

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS

Vergelijking wateropname bepaald door de "Agronaut" met
de gemeten verdamping van een tomatengewas op substraat.

R. de Graaf.

Oktober 1989

Intern verslag nr. 46

→→→obab

Inhoudsopgave	pag.
Inhoud	
Inleiding	1
Verband tussen de meting met de Agronaut en de werkelijke verdamping.	
Proefopstelling en resultaten	1
Werking Agronaut niveaumeter	2
Koppeling Agronaut met regeling kasklimaat	2
Discussiepunten en conclusies	4
Bijlage 1. Overzicht meetopstelling Agronaut niveaumeter op lysimeter	10
Bijlage 2. Overzicht Agronaut niveaumeter	11

Vergelijking wateropname bepaald door de "Agronaut" met de gemeten verdamping van een tomatengewas op substraat.

Inleiding.

Door de firma Hoogendoorn werd in 1987 de zogenaamde "Agronaut" geïntroduceerd. De Agronaut is in eerste instantie ontwikkeld om de watergift bij teelten op substraat te automatiseren. De Agronaut gaat uit van het principe van niveauregeling. Het systeem bestaat uit een start(niveau)bak en bijbehorend computerprogramma. Het waterniveau in de startbak wordt continu (1 maal per seconde) gemeten met behulp van een drukopnemer boven in een meetreservoir. Veranderingen van het waterniveau in het meetreservoir ten gevolge van wateropname worden door de drukopnemer geregistreerd. Dit signaal wordt gebruikt om de watergift bij een bepaald niveau te starten en na een bepaalde stijging van het niveau te stoppen. Bovendien wordt een in te stellen hoeveelheid water extra gegeven om door te spoelen.

Bij de Agronaut gaat men uit van het principe dat veranderingen van het niveau in het meetreservoir een goede en bruikbare maat zijn voor de grootte van de verdamping van een gewas. Een gegeven dat vervolgens weer wordt beschouwd als een maat voor de activiteit van een gewas. Van uit deze aanname is een systeem ontwikkeld waarmee het klimaat in de kas volgens de firma Hoogendoorn "exact wordt afgestemd op de behoefte van het gewas".

Drie vragen komen hierbij naar voren:

1. Is een (continue) meting in een meetreservoir een bruikbare en betrouwbare maat voor de verdamping van een gewas?
2. Is de mate van verdamping een juist en bruikbaar gegeven om de groei van planten aan te relateren?
3. Is er genoeg kennis aanwezig om aan te geven bij welk niveau de verdamping van een gewas te gering of te groot is voor een optimale productie bij een economisch zo optimaal mogelijk kasklimaat?

De eerste vraag is door middel van onderzoek vrij eenvoudig te beantwoorden. Beantwoording van de twee overige vragen is minder eenvoudig, omdat nog veel hierover onbekend is en nader onderzoek hiernaar zojuist gestart is of gaat worden.

Om de eerste vraag te kunnen beantwoorden is in de praktijk een onderzoek gestart. Hiertoe is tijdens een tomatenteelt een Agronaut-systeem geplaatst op een elektronische weegschaal. De gehele meetopstelling is onder praktijk omstandigheden bij normaal plantverband geïnstalleerd. Met behulp van een computer behorende bij het Agronaut-systeem van Hoogendoorn werden de watergift geregeld, de hoeveelheid drainwater berekend en geregistreerd, het meetsignaal van de Agronaut vastgelegd, de wateropname berekend uit het meetsignaal van de Agronaut en zonodig het kasklimaat aan de verdamping aangepast. De met behulp van de elektronische weegschaal gemeten plantverdamping werd ook via het computersysteem van de Agronaut geregistreerd. Een en ander werd uitgevoerd in een samenwerkingsverband tussen de firma Hoogendoorn en het P.T.G. Naaldwijk.

Verband tussen de meting met de Agronaut en de werkelijke verdamping.

Proefopstelling en resultaten.

De meetopstelling bestond uit een elektronische weegschaal waarop een Agronaut-systeem was geplaatst. (zie tekening bijlage 1)
In de niveaubak (A) geplaatst op de electropnische weegschaal/lysimeter(B) werden vier tomatenplanten op steenwol geteeld. De plantafstand bedroeg 50 cm. De meetopstelling werd geplaatst in een onder praktijkomstandigheden geteelde rij tomaten op een representatieve plaats in de kas.

Werking Agronaut-niveaumeter.

De werkwijze van de Agronaut-niveaumeter wordt besproken aan de hand van de tekening in bijlage 2.

Direct onder een roestvrij stalenbak(S), waarin de steenwolmat wordt gelegd bevindt zich een reservoir(R) van 2 cm breed en 4 cm diep. Onder de steenwolmat is een capillair matje(N) aangebracht. Dit matje wordt tot onder in het reservoir geduwd (zie tekening). Het reservoir bevindt zich onder de gehele lengte van de niveaubak en is aan een het eind verbonden met een meetreservoir(M). In dit meetreservoir bevindt zich een buisje met boven in een drukopnemer(D). Bij de start wordt de steenwolmat met water verzadigd. Het reservoir onder de bak is in die situatie tot onderaan de steenwolmat gevuld en correspondeert met het niveau in het meetreservoir. Door verdamping van planten zal er water uit de mat verdwijnen en via de capillaire mat zakt het waterniveau in het (meet)reservoir onder de bak. Er bestaat een zeker evenwicht tussen de vochtspanning op een bepaalde plaats in de mat en de waterkolom, inclusief water in de capillaire mat, vanaf de bepaalde plaats naar beneden tot aan het waterniveau in het meetreservoir. Bij uitdroging van de mat zal het waterniveau in het reservoir dalen en bij toename van het water in de mat door druppelen stijgen. Daling of stijging worden vervolgens gemeten en geregistreerd met behulp van de drukopnemer.

Door de fabrikant is proefondervindelijk het verband tussen een bepaalde hoeveelheid water aan de mat onttrokken of toegevoegd en het verschil in druk in het meetbuisje vastgesteld.

Het meetbereik wordt bepaald door de hoogte van het reservoir onder de bak. Hierbij wordt de onderkant steenwolmat (bovenkant reservoir) op nul gesteld en de onderkant op min vier cm. Het regelgebied kan hierdoor liggen tussen 0 en - 4 cm. Het signaal waarmee de Agronaut werkt wordt echter niet uitgedrukt in cm water, maar in een percentage. De bovenkant van het (meet)reservoir wordt op 100% en de onderkant op 0% gesteld. Met behulp van de computer wordt vervolgens een bepaalde gewenste onder- en bovengrens in procenten ingesteld waarbinnen het druppelen moet worden geregeld. In de meeste gevallen laat men de mat overdag uitdrogen tot 50% (- 2 cm), waarna wordt gedruppeld. Er wordt dan gestopt met druppelen bij een aanwijzing van 70%. Na stoppen met druppelen "lekt" de mat nog na en zal het niveau in het reservoir nog wat stijgen. De uitlektijd wordt van te voren vastgesteld en ingeregeld. De tijd die nodig is om het niveau van 50% te brengen op 70% wordt gemeten. Een bepaald percentage van deze tijd wordt extra gedruppeld om door te spoelen. Direct na het bereiken van een waarde van 70% wordt onder in het meetreservoir een kraantje geopend waardoor drainwater uit de bak verdwijnt.

De werkelijke hoeveelheid drainwater wordt met het systeem van de Agronaut niet gemeten maar via berekening min of meer benaderd. Voor dit onderzoek werd een speciale voorziening aangebracht waarmee de hoeveelheid drainwater kon worden gemeten (zie C tekening Bijlage 1).

Gedurende de nacht wordt in de praktijk niet gedruppeld. Dit heeft tot gevolg dat de mat verder uitdroogt dan overdag. Het waterniveau in het (meet)reservoir komt hierdoor beneden het ingestelde regel niveau en in sommige gevallen zelfs beneden het meetbereik van 100% of -4 cm. De eerste druppelbeurten wordt er dan ook niet doorgespoeld en moet de mat eerst op voldoende vochtgehalte worden gebracht, waarvoor 2 a 3 druppelbeurten nodig zijn. De noodzaak om s'nachts niet te druppelen is echter twijfelachtig. Het tekort aan drainwater van de eerste druppelbeurten wordt berekend en gedurende de volgende druppelbeurt(en) gecorigeerd.

Koppeling Agronaut met regeling kasklimaat.

Het niveau in het (meet)reservoir wordt continu gemeten (per seconde). Deze meting wordt omgerekend in een bepaalde verdamping. In werkelijkheid gaat het

echter voor een groot deel om verdamping van de planten plus een kleiner deel om opname van water voor groei van de planten en waarschijnlijk ook vochtbergingsverschillen in de mat.

Door de firma Hoogendoorn is een systeem ontwikkeld waarmee verbanden worden gelegd tussen "verdamping" en het kasklimaat. Bij dit systeem wordt, beneden of boven een door de kweker in te stellen verdampingsniveau, via regeling van het kasklimaat de verdamping bij gestuurd. Buistemperatuur verhogen en/of luchtramen openen bij daling van de transpiratie beneden een minimum ingesteld verdampingsniveau en bijvoorbeeld ramen sluiten bij het overschrijden van een maximum ingesteld verdampingsniveau.

De meetperiode waar naar gekeken werd liep van half januari tot en met juni 1989. De gegevens die tijdens deze periode werden verzameld zijn verwerkt en gecontroleerd door de firma Hoogendoorn. Een drietal dagen (16, 11 en 14 maart) zijn door het P.T.G. nader uitgewerkt en beoordeeld. Het betrof een bewolkte, een half bewolkte en een heldere zonnige dag, met respectievelijk een straling van 192, 718 en 1142 J cm⁻² dag⁻¹.

Om te kunnen beoordelen of de Agronaut praktisch aan de gestelde eisen voldoet is het van belang om na te gaan in hoeverre het meetsignaal van de Agronaut overeenkomt met de werkelijk gemeten verdamping van een bepaalde periode. In figuur 1a, 1b en 1c is een en ander voor de drie dagen weergegeven. In deze figuren zijn de momentane meetverschillen van de Agronaut in procenten per vijf minuten uitgezet tegen de werkelijk gemeten verdamping per vijf minuten. De meting van de verdamping heeft een nauwkeurigheid van 4 gram. Uit onderlinge vergelijking blijkt dat de momentane meetverschillen van de Agronaut ten opzichte van de werkelijke gemeten verdamping in alle drie de gevallen vrij veel kunnen afwijken. Op de dagen met veel verdamping werd weliswaar een betrouwbaar rechtlijnig verband gevonden tussen het meetsignaal van de Agronaut en de werkelijke verdamping, maar de spreiding van de punten is toch vrij groot. Op de dagen met veel verdamping werd bijvoorbeeld bij een meetverschil van 3 op de schaal van de Agronaut een gemiddelde verdamping berekend van 27.1 gram per 5 minuten, maar ligt in 95% van de gevallen de werkelijke verdamping tussen de 39.8 en 14.5 gram per 5 minuten. Dat wil zeggen afwijkingen van 50% naar boven en beneden.

In het computerprogramma van Hoogendoorn wordt niet gewerkt met momentane waarden, maar worden metingen per seconde per 2 minuten opgeteld en per twee minuten het verschil berekend. Meetafwijkingen worden hierdoor afgezwakt. In figuur 2a, 2b en 2c is het verband tussen de door Hoogendoorn omgerekende gegevens in mm. wateropname per uur voor perioden van 5 minuten en de gemeten verdamping op de bewolkte, half bewolkte en heldere dag weergegeven. Uit deze figuren blijkt dat ook na omrekening de spreiding van de punten nog behoorlijk groot is en het verband tussen Agronaut en werkelijke verdamping niet veel verbetert. Figuur 3a, b en c, waarin het verloop van 8-18 uur is weergegeven, toont aan dat de verschillen gedurende de gehele dag optreden en zowel bij een laag als een hoog niveau kunnen voorkomen.

De figuren tonen tevens aan dat de door de Agronaut berekende wateropname meestal groter is dan de werkelijke gemeten verdamping. Dit is ook te verwachten, omdat via de Agronaut de totale water opname wordt gemeten (verdamping plus opname van water voor de groei van de plant). Een en ander wordt nog duidelijker geïllustreerd indien de gegevens cumulatief worden weergegeven. (figuur 4a, b en c) Het verschil tussen de wateropname gemeten met de Agronaut en de werkelijk gemeten verdamping bedraagt op de donkere dag 265 g, op de half bewolkte dag 178 g en op de zonnige dag 256 g, wat overeenkomt met respectievelijk 50.4, 18.9 en 21.2 % over perioden van 8 t/m 18 uur. Slechts een deel van dit verschil is te verklaren, door de reeds vermelde wateropname voor groei van het gewas. Een verschil van meer dan 250 gram is voor een periode van 8 t/m 18 uur in half maart echter te groot. De Koning (1988) constateerde voor een zelfde periode in de praktijk een versgewichtsgroei van 170-190 gram per dag. Een juiste verklaring voor dit verschil is nog niet gevonden. Een mogelijkheid is dat de door Hoogendoorn gebruikte omrekeningsfactor niet geheel correct is of in de loop van het seizoen wat veranderd is.

Conclusies en discussiepunten.

- Geconcludeerd kan worden dat de Agronaut als systeem om de watergift te automatiseren vrij goed aan zijn doel heeft beantwoord.
- Het is echter gewenst om naast een berekening van de hoeveelheid drainwater de werkelijke hoeveelheid drainwater te meten en dit gegeven in de watergeefregeling op te nemen.
- Vergelijking van de momentane gegevens gemeten met de Agronaut met de werkelijk gemeten verdamping toont aan dat de meting van de Agronaut nog te onnauwkeurig is. Dit geldt speciaal in perioden met weinig straling. Perioden waarin de Agronaut juist het meeste nuttig zou kunnen zijn.
- De Agronaut werkt in tegenstelling tot wat door de fabrikant wordt beweerd niet momentaan, maar zoals achteraf bleek met afgezwakte waarden (voortschrijdend gemiddelde). Omrekening van de momentane waarden in afgezwakte waarden in mm. uur-1 over perioden van 5 minuten gaf echter nog een te grote spreiding van de punten te zien.
- Bij de Agronaut is sprake van het bepalen van de wateropname. Meting van de wateropname inplaats van de plantverdamping maakt het systeem onnauwkeuriger dan gewenst.
- De via het onderzoek geconstateerde kwantitatieve verschillen tussen de wateropname gemeten met de Agronaut en de werkelijke plantverdamping zijn te groot om geheel te kunnen worden verklaard door opname van water voor groei van het gewas.
- Mogelijke variaties in vochtberging in de steenwolmat kunnen onnauwkeurigheden van de meting veroorzaken. Recent onderzoek van de firma Grodan heeft aangetoond dat de druppelfrequentie en de hoeveelheid water die wordt gedruppeld van invloed zijn op de vochtberging in de steenwolmat. De mate van verschillen in vochtberging varieert bovendien per soort mat.

De gedachte achter de Agronaut is dat "van minuut tot minuut op grond van de gemeten verdampingssnelheid het klimaat in de kas wordt geregeld" Bij een te grote verdamping zorgt in zo'n geval de Agronaut voor een afname van de verdamping door bijvoorbeeld het sluiten van de ramen. Bij een te geringe verdamping verhoogt de Agronaut de minimum buis en/of gaat meer ventileren. De Agronaut regelt volgens de fabrikant zeer gevoelig. "Hele kleine variaties in verdamping veroorzaken al een impuls voor veranderingen van klimaat". Het meten en kennen van de mate van verdamping van een gewas lijkt een zinvolle zaak als het gaat om het instellen (bij stellen) van het juiste kasklimaat, bovendien is een minimale verdamping noodzakelijk voor voldoende transport van assimilaten en voedingsstoffen. Wat dat betreft lijkt de Agronaut mogelijkheden te bieden. Of het noodzakelijk en inderdaad goed mogelijk is om van minuut tot minuut het kasklimaat te regelen is echter nog maar de vraag. Een aantal hier onder genoemde discussiepunten lichten een en ander nader toe.

Als de hoeveelheid licht toe- of afneemt is toe- of afname van de verdamping een normaal gevolg. Waarschijnlijk alleen indien de verdamping (te lang) op een te laag niveau ligt moet worden gestimuleerd om een bepaald minimum grens te bereiken. Waar precies de minimum grens ligt is nog onvoldoende bekend. Eveneens is onbekend in hoeverre deze minimum grens mede wordt bepaald door de omstandigheden van het gewas en/of kasklimaat in de voorafgaande periode.

Als een plant in situaties verkeert met veel verdamping en over voldoende water kan beschikken dan geldt: hoe meer verdamping hoe beter voor de plant. Bij veel verdamping treedt veel koeling op, waardoor met name in de zomermaanden de problemen van te veel energie kleiner zijn. Een grote verdamping is in het algemeen niet ongunstig voor de plant. Bij voorbaat afremmen van de verdamping is dus in het algemeen ongewenst en niet nodig. De werkwijze van de Agronaut wijkt hier vanaf. Er wordt ook een maximale grens gesteld aan de verdamping. Bij overschrijding van de maximale ingestelde grens wordt de verdamping gedrukt door bijvoorbeeld aan de windzijde de ramen te sluiten, te schermen of

daksproeiers te gebruiken. Werkelijke problemen doen zich eerst voor als bij veel instraling met een grote potentiële verdamping de werkelijke plantverdamping door bepaalde oorzaken achter blijft. Sluiten van de huidmondjes treedt dan op, met als gevolg geen of onvoldoende CO₂-opname, waardoor afname van de fotosynthese en een te warme plant. De Agronaut biedt min of meer de mogelijkheid dit probleem te constateren. Naast het meten van de werkelijke verdamping (wateropname) met de Agronaut moet dan wel (modelmatig) de potentiële verdamping worden berekend. Welke maatregel(en) er na constatering genomen moeten worden hangt van de oorzaak af. De oorzaak zal in veel gevallen weinig te maken hebben met een verkeerd ingesteld kasklimaat maar het gevolg zijn van problemen in het wortelmilieu (onvoldoende water in de mat, te hoge Ec, zuurstofgebrek, slechte beworteling e.d.) Naast het wegnemen van de oorzaak kan het soms zinvol zijn om via regeling van het kasklimaat de planten tijdelijk wat minder te laten verdampen.

Zoals reeds opgemerkt is het bekend dat een te geringe verdamping problemen kan geven ten aanzien van transport van assimilaten en voedingsstoffen.

Onbekend is voornamelijk hoelang een periode met een te geringe verdamping mag duren voor dat dit schadelijk is voor een gewas.

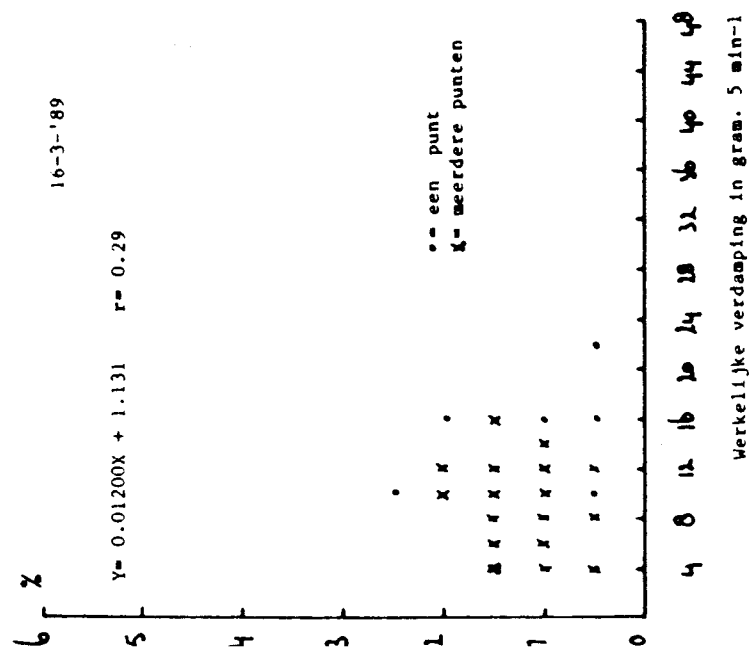
De Agronaut moet vooral de nadruk leggen op het constateren van het probleem. Het Agronaut-systeem gaat er van uit dat het klimaat op grond van de gemeten verdampingssnelheid momentaan, van minuut tot minuut, wordt geregeld. Gezien de boven genoemde opmerkingen lijkt het echter in het algemeen niet direct zinvol en noodzakelijk om de verdamping van minuut tot minuut via aanpassing van het kasklimaat beneden of boven een bepaalde grens te regelen. Daar komt bovendien bij dat de nauwkeurigheid van de Agronaut nog niet optimaal is. Hoge eisen aan de nauwkeurigheid gelden in het bijzonder indien er momentaan moet worden geregeld. Deze eisen kunnen waarschijnlijk een stuk lager worden gesteld als geregeld wordt met verdampingssommen.

Onderzoek hiernaar heeft, voor zover bekend, nog niet plaatsgevonden. Hoe groot een periode moet zijn waar over de verdampingssom gemeten zou moeten worden is bij gebrek aan onderzoek niet bekend. Enkele uren of een of twee dagen?

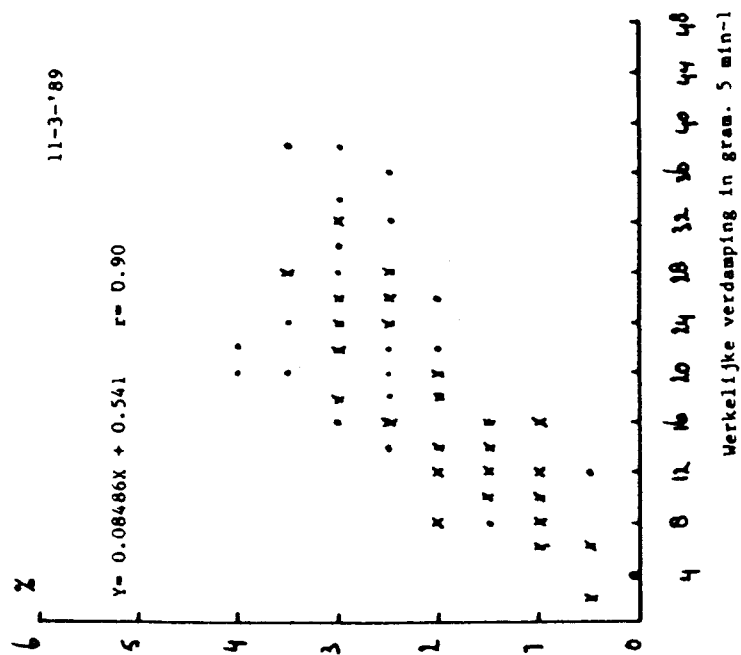
De ingestelde verdampingssom zal bij deze methode mede worden bepaald door de voorafgaande "geschiedenis" van de planten. Bekend is dat planten na enkele dagen donker weer met weinig verdamping, bij plotselinge sterke toename van de straling en daarmee de plantverdamping soms slap kunnen gaan hangen. De Agronaut constateert in zulke gevallen een achter blijven van de plantverdamping ten op zichte van de potentiële of gewenste verdamping. In zo'n situatie kan via de Agronaut hierop worden ingespeeld door middel van aanpassing van het kasklimaat. In hoeverre bij sturen van de verdamping zinvol en mogelijk is zal door onderzoek moeten worden uitgemaakt.

Indien met een bepaalde verdampingssom per periode wordt gewerkt gaat het er om dat in die periode een bepaalde totale verdamping wordt bereikt. Zo zou na een gedeeltelijke periode met weinig verdamping een periode moeten volgen waarbij de verdamping gestimuleerd wordt ook al is de momentane verdamping in deze vervolg periode op zich hoog genoeg. Andersom zou na een gedeeltelijke periode met veel verdamping gevolgd door een periode met weinig verdamping in veel gevallen de verdamping niet of nauwelijks behoeven te worden gestimuleerd. De minimale of maximale verdampingsgrens waarbij de Agronaut zou moeten bijsturen wordt bij deze werkwijze minder vastgelegd en hierdoor flexibeler. Hoe de grenzen en perioden moeten worden in gesteld zal een punt van onderzoek moeten zijn. De Agronaut kan hierbij van nut zijn.

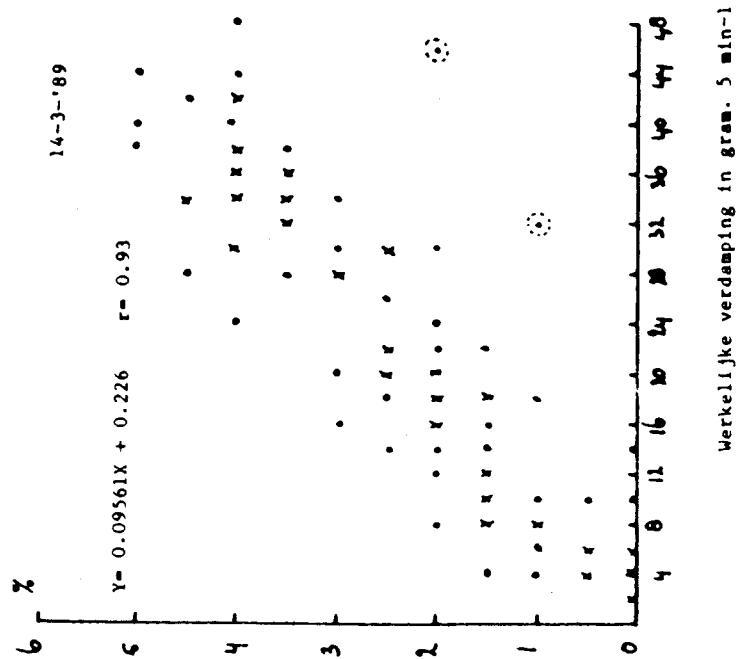
agronaut meetverschil in procenten 5 min-1



figuur 1a.

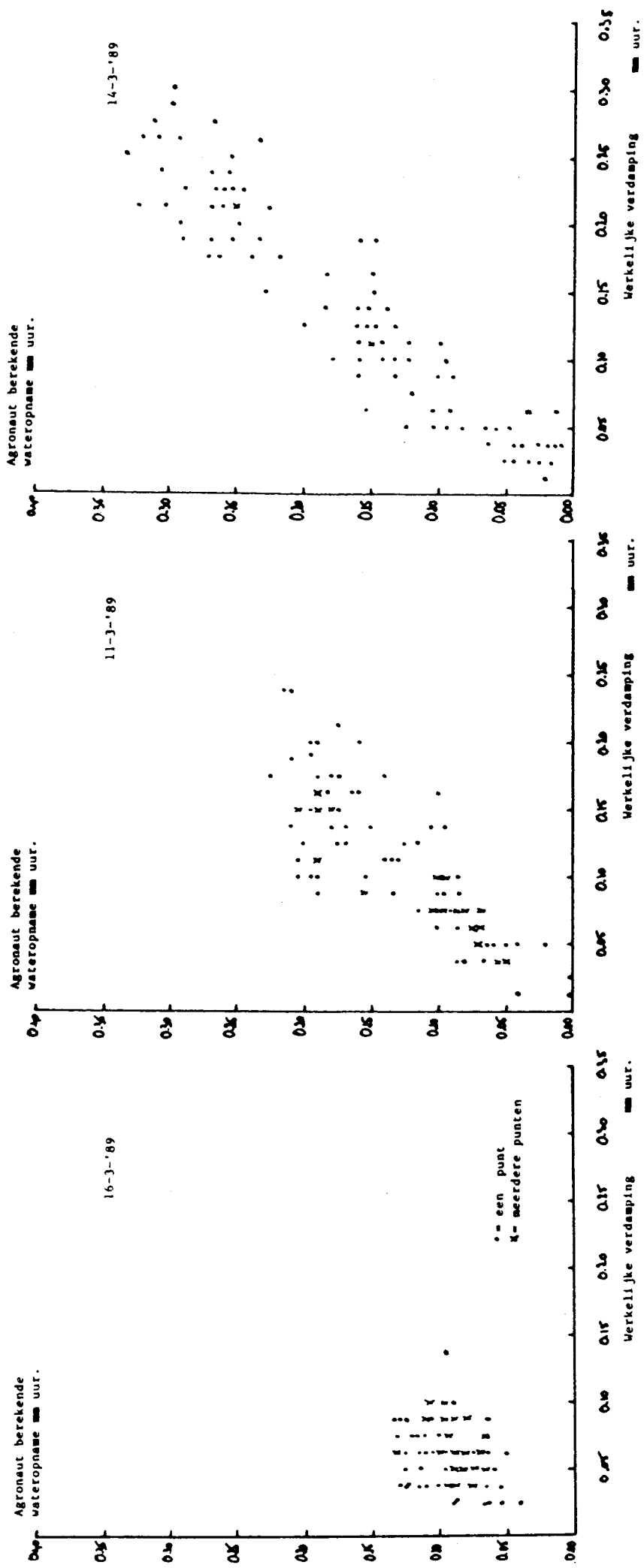


figuur 1b.



figuur 1c.

Figuur 1. Verband tussen het Agronaut meetverschil (meetsignaal) en de werkelijke verdamping.

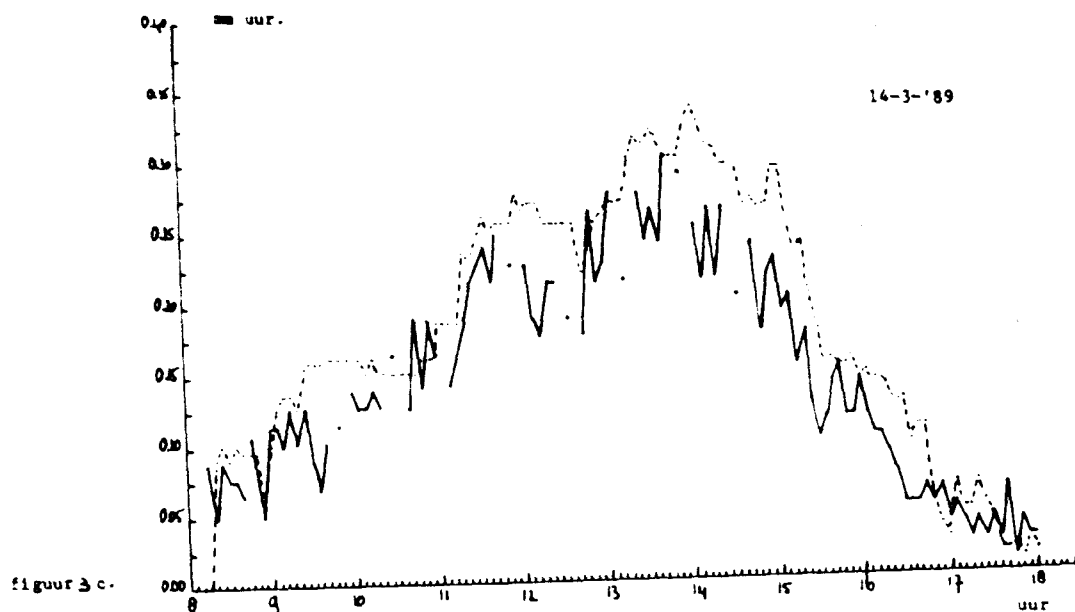
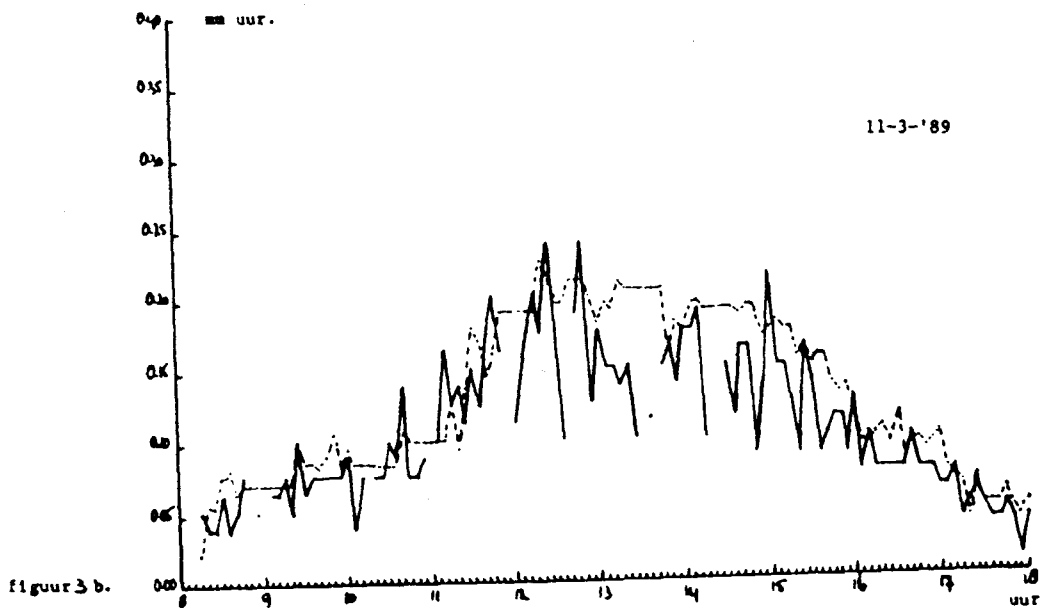
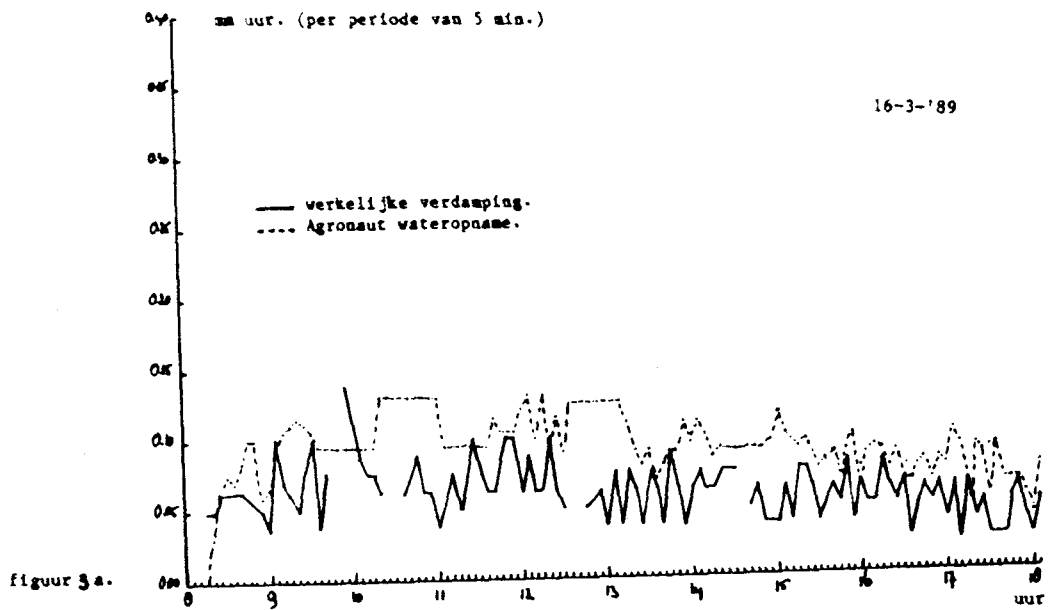


figuur 2a.

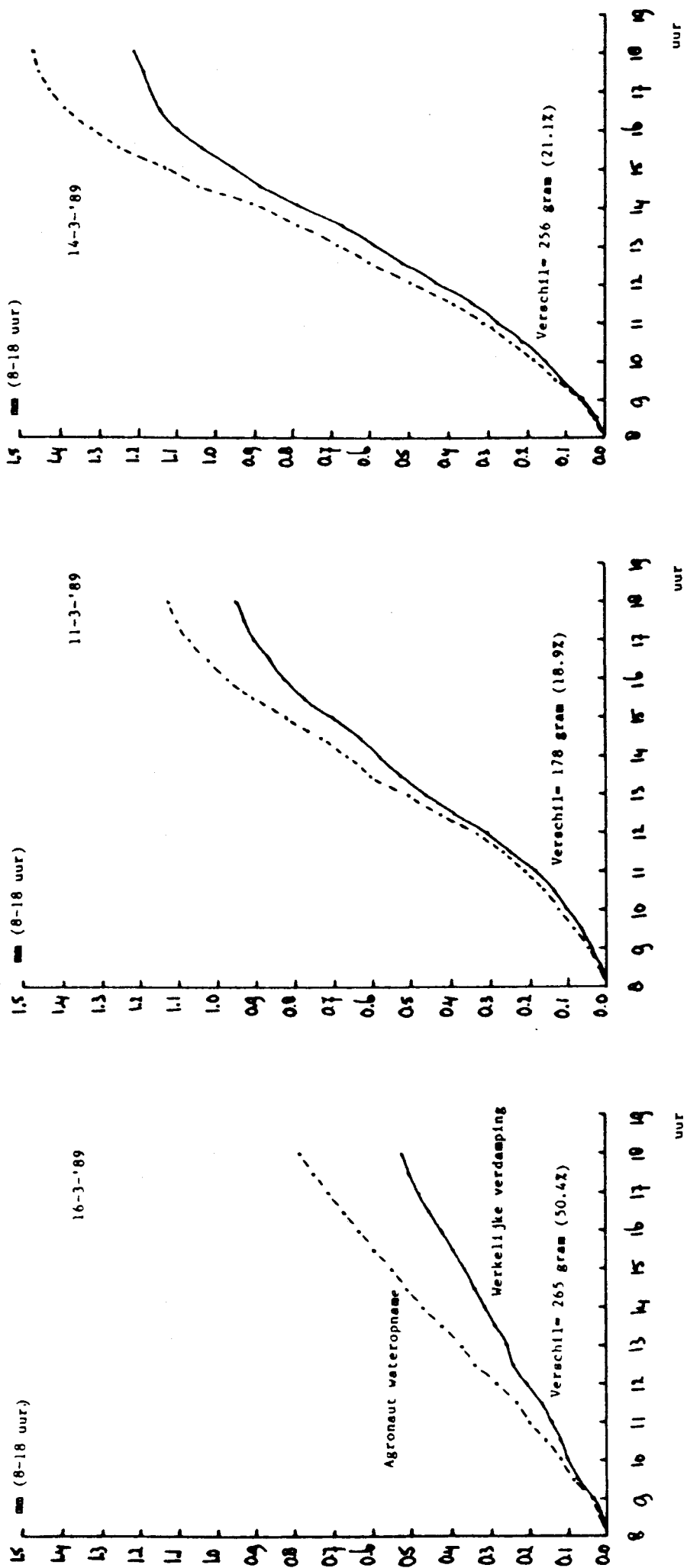
figuur 2b.

figuur 2c.

Figuur 2. Verband tussen de door de Agronout berekende wateropname en de werkelijke verdamping.



Figuur 3. Verloop van de door de Agronaut berekende wateropname en de werkelijke verdamping in mm uur-1 over periode van vijf minuten.



figuur 4 a.

figuur 4 b.

figuur 4 c.

Figuur 4. Cumulatief verloop van de wateropname berekend door de Agronaut en van de werkelijke verdamping.

DIJKJE ALS WATERKERING
BEKLEED MET PLASTIC

NIVEAUBAK (HOOGTE = 10 cm) (A)

10 cm

PLANK (5 cm)

BEKISTING
BEKLEED
MET PLASTIC

30 cm

LYSINETER 106 x 71 x 37 cm
(HOOGTE = 37 cm) (B)

TIJDELIJKE
DRAINOPWEG

PLANKJE BETONGEGELS

RUIMTE VOOR
AFSTELLEN LYSINETER

DRAINLEIDING

52 cm

180 cm

STELLAGE VOOR DE VASORAND
(HOOGTE 230 cm)

DRUPPELSLANG

DRUPPELSLANG

WATERVOEDING

LOOPPLANK

SLUIP BEDEKLED MET PLASTIC

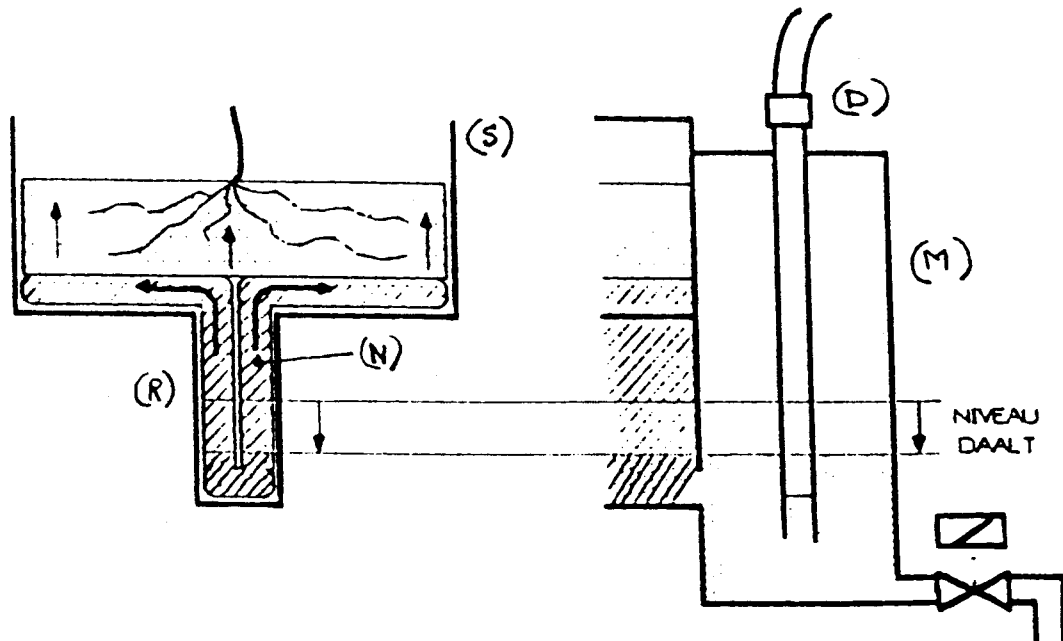
LYSIMETER (B)

DIJPT 92 cm

(A)

Bijlage 2: Overzicht Agronaut niveaumeter.

Niet Druppelen



Druppelen

