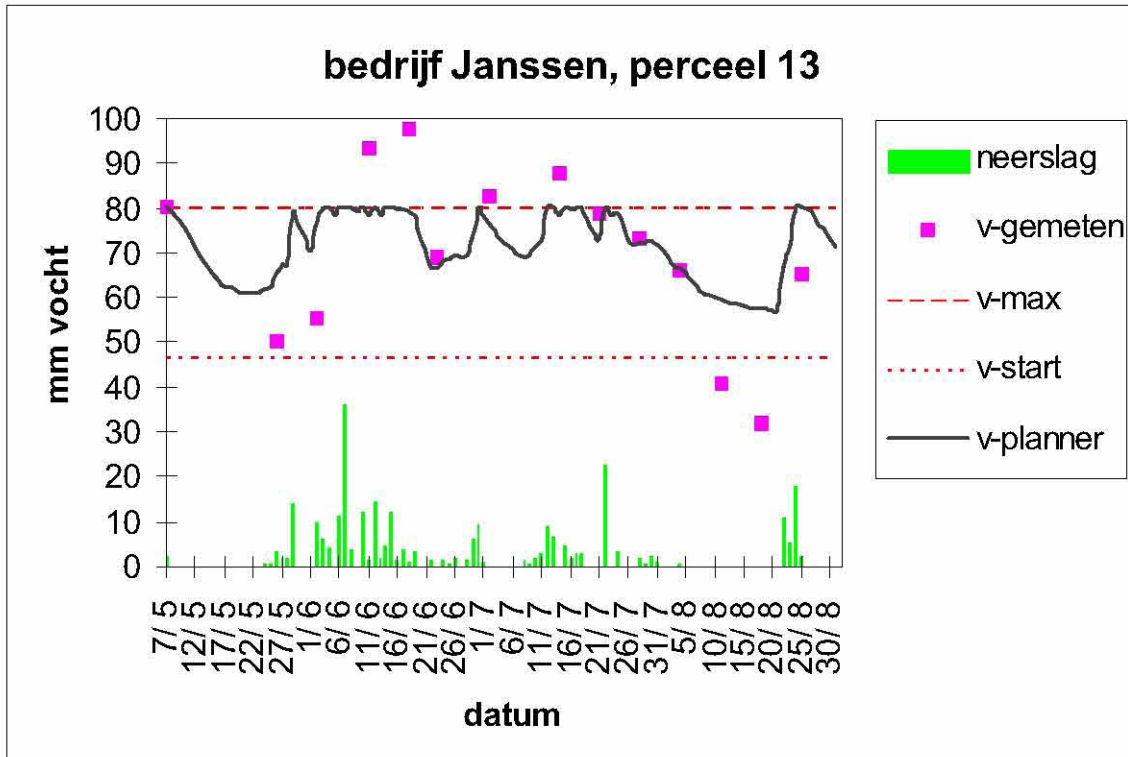
**Bijlage 2 Toetsing Beregeningsplanner Opticrop BV versie 2.1:
vochttoestand van de praktijkpercelen, figuren.**



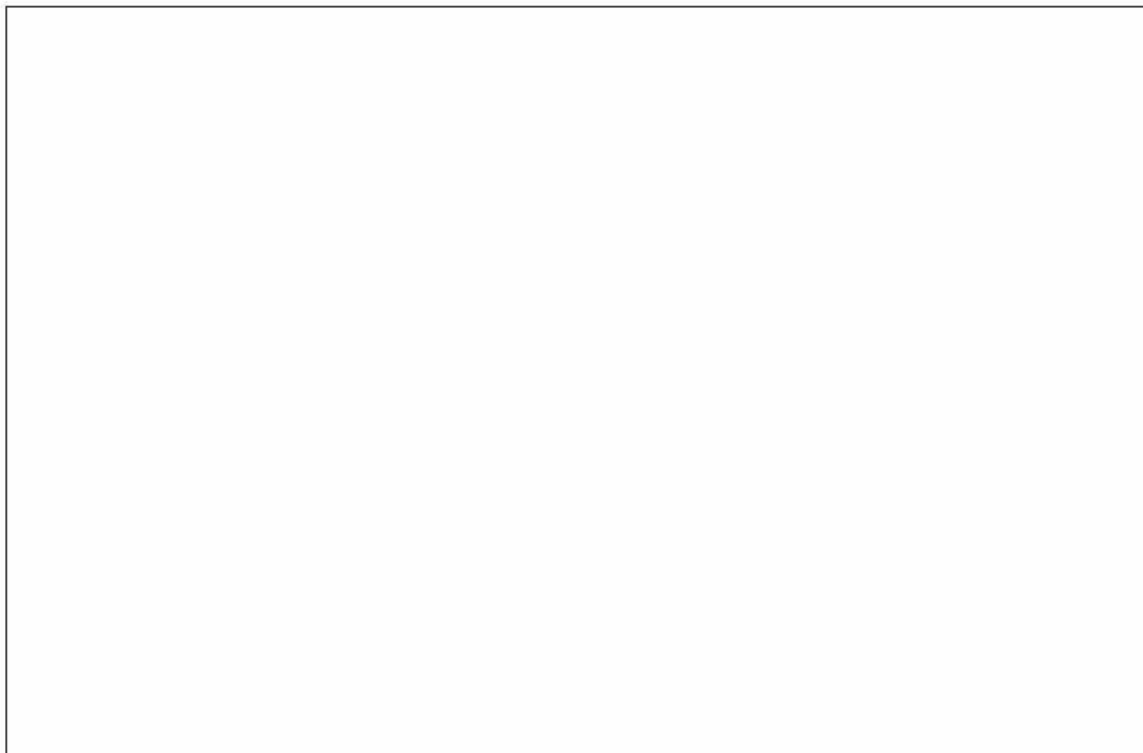
Figuur 6: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) voor graslandperceel 2 van bedrijf Janssen.



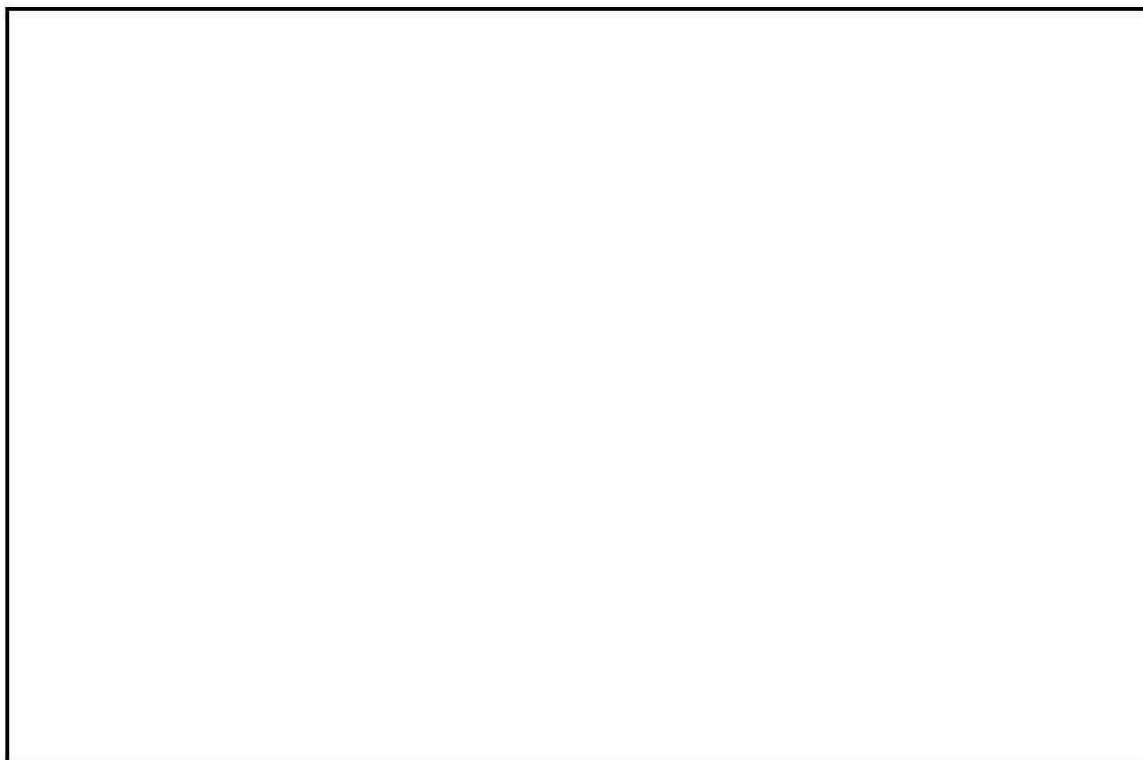
Figuur 7: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 9, bedrijf Janssen.



Figuur 8: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 13, bedrijf Janssen.



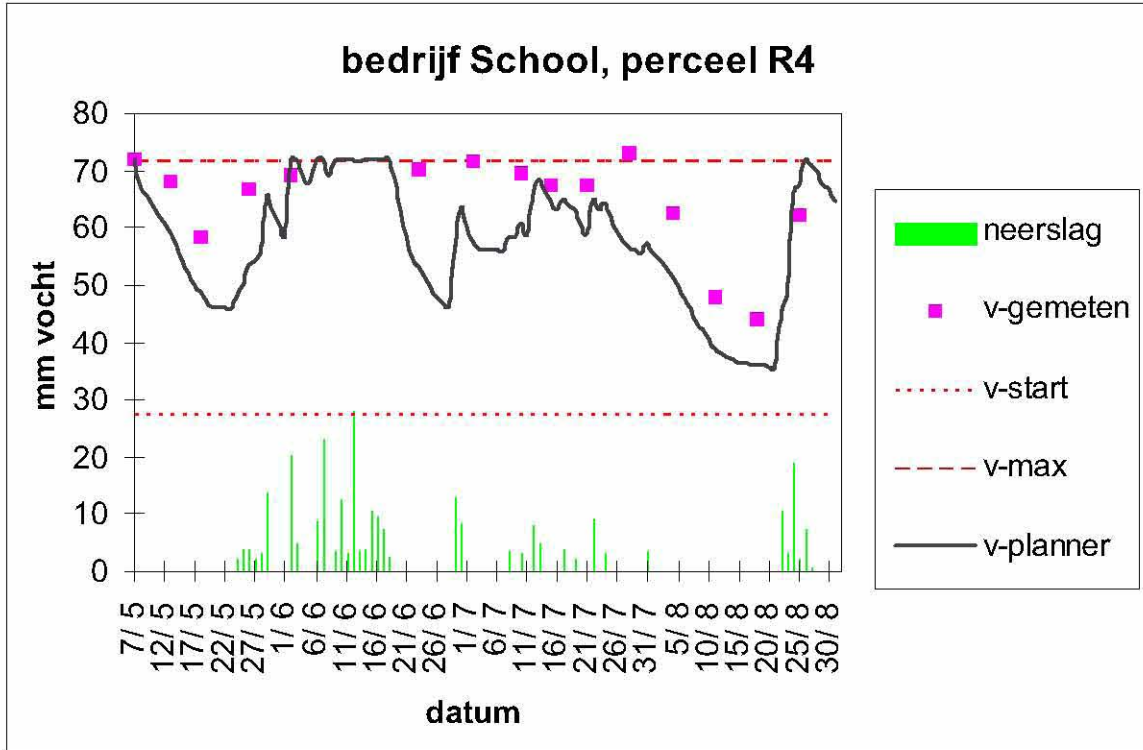
Figuur 9: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van maisperceel, bedrijf Janssen.



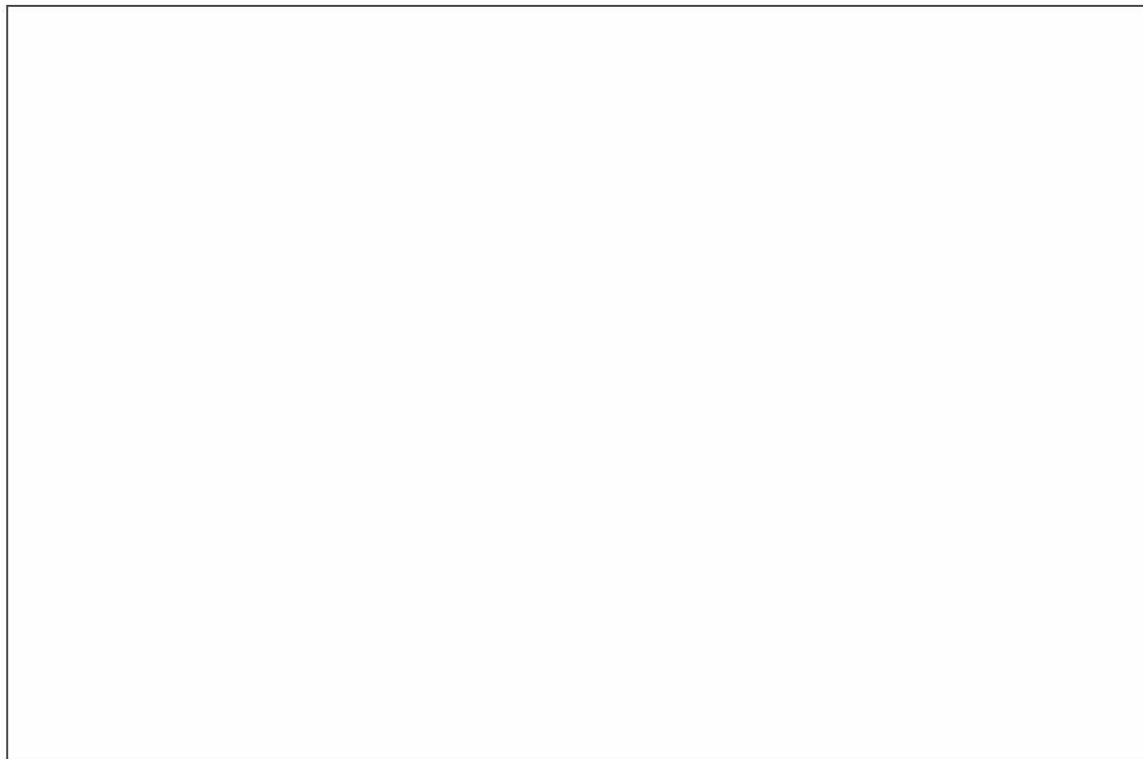
Figuur 10: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel H1, bedrijf School.



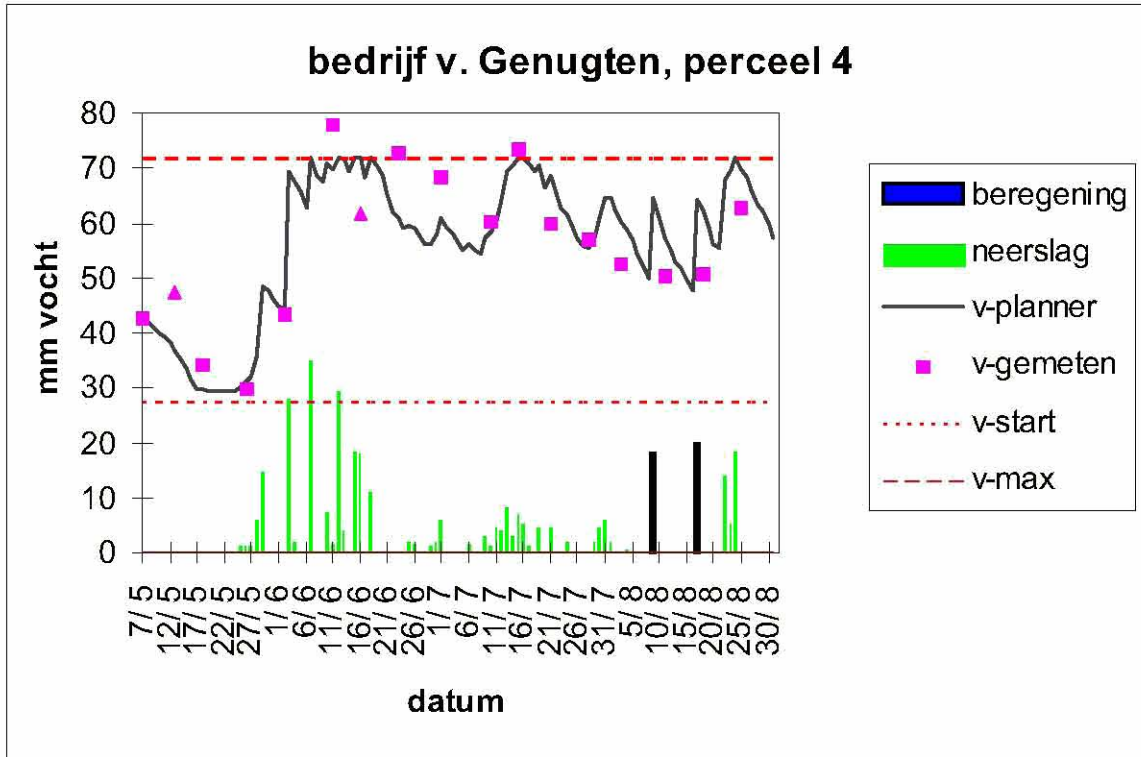
Figuur11: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel TOH, bedrijf School.



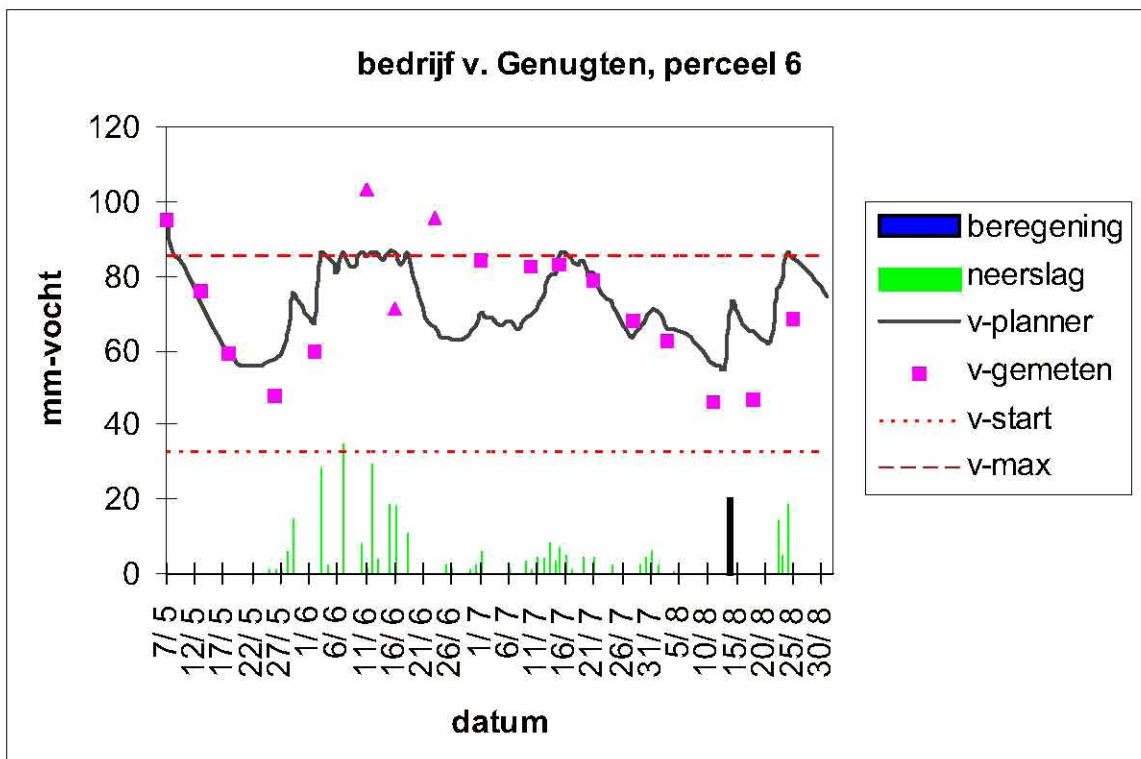
Figuur 12: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel R4, bedrijf School.



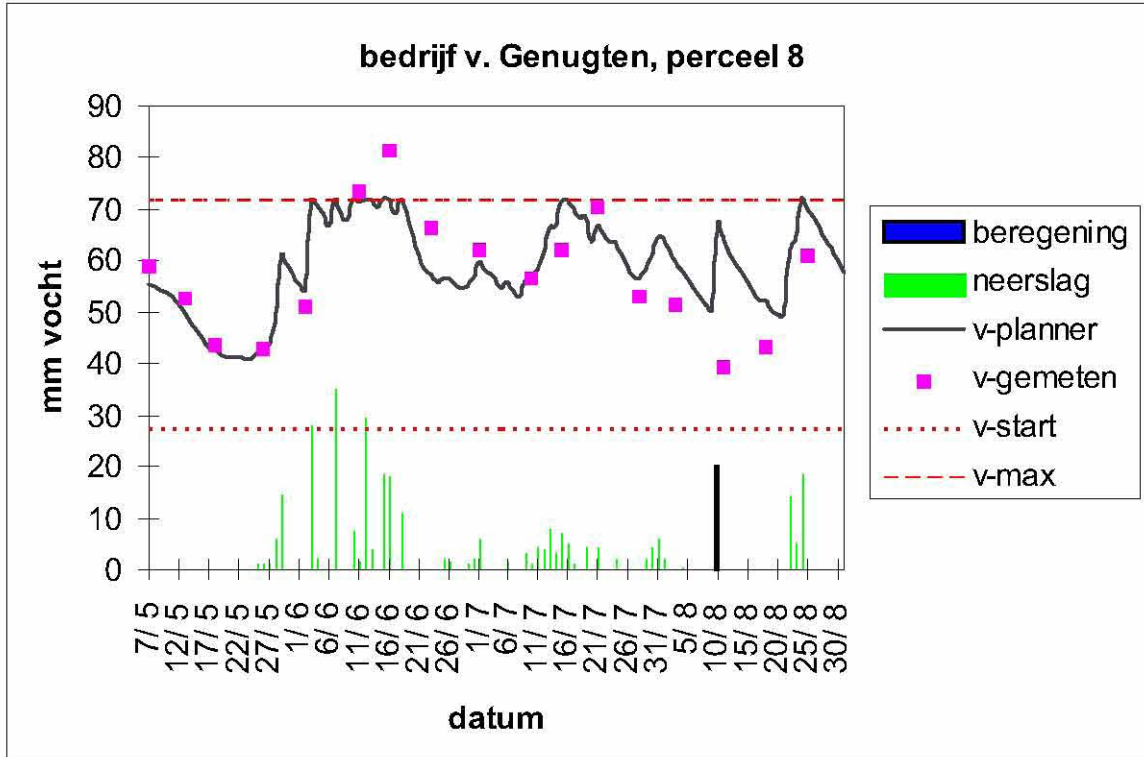
Figuur 13: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van perceel maïs, bedrijf School.



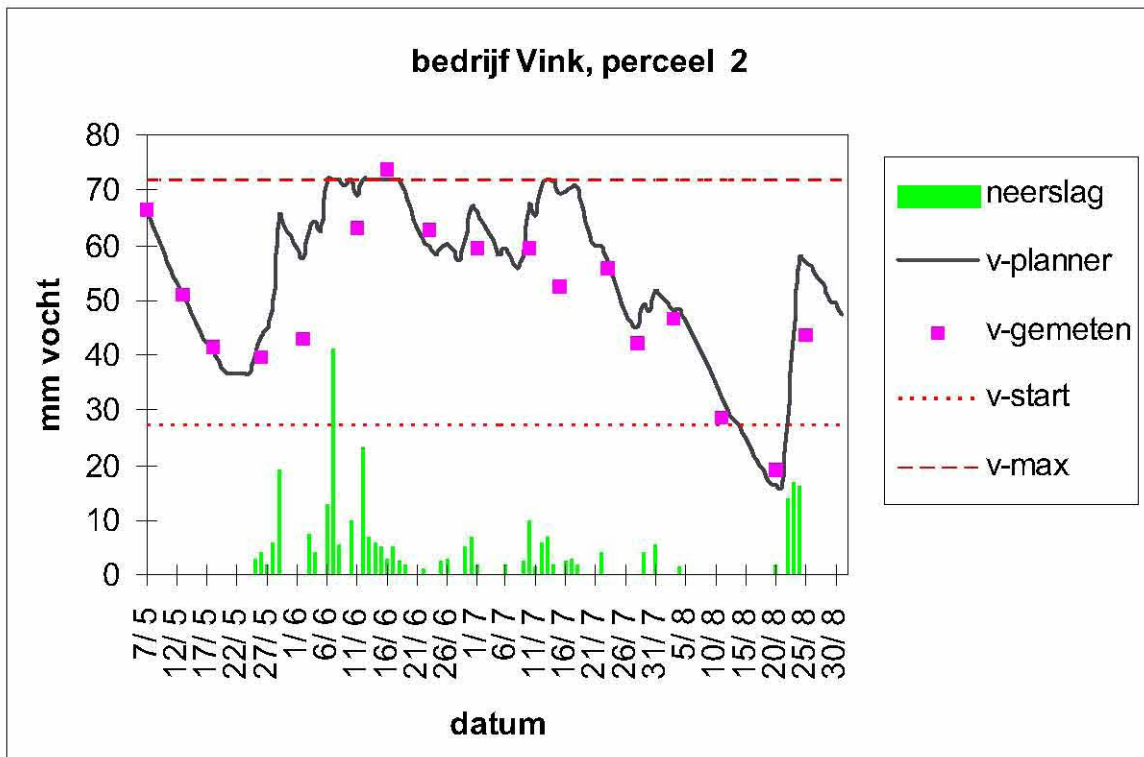
Figuur 14: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 4, bedrijf Van Genugten.



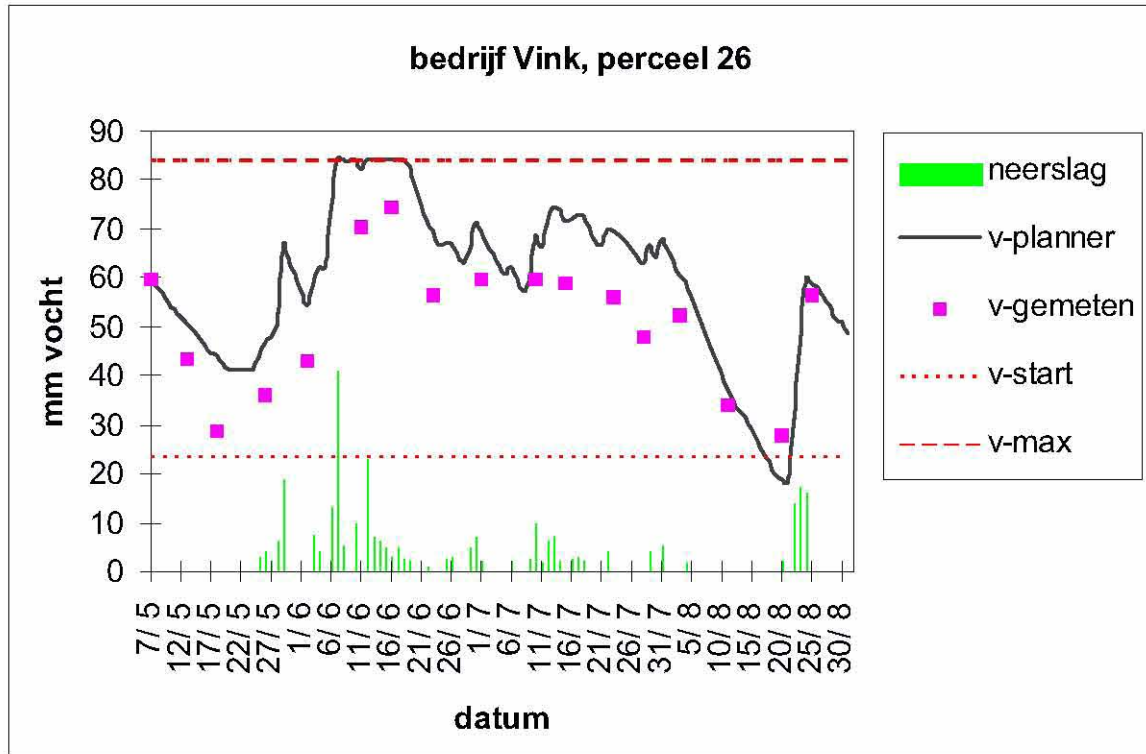
Figuur 15: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 6, bedrijf Van Genugten.



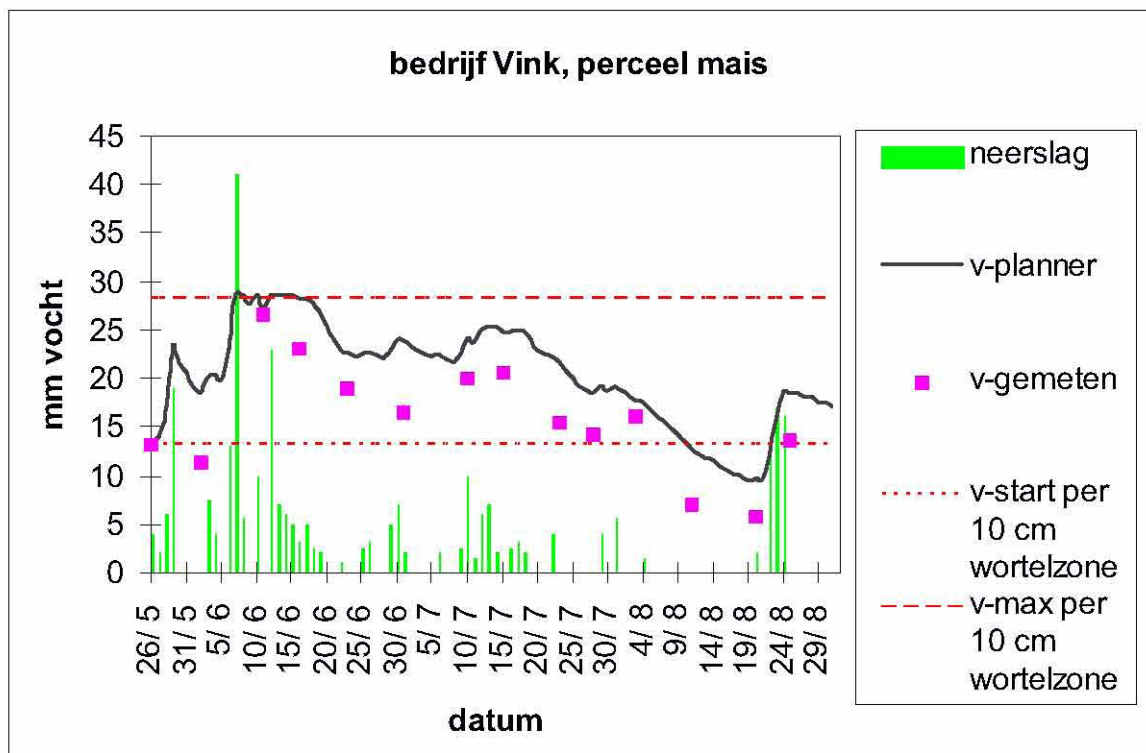
Figuur 16: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 8, bedrijf Van Genugten.



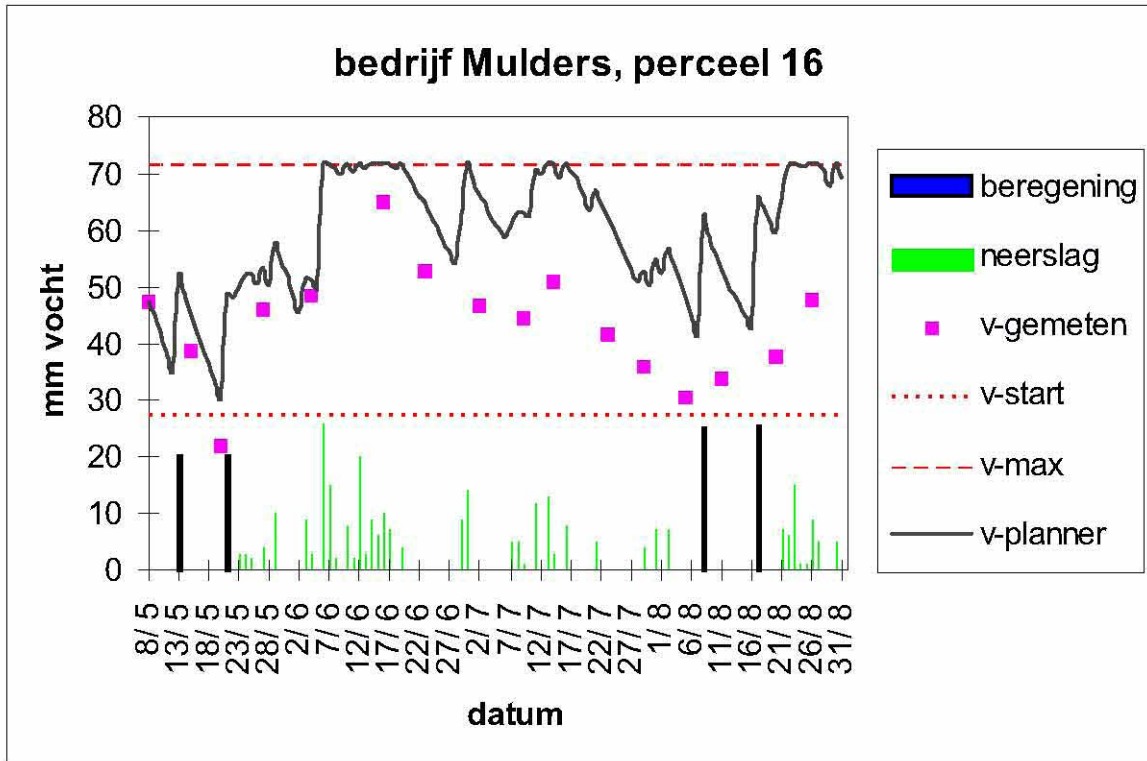
Figuur 17: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 2, bedrijf Vink.



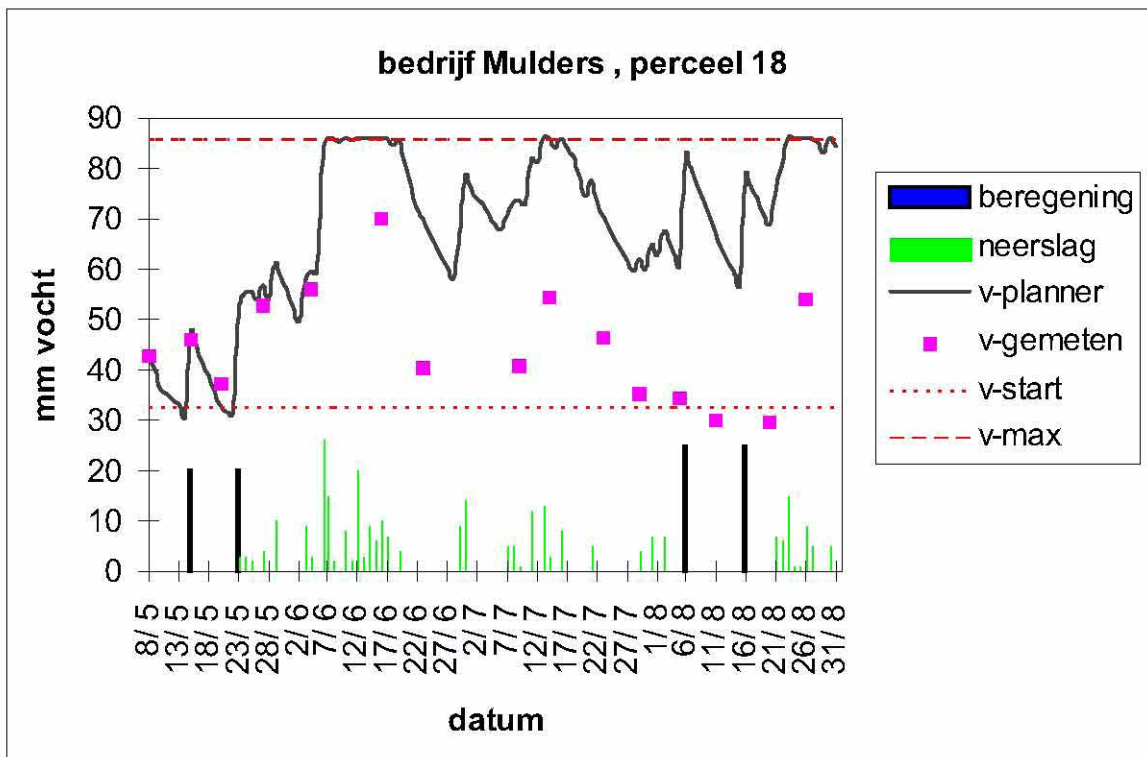
Figuur 18: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van perceel 26, bedrijf Vink.



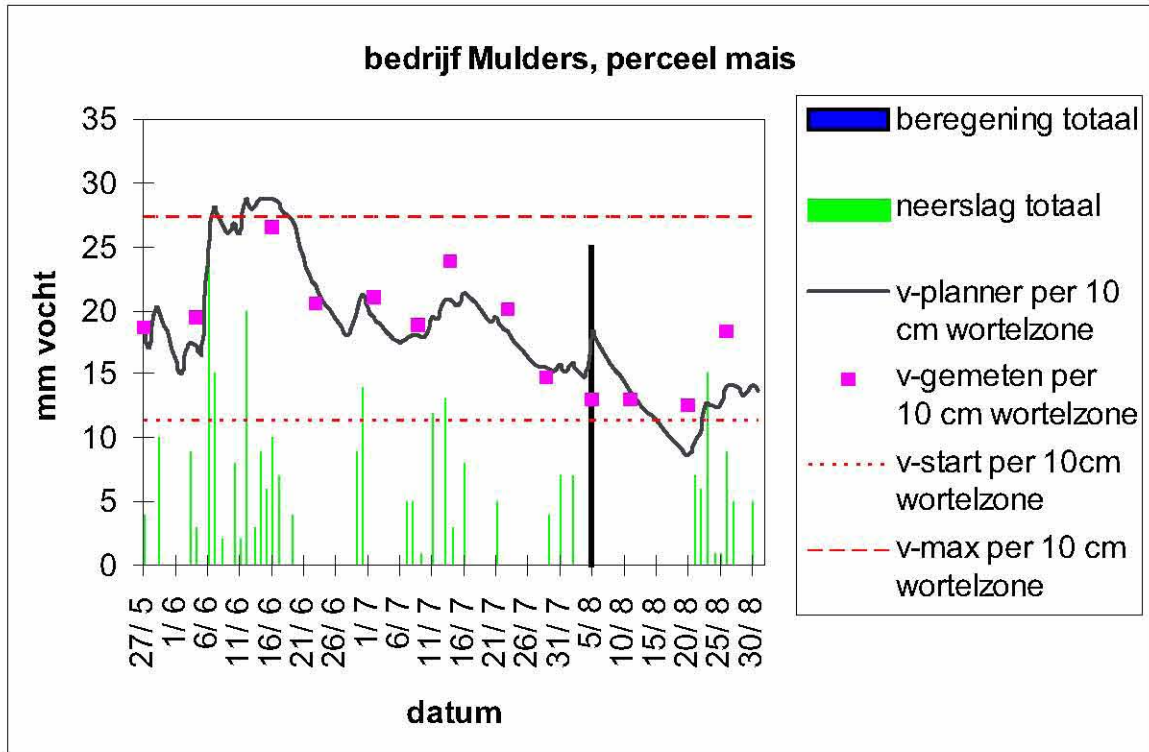
Figuur 19: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van perceel maïs, bedrijf Vink.



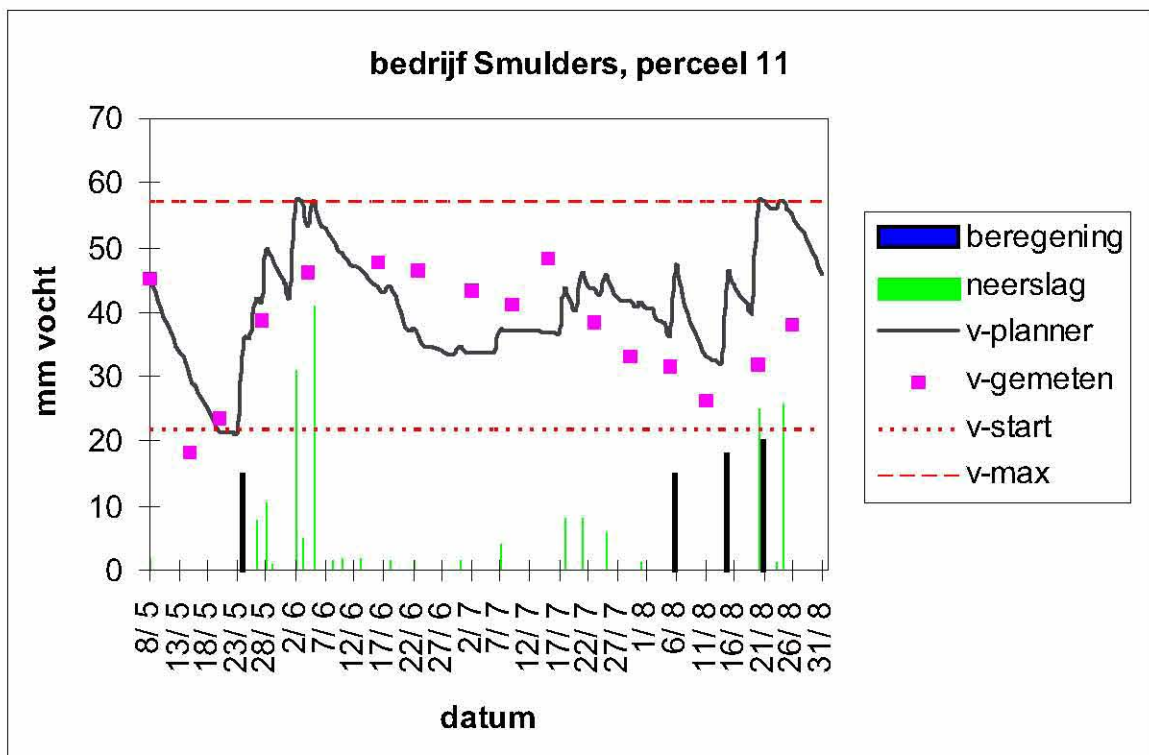
Figuur 20: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 16, bedrijf Mulders.



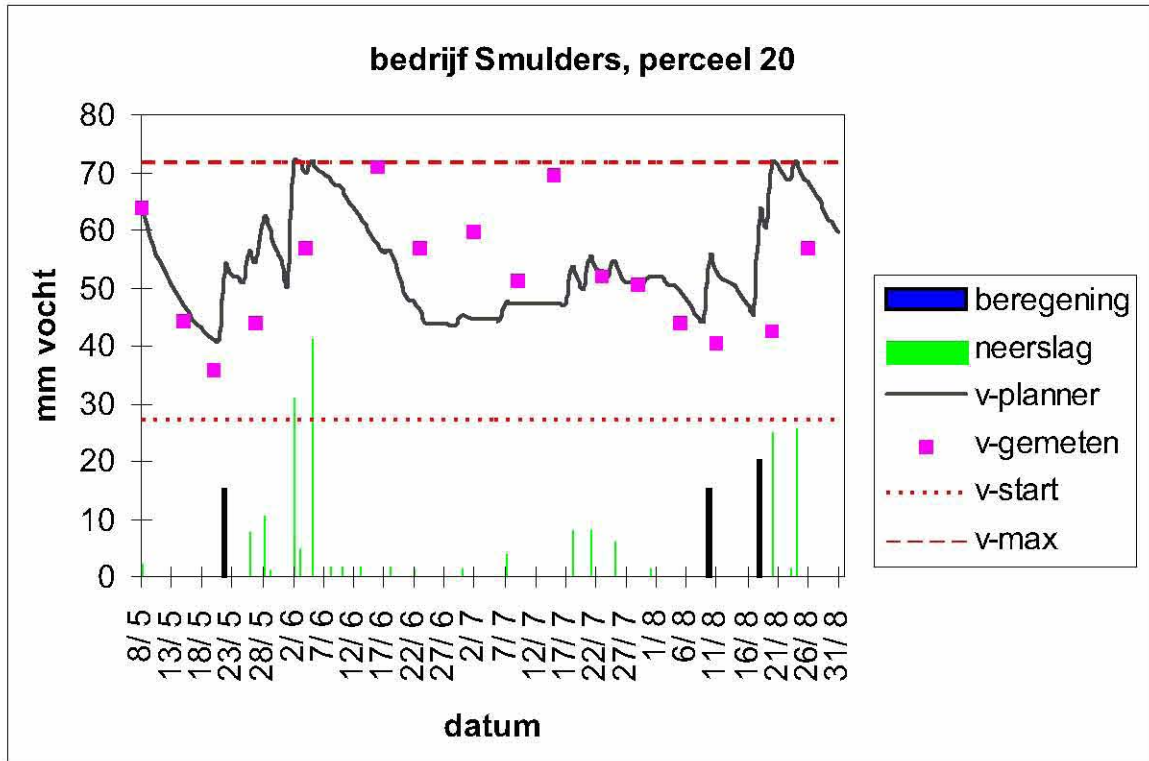
Figuur 21: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 18, bedrijf Mulders.



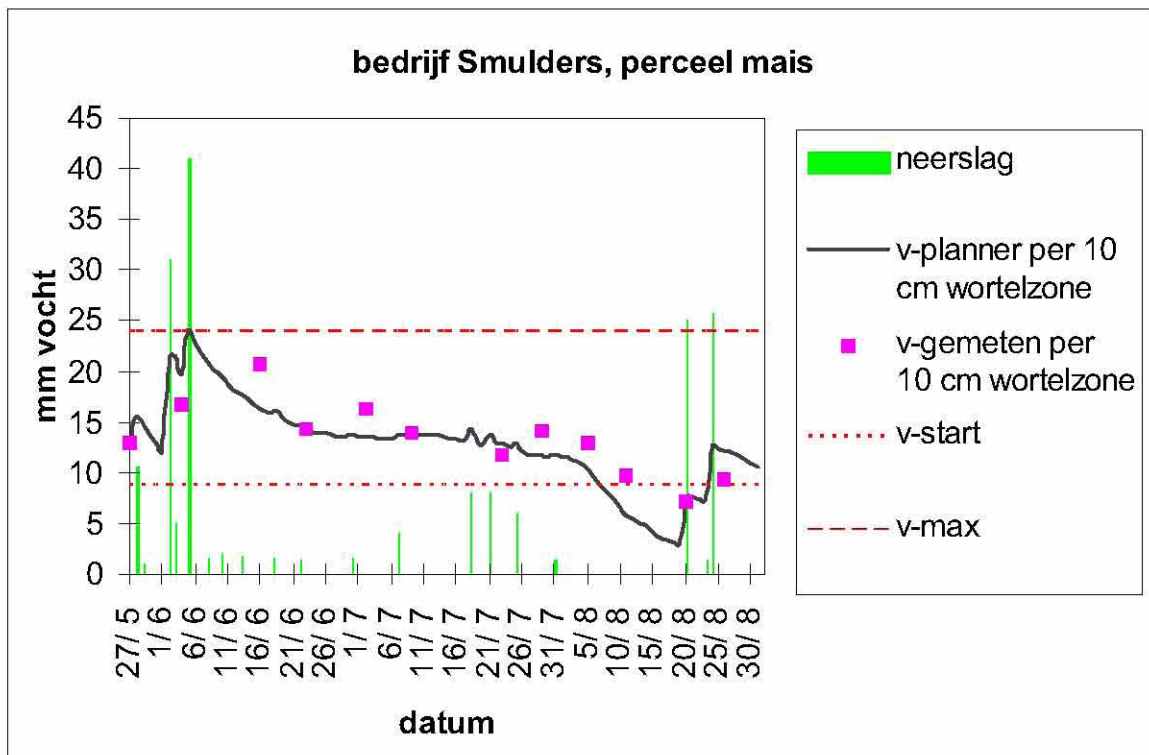
Figuur 22: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van maïsperceel, bedrijf Mulders.



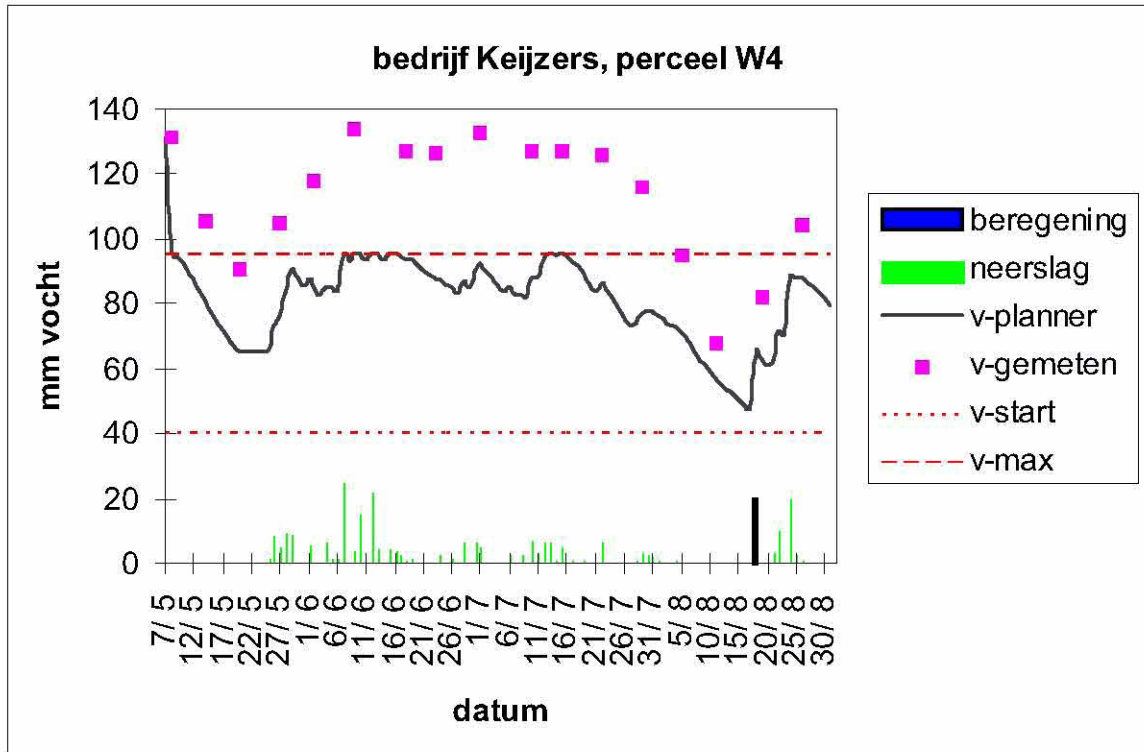
Figuur 23: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 11, bedrijf Smulders.



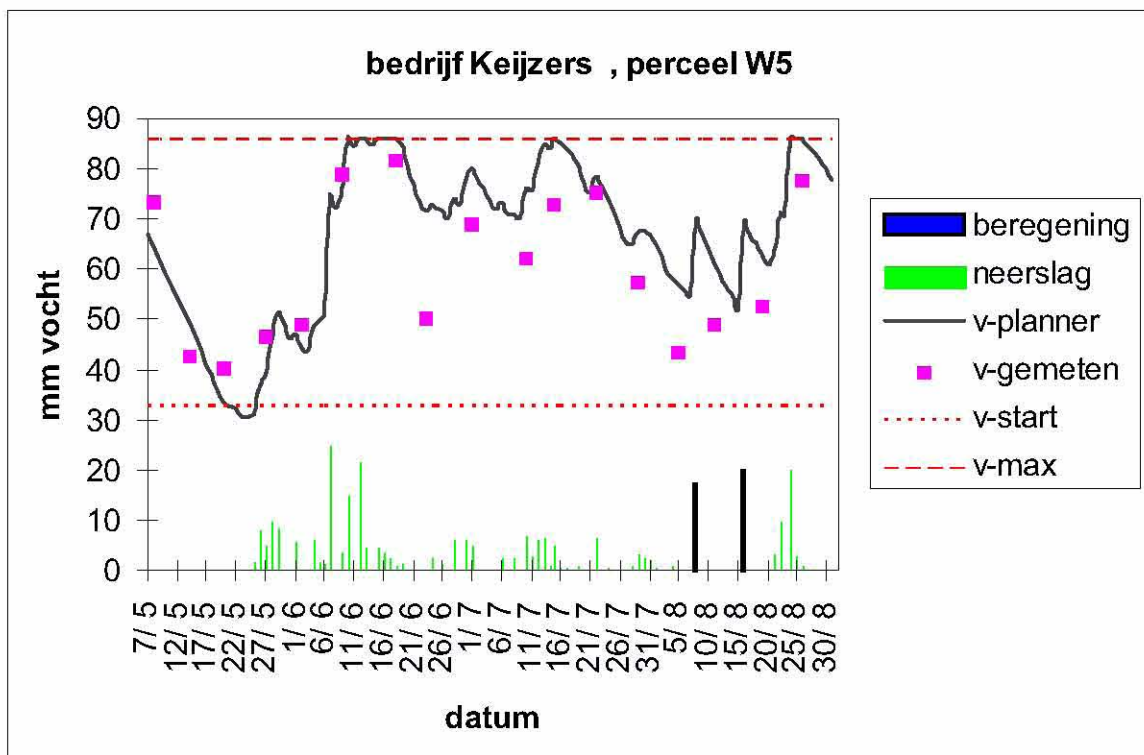
Figuur 24: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 20, bedrijf Smulders.



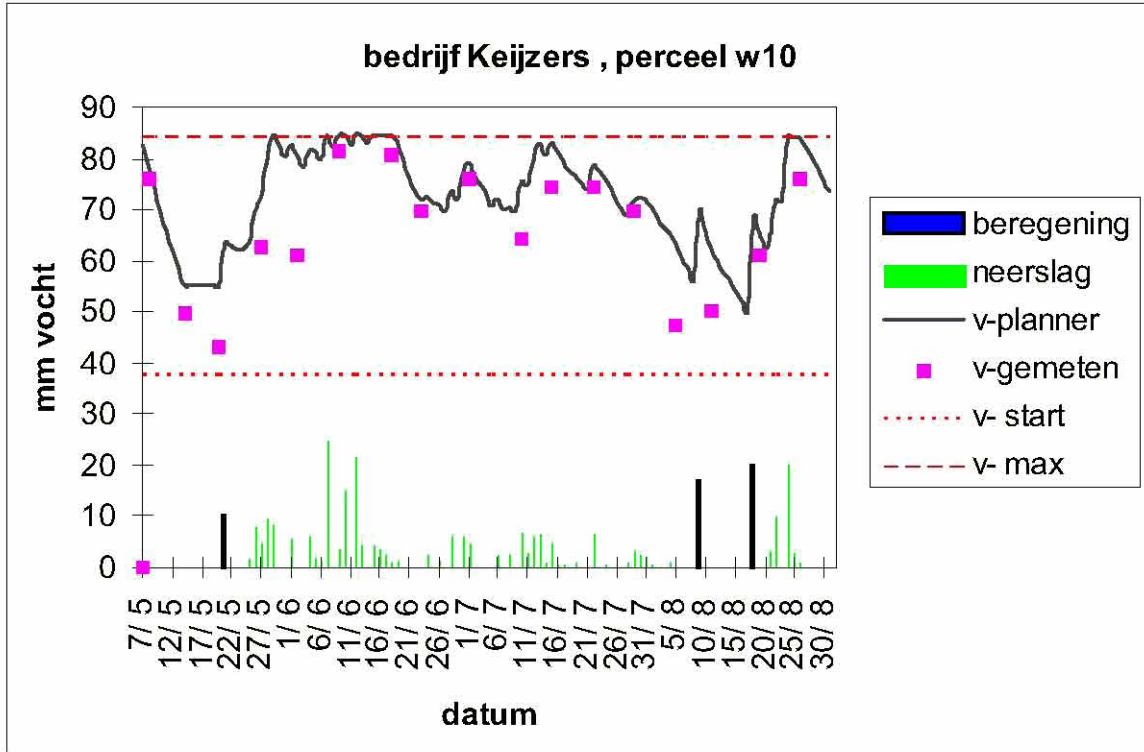
Figuur 25: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van maïspaneel bedrijf Smulders.



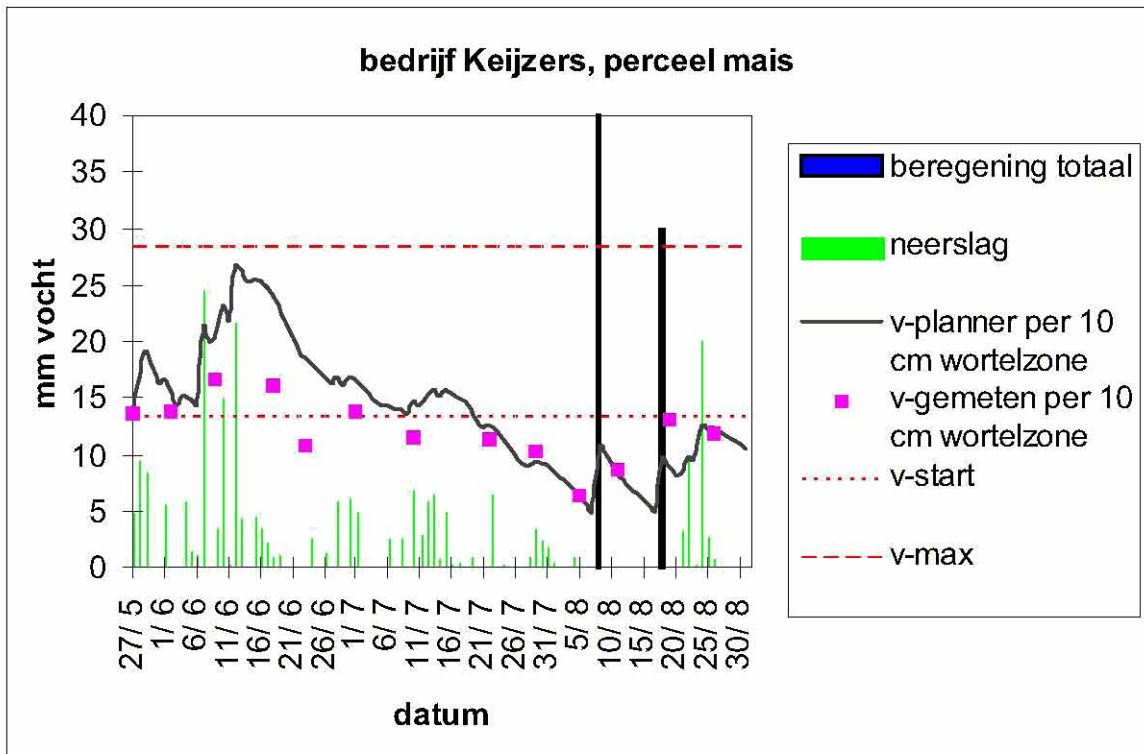
Figuur 26: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel W4, bedrijf Keijzers.



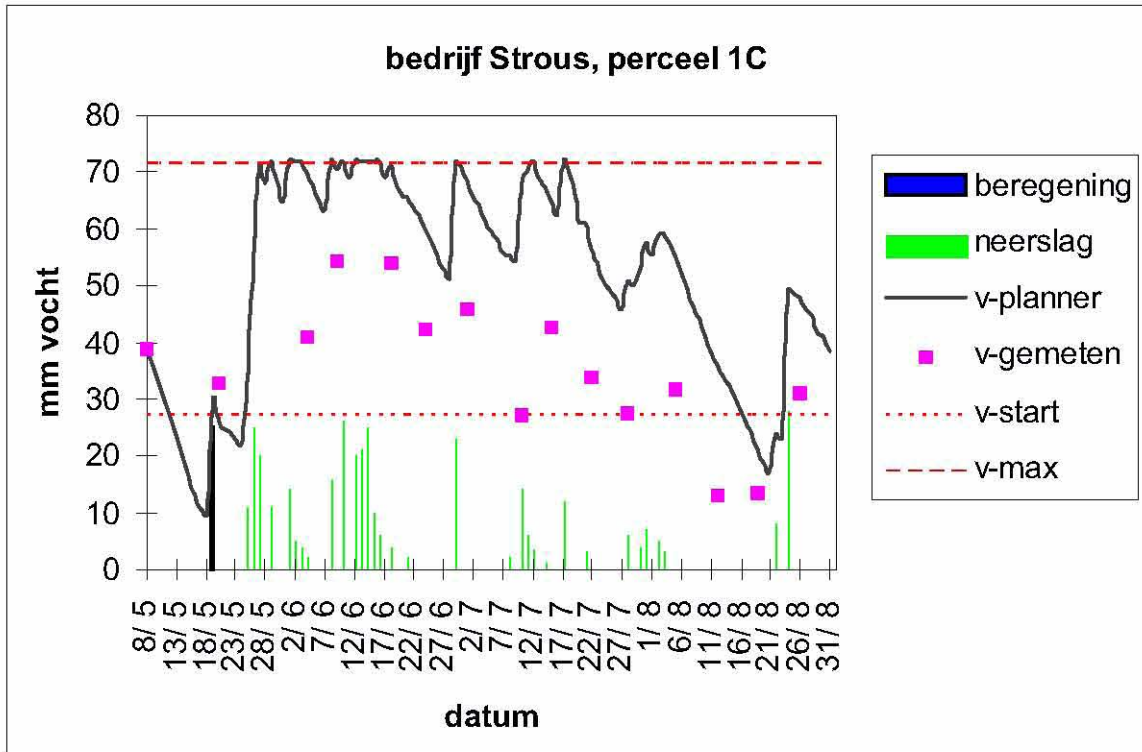
Figuur 27: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel W5, bedrijf Keijzers.



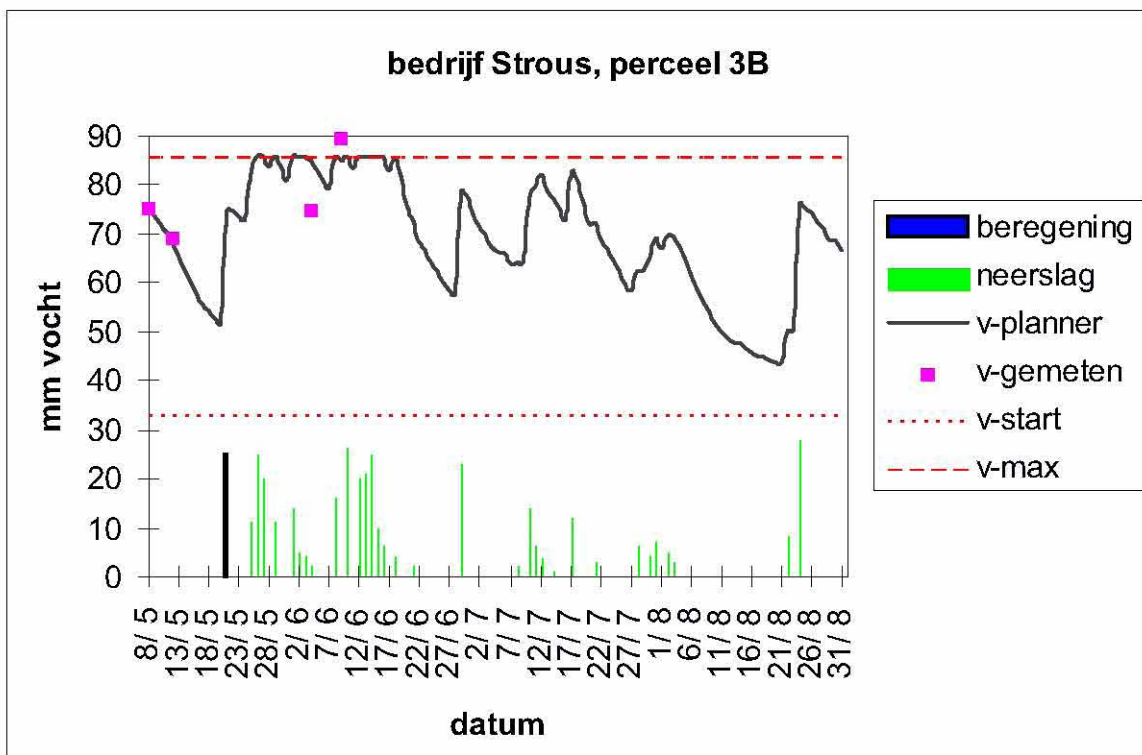
Figuur 28: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel W10, bedrijf Keijzers.



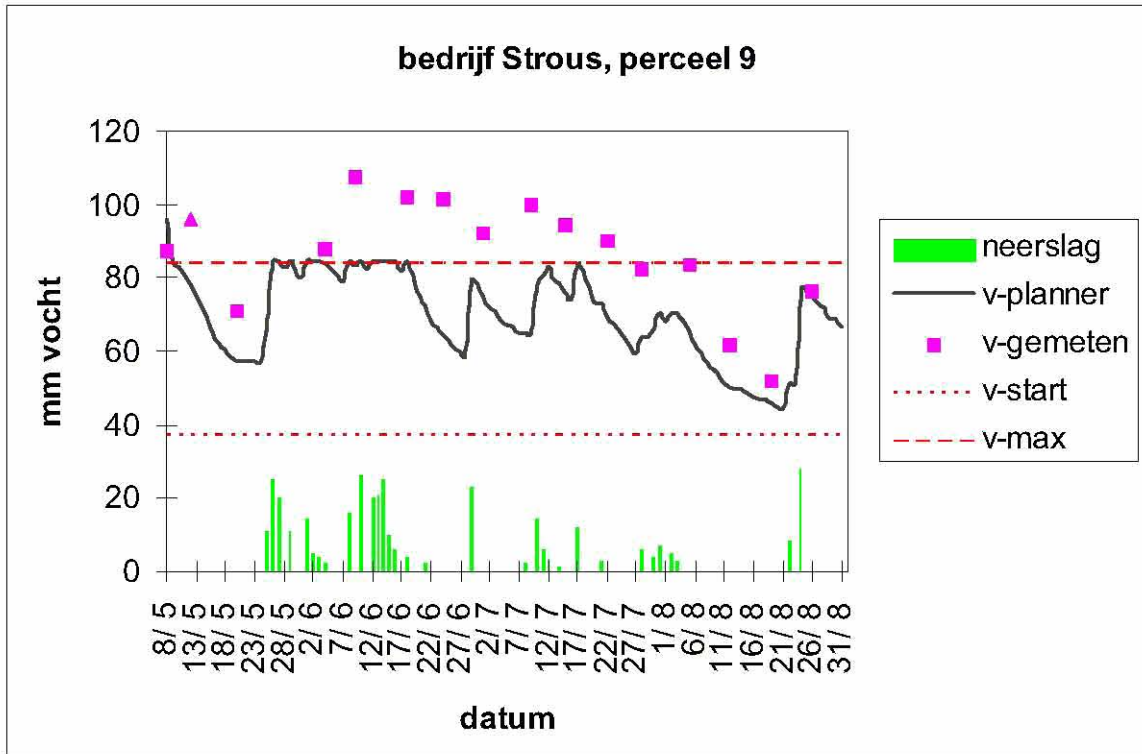
Figuur 29: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van maïspeerceel, bedrijf Keijzers.



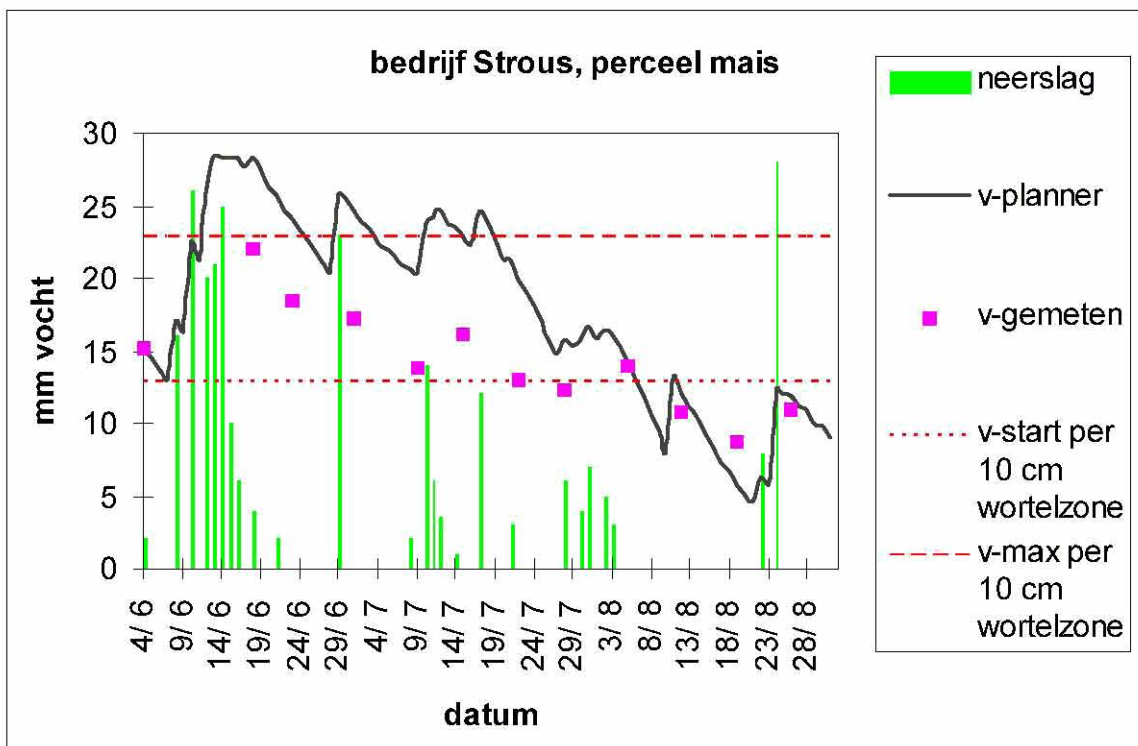
Figuur 30: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 1C, bedrijf Strous.



Figuur 31: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 3B, bedrijf Strous.



Figuur 32: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van graslandperceel 9, bedrijf Strous.



Figuur 33: Vochttoestand volgens de planner (v-planner) en volgens de grondmonsters (v-gemeten) van maïsperceel, bedrijf Strous.

Bijlage 3 Bodeminventarisatie gebruik Beregeningswijzer PR: tabellen

Bodeminventarisatie gebruik Beregeningswijzer

Bedrijf: Reijnen - Gemert

Proefpercelen:	1. 7	2. 3	3. 11 (mais)
Omschrijving peilbuizen:	1. Perceel 7	Beregeningseenheden (percelen): 1. Percelen 7 t/m 11	
	2. Perceel 4	2. Percelen 4 t/m 6 (nieuw)	
	3.	3. Perceel 3	
	4.	4. Percelen 1 en 2	
Bodeminventarisatie:			

Perceel	Bovengrond		Ondergrond	Wortelzone (cm)			Peilbuis (nr.)	Opmerkingen
	Dikte bovengrond (cm)	Textuur	Textuur	Gras		Mais (schatting)		
				Nieuw (<1 jr.)	Oud			
7 - 11	40 - 80	B2	O2		15-20 (gemeten)	60	1	
4 - 6	40	B2	O2/O3	35-40 (gemeten)			2	ondergrond neigt plaatselijk naar O3 of naar O5
3	40 - 60	B2	O2/O3		30-35 (gemeten)		2	
1-2	40 - 70	B2	O2 / O3		30 (geschat)		2	ondergrond neigt plaatselijk naar O3 of naar O5
Maïs 1	30 - 70	B2	O1			60	-	
Maïs 2	40	B2	O1 / O2			50	-	
Gras 2	35 - 50	B2	O1 / O2		30 (geschat)			

Bodeminventarisatie gebruik Beregeningswijzer.

Bedrijf: Frijters - Waalre

Proefpercelen:	1.	16	2.	10	3.	13 (mais)
Omschrijving peilbuizen:	1.	Perceel 10	Beregeningseenheden (percelen):		1.	Percelen 1 t/m 5 en 16
	2.	Perceel 16			2.	Percelen 6 t/m 12
	3.				3.	Perceel 13
	4.				4.	

Bodeminventarisatie:

Perceel	Bovengrond		Ondergrond	Wortelzone (cm)			Peilbuis (nr.)	Opmerkingen
	Dikte bovengrond (cm)	Textuur	Textuur	Gras		Maïs (schatting)		
				Nieuw (<1 jr.)	Oud			
1 - 5, 16	35	B2	35-170 O2 170-190 O3 > 190 O2		20-25 (gemeten)		2	
6 - 12	80	B2	O2		30-35 (gemeten)		1	
13	65	B2	O2			70		

Bodeminventarisatie gebruik Beregeningswijzer.

Bedrijf: Donkers - Haghorst

Proefpercelen: 1. 12 2. 6a 3. 13

Omschrijving peilbuizen: 1. Perceel 4 Beregeningseenheden (percelen): 1. Percelen 12
 2. Perceel 12 2. Percelen 7 t/m 11
 3. 3. Perceel 6
 4. 4. Percelen 1 t/m 4
 5. 5. Perceel 13 (maïs)
 6. 6. "veldkavel"

Bodeminventarisatie:

Perceel	Bovengrond		Ondergrond	Wortelzone (cm)			Peilbuis (nr.)	Opmerkingen
	Dikte bovengrond (cm)	Textuur	Textuur	Gras		Maïs (schatting)		
				Nieuw (<1 jr.)	Oud			
12	30 - 50	B2	40 - 90 O2 90 - 105 O3 > 105 O5	40 (geschat)	35 (gemeten)	70	2	Bovengrond neigt op sommige plaatsen naar B3
7 - 11	30 - 40	B2	40 - 60 O2 60 - 100 O1 100 - 120 O3 120 - 150 O2		30 (geschat)			
6a	50 - 60	B1	60 - 75 O2 75 - 100 O5 100 - 120 O2 120 - 140 O4		30 (gemeten)			
6 b,c	50 - 60	B2	O2					
1 - 4	30 - 50	B2	40 - 70 O1 70 - 100 O5 >100 O3					
13	30 - 50	B2	40 - 60 O2 60 - 100 O1 100 - 130 O3					
veldk.	40	B3	40 - 85 O4 85 - 100 O4/O14 >100 O5		25 (geschat)			

Bodeminventarisatie gebruik Beregeningswijzer.

Bedrijf: Krol - Heeschwijk Dinter

Proefpercelen:	1. 1	2. 4 (droge gedeelte)	3. 8 (maïs)
Omschrijving peilbuizen:	1. Perceel 1	Beregeningseenheden (percelen): 1. Percelen 1 t/m 3, 6 en 7	
	2. Perceel 4	2. Percelen 4 en 5	
	3.	3. Perceel 8	
	4.	4.	
Bodeminventarisatie:			

Perceel	Bovengrond		Ondergrond	Wortelzone (cm)			Peilbuis (nr.)	Opmerkingen
	Dikte bovengrond (cm)	Textuur	Textuur	Gras		Maïs (schatting)		
				Nieuw (<1 jr.)	Oud			
1-3	30 - 35	B2	30-80 O2 > 80 O5		30 (gemeten)		1	
4, 8	60	B2	60-90 O2 >90 O5	40 (gemeten)			2	
8	40	B2	40-50 O2 >50 O5			40-50		
5	35	B2	35-90 O2 > 90 O5					
6-7	30	B2	30-110 O2 >110 O5					

Bodeminventarisatie gebruik Beregeningswijzer.

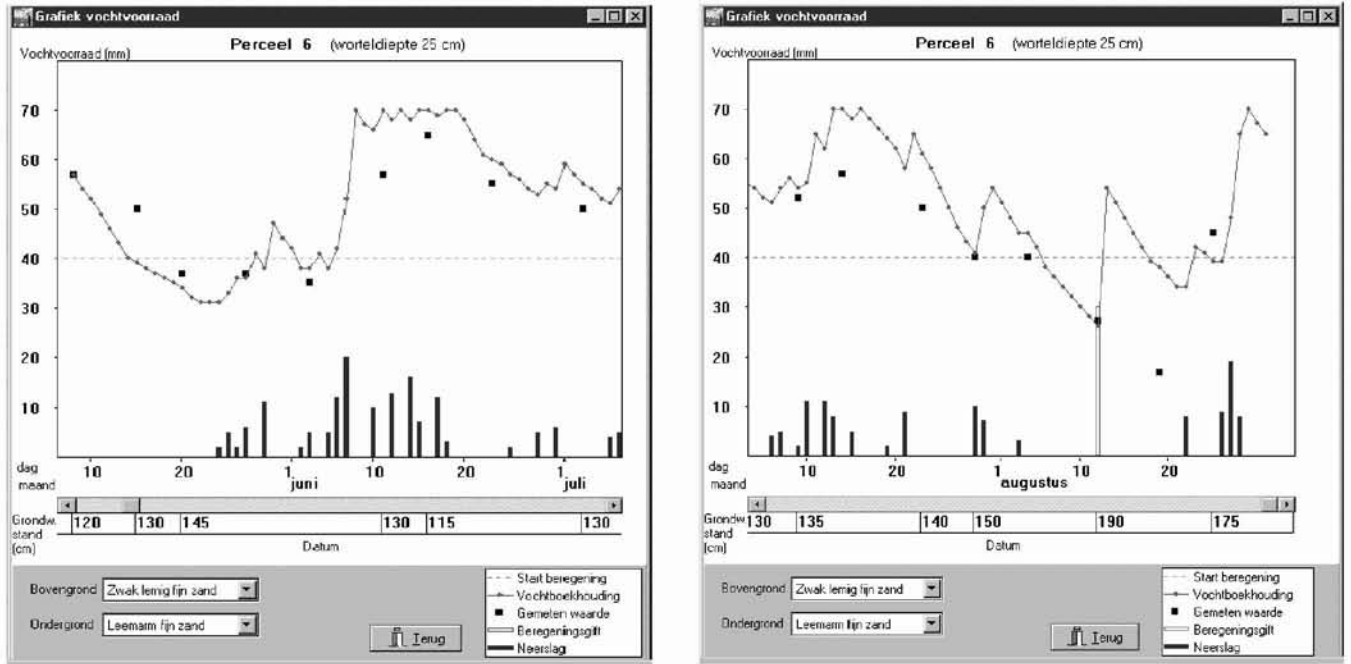
Bedrijf: van Grinsven - Vinkel

Proefpercelen:	1. 5	2. 17	3. 10 (maïs)
Omschrijving peilbuizen:	1. Perceel 5	Beregeningseenheden (percelen): 1. Percelen 1 t/m 6	
	2. Perceel 17	2. Percelen 7 t/m 18	
	3.	3. Maïs op afstand	
	4.	4.	
Bodeminventarisatie:			

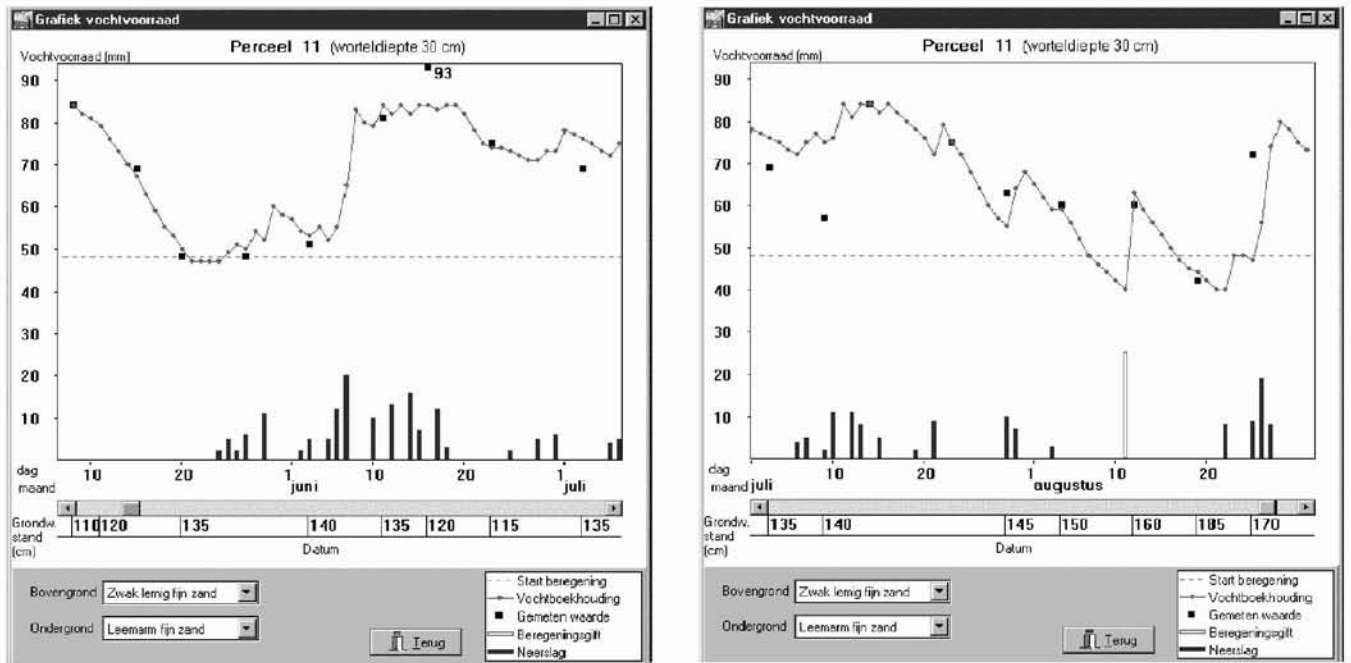
Perceel	Bovengrond		Ondergrond	Wortelzone (cm)			Peilbuis (nr.)	Opmerkingen
	Dikte bovengrond (cm)	Textuur	Textuur	Gras		Maïs (schatting)		
				Nieuw (<1 jr.)	Oud			
1 - 6	30 - 35	B2	O3 > 80 O5		20-25 (gemeten)		1	Bij grondwaterst. < 80 - 90 cm reageert de ondergrond als grofzand idem
7 - 18	30	B2-B3	30-80 O3 >80 O5	40 (gemeten)	30 (geschat)	40 - 60	2	

**Bijlage 4 Toetsing Beregeningswijzer PR:
vochttoestand van de praktijkpercelen, figuren.**

Praktijkbedrijf Donkers; percelen 6a en 11

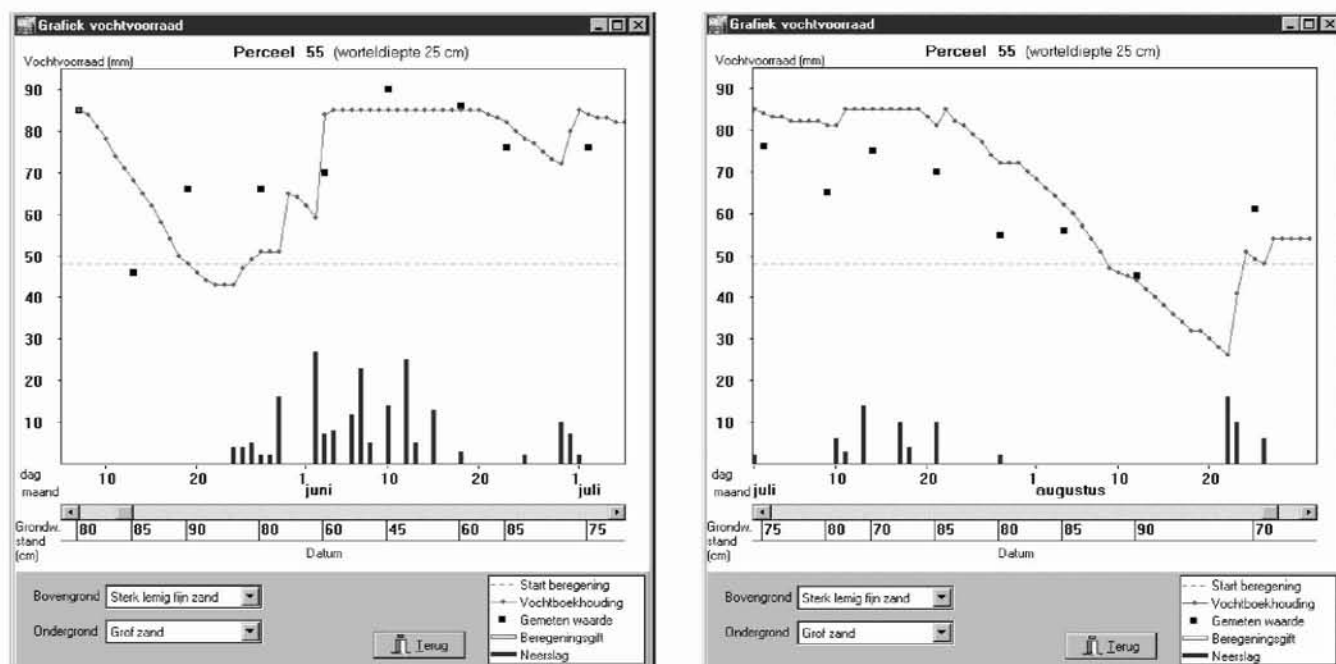


Figuur 34 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Donkers perceel 6 (gras)

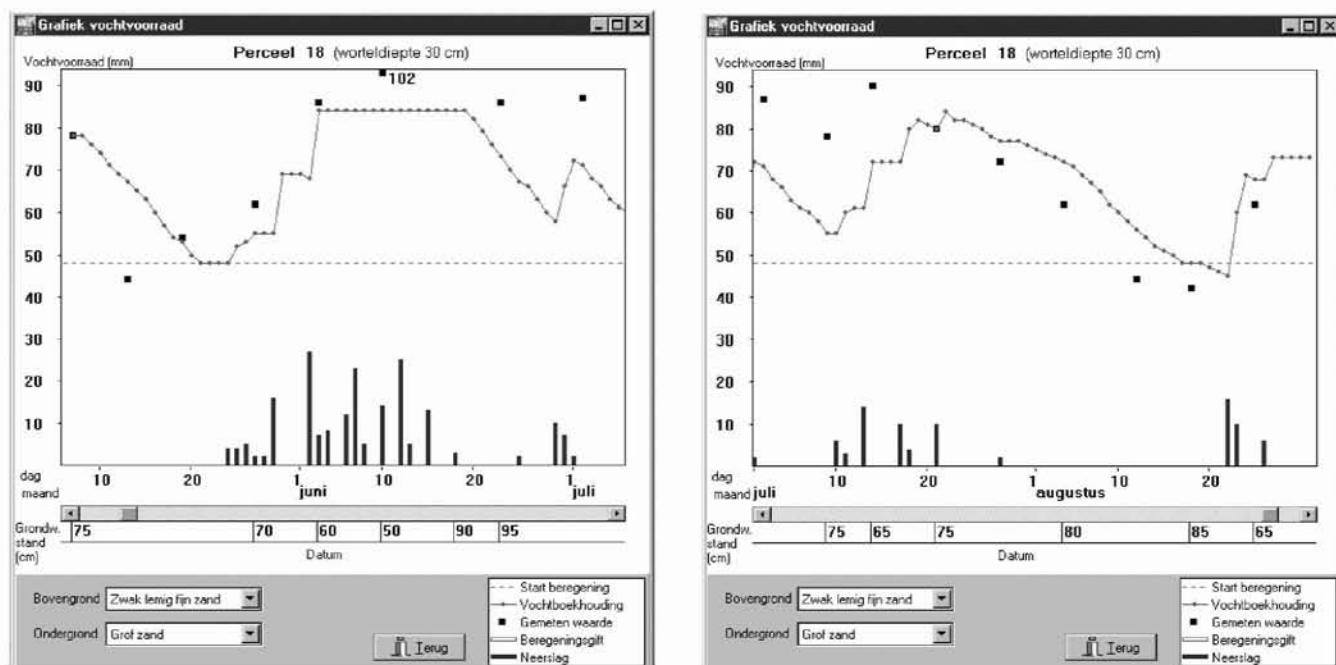


Figuur 35 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Donkers perceel 11 (gras)

Praktijkbedrijf v. Grinsven; percelen 5 en 18



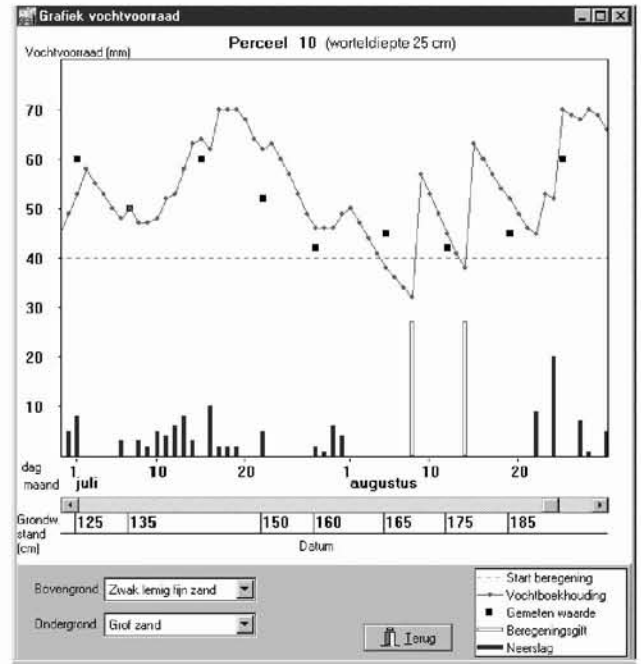
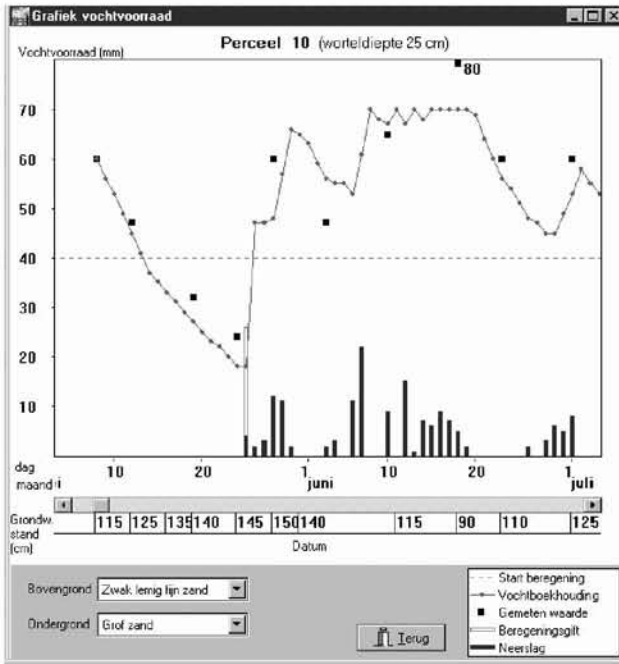
Figuur 36 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf v. Grinsven perceel 5 (gras) 1)



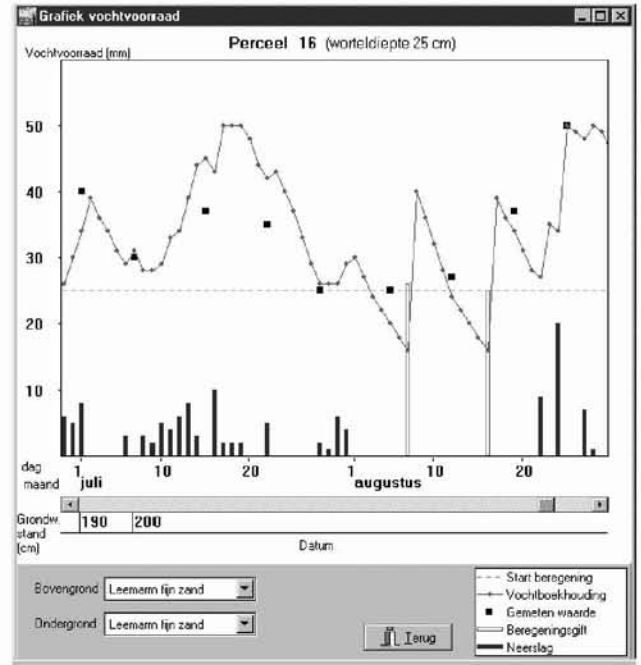
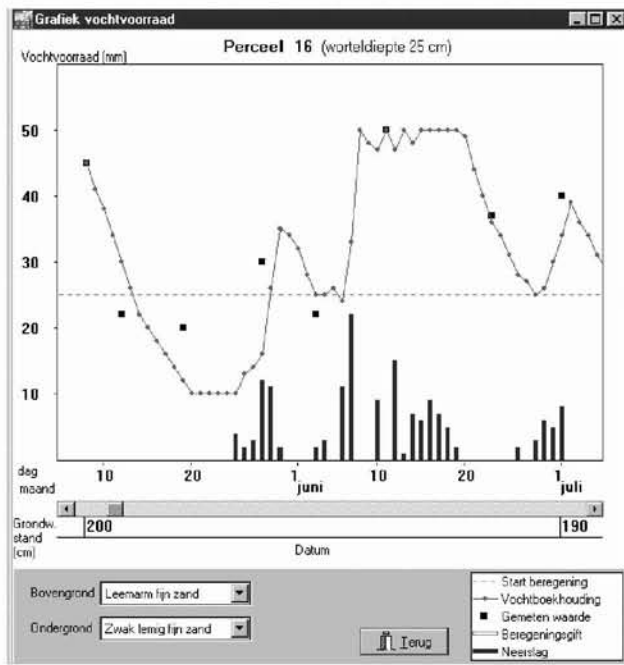
Figuur 37 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf v. Grinsven perceel 18 (gras)

- 1) bij perceel 5 is bij de derde en vierde bemonstering per ongeluk een belendend perceel bemonsterd, wat over het algemeen beduidend natter is.

Praktijkbedrijf Frijters; percelen 10 en 16

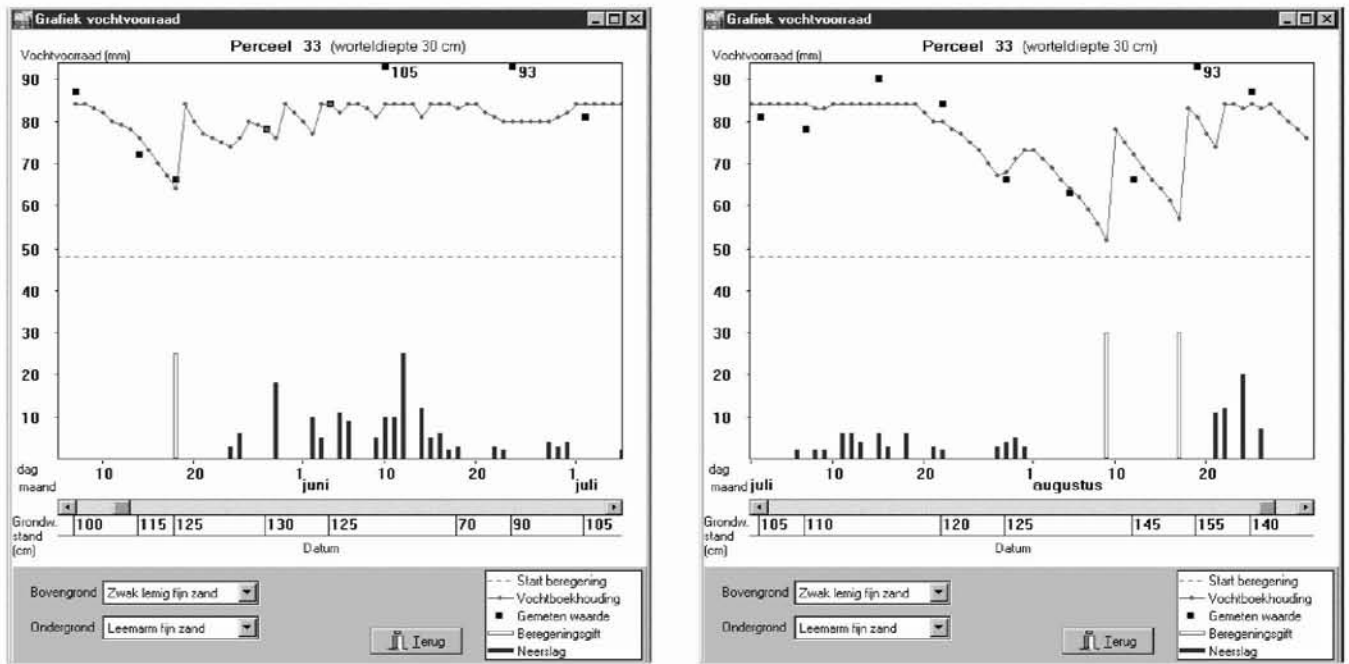


Figuur 38 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Frijters perceel 10 (gras)

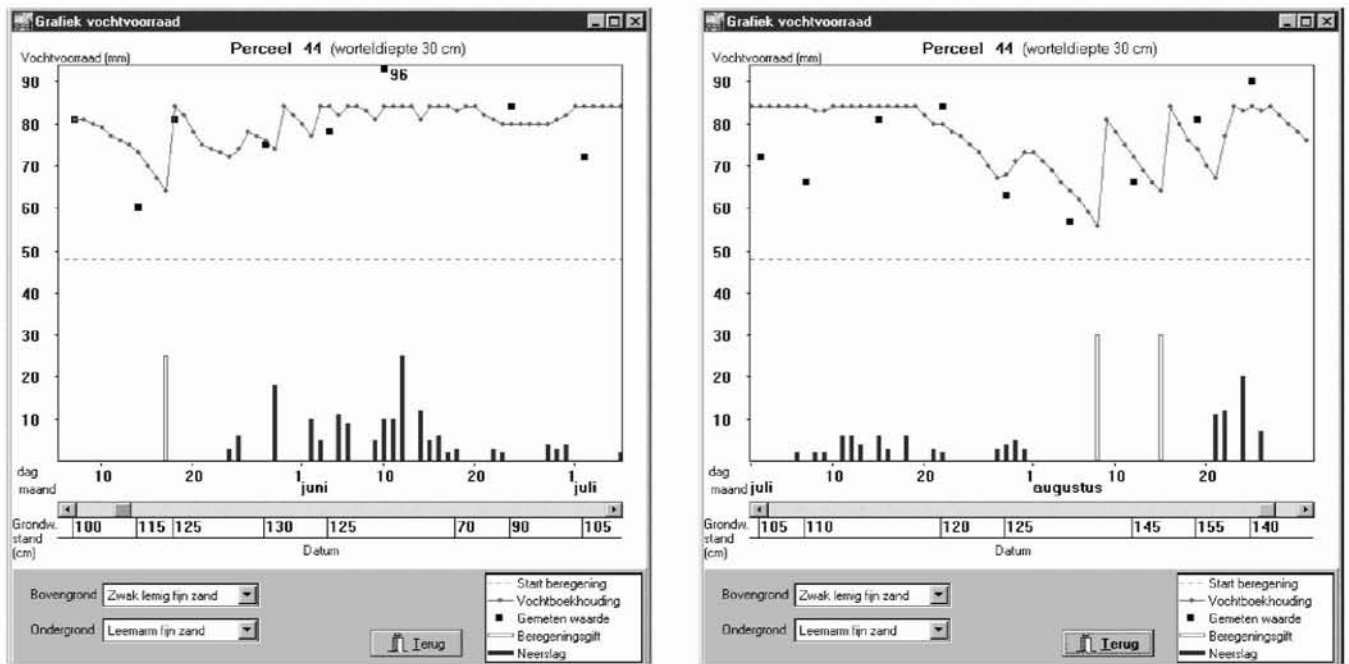


Figuur 39 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Frijters perceel 16 (gras)

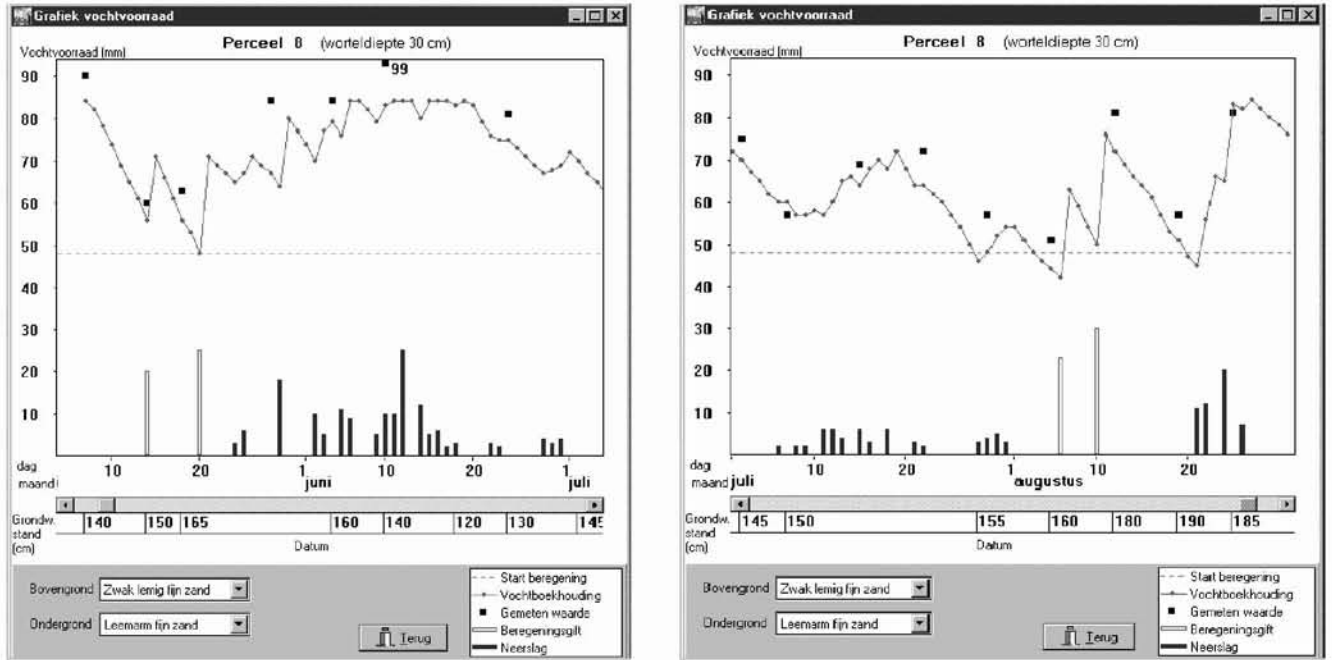
Praktijkbedrijf Reijnen; percelen 3, 4 en 8



Figuur 40 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Reijnen perceel 3 (gras)

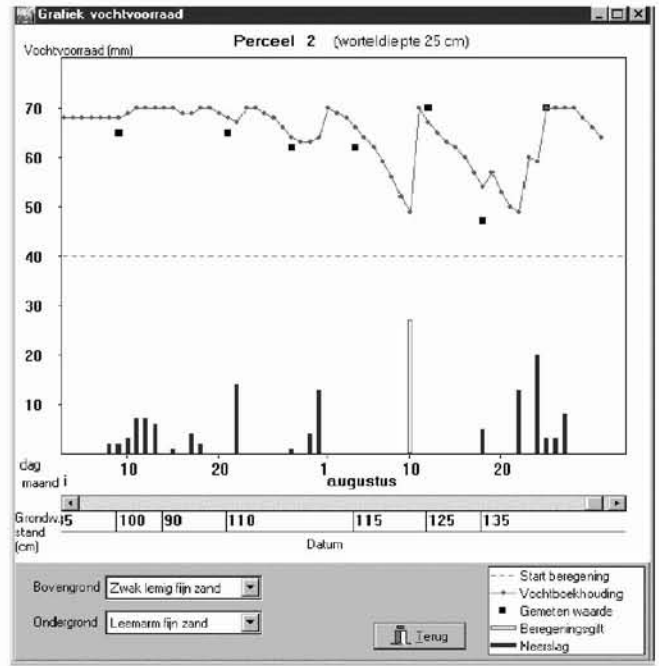
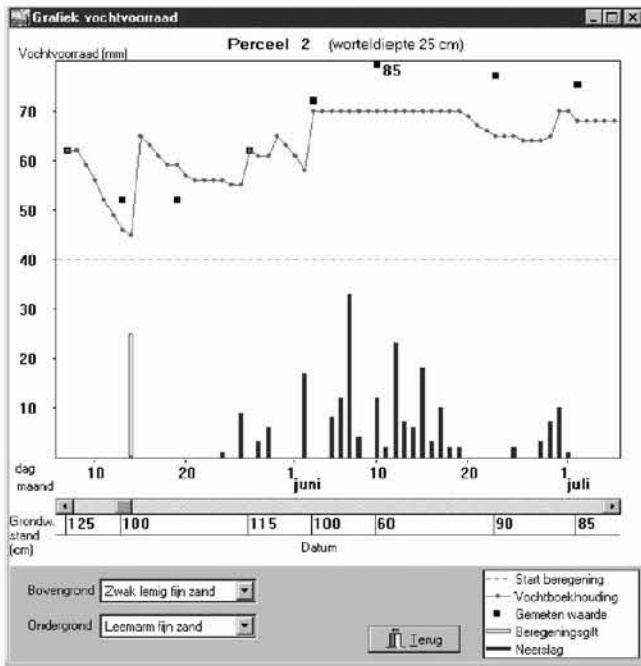


Figuur 41 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Reijnen perceel 4 (gras)

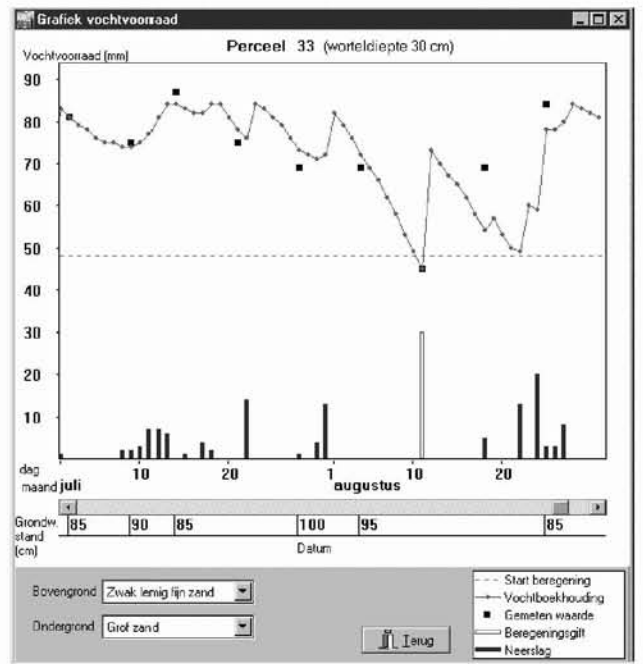
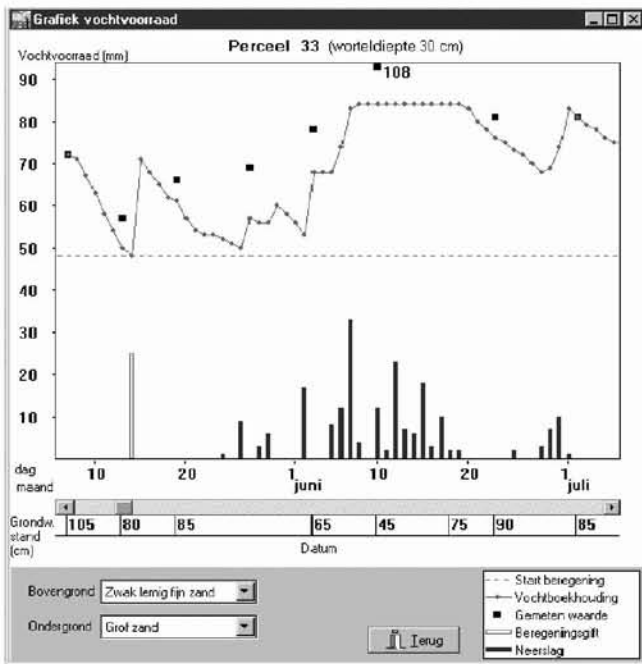


Figuur 42 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Reijnen perceel 8 (gras)

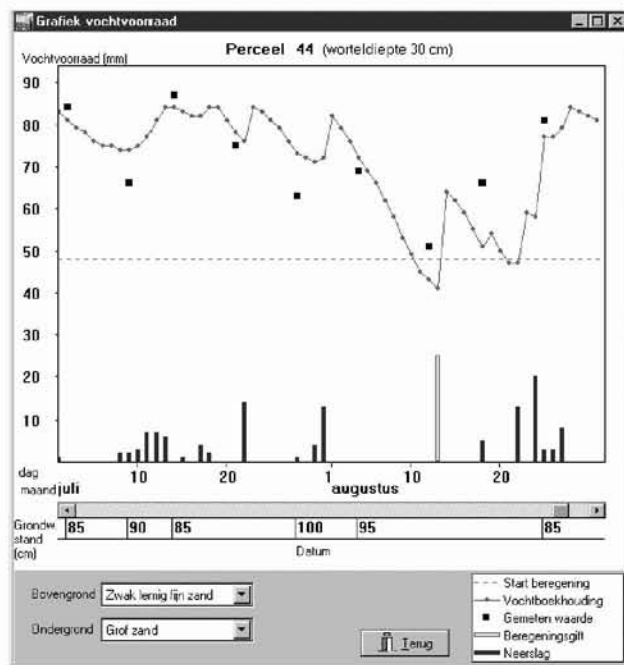
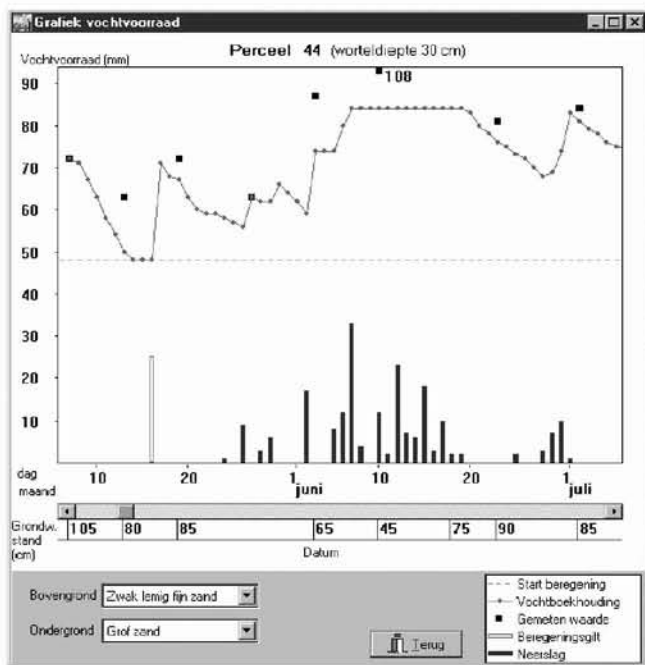
Praktijkbedrijf Krol; percelen 2, 3 en 4



Figuur 43 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Krol perceel 2 (gras)

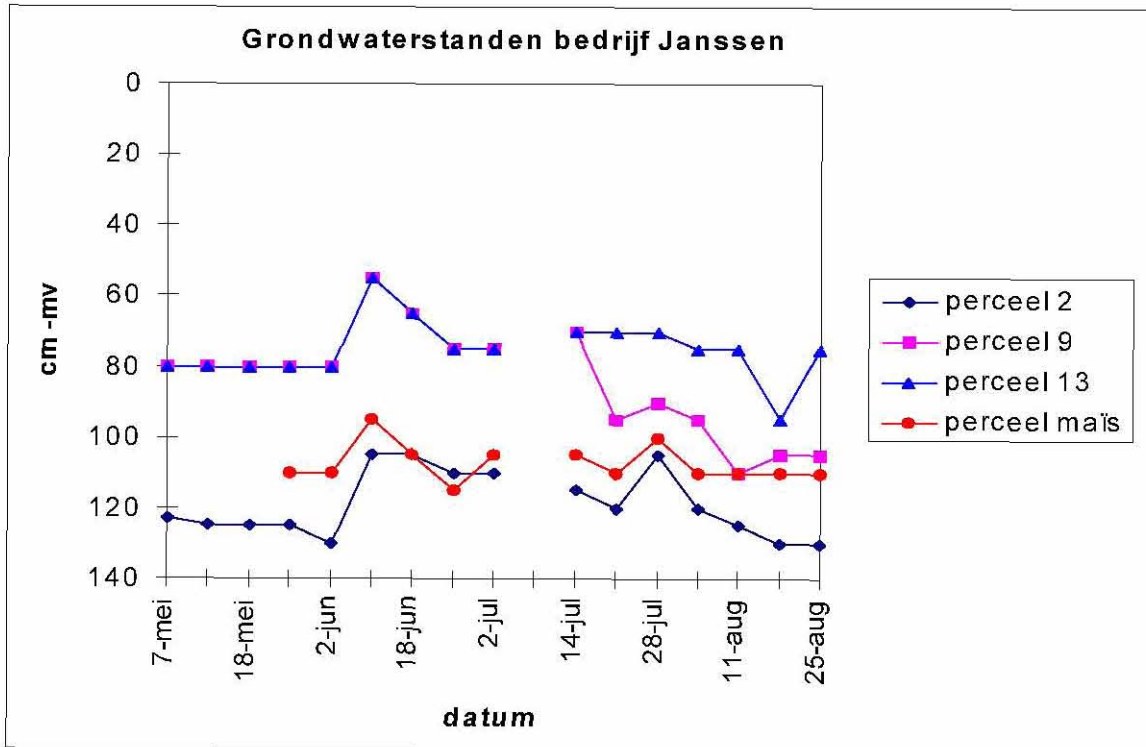


Figuur 44 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Krol perceel 3 (gras)

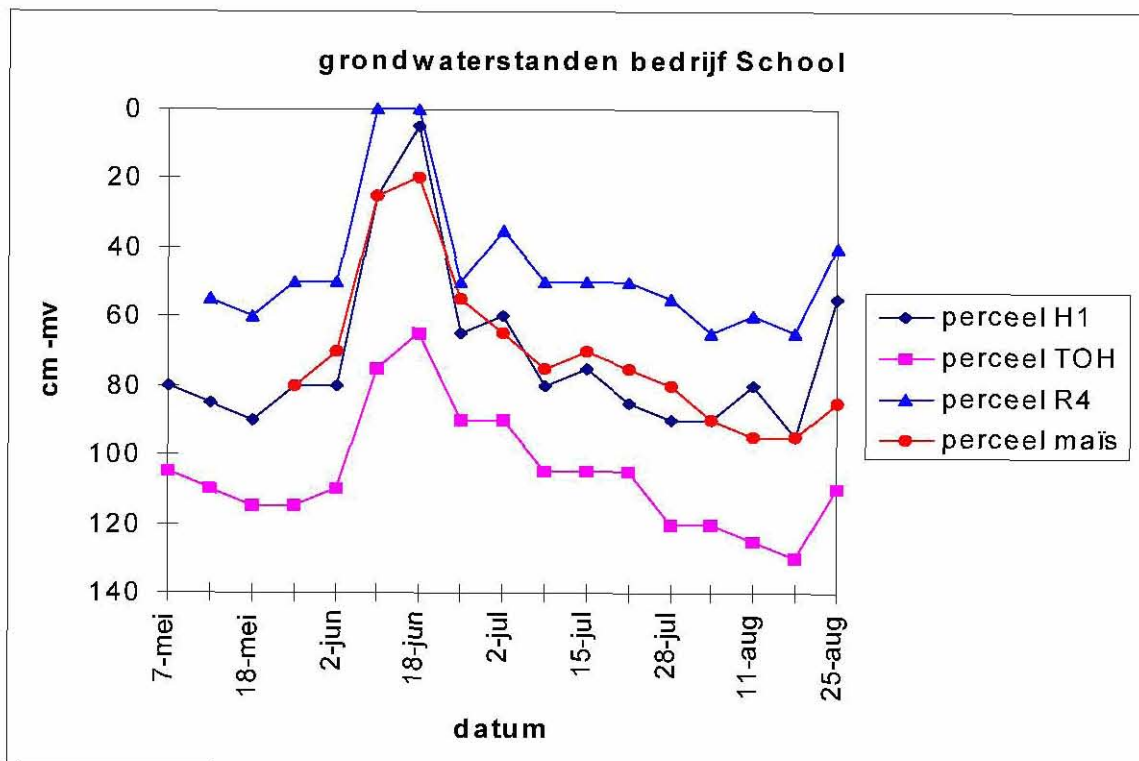


Figuur 45 Vochtinhoud volgens de Beregeningswijzer-PR (Vochtboekhouding) vergeleken met de gemeten vochtinhoud (Gemeten waarde). Bedrijf Krol perceel 4 (gras)

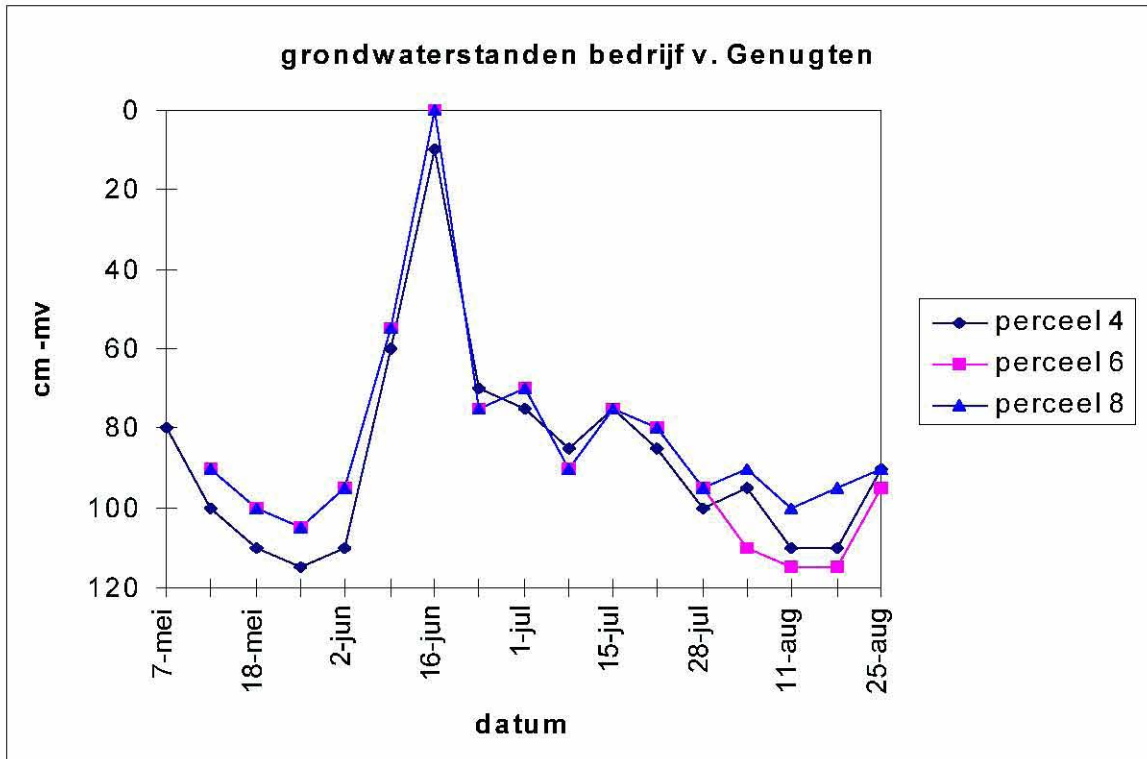
**Bijlage 5 Beregeningsplanner: grondwaterstanden van de praktijkpercelen,
figuren**



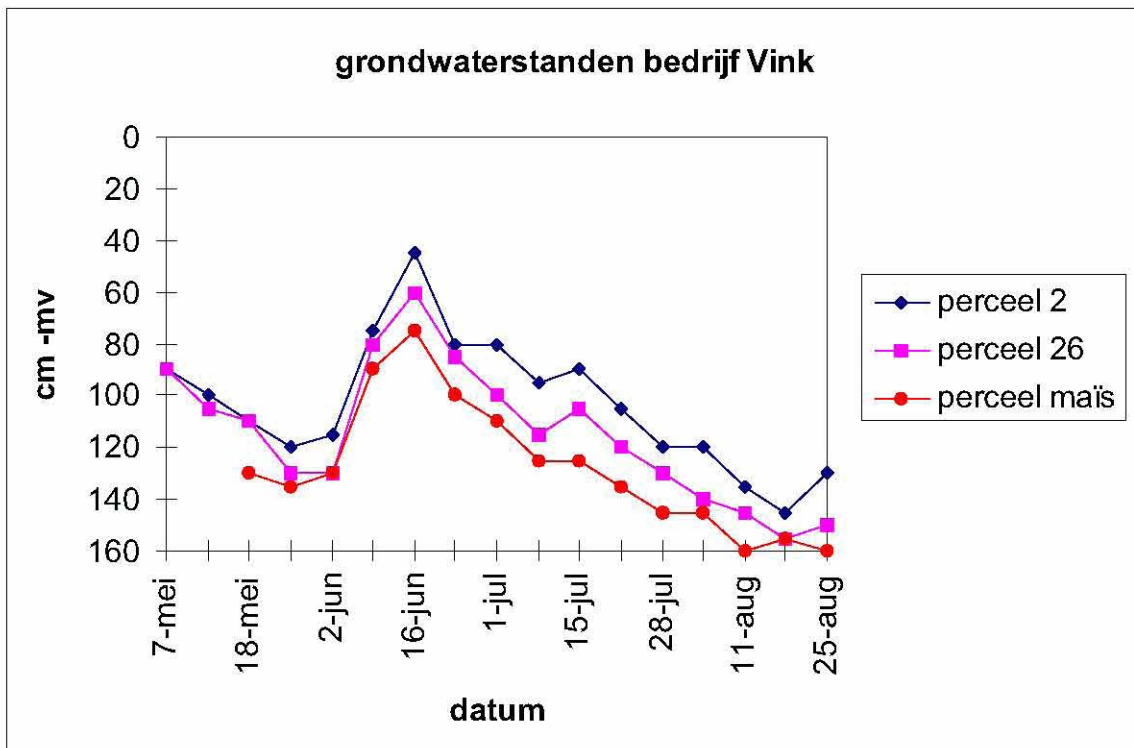
Figuur 46 Grondwaterstanden in cm beneden het maaiveld voor de proefpercelen van bedrijf Janssen



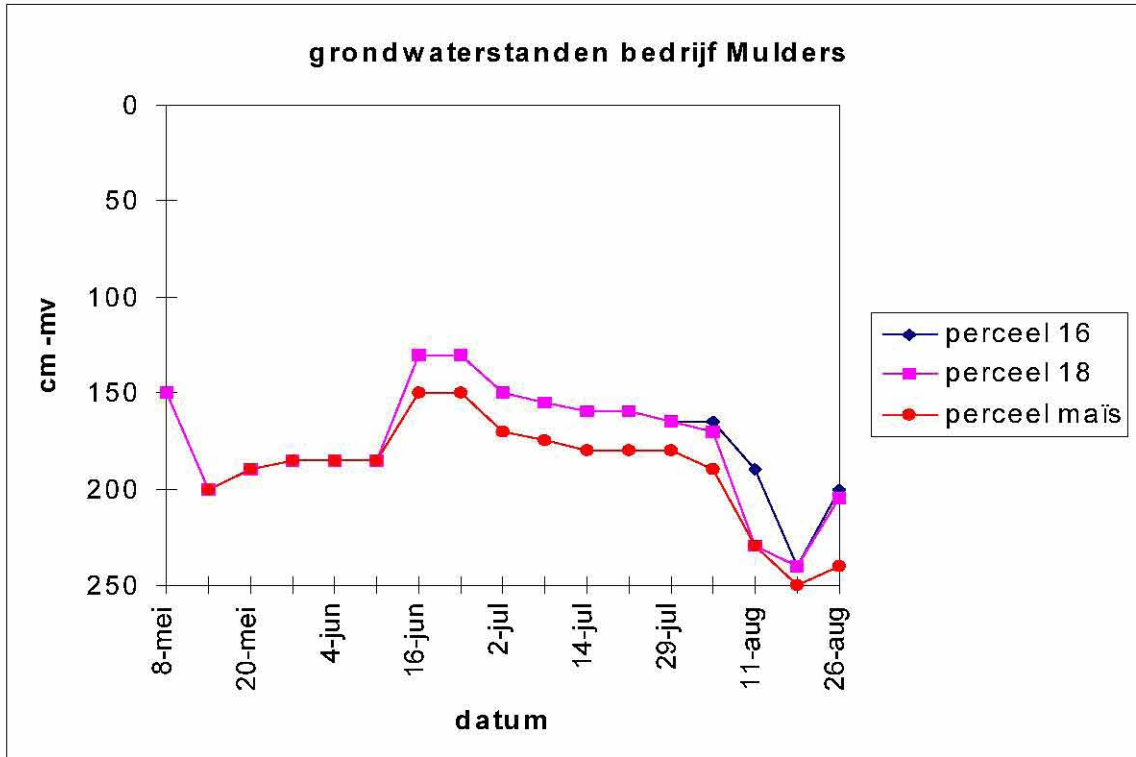
Figuur 47 Grondwaterstanden in cm beneden het maaiveld voor de proefpercelen van bedrijf School



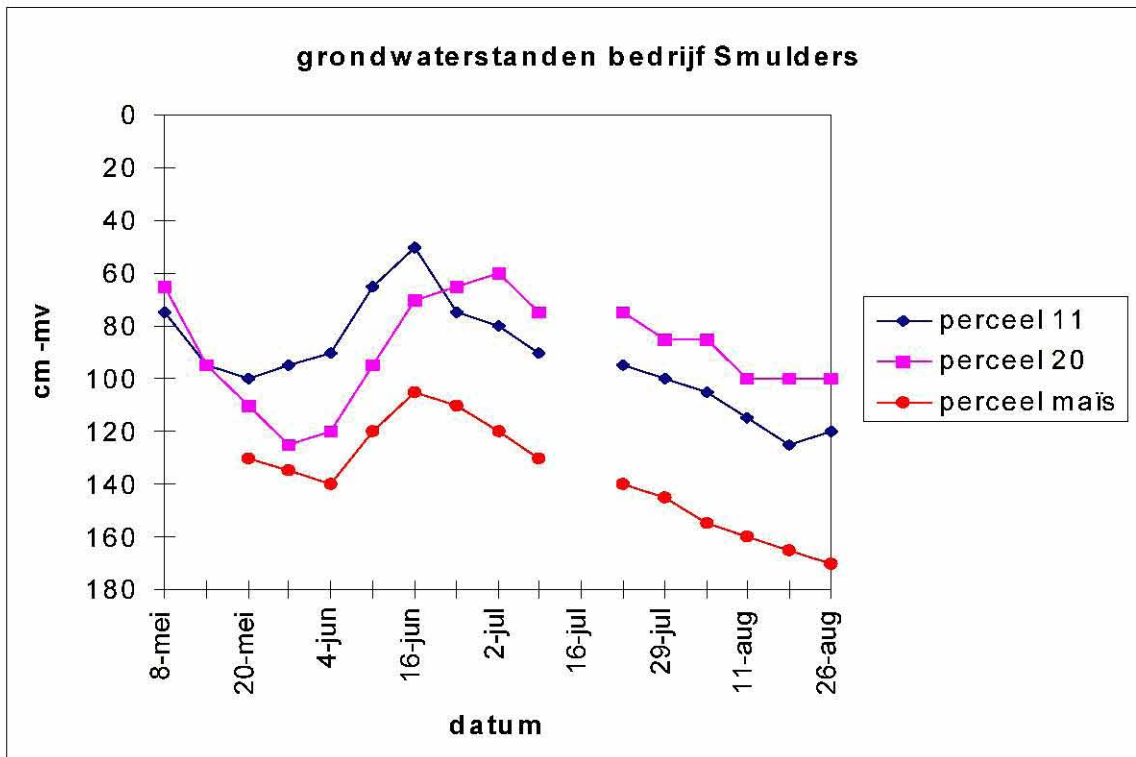
Figuur 48 Grondwaterstanden in cm beneden het maaiveld voor de proefpercelen van bedrijf Van Genugten.



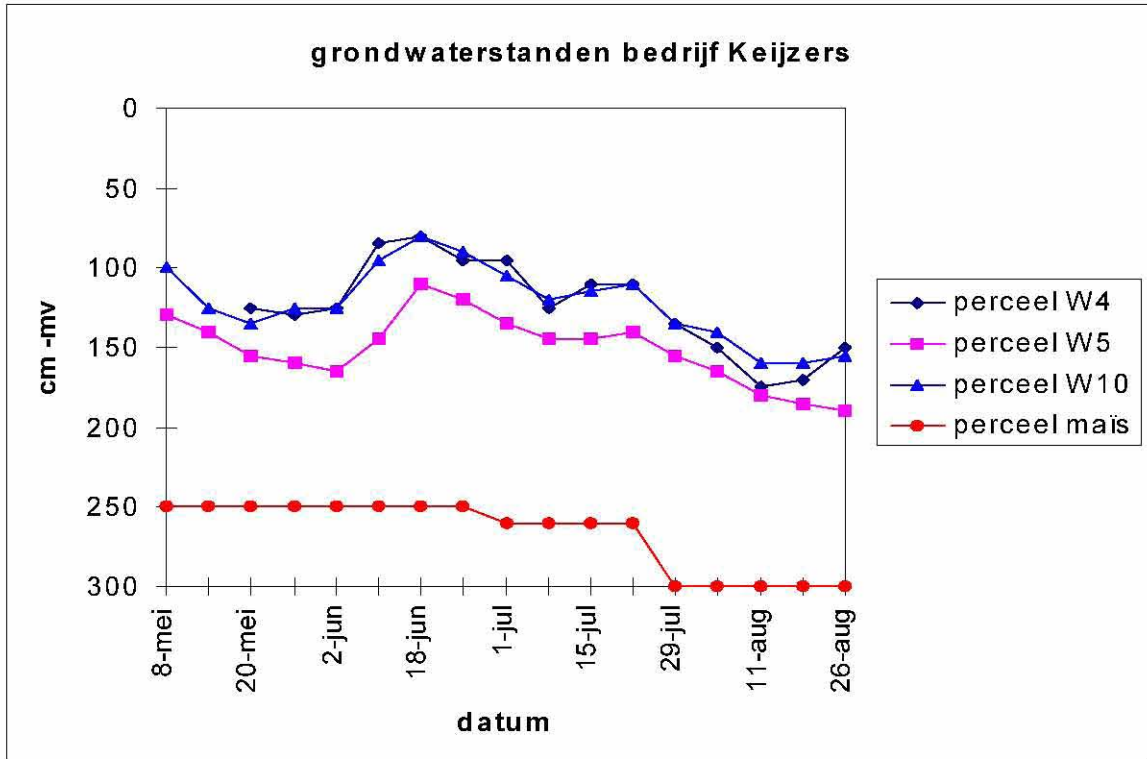
Figuur 49 Grondwaterstanden in cm beneden het maaiveld voor de proefpercelen van bedrijf Vink



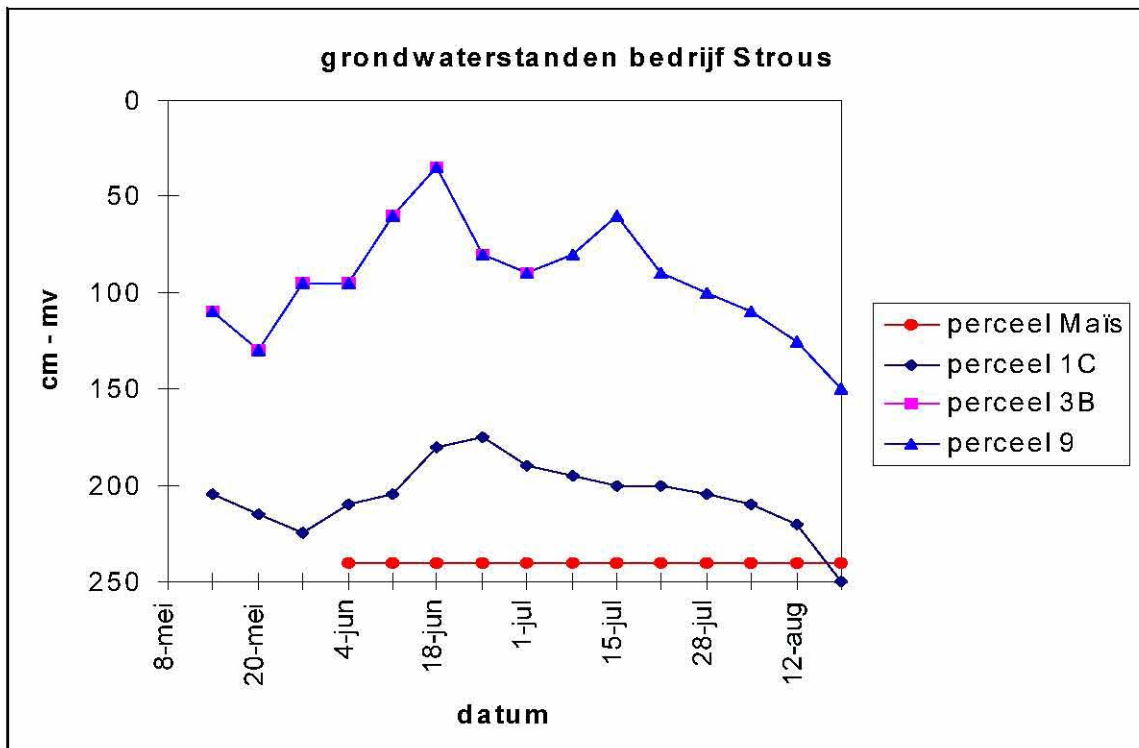
Figuur 50 Grondwaterstanden in cm beneden het maaiveld voor de proefpercelen van bedrijf Mulders



Figuur 51 Grondwaterstanden in cm beneden het maaiveld voor de proefpercelen van bedrijf Smulders



Figuur 52 Grondwaterstanden in cm beneden het maaiveld voor de proefpercelen van bedrijf Keijzers



Figuur 53 Grondwaterstanden in cm beneden het maaiveld voor de proefpercelen van bedrijf Strous.

Bijlage 6 Wateronttrekking onderzoeksbedrijven 1998

Bedrijf	Capaciteit (gemelen)	Oppervlakte bedrijf (ha)				Beregenbare opp. (ha)		Beregende opp. (ha)		Verbruik (m ³)			Gemiddeld verbruik (mm/ha)		Beregende opp.
		Totaal	Gras	Maïs	Overige	Gras	Maïs	Gras	Maïs	Totaal	Gras	Maïs	Gras	Maïs	
Referentiebedrijven PR-Beregeningswijzer															
Frijters	38	37	24	14	0	20	6	20	4	16910	14910	2000	75	36	75
Donkers	67	30	22	8	0	22	8	17	8	6700	4000	2700	18	34	24
Reijnen	51	36	18	18	0	18	11	18	6	11935	8435	3500	47	32	47
Krol	65	49	20	19	10	20	15	15	13	3780	0	1260	0	8	0
v. Grinsven	35	47	24	23	0	22	15	0	0	0	0	0	0	0	0
Referentiebedrijven Opticrop-Beregeningsplanner															
Mulders	35	29	20	10	0	20	6	20	6	15778	12303	3475	62	57	62
Jansen	20	28	16	12	0	16	5	10	0	1600	1600	0	10	0	16
School	34	37	27	10	3	27	0	12	0	11900	11900	0	44	0	99
v. Genugten	29	38	20	18	0	21	0	20	0	5370	5370	0	26	0	27
Smulders	31	40	21	19	0	21	19	21	0	12460	9000	3460	43	18	43
Keijzers	35	40	22	19	0	22	19	17	16	14998	6905	8093	32	43	41

¹⁾ Het bedrijf Strous is halverwege het groeiseizoen gestopt. Zodoende is van dit bedrijf het watergebruik niet weergegeven.

Bijlage 7 List of tables and figures

Table 1: Pedological characteristics of the trial plots in the trial's starting situation.

Table 2: Overview of the stocking rate and botanical composition (%) of the trial fields, per farm, as mapped in the autumn. A + indicates a very low percentage of occurrence.

Table 3: Overview of precipitation and evaporation in the summer, as measured at the Eindhoven meteorological station. Source: KNMI, 1998.

Table 4: Discrepancy between moisture content calculated by planner and the moisture content determined per 10 cm root depth in mm, scored assuming the maximum permissible deviation is 3 mm.

Table 5: Yields of maize plots.

Table 6: Basic data on the trial plots used when testing the irrigation guide.

Table 7: Overview of the stocking rate and botanical composition (%) of the trial plots, per farm, as mapped in the autumn. A + indicates a very low percentage of occurrence.

Table 8: Assessing the sprinkle irrigation guide's moisture regime against the moisture content of soil samples. Results given per 10 mm of root zone.

Figure 1: Moisture content of plot 6 (grass), Donkers farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 2: Moisture content of grassland plot 4, Van Genugten farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 3: Moisture content of grassland plot 8, Van Genugten farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 4: Moisture content of maize plot, for calculated root depth according to the planner (*v-planner*) and per 10 cm root zone as measured from soil samples (*v-gemeten*).

Figure 5: Moisture content of maize plot, for calculated root depth according to the planner (*v-planner*) and per 10 cm root zone as measured from soil samples (*v-gemeten*).

Figure 6: Moisture content of grassland plot 2, Janssen farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 7: Moisture content of grassland plot 9, Janssen farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 8: Moisture content of grassland plot 13, Janssen farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 9: Moisture content of maize plot on Janssen farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 10: Moisture content of grassland plot H1, School farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 11: Moisture content of grassland plot TOH, School farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 12: Moisture content of grassland plot R4, School farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 13: Moisture content of maize plot, School farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 14: Moisture content of grassland plot 4, Van Genugten farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 15: Moisture content of grassland plot 6, Van Genugten farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 16: Moisture content of grassland plot 8, Van Genugten farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 17: Moisture content of grassland plot 2, Vink farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 18: Moisture content of plot 26, Vink farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 19: Moisture content of maize plot, Vink farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 20: Moisture content of grassland plot 16, Mulders farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 21: Moisture content of grassland plot 18, Mulders farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 22: Moisture content of maize plot, Mulders farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 23: Moisture content of grassland plot 11, Smulders farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 24: Moisture content of grassland plot 20, Smulders farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 25: Moisture content of maize plot, Smulders farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 26: Moisture content of grassland plot W4, Keijzers farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 27: Moisture content of grassland plot W5, Keijzers farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 28: Moisture content of grassland plot W10, Keijzers farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 29: Moisture content of maize plot, Keijzers farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 30: Moisture content of grassland plot 1C, Strous farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 31: Moisture content of grassland plot 3B, Strous farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 32: Moisture content of grassland plot 9, Strous farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 33: Moisture content of maize plot, Strous farm, according to the planner (*v-planner*) and soil samples (*v-gemeten*).

Figure 34: Moisture content of plot 6 (grass), Donkers farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 35: Moisture content of plot 11 (grass), Donkers farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 36: Moisture content of plot 5 (grass), van Grinsven farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 37: Moisture content of plot 18 (grass), van Grinsven farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 38: Moisture content of plot 10 (grass), Frijters farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 39: Moisture content of plot 16 (grass), Frijters farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 40: Moisture content of plot 3 (grass), Reijnen farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 41: Moisture content of plot 4 (grass), Reijnen farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 42: Moisture content of plot 8 (grass), Reijnen farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 43: Moisture content of plot 2 (grass), Krol farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 44: Moisture content of plot 3 (grass), Krol farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 45: Moisture content of plot 4 (grass), Krol farm, according to the PR Sprinkle Irrigation Guide (*Vochtboekhouding*) compared with the measured moisture content (*Gemeten waarde*).

Figure 46: Depth to water table (in cm) in trial plots on Janssen farm.

Figure 47: Depth to water table (in cm) in trial plots on School farm.

Figure 48: Depth to water table (in cm) in trial plots on van Genugten farm.

Figure 49: Depth to water table (in cm) in trial plots on Vink farm.

Figure 50: Depth to water table (in cm) in trial plots on Mulders farm.

Figure 51: Depth to water table (in cm) in trial plots on Smulders farm.

Figure 52: Depth to water table (in cm) in trial plots on Keijzers farm.

Figure 53: Depth to water table (in cm) in trial plots on Strous farm.