631.4
G
67

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS

Automatisering watergeven bij teelten op substraat met behulp van een watergeefrekenmodel

R. de Graaf
L. Spaans

augustus 1989

Intern verslag nr. 33

2217413

Samenvatting

Door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas (PTG) is een watergeefrekenmodel ontwikkeld. Met dit model kan de watergift van onder glas geteelde gewassen worden geautomatiseerd.
Essentieel bij een watergeefrekenmodel is het meten van de hoeveelheid drainwater. Afwijkingen van de gemeten hoeveelheid drainwater worden via het watergeefrekenmodel bij een volgende druppelbeurt gecorrigeerd. Correctie vindt praktisch plaats door de pauzetijd tussen twee druppelbeurten, bij een gelijkblijvende gift, te verkleinen of te vergroten.
Een "simpel" transpiratiemodel vormt een onderdeel van het watergeefrekenmodel.
Het watergeefrekenmodel gaat van het volgende uit:
Gift= transpiratiedeel + drainagedeel + correctie.
Drainagedeel plus correctie vormen samen de startwaarde.
Meting van de hoeveelheid drainwater vindt plaats na iedere druppelbeurt.
De startwaarde mag een bepaalde maximum waarde niet overschrijden.
Uit het verloop van het gemiddelde en momentane drainpercentage bleek dat het watergeefrekenmodel tot praktisch goed bruikbare resultaten leidt. Opvallend in het verloop van het drainpercentage is, dat de meting van acht uur 's morgens een laag drainpercentage aangeeft. Dit beeld is kenmerkend voor de meeste dagen en hangt samen met een relatief grote opname van water voor groei van het gewas gedurende de late nacht en vroege morgen.
Een watergeefrekenmodel (PTG) waarbij zowel het transpiratiedeel als het drainagedeel worden berekend geeft minder variaties van het momentane drainpercentage dan een model (Brinkman) waarbij alleen het transpiratiedeel wordt berekend.
Meting van de hoeveelheid drainwater is voor het goed functioneren van een watergeefrekenmodel een essentieel onderdeel en hiermee voor de automatisering van de watergift.

Inhoudsopgave pag

Samenvatting

Inhoud

1. Inleiding 1

2. Watergeefrekenmodel 2

3. Toepassing van watergeefrekenmodel 4

4. Enkele resultaten met watergeefrekenmodel 7

5. Conclusies 9

Bijlage 1. Dagoverzicht computeruitdraai 21 april 1989 (paprika) 10

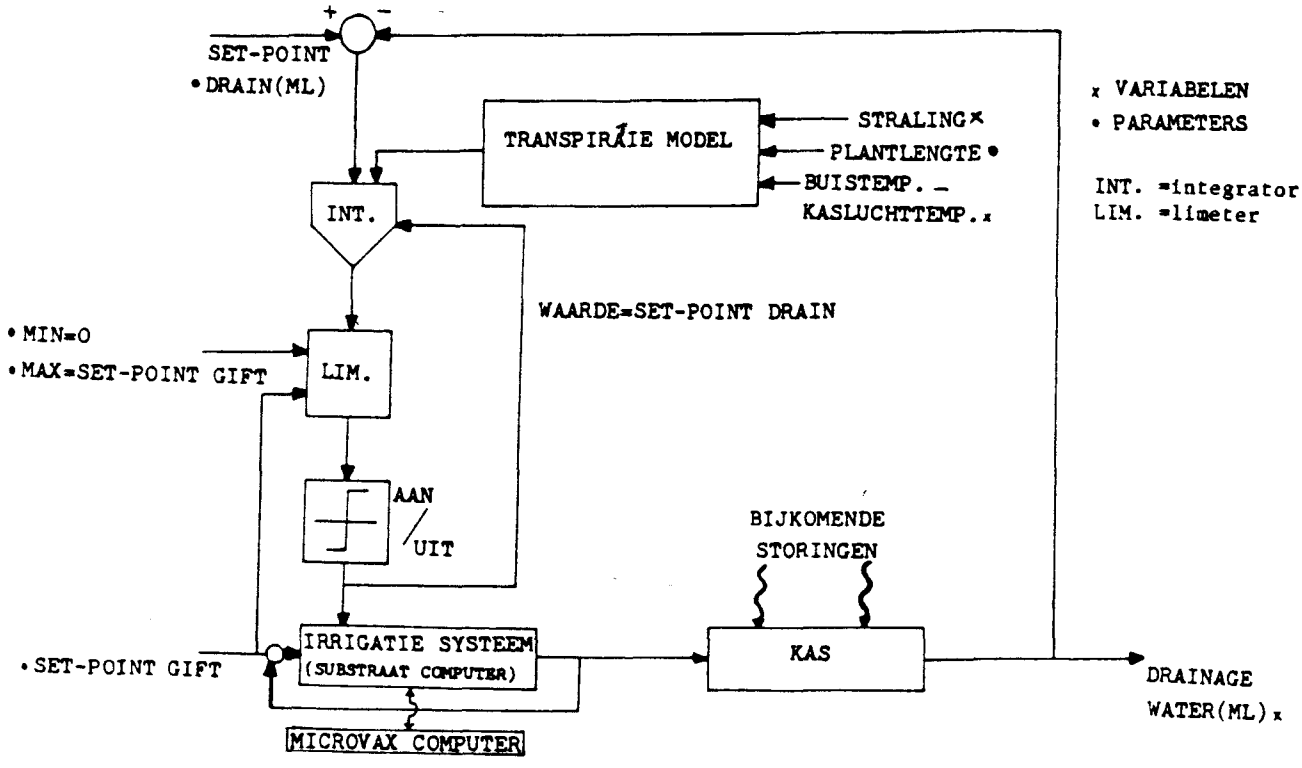
Bijlage 2. Listing Programma Watergeefrekenmodel 11

1. Inleiding

Automatisering van de watergift bij onder glas geteelde gewassen heeft reeds van uit het verleden, parallel aan ontwikkelingen van nieuwe watergeefsystemen, veel belangstelling gehad. Zowel van uit de praktijk als het onderzoek is aan automatisering van watergeven en het nauwkeurig afstemmen van de gift op de behoefte van een gewas in de loop der tijd de nodige aandacht besteed. De praktische bruikbaarheid van de voor teelten in de grond ontwikkelde systemen (tensiometers, verdampingsmeters, vochtvoelers e.d.) was vaak, na aanvankelijk positieve resultaten, te gering en werden in de loop der tijd nog maar weinig gebruikt. Tegelijkertijd met de toename van substraatteelten, de verdere ontwikkeling en verbetering van druppelsystemen werden de behoefte en mogelijkheden om de watergift te automatiseren in de praktijk ook groter. Daarbij komt bovendien de steeds verdergaande toepassing van electronica en computers in de glastuinbouw en hierdoor de automatisering op vele gebieden een grote vlucht nam.
Bij de in het verleden ontwikkelde watergeefregelsystemen was een mankement dat de meting vaak onbetrouwbaar bleek te zijn, niet goed representatief was voor een gehele kas en er op het al of niet juist functioneren van de regeling geen controle achteraf mogelijk was. Het ontbrak met name aan een meting van de hoeveelheid drainwater (drainpercentage). De hoeveelheid drainwater is een goed bruikbare norm om de watergeefregeling te controleren en eventuele correcties op de watergift uit te voeren. Momenteel wordt in de praktijk vooral gebruik gemaakt van niveaumeters (startbakken) om de watergift te regelen en te automatiseren. Ook bij deze systemen bestaan enkele praktische en technische onvolkomenheden. Naast apparatuur voor meting van de verdamping of de wateropname is het mogelijk om de transpiratie via een model te berekenen.
Zo'n model is ontwikkeld door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas (PTG). In combinatie met een meting van de hoeveelheid drainwater inclusief de mogelijkheid om te corrigeren is een watergeefrekenmodel tot stand gekomen. Een vergelijkbaar watergeefrekenmodel is door de firma Brinkman te 's-Gravenzande voor gebruik in de praktijk ontwikkeld.

2. Watergeefrekenmodel

Een watergeefrekenmodel is een model ontwikkeld voor het automatisch watergeven van onder glas geteelde gewassen. Het berust op berekening van de verdamping inclusief een bepaalde hoeveelheid drainwater en meting van de gerealiseerde werkelijke hoeveelheid drainwater. Dit model werd in 1986 voor het eerst in een praktijk systeem toegepast. Momenteel (mei 1989) maken 50-100 bedrijven gebruik van een dergelijk systeem.
Essentieel bij een watergeefrekenmodel is de meting van de werkelijke hoeveelheid drainwater. Afwijkingen van de werkelijk gemeten hoeveelheid drainwater ten opzichte van de berekende/ingestelde hoeveelheid drain worden via het watergeefrekenmodel bij een volgende druppelbeurt gecorrigeerd. Correctie vindt praktisch plaats door de pauzetijd, bij een gelijkblijvende gift, te verkleinen of te vergroten. Doordat steeds terugkoppeling van de gemeten hoeveelheid drainwater plaatsvindt is het niet direct noodzakelijk om de verdamping zeer nauwkeurig te berekenen. Nauwkeurige berekening van de verdamping is geen eenvoudige zaak. Bovendien kan de verdamping van planten binnen een kas, zelfs over korte afstanden, sterk variëren (30-40%).
Een schematisch overzicht van het watergeefrekenmodel ontwikkeld door het proefstation Naaldwijk is weergegeven in Figuur 1.
Zoals uit de figuur blijkt vormt een transpiratiemodel een onderdeel van het watergeefrekenmodel.



Figuur 1: Overzicht watergeefrekenmodel

Het gebruikte transpiratiemodel is een "simpel" model, waarbij gebruik wordt gemaakt van ook in de praktijk gemakkelijk te meten factoren (globale straling, kasluchttemperatuur, buistemperatuur en de plantlengte). Eén en ander is weergegeven in Figuur 2.

"SIMPEL" TRANSPIRATIEMODEL NAALDWIJK VOOR TOMAAT.

Tr	= (a*Rbu+b*Grmin) *c
Tr	= TRANSPIRATIE IN MM.
Rbu	= GLOBALE STRALING BUITEN (JOULES CM-2)
a	= 1.78*10-3 (TOMAAT)
Grmin	= GRAADMINUUT (EEN GRAADMINUUT IS HET VERSCHIL TUSSEN BUISTEMPERATUUR EN KASLUCHTTEMPERATUUR VAN EEN GRAAD GEDURENDE EEN MINUUT)
b	= 0.22*10-4 (TOMAAT)
c	= PLANTGROOTTEFACTOR = ACTUELE LENGTE/ LENGTE VAN EEN VOLGROEIDE PLANT

Figuur 2: Transpiratiemodel voor tomaat. Voor andere gewassen kunnen a, b, c andere waarden hebben

Indien andere nauwkeuriger en praktisch bruikbare transpiratiemodellen ter beschikking komen, kunnen deze zonder meer in het watergeefrekenmodel worden opgenomen. Blijft echter de vraag, voor wat het watergeven betreft, of het noodzakelijk en mogelijk is om met een zeer nauwkeurig transpiratiemodel te werken.

3. Toepassing van watergeefrekenmodel

Het watergeefrekenmodel gaat van het volgende uit:

Gift = transpiratiedeel + drainagedeel + correctie.

Gift = een bepaalde ingestelde vaste gift per druppelbeurt.
Het is aan te bevelen de ingestelde vaste gift in de loop van de teelt zodanig bij te stellen dat steeds gemiddeld (b.v. per dag) een bepaalde druppelfrequentie wordt bereikt.

Transpiratiedeel = de berekende hoeveelheid transpiratie.

Drainagedeel = de berekende hoeveelheid drainwater.

Correctie drain = een berekende hoeveelheid water voor correctie bij afwijkingen van de gerealiseerde hoeveelheid drainwater ten opzichte van de berekende hoeveelheid drainwater.

Meting van de hoeveelheid drainwater vindt plaats na elke druppelbeurt.

Startwaarde(F_1) = drainagedeel plus drainagecorrectie.
De startwaarde mag een bepaalde ingestelde maximumwaarde niet over schrijden (in de meeste gevallen 40% van de gift). Dit om te voorkomen dat correcties met te grote stappen verlopen en de regeling te onrustig wordt.
Berekening van het transpiratiedeel, drainagedeel en correctie vindt plaats via het computerprogramma. Dit programma start telkens met het berekende drainagedeel plus correctie. Per tijdseenheid wordt de berekende transpiratie hierbij opgeteld net zolang tot de totale som gelijk is aan de ingestelde gift. Bij de eerste keer starten van het programma is de correctie uiteraard nog nul en wordt alleen het berekende drainagedeel in rekening gebracht. Afhankelijk van de gerealiseerde drain is de correctie positief of negatief. Een tekort aan drain (positieve correctie) heeft tot gevolg dat bij een niet veranderde transpiratie-intensiteit de tijd tussen twee druppelbeurten kleiner wordt (het berekende transpiratiedeel wordt kleiner ten gevolge van de toegenomen correctie). Een teveel aan drain geeft het omgekeerde effect (negatieve correctie). Drainmeting vindt plaats nadat een bepaalde hoeveelheid transpiratie is geregistreerd (b.v. 50% van het setpointgift).
De gerealiseerde hoeveelheid drainwater (in procenten van de gift of van de transpiratie) is een goed bruikbare maat voor het juist functioneren van het watergeefrekenmodel.
Als voorbeeld volgt hieronder een berekening zoals dit door het rekenmodel wordt berekend.

Gift = transpiratiedeel + drainagedeel + correctie drain (g m-2)

Setpointgift = 200 gram m-2
Setpointdrain = 50% (van de transpiratie)

(In het model ontwikkeld door het PTG wordt het drainagedeel berekend op de transpiratie)

a. Start

Correctie drain = 0
Gift = 200 g m-2
Drainpercentage (P) = 50% (berekend op de transpiratie)

$$\text{Gift} = \frac{(\text{gift} - \text{cor. drain}) * 100}{100 + P} + \frac{(\text{gift} - \text{cor.drain}) * P}{100 + P} + \text{cor.drain}$$

$$200 = \frac{(200 - 0) * 100}{100 + 50} + \frac{(200 - 0) * 50}{100 + 50} + 0$$

$$200 = 133.3 + \underbrace{66.7}_{\text{startwaarde}} + 0 \quad (F_1).$$

b. Volgende druppelbeurt

Gemeten hoeveelheiddrainwater = 40 g m-2 (meting na 100 gram transpiratie).

(Nieuwe) cor. drain = (oud) drainagedeel + (oude) cor. drain - gemeten hoeveelheid drainwater.

(Nieuwe) cor. drain = (66.7 + 0) - 40

(Nieuwe) cor. drain = 26.7 g m-2

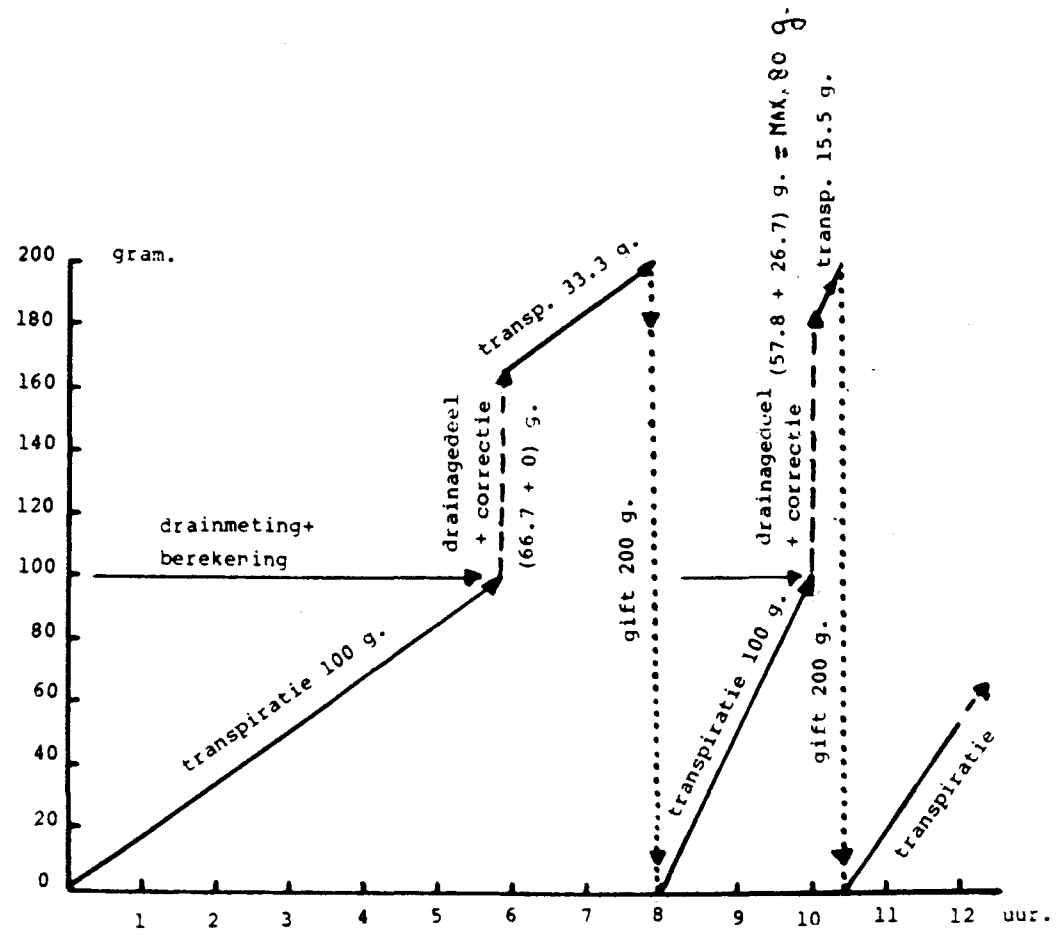
Nieuwe berekening

$$\text{Gift} = \frac{(200 - 26.7) * 100}{150} + \frac{(200 - 27.7) * 50}{150} + 26.7$$

$$200 = 115.5 + \underbrace{57.8 + 26.7}_{\text{startwaarde (FI)}}$$

Maximale startwaarde is 40% van de gift = 80 gram
Startwaarde = 84.5 gram geeft een werkelijke correctie van 80 gram

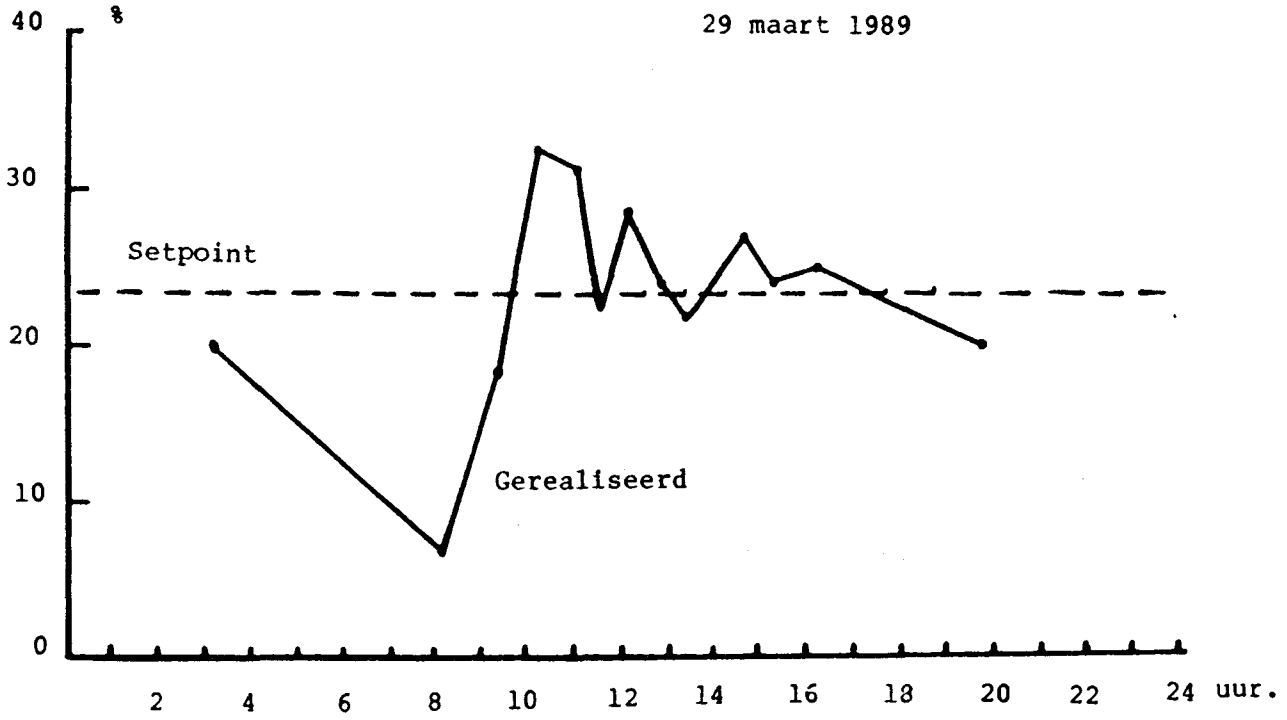
De voorbeelden genoemd onder a en b zijn in Figuur 3 grafisch weergegeven.



Figuur 3: Grafisch verloop watergeefregeling met behulp van het watergeefreken-model

4. Enkele resultaten met watergeefrekenmodel

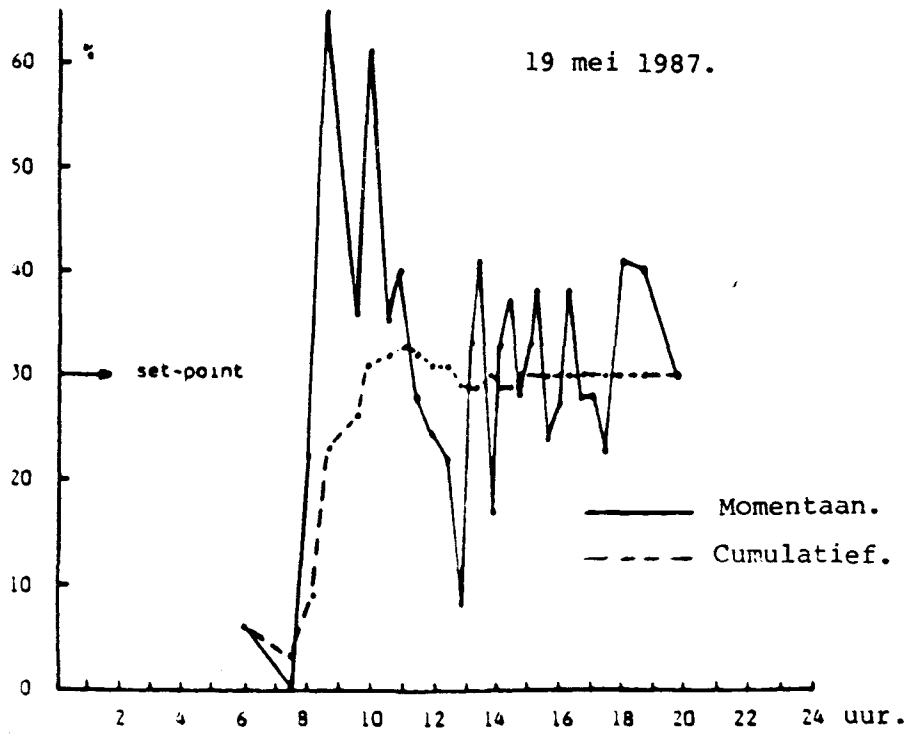
Als voorbeeld is in Figuur 4 voor een paprikagewas het verloop van het momentane drainpercentage, berekend op de gift, weergegeven voor 29 maart 1989. Gemiddeld voor de gehele dag lagen setpointdrain en gerealiseerde drain zeer dicht bij elkaar. Uit het verloop van het drainpercentage in Figuur 4 kan de conclusie worden getrokken dat het hierboven beschreven watergeefrekenmodel tot praktisch goed bruikbare resultaten leidt.



Figuur 4: Verloop van de momentane hoeveelheid drainwater als percentage van de watergift

Opvallend in het verloop van het drainpercentage is, dat de meting van acht uur 's morgens een laag drainpercentage aangeeft. Dit beeld is kenmerkend voor de meeste dagen. De hoogst waarschijnlijke verklaring hiervoor is dat 's nachts weinig transpiratie plaatsvindt en er dus ook weinig keren wordt gedruppeld. De wateropname voor groei van het gewas is 's nachts relatief groot, zodat bij een lange pauze tussen twee druppelbeurten er in verhouding veel water voor groei wordt opgenomen. Wateropname voor groei is (nog) niet in het rekenmodel opgenomen, waardoor dit "ten koste" gaat van de hoeveelheid water die voor drain is berekend. In de loop van de dag vindt correctie plaats (10-11 uur) en het momentane drainpercentage schommelt daarna min of meer rond het setpoint van 23%. Gemiddeld over de gehele dag liggen setpointdrain en de gerealiseerde drain zeer dicht bij elkaar.

In het watergeefrekenmodel ontwikkeld door PTG wordt het drainagedeel consequent berekend als een instelbaar percentage van het transpiratiedeel. In de praktijk (watergeefrekenmodel van de firma Brinkman) wordt het drainagedeel berekend als een instelbaar percentage van de totale watergift. Dit heeft tot gevolg dat in tegenstelling tot bij berekening op het transpiratiedeel het drainagedeel, zonder wijziging van de instelling, een vaste hoeveelheid is. Het transpiratiedeel zal in zo'n geval meer variëren dan in het geval van PTG. De fluctuaties van het drainpercentage zijn hierdoor bij het regelmodel van Brinkman groter dan bij het regelmodel van PTG. Opgemerkt dient echter te worden dat ook de manier van regelen bij Brinkman afwijkt ten opzichte van PTG en dit mede een oorzaak kan zijn van de grotere fluctuaties in drainpercentages per druppelbeurt in vergelijking met PTG.
Als voorbeeld is in Figuur 5 het verloop van het drainpercentage van 19 mei 1987 (tomaat) geregeld door het watergeefrekenmodel van Brinkman weergegeven.
Een dagoverzicht van een computeruitdraai (paprika) van 21 april 1989 van het watergeefrekenmodel van PTG is weergegeven in Bijlage 1.
Een overzicht van het listing programma watergeefrekenmodel is weergegeven in Bijlage 2.



Figuur 5: Verloop van de momentane hoeveelheid drainwater als percentage van de watergift en het verloop van de cumulatieve hoeveelheid drainwater als percentage van de cumulatieve watergift

5. Conclusies

Automatisering en nauwkeuriger afstemmen van de watergift op de behoefte van een gewas is bij teelten op substraat goed mogelijk gebleken.
Een watergeefrekenmodel ontwikkeld door het PTG en gebaseerd op berekening van de gewasverdamping, een ingestelde gewenste hoeveelheid drainwater, meting van de werkelijke hoeveelheid drainwater en correcties bij afwijkingen heeft goed aan het gestelde doel voldaan. Metingen van de hoeveelheid drainwater (drainpercentage) toonden aan dat gemiddeld per dag het ingestelde en gewenste drainpercentage nauwkeurig werd bereikt. Het momentane drainpercentage varieerde, inclusief correcties, bij een setpoint van bijvoorbeeld 23% tussen 8% om circa 8 uur 's morgens. Een beeld dat kenmerkend was voor de meeste dagen. De momentane variaties in drainpercentages werden mede bepaald door wateropname voor groei van het gewas. Deze wateropname voor groei varieert en is nog niet in het watergeefrekenmodel opgenomen.
Het besproken watergeefrekenmodel heeft wat de transpiratie betreft vooral betrekking op een tomatengewas en is bovendien een "simpel" transpiratiemodel. Verbetering van dit model of toepassing van een ander beter en algemener model plus berekening van de hoeveelheid water opgenomen voor groei van een gewas kan de regeling mogelijk nog nauwkeuriger en voor elk gewas bruikbaar maken. Het watergeefrekenmodel is in principe voor elk gewas bruikbaar. In hoeverre een nog nauwkeurigere regeling van de watergift voor een gewas nodig en zinvol is, is echter nog een vraag. Een onbekende factor in het geheel is ook dat er geen rekening wordt gehouden met het optreden van verschillen in vochtberging in het substraatmedium. Vochtbergingsverschillen beïnvloeden het drainpercentage.
Een watergeefrekenmodel (PTG) waarbij zowel het transpiratiedeel als het drainagedeel worden berekend geeft minder variaties van het momentane drainpercentage dan een model (Brinkman) waarbij alleen het transpiratiedeel wordt berekend.
Meting van de hoeveelheid drainwater is voor het goed functioneren van een watergeefrekenmodel een essentieel onderdeel en hiermee voor de automatisering van de watergift.

Slotopmerking

Het watergeefrekenmodel, zoals besproken in dit intern verslag, was niet praktisch bruikbaar geworden zonder de enthousiaste medewerking en inzet van de Technische Dienst van het proefstation Naaldwijk.

BIJLAGE 1: DAGOVERZICHT COMPUTERUITDRAAI 21 APRIL 1989 (PAPRIKA)

72 AFD 3 WG 2 START DRAINEREN/GIE
45 AFD 3 WEEGSCHAAL 2
54 AFD 3 WG 2 TRSP PER MIN.
63 AFD 3 WG 2 TOTALE TRSP
81 AFD 3 WG 2 SETP. GIFT IN ML
90 AFD 3 WG 2 SETP. DRAIN IN %
99 AFD 3 WG 2 GEMETEN DRAIN
108 AFD 3 WG 2 BER. DRAIN IN ML
117 AFD 3 WG 2% GEREALIS. DRAIN
126 AFD 3 WG 2 D CORR. DRAIN
135 AFD 3 WG 2 F1 (startwaarde).

		72	45	54	63	81	90	99	108	117	126	135
89- 4-21	6:27	3880	11588	2.0	100.7	200.0	30.0	46.0	45.8	30.1	1.1	47.0
89- 4-21	6:28	3890	11560	-.9	162.4	200.0	30.0	28.0	41.7	18.3	19.0	60.8
89- 4-21	7:19	4400	11522	2.0	200.4	200.0	30.0	28.0	41.7	18.3	19.0	60.8
89- 4-21	7:20	4410	11720	1.1	1.6	200.0	30.0	28.0	41.7	18.3	19.0	60.8
89- 4-21	8:39	5200	11620	2.0	101.6	200.0	30.0	28.0	41.7	18.3	19.0	60.8
89- 4-21	8:40	5210	11586	1.8	170.2	200.0	30.0	34.0	39.9	24.4	26.8	66.7
89- 4-21	8:52	5330	11556	2.0	200.2	200.0	30.0	34.0	39.9	24.4	26.8	66.7
89- 4-21	8:53	5340	11752	2.1	2.4	200.0	30.0	34.0	39.9	24.4	26.8	66.7
89- 4-21	9:48	5890	11654	2.0	100.4	200.0	30.0	34.0	39.9	24.4	26.8	66.7
89- 4-21	9:49	5900	11594	1.9	153.8	200.0	30.0	60.0	44.5	45.0	6.7	51.3
89- 4-21	10: 7	6080	11546	6.0	201.8	200.0	30.0	60.0	44.5	45.0	6.7	51.3
89- 4-21	10: 8	6090	11740	3.3	5.2	200.0	30.0	60.0	44.5	45.0	6.7	51.3
89- 4-21	10:43	6440	11644	4.0	101.2	200.0	30.0	60.0	44.5	45.0	6.7	51.3
89- 4-21	10:44	6450	11592	3.6	150.5	200.0	30.0	52.0	46.2	34.9	-.6	45.6
89- 4-21	11: 0	6610	11542	2.0	200.5	200.0	30.0	52.0	46.2	34.9	-.6	45.6
89- 4-21	11: 1	6620	11736	2.4	2.9	200.0	30.0	52.0	46.2	34.9	-.6	45.6
89- 4-21	11:38	6990	11636	4.0	102.9	200.0	30.0	52.0	46.2	34.9	-.6	45.6
89- 4-21	11:39	7000	11586	3.0	148.7	200.0	30.0	47.1	32.2	32.3	-4.3	42.8
89- 4-21	12: 7	7280	11534	2.0	200.7	200.0	30.0	50.0	47.1	32.3	-4.3	42.8
89- 4-21	12: 8	7290	11730	1.3	2.1	200.0	30.0	50.0	47.1	32.2	-4.3	42.8
89- 4-21	13:36	8170	11630	4.0	102.1	200.0	30.0	50.0	47.1	32.2	-4.3	42.8
89- 4-21	13:37	8180	11586	2.8	150.2	200.0	30.0	44.0	46.4	27.9	-1.1	45.2
89- 4-21	13:56	8370	11536	2.0	200.2	200.0	30.0	44.0	46.4	27.9	-1.1	45.2
89- 4-21	13:57	8380	11730	2.3	2.5	200.0	30.0	44.0	46.4	27.9	-1.1	45.2
89- 4-21	15: 5	9060	11632	2.0	101.6	200.0	30.0	44.0	46.4	27.9	-1.1	45.2
89- 4-21	15: 6	9070	11586	1.6	148.8	200.0	30.0	46.0	46.3	29.7	-.7	45.5
89- 4-21	15:23	9240	11532	4.0	202.8	200.0	30.0	46.0	46.3	29.7	-.7	45.5
89- 4-21	15:24	9250	11728	3.0	5.9	200.0	30.0	46.0	46.3	29.7	-.7	45.4
89- 4-21	16: 4	9650	11632	2.0	101.9	200.0	30.0	46.0	46.3	29.7	-.7	45.5
89- 4-21	16: 5	9660	11586	1.5	149.2	200.0	30.0	46.0	46.2	29.7	-.4	45.8
89- 4-21	16:36	9970	11536	2.0	200.7	200.0	30.0	46.0	46.2	29.7	-.4	45.8
89- 4-21	16:37	9980	11734	1.8	2.6	200.0	30.0	46.0	46.2	29.7	-.4	45.8
89- 4-21	19: 1	11420	11636	2.0	100.6	200.0	30.0	46.0	46.2	29.7	-.4	45.8
89- 4-21	19: 2	11430	11592	-.8	149.0	200.0	30.0	44.0	45.7	28.5	1.8	47.5
89- 4-21	22:19	13400	11540	2.0	201.0	200.0	30.0	44.0	45.7	28.5	1.8	47.5
89- 4-21	22:20	13410	11738	-.6	1.6	200.0	30.0	44.0	45.7	28.5	1.8	47.5

BIJLAGE 2: LISTING PROGRAMMA WATERGEEFREKENMODEL

```
C
C WATERGEEFMODEL
C
        LOGICAL START_SUB(3)
        LOGICAL VER_DRAIN(3)

        REAL*4 TRSP                 !transpiratie
        REAL*4 STAND_DRAIN          !bij start substraat
        REAL*4 VERSCHIL_DRAIN(3)    !totale gesommeerde drain
        REAL*4 GEMETEN_DRAIN(3)     !totale gemeten drain in wachttijd

        REAL*4 VORIGE_DRAIN(3)      !vorige meting  drain
        REAL*4 BER_DRAIN(3)         !berekende drain uit gift  * aantal drup.
        REAL*4 TOT_TRSP(3)
        REAL*4 A(3),F1(3)
        REAL*4 STARTWAARDE(AF)
        REAL*4 PERC_DRAIN(3)
C
C EINDE DECLARATIE
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C  WATERGEEF MODEL?
C
        STAND_DRAIN=FER(INT(P(F+41)))*2.08/288
        IF(P(F+44).NE.0) FER(INT(P(F+44))) = STAND_DRAIN
C
C  ALS HET PROGRAMMA VOOR DE EERSTE KEER WORDT OPGESTART, WORDEN
C  EEN AANTAL BEREKENINGEN UITGEVOERD.
C
        IF(START.EQ.0)THEN
          VORIGE_DRAIN(AF)=STAND_DRAIN
          BER_DRAIN(AF)= (P(F+801)*P(F+802))/(100+P(F+802))
          A(AF)= (P(F+801)*100)/(100+P(F+802))
          F1(AF)=BER_DRAIN(AF)
          STARTWAARDE(AF)=F1(AF)
          TOT_TRSP(AF)=BER_DRAIN(AF)
          IF(P(F+34).NE.0) FER(INT(P(F+34))) = TOT_TRSP(AF)
          IF(P(F+35).NE.0) FER(INT(P(F+35))) = BER_DRAIN(AF)
        END IF
C
C  VIA PARAMETER P(F+800) IS HET MOGELIJK OM EEN AFDELING UIT TE ZETTEN.
C

        IF(P(F+800).EQ.1.) THEN
          VERSCHIL_DRAIN(AF)=0
C
C  ALS VERSCHIL IN STAND VAN DE DRAIN GROTER IS NUL, WORDT HET VERSCHIL
C  OPGETELD BIJ DE GEMETEN_DRAIN(AF)
C
          IF(STAND_DRAIN.GT.VORIGE_DRAIN(AF))THEN
            VERSCHIL_DRAIN(AF)=STAND_DRAIN-VORIGE_DRAIN(AF)
            GEMETEN_DRAIN(AF)=GEMETEN_DRAIN(AF)+VERSCHIL_DRAIN(AF)
          END IF
          IF(P(F+36).NE.0)  FER(INT(P(F+36))) = VERSCHIL_DRAIN(AF)*10
          IF(P(F+39).NE.0)  FER(INT(P(F+39))) = GEMETEN_DRAIN(AF)
```

```
C
C  CONTROLE OF SUBSTRAATUNIT ALARM GEEFT. ZOJA DAN WORDT HET ALARMRELAIS
C  (LAMP) AANGETROKKEN. BIJ GEEN ALARM WORDT DE TRANSPIRATIE BEREKEND.
C
        IF(FER(INT(P(F+68))).NE.-32768)THEN
          CALL BER_TRANSP(P(F+803),4,KAST,VERW_BUIS(1),TRSP)
        ELSE
          TRSP=0.
          FOUTMELDING='STUREN ALARM LICHT'
          CALL MICROD(INT(P(F+67)),'+',58,IA)
          IF(IA.NE.0) GOTO 2000
        END IF
        TOT_TRSP(AF)=TOT_TRSP(AF)+TRSP
C
        IF(P(F+34).NE.0) FER(INT(P(F+34))) = TOT_TRSP(AF)
        IF(P(F+37).NE.0) FER(INT(P(F+37))) = P(F+801)    !SETPOINT GIFT
        IF(P(F+38).NE.0) FER(INT(P(F+38))) = P(F+802)    !SETPOINT DRAIN
        IF(P(F+40).NE.0) FER(INT(P(F+40))) = 0           !START SUBSTR=0

C
C  ALS DE TOTALE TRANSPIRATIE PER AFDELING "TOT_TRSP(AF)" GROTER IS DAN
C  50% VAN HET SETPOINT (GIFT), WORDT HET OPGEVANGEN DRAINAGEWATER VERREKEND
C  MET DE TOTALE TRANSPIRATIE. DE VERREKEING KAN ZOWEL POSITIEF ALS NEGATIEF
C  ZIJN. EEN VLAG WORDT OPGEZET ALS DEZE BEREKENING WORDT UITGEVOERD.
C  DIT OM TE VOORKOMEN DAT DE VERREKENING DE VOLGENDE MINUTEN WEER WORDT
C  UITGEVOERD. BIJ HET WATERGEVEN WORDT DE VLAG AFGEZET.
C
C
        IF(TOT_TRSP(AF).GE.0.5*P(F+801).AND..NOT.VER_DRAIN(AF)) THEN
          VER_DRAIN(AF)=.TRUE.
          PERC_DRAIN(AF)=GEMETEN_DRAIN(AF)/(A(AF)/100)
C
C  CORRECTIEDEEL
C
          F1(AF)=STARTWAARDE(AF) - GEMETEN_DRAIN(AF)
C
C  TRANSPIRATIEDEEL
C
          A(AF)= ((P(F+801)-F1(AF))*100)/(100+P(F+802))
C
C  DRAINAGEDEEL
C
          BER_DRAIN(AF)= ((P(F+801)-F1(AF))*P(F+802))/(100+P(F+802))

          STARTWAARDE(AF)=F1(AF) + BER_DRAIN(AF)
```

```
C
C  OM TE VOORKOMEN DAT DE AANPASSING TE GROOT WORDT, WORDT DEZE
C  GEMAXIMALISEERD OP 40% VAN HET SETPOINT(GIFT)
C
            IF(STARTWAARDE(AF).GT.0.4*P(F+801))THEN
               STARTWAARDE(AF) = 0.4*P(F+801)
            ELSE
              IF(STARTWAARDE(AF).LT.-0.4*P(F+801))THEN
                 STARTWAARDE(AF) = -0.4*P(F+801)
              END IF
            END IF
            TOT_TRSP(AF)=TOT_TRSP(AF)+STARTWAARDE(AF)
            IF(P(F+35).NE.0) FER(INT(P(F+35))) = BER_DRAIN(AF)
            IF(P(F+40).NE.0) FER(INT(P(F+40))) = MINTYD
            IF(P(F+42).NE.0) FER(INT(P(F+42))) = PERC_DRAIN(AF)
            IF(P(F+43).NE.0) FER(INT(P(F+43))) = STARTWAARDE(AF)
            GEMETEN_DRAIN(AF)=0.
          END IF
C
C  ALS DE TOTALE TRANSPIRATIE GROTER IS DAN HET SETPOINT(GIFT)
C  WORDT DE SUBSTRAATUNIT OPGESTART. DE VLAG DE DRAIN-VERREKENING WORDT
C  UITGEZET.
C
          IF(TOT_TRSP(AF).GE.P(F+801)) THEN                !SETPOINT GIFT
            VER_DRAIN(AF)=.FALSE.
            CALL MICROD(INT(P(F+64)),'+',4,IA)
            IF(IA.NE.0) GOTO 2000
            MICROS_DATA(AF+4)=0.
            IF(P(F+40).NE.0) FER(INT(P(F+40))) = MINTYD  !STARTTYD SUBSTR
C
C  DE HOEVEELHEID TRANSPIRATIE DIE GROTER IS DAN DE GIFT WORDT BEWAARD.
C
            IF(P(F+34).NE.0) FER(INT(P(F+34))) = TOT_TRSP(AF)
            TOT_TRSP(AF)=TOT_TRSP(AF)-P(F+801)
          END IF
C
C DRAIN IS HALFVOL DAN LEEG LATEN LOPEN DIT GEBEURT OOK TIJDENS ALARM
C VAN DE SUBSTRAAT UNIT
C
          IF(FER(INT(P(F+41))).GE.P(F+810).AND..NOT.START_SUB(AF)) THEN
            START_SUB(AF)=.TRUE.
            CALL MICROD(INT(P(F+65)),'+',119,IA)    !SLUITEN AFVOERPIJP
            IF(IA.NE.0) GOTO 2000
          ELSE IF(START_SUB(AF))THEN
            VORIGE_DRAIN(AF)=0.
            STAND_DRAIN=0.
            START_SUB(AF)=.FALSE.
            CALL MICROD(INT(P(F+66)),'+',58,IA)      !LEGEN  AFVOERVAT
            IF(IA.NE.0) GOTO 2000
          END IF
        END IF
C
C OVERZETTEN VAN DE DRAINSTAND.
C
        IF(STAND_DRAIN.GT.VORIGE_DRAIN(AF))VORIGE_DRAIN(AF)=STAND_DRAIN

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

C EINDE AFD
```

```
C+
C       AUTEUR(S)                : L VAN DEN BOS
C       SUBROUTINENAAM           : BER_TRANSP.FOR
C       DATUM                    : 4 DEC  1987
C       BIBLIOTHEEK              : IV$LIB    :MICRO.OLB
C%BEGIN
C2 BER_TRANSP
C       DOEL                     : Berekenen transpiratie voor watergeefmodel.
C       INPUT      para          : real*4 parameters hoofdprogramma
C                  n             : int*2  aantal parameters
C                  kast          : real*4 gemeten kastemperatuur
C                  tbuis         : real*4 gemeten buistemperatuur
C       OUTPUT     transp        : real*4 transpiratie in mm
C
C       AANROEP SUBROUTINE       :
C       call ber_transp(para,n,kast,tbuis,transp)
C
C       OMSCHRIJVING:
C        para(1) = factor*10.**-3
C        para(2) = factor*10.**-4
C        para(3) = plantlengte volgroeide plant
C        para(4) = plantlengte
C
C        FORMULE
C         Tr = ((para(1) glob. straling  + para(2) graadminuut)*fac3*1000
C
C         Tr = transpiratie van mm naar grammen per m2 brengen.
C         globale straling in joules per cm2 per minuut
c         para(1) factor voor tomaat is dit 1.78 * 10.**-3
c         para(2) factor voor tomaat is dit 0.22 * 10.**-4
C         fac3 = 1 / plantlengte volgroeide * plantlengte
C                                                    plant
c         graadminuut = verschil tussen abs(kast-temp) in graden per minuut
c%eind
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
```

```
      SUBROUTINE BER_TRANSP(PARA,N,KAST,TBUIS,TRANSP)

      IMPLICIT NONE
C
C COMMON MET REELE LICHTWAARDEN
C
      COMMON/CDLICHT/GLOBAAL,DIFFUUS,NETTO,PAR,ZON
      REAL*4 GLOBAAL,DIFFUUS,NETTO,PAR,ZON
C
C COMMON MET AFGEVLAKTE WAARDEN
C
      COMMON/CDWBER/LICHT,WIND,VAATM,WIND_RICHTING
      REAL*4 LICHT,WIND,VAATM
      INTEGER*2 WIND_RICHTING

      INTEGER*2 N

      REAL*4 PARA(N)

      REAL*4 KAST,
     1       TBUIS,
     1       TRANSP,
     1       GRAADMINUUT,
     1       JOULES,
     1       FAC1,
     1       FAC2,
     1       FAC3

C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
      TRANSP=0.
      IF(KAST.EQ.-32768..OR.TBUIS.EQ.-32768.) RETURN

      GRAADMINUUT=ABS(KAST-TBUIS)
      FAC1=PARA(1)*10.**-3
      FAC2=PARA(2)*10.**-4
      FAC3=1/PARA(3)*PARA(4)
      IF(FAC3.GT.1.)FAC3=1.

      JOULES=GLOBAAL*0.360/60 !GLOBALE STRALING NAAR JOULE/CM2/PER MIN


      TRANSP= ((FAC1*JOULES)+(FAC2*GRAADMINUUT))*FAC3*1000    !GR/M2

      RETURN
      END
```