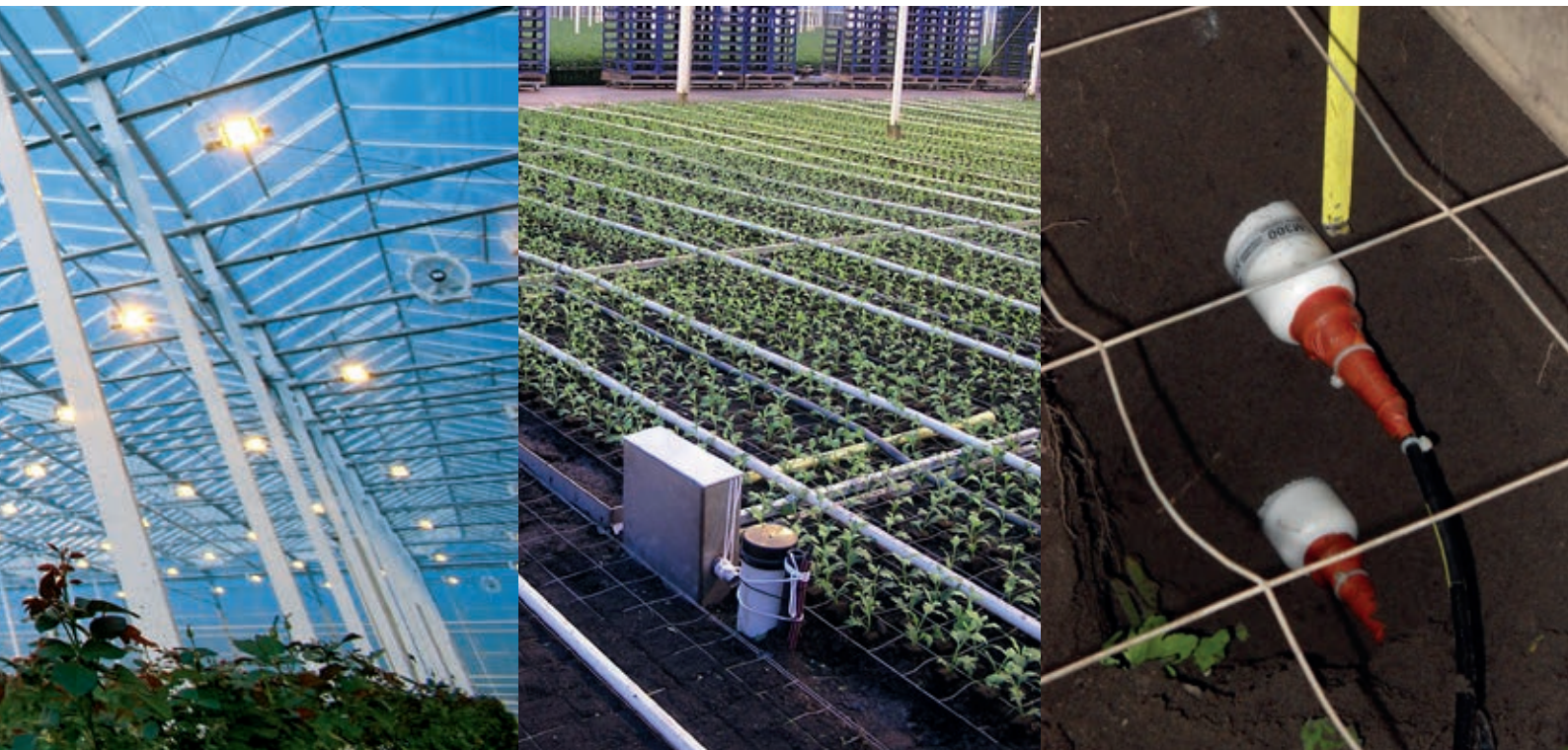




# Implementatie emissie managementsysteem grondgebonden teelten

Wim Voogt<sup>1</sup>, Jos Balendonck<sup>1</sup>, Marius Heinen<sup>2</sup>, Frank van der Helm<sup>1</sup>, Jan Janse<sup>1</sup>, Gert-Jan Swinkels<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wageningen UR Glastuinbouw, <sup>2</sup> Wageningen UR Alterra



## **Referaat**

Bij telers bleek een sterke behoefte voor een eenvoudiger en goedkopere versie van de eerder ontwikkelde lysimeter met automatische drainmeter. Daarom is er een zogenaamde "light" versie van de lysimeter ontwikkeld, met een handmatige meting van de drain. Verder is er een inventarisatie gedaan naar alternatieven voor de eerder gebruikte vochtsensoren. Helaas zijn er (nog) geen sensoren die aan álle randvoorwaarden voldoen voor grondgebonden kasteelten. Met de ontwikkelde tools: lysimeter, drainmeter, sensoren en modellen, kan de watergift en bemesting geoptimaliseerd worden en bijdragen tot emissievermindering bij grondteelten. Bedrijven die de tools actief gebruiken bleken in staat de uitspoeling sterk te kunnen beperken. De interpretatie van vochtsensoren blijft een lastig fenomeen, vanwege de grote verschillen tussen grondsoorten en aspecten van de bedrijfsvoering. Dit vraagt de nodige ervaring die in de loop van meerdere teelten en jaren moet worden opgedaan. De resultaten van de waterbalansen op de bedrijven laten zien dat het goed mogelijk is de berekeningen via het verdampingsmodel en de gegevens van de lysimeter met elkaar in overeenstemming te brengen via een calibratiefactor.

## **Abstract**

It appeared that growers were in need of a more simple and cheaper concept of the earlier developed lysimeter with automatic volumetric drain meter. To cope with the demand, a so called 'light 'version of the lysimeter was developed, with measuring by hand. Furthermore a survey was done to alternatives for the soil moisture sensors used so far. Unfortunately, no sensors were found which could meet all requirements for soil grown greenhouse crops. The tools developed, i.e. lysimeter, drainage meter, sensors and models will support the decisions made by growers for irrigation and fertilisation aiming at reduction in water-bound emissions from soil grown greenhouse crops. Growers that used the tools in an active way, reduced the leaching of nutrients drastically. The interpretation of soil moisture sensors is still complex due to big differences in soil type and crop management decisions. The results of water balance calculations at the growers show that the estimations of the crop transpiration by the model can be matched with the data from the lysimeter by using a crop specific calibration factor.

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

## **Wageningen UR Glastuinbouw**

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 48 56 06  
Fax : 010 - 522 51 93  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
	Woord Vooraf	7
1	Inleiding	9
	1.1 Doelstelling	9
	1.2 Aanpak	10
2	Materiaal en methoden	11
	2.1 Doorontwikkeling modulair system	11
	2.1.1 Lysimeter	11
	2.1.2 Vochtsensoren	11
	2.1.3 Monitoring en analyse data bedrijven	11
3	Resultaten	15
	3.1 Doorontwikkeling modulair system	15
	3.1.1 Lysimeter	15
	3.1.2 Vochtsensoren	16
	3.2 Monitoring en analyse data bedrijven	18
	3.2.1 Irrigatie management bioteelt bedrijven	18
	3.2.2 Interpretatie van vochtsensoren	20
	3.2.3 Waterbalans	22
	3.2.4 Teruggerekende verdamping $ET^*$	28
4	Conclusie en samenvatting	31
5	Referenties	33
Bijlage I	Details teelten	35
Bijlage II	Gewijzigde data	37
Bijlage III	Waterbalansdata bedrijven	39
Bijlage IV	Lysimeter 'light'	43



# Samenvatting

De activiteiten van het project 'Glastuinbouw Waterproof-grondgebonden', gericht op het optimaliseren van de watergift en vermindering van emissies bij grondteelten zijn in 2013 voortgezet. De geïntegreerde tool voor "emissiemanagement" is uitgesplitst in afzonderlijke modules: lysimeter, vochtsensoren, drainmeter en modellen. Het instapniveau voor implementatie is zo een stuk verlaagd, telers kunnen nu ook meedoen in het project met één module. Van het data-uitwisselingsplatform 'LetsGrow' is een eenvoudigere structuur opgezet voor de onderlinge datacommunicatie. Van de lysimeter is een zogenaamde "Light"-versie ontwikkeld. Deze is gebaseerd op hetzelfde principe en dezelfde randvoorwaarden als de eerder ontwikkelde lysimeterbak, maar dan zonder de gecompliceerde automatische drainmeting. De meting van de drain moet nu handmatig door de telers zelf gebeuren. De gebruikte vochtsensoren voldeden om diverse redenen niet. Er is een inventarisatie gedaan naar alternatieve vochtsensoren, die zouden moeten voldoen aan de randvoorwaarden die zijn gesteld voor glastuinbouw. Op dit moment zijn er geen sensoren die aan alle eisen voldoen: betrouwbaar, robuust, stoombaar, gemakkelijk plaatsbaar, en koppelbaar aan de klimaatcomputer. Er zijn een aantal alternatieven die dicht in de buurt komen, maar de ontwikkelingen gaan snel en er komen telkens nieuwe op de markt.

De bedrijven zijn over langere tijd gemonitord, helaas moest bij één van de deelnemers stoppen vanwege beëindiging van het bedrijf. Speciale aandacht was er voor de twee biologische bedrijven. Opnieuw bleek dat de uitspoeling op de bio-bedrijven zeer gering is. De watergift wordt op die bedrijven goed afgestemd op de gewasbehoefte. Het gevaar is wel dat de lysimeter uitdroogt als er over een langere periode minder water wordt gegeven dan de gewasverdamping. Hiervoor moet gecorrigeerd worden door de lysimeterbak extra te voorzien. Een punt van aandacht is de soms grote piek in de N-min gehalten in de bodem door de mineralisatie. Als dit samenvalt met een periode van uitspoeling kan er daardoor relatief veel N uitspoelen.

De interpretatie van vochtsensoren is lastig. Dit vraagt ervaring die in de loop van meerdere teelten en jaren moet worden opgedaan. Tot nu toe blijkt dat aan de volgen van de patronen veel is af te lezen. Een van de belangrijkste is dat bij juiste plaatsing, uit de samenhang van veranderingen van in diepte opeenvolgende sensoren kan worden afgeleid of er gevaar is voor uitspoeling. Telers die hiermee leren omgaan kunnen zo gericht sturen om uitspoeling tegen te gaan.

De berekeningen van de waterbalansen op de bedrijven laten een wisselend beeld zien.



## Woord Vooraf

Dit achtergrondrapport is een aanvulling op de eerder verschenen eindrapportages van het project 'Glastuinbouw Waterproof - Grondgebonden' (Balendonck *et al.* 2012; Heinen *et al.* 2012a,b; Voogt *et al.* 2012a,b;). Er was bij zowel de telers, onderzoekers als bij de overige stakeholders (Produktschap Tuinbouw, LTO-glaskracht, LTO-groeiservice, waterschappen en het ministerie van EZ) sterke behoefte om de activiteiten van dat project voor te zetten. Daarvoor is een vervolg project opgezet, gefinancierd met middelen uit het Productschap Tuinbouw (PT, Zoetermeer) en het ministerie van EZ. Dit project is ingediend als onderdeel van de PPS 'Glastuinbouw Waterproof'. bij de topsector T&U. De begeleidingscommissie uit het vorige project is gevraagd ook voor dit project op te treden. De commissie bevat de volgende leden: Wouter Verkerke (vz)(Wageningen UR-glastuinbouw), Marianne Mul (Unie van Waterschappen), Guus Meijs (LTO Noord Glaskracht), Jolanda Schrauwen (Hoogheemraadschap Delfland), Martine Tieleman (gemeente Westland), John Timmermans (Waterschap Peel & Maasvallei), Jos Ammerlaan (chrysantenteler, Bleiswijk), Jean Aerts (chrysantenteler, Venlo).

De negen telers uit het voorgaande project in de regio's Limburg, Brabant en Zuid-Holland waren bij het project betrokken.

Jos Ammerlaan, Jaap van den Beukel, Jan van Dijk, Nico Enthoven, Henk Gommans, Hans van Helvoort, Peter Janssen, Frank de Koning, Erik Kuiper, Leo Verbeek, Harry Vousten, allen telers c.q. bedrijfsleiders. De telers en bedrijfsleiders van de negen bedrijven worden bedankt voor hun gastvrijheid en medewerking.





# 1 Inleiding

Sinds 2010 is het project 'Glastuinbouw Waterproof Grondgebonden (KRW-project)' in uitvoering. Dit project was gericht op verbetering van het watermanagement bij grondgebonden teelten. In het project is een beslis-ondersteunend systeem ontwikkeld dat een teler meer inzicht geeft in zijn bodem en waarmee hij/zij meer grip krijgt op de noodzakelijke watervoorziening en bemesting. Het achterliggend doel is het terugdringen van de uitspoeling van nutriënten (N, P) en gewasbeschermingsmiddelen (Gbm), naar zowel grond- als oppervlaktewater. Dit is noodzakelijk om als sector te kunnen voldoen aan de vereisten van de KaderRichtlijn Water (KRW) en Nitraatrichtlijn (NR). Een "emissiemanagement tool" is ontwikkeld, bestaande uit een robuuste lysimeter, een drainmeter, vochtsensoren en rekenmodellen. Deze tool is geïnstalleerd en getest op bedrijven variërend in gewas, grondsoort en grondwatersituatie.

Centraal in het project staat de lysimeter in combinatie met een drainmeter (Voogt *et al.* 2012a), een afgesloten bak in de kasgrond, waarmee de lokale waterbalans kan worden geregistreerd. Aanvullend kunnen watergehaltesensoren (Balendonck *et al.* 2012) in en buiten de lysimeter gebruikt worden. De gegevens van de lysimeter en de watergehaltesensoren zijn mogelijk op zichzelf niet altijd goed te interpreteren. Door de gegevens te koppelen aan overige informatie (klimaat, verdamping) kan een beter totaalbeeld worden verkregen over de waterbalans in een kas.

Bovengenoemd project liep van 2010 t/m 2012. Vanwege de complexiteit is besloten het project in 2013 voort te zetten. De nadruk zou dan komen te liggen op verdere ontwikkeling van de tools met als doel deze praktijkrijp te maken. In het voorgaande project is een tool voor emissie-management ontwikkeld. Dit bestaat uit een geïntegreerd systeem, met een lysimeter, drainmeter, bodemvochtsensoren en modellen. De ervaring leerde dat dit systeem voor veel ondernemers met grondgebonden teelt te ingewikkeld was. De conclusie is daarom getrokken dat dit te hoog gegrepen en daarmee een stap te ver was. Bovendien bleek uit reacties tijdens bijeenkomsten van het praktijknetwerk dat veel telers dit toch een te duur ontwerp vonden. Er is daarom gekozen het systeem om te bouwen naar een modulair systeem. Hierbij kan ingestapt worden met afzonderlijke onderdelen

In eerdere rapportages (Voogt *et al.* 2012ab, Balendonck *et al.* 2012, Heinen *et al.* 2012ab) zijn de resultaten behandeld die in het project Glastuinbouw Waterproof - Grondgebonden gedurende de periode 2011-2012 waren verkregen. Op de negen deelnemende bedrijven zijn de registraties doorgegaan in het jaar 2013, en in deze rapportage worden de nieuwe gegevens toegevoegd aan de bestaande meetreeks en het geheel wordt bediscussieerd.

In dit rapport worden de resultaten van de praktijkmonitoring en de interpretatie van de resultaten besproken.

## 1.1 Doelstelling

De achterliggende drijfveer voor dit project is telers in staat stellen de emissiedoelstellingen te kunnen behalen. In dit project worden technieken en strategieën voor de watergift en de bemesting ontwikkeld, die gericht zijn op de gewasbehoefte. Hiermee wordt een verhoging van de water efficiëntie en sterke reductie van de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen bereikt.

Concreet voor dit project betekent dit: de opgebouwde kennis in het project 'Glastuinbouw waterproof grondgebonden' verder uit te bouwen en te implementeren in de sector. en de implementatie van technieken en strategieën voor een verbeterd watermanagement op bedrijven worden ondersteund.

## 1.2 Aanpak

Het project is opgedeeld in een aantal werkpakketten om op de geformuleerde vragen in te spelen.

Werkpakket 1: Doorontwikkeling modulair systeem

De in het voorgaande project ontwikkelde tool voor emissie management bestond uit een geïntegreerd systeem, met lysimeter, drainmeter, bodemvochtsensoren en modellen. De ervaring leerde dat dit voor veel ondernemers met een grondgebonden teelt een stap te ver en te hoog gegrepen is. Een modulaire opbouw waarbij ingestapt kan worden met afzonderlijke onderdelen is doelmatiger. Van de lysimeter+drainmeter worden samen met bedrijven stand-alone versies ontworpen en ontwikkeld tot een product. Tegelijkertijd worden ook goedkopere versies van de huidige ontworpen, waarbij de gestelde randvoorwaarden voor betrouwbaarheid van het resultaat en toepasbaarheid in de gangbare teeltsystemen voluit overeind blijven. Specifiek voor de module vochtsensoren zal gezocht worden naar storingsongevoelige en robuuste typen. Ook worden alternatieven gezocht en ontworpen voor de koppeling met de gangbare data infrastructuur op glastuinbouwbedrijven (klimaatcomputer) of zullen nieuwe vormen van datacommunicatie (internet) op toepasbaarheid worden getest.

Werkpakket 2: Monitoring en data analyse

De verschillen tussen bedrijven door grondsoort, teelt en teeltwijze en hydrologie zorgen voor zeer variabele resultaten. Duiding van deze resultaten ten einde daaruit richtlijnen en best practices op te formuleren vereisen meer meetgegevens over langere tijdreeksen. Voor dit doel worden data van bedrijven over een langere periode gemonitord en geanalyseerd.

Een aantal van de deelnemende praktijkbedrijven zijn intensiever gevolgd voor wat betreft de irrigatiestrategie en uitspoeling, de emissievracht, in het bijzonder is dit gedaan voor de twee bedrijven met biologische teelt. Op andere bedrijven is meer aandacht geweest voor de interpretatie van de waarden van de vochtsensoren. Verder is er een meer gedetailleerde studie gedaan naar de waterbalans, om de gegevens van de lysimeter en het gebruikte verdampingsmodel op waarde te kunnen schatten en de gegevens beter te kunnen interpreteren.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Doorontwikkeling modulair system

#### 2.1.1 Lysimeter

In het voorgaande project was uitgegaan van een geïntegreerd systeem van lysimeter, automatische drainmeting, vochtsensoren en modellen. Voor dit project is dit ontkoppeld. Van de lysimeter+ drainmeter is met Fa. Horticoop een stand-alone versie ontworpen. Hiervoor is het bestaande ontwerp van de lysimeter en de drainmeting als uitgangspunt genomen. (Voogt *et al.* 2012a) De drainmeting is uitgevoerd met een PLC waarin een meetprotocol is geprogrammeerd. deze kan de data via de klimaatcomputer aanleveren, of in elementaire versie met een simpele puls of volumeteller.

#### 2.1.2 Vochtsensoren

Voor de module vochtsensoren is een inventarisatie gedaan naar de geschikte typen die beschikbaar zijn. Uitgangspunt was de situatie in glastuinbouw met frequente teeltwisseling, volledige oppervlaktebenutting, stoombaarheid, de wens naar zo min mogelijk bekabeling en dus draadloze sensoren. Technisch robuust, betrouwbare meting geven, geen verstoring van het teeltproces en ook gemakkelijk (her-plaatsbaar) (zonder concessies). Daarnaast een sterke wens tot koppelbaarheid aan de klimaat computer. Eventueel ook met een EC en Temperatuur. Uiteraard is betaalbaarheid ook belangrijk.

In het voorgaande project is gebruik gemaakt van een bepaald type vochtsensor. Om pragmatische redenen is destijds gekozen voor de SM300 van delta T. Om allerlei technische redenen bleek het niet mogelijk deze sensoren rechtstreeks te koppelen aan de klimaatcomputer. Er is daarom gekozen te werken via LetsgrowLetsGrow, een systeem voor datauitwisselingdata uitwisseling via internet. Het systeem was dat de sensoren gekoppeld waren via een WUR-server/modem. Dit is echter geen praktijk systeem. Ook omdat deze vochtsensoren regelmatig storingen geven, heeft WUR besloten dit systeem niet langer te zullen ondersteunen.



Afbeelding 1. De vochtsensoren die in het project gebruikt zijn: SM300, met rechts één van de structurele problemen corrosie van de connectoren, waardoor kortsluiting ontstond.

#### 2.1.3 Monitoring en analyse data bedrijven

Het netwerk van negen bedrijven uit het vorige project is gebruikt om gegevens te monitoren. Helaas is een bedrijf tijdens de looptijd van het project afgevallen wegens bedrijfsbeëindiging.

Tabel 1. overzicht van de deelnemende bedrijven met regio's en gegevens over de grondsoort en hydrologische situatie.

Praktijknetwerk	Gewas	Grondsoort <sup>1</sup>	Grondwater	Drainage
Noord Limburg	Chrysant Chrysant Matricaria Biologische vruchtgroenten	Leemarm zand Leemhoudend zand Sterk lemig zand Sterk lemig zand	Diep > 5 m Diep > 2 m Diep > 1.50 m Diep > 1.50	nee wel, nauwelijks drainwater wel, geen drainwater wel, geen drainwater
Rivierengebied	Chrysant	Zeer lichte zavel	Wisselend 1 - 2 m	wel, wisselend drainwater
Zuid-Hollands glasdistrict	Chrysant Sla	Lichte klei Zand	Wisselend 1 - 1.50 m < 1 m	wel, wisselend drainwater wel, drainwater
Zuid-Hollandse eilanden	Biologische vruchtgroenten	Zware zavel	< 1 m	wel, drainwater
De Venen	Zomerbloemen	Humeuze lichte klei	< 1 m	wel, drainwater

<sup>1</sup> In Heinen *et al.* (2012ab) is een profielbeschrijving van de deelnemende bedrijven gegeven.

<sup>2</sup> Bedrijf is beëindigd in 2013

Voor een verdere beschrijving van de bedrijven, de gebruikte technieken en data-acquisitie zie: Balendonck *et al.* 2012; Voogt *et al.* 2012a.

Voor een aantal onderdelen van de monitoring zijn gedetailleerde metingen gedaan. De waterbalans van een bedrijf bestaat uit drie termen: irrigatie, evapotranspiratie en drainage. Hierbij wordt verondersteld dat de teler niet bewust de grond aan het vernatten of uitdrogen is, zodat op langere termijn de bergingsverandering verwaarloosd kan worden.

### Irrigatie

Op elk bedrijf is tot eind 2012 de watertoediening in de nabijheid van de lysimeter gemeten met een regenmeter. Vanaf 2013 is overgestapt op de waterafgifte registratie van de klimaatcomputer.

### Evapotranspiratie (verdamping)

De verdamping van water via gewastranspiratie en verdamping van water aan het grondoppervlak is berekend met het verdampingsmodel (De Graaf en Spaans, 1989; Voogt *et al.* 2000; Voogt *et al.* 2002; zie ook Heinen *et al.* 2012ab)

$$ET = \sum_{i=0}^t \left( aR_i + b|T_{\text{buis}} - T_{\text{kas}}|_i \right) \frac{L_i}{L_{\text{max}}} \quad [1]$$

hierin is  $ET$  de cumulatieve evapotranspiratie of verdamping (mm),  $t$  de tijd in minuten sinds  $t = 0$  (min),  $R$  de globale stralingssom tot aan tijdstip  $t$  buiten de kas gemeten en waar nodig aangevuld met straling via assimilatiebelichting ( $\text{J cm}^{-2}$ ),  $T_{\text{buis}}$  de buistemperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{\text{kas}}$  de kastemperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $|T_{\text{buis}} - T_{\text{kas}}|$  het absolute temperatuurverschil ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $a$  een empirische gewasfactor voor stralingseffect ( $\text{mm cm}^{-2} \text{J}^{-1}$ ),  $b$  een empirische gewasfactor voor stookinvloed ( $\text{mm } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ),  $L$  de actuele gewaslengte (m), en  $L_{\text{max}}$  de maximale gewaslengte (m). In deze studie is *a-priori* geen onderscheid gemaakt in gewas-specifieke parameters  $a$  en  $b$ ;  $a = 1.8 \cdot 10^{-3} \text{ mm cm}^{-2} \text{ J}^{-1}$  en  $b = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ mm } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ . De gegevens over straling, assimilatiebelichting, buistemperatuur en kastemperatuur werden geregistreerd op de klimaatcomputer van het bedrijf, en zijn in het kader van dit project beschikbaar gemaakt in een centrale database (LetsGrow; [www.letsgrow.com](http://www.letsgrow.com)). De gewaslengte  $L$  werd gekoppeld aan een vooraf verondersteld verloop van het bladoppervlak (LAI; Heinen *et al.* 2012ab).

De verdamping berekend met het verdampingsmodel bevat twee empirische factoren en een gewasgrootte factor. Deze drie parameters zijn onzeker, en het is niet ondenkbaar dat deze per bedrijf, per seizoen, per gewas, en zelfs per cultivar kunnen verschillen. Dergelijke informatie was echter niet beschikbaar. Hierdoor is de berekende verdamping onzeker.

De lysimeter is een afgesloten eenheid in de kasgrond. Hoewel de lysimeter niet op een weegschaal staat, is het toch mogelijk de verdamping over langere tijdsintervallen te schatten op basis van het verschil in irrigatie en gemeten drain onder in de lysimeter

$$ET^* = \sum_{i=0}^t (I_i - D_i) \quad [2]$$

hierin is  $ET^*$  de cumulatieve verdamping geschat in de lysimeter (mm),  $I$  de irrigatie (mm), en  $D$  de gemeten drain onder in de lysimeter (mm). Bij de berekening van  $ET^*$  wordt verondersteld dat de bergingsverandering in de bodem in de lysimeter over het tijdsinterval  $t$  verwaarloosbaar is. Met andere woorden, de teler is niet bewust de grond aan het vernatten of aan het uitdrogen. Typische tijdsintervallen waarover  $ET^*$  kan worden berekend is een teeltperiode (bijv. voor chrysant) dan wel enkele weken of maanden voor jaar-rond teelten.

De gemeten drain onder in de lysimeter is op zich een robuuste maat. Toch hebben zich meet- en regelproblemen voorgedaan in het begin van de onderzoeksperiode. Betrouwbare metingen van de drain zijn voor een aantal bedrijven sinds voorjaar/zomer 2011 beschikbaar. Bij andere bedrijven was dit later in het jaar en een enkel bedrijf heeft geen betrouwbare meetresultaten opgeleverd. Daarom wordt  $ET^*$  alleen bepaald sinds augustus/september 2011.

Als we vertrouwen hebben in de schatting voor de verdamping via  $ET^*$ , dan kunnen we nagaan wat de verhouding is tussen  $ET^*$  en  $ET$ . Deze verhouding kan dan in de toekomst als correctiefactor voor  $ET$  (verdampingsmodel, Vgl. [1]) gebruikt gaan worden

$$F_{ET} = \frac{ET^*}{ET} \quad [3]$$

hierin is  $F_{ET}$  de correctiefactor voor  $ET$  (mm mm<sup>-1</sup>). Zoals eerder al aangegeven zal  $F_{ET}$  per bedrijf, per gewas en per cultivar verschillen, en mogelijk ook per seizoen.

### **Drainage**

Drainage is de hoeveelheid water die onder in de lysimeter is opgevangen en afgepompt. Hierbij wordt verondersteld dat deze representatief is voor het betreffende teeltoppervlak.

### **Bedrijven**

De negen bedrijven zijn gecodeerd (anoniem) weergegeven: 1AB, 2BN, 3BV, 4GE, 5HV, 6JM, 7KG, 8KT, 9VV. Bij bedrijven 1AB, 3BV, 4GE, 5HV, 6JM werden chrysanten (incl. matricaria) geteeld, bij bedrijven 8KT en 9VV werden jaar-rond groentegewassen geteeld, bij bedrijf 2BN werden overige bloemen geteeld, en bij bedrijf 7KG werd sla geteeld, waarbij vaak lange braakperiodes tussen de teelten werden toegepast waarin irrigatie werd toegepast om zoutophoping tegen te gaan. De teeltperiodes per bedrijf staan vermeld in Bijlage I. Handmatige wijzigingen in de datasets staan in Bijlage II.



## 3 Resultaten

### 3.1 Doorontwikkeling modulair systeem

#### 3.1.1 Lysimeter

In samenwerking met Zwinkels, projecten & advies is een zogenaamde 'lysimeter light' ontwikkeld. Dit is een stand-alone versie van de lysimeter. Deze is bedoeld als goedkopere variant van de huidige versie. Belangrijke randvoorwaarde was dat de systeemeisen voor het betrouwbaar kunnen meten van de uitspoeling gehandhaafd bleven, zoals verwoord in Voogt *et al.* (2012).

Het systeem is ontworpen aan de hand van de volgende randvoorwaarden:

- De bak zelf met een RVS rand zoals in het huidige systeem.
- Een goedkopere opvangkoker van stoombaar materiaal (Polypropyleen).
- Een robuuste zelfaanzuigende pomp.
- Een tijdschakelaar die instelbaar elke dag een paar keer "pomt".
- Alle onderdelen stoombestendig.
- Geen sensoren in of buiten de bak.
- Bak geschikt voor gebruik van stoomafzuiger.
- Drainreservoir moet bereikbaar zijn voor inspectie en schoonmaken.
- Drain oppompen vanuit uit reservoir, een minimaal reservoir aanhouden, voor vrij verval uit de lysimeter.
- Drain pompen naar een vat.
- Handmatig en visuele meting van drain.

Het verschil bestaat vooral uit het handmatig, of semi-automatisch afpompen en meten van de drain. De ervaring had geleerd dat verstoppingen van de drainpomp gemakkelijk optreden. De oorzaken hebben te maken met zand-, slibdeeltjes, organisch materiaal of neerslag van ijzer. Er is daarom gekozen voor een robuuste, zelf aanzuigende pomp, waarbij de klepjes in de zuigleiding gemakkelijk demonteerbaar zijn om te kunnen worden gereinigd. De schakeling van de pomp kan handbediend of via een schakelklok zodat elke dag op een vast tijdstip eventueel aanwezig water verpompt wordt. Er is ook een "stoomstand", dat wil zeggen dat er tijdens stomen elk kwartier water opgepompt wordt, om te voorkomen dat er een waterslot ontstaat op de drainafvoer waarbij de luchtafzuiging om de stoom de lysimeter in te trekken wordt geblokkeerd.

De meting aan drainwater zelf moet dan handmatig via een vat met maatverdeling gebeuren. De gegevens kunnen dan uiteraard niet via de klimaatcomputer worden geregistreerd. De bak zelf is vrijwel hetzelfde gebleven. Een optie is om de drainkoker te integreren in de bak, zodat installatie eenvoudiger is en door elke installateur samen met een loonbedrijf kan worden gedaan. Aan de eisen van lekvrij, stoombaar, robuust en berijdbaar met tractor zijn geen concessies gedaan. Voor het kunnen stomen is een losse opzetventilator ontwikkeld, zodat met onderdruk op het systeem de stoom tot onderin de bak komt.

De totale kosten van een dergelijke lysimeter, inclusief plaatsing, komen nu uit op € 5200, (excl. BTW). Afhankelijk van de voorziening van afpompen en meten komen daar nog € 300 - 1000 aan kosten bij.

Een schets van de 'light versie' van de lysimeter is opgenomen in Bijlage IV.

## 3.1.2 Vochtsensoren

Onderzocht is welke alternatieven er zijn voor robuuste bodemvochtsensoren. Bij de afweging zijn er tenminste twee belangrijke keuzes:

1. Aansluiten op klimaatcomputer of data inzien via een extern systeem, bijvoorbeeld een externe server (LetsGrow)
2. Losse sensoren (ingraven per bodemlaag) of een prikstok.

De concrete alternatieven voor bodemvochtsensoren zijn:

1. Losse sensoren op klimaatcomputer-draadloos (WIRELESS VALUE, Emmen).

Met dit systeem kunnen 4 robuuste vochtsensoren (Hydraprobe) gekoppeld worden, met een directe koppeling aan de klimaatcomputer. Voorwaarde is dat de klimaatcomputer daartoe 4 analoge (4-20mA) ingangen vrij heeft. In de kas worden 4 sensoren op een interface aangesloten (15 m kabel per sensor). De interface wordt draadloos (geen lange kabels) in de kas gekoppeld met een basisstation dat bij de klimaatcomputer komt te staan. De aanschaf van de vier sensoren en basis set apparatuur bedraagt ca. € 3630 (excl. BTW). Optioneel kan dit systeem nog uitgebreid worden met een koppeling voor de drainmeter en een regenmeter of andere sensoren. De prijs is exclusief de kosten voor een installateur welke de aansluiting op de klimaatcomputer moet maken of mogelijk ook de vaste installatie van het basisstation en de interface op het 220V net moet maken. Eventueel komen daar kosten bij voor een extra analoge inputs op de klimaatcomputer als die niet voorhanden zijn. Dit systeem is overigens ook verkrijgbaar met een internet koppeling (AgriSensys) als alternatief voor de directe koppeling op de klimaatcomputer. Globaal bedraagt de meerprijs daarvoor €500 met een jaarlijkse abonnementskosten van ca. €350.



Afbeelding 2. Sensor van het type Hydraprobe (Wireless-value).

2. Prikstok via internet (DACOM-Emmen).

Het systeem bestaat uit 2 prikstokken, een regenmeter en een modem-unit welke batterij/zonnepaneel gevoed zijn (geen 220V koppeling, draadloze internet koppeling). De prikstok heeft 6 sensorelementen (in diepte op elke 10 cm). Data is uitleesbaar via een PC-applicatie die van het internet de data ophaalt. DACOM heeft een service om de sensoren te kalibreren voor de kasgrond. Aanschafkosten bedragen € 4870, en jaarlijks is een data abonnement noodzakelijk van € 950.



Afbeelding 3. De 'terrassen' sensor, met prikstok van DACOM.



3. Losse sensoren op klimaatcomputer-bedraad (via installateurs en klimaatcomputer leveranciers).

Bij deze optie zullen losse vochtsensoren via een bekabeld systeem rechtstreeks op de klimaatcomputer aangesloten kunnen worden. WUR-Glastuinbouw heeft deze route 1 maal toegepast m.b.v. IMKO-bodemvochtsensoren (Eijkelkamp, Giesbeek) met assistentie van een installateur voor een Hoogendoorn Computer (BE de Lier). Alle klimaatcomputer fabrikanten ondersteunen deze route en geven aan in principe analoge bodemvochtsensoren aan te kunnen sluiten. In de praktijk betekent dit echter dat dit maatwerk is, en de teler zelf moet aangeven welke sensoren hij/zij wil hebben en dat de leverancier en installateur samen een aanbieding zullen moeten maken of e.e.a. realiseerbaar is. Een richtprijs voor totale kosten is daarom niet af te geven. Voor de sensoren moet met ca. € 800 per sensor rekening gehouden worden, maar de kosten kunnen snel oplopen als er extra interfaces nodig zijn.



Afbeelding 4. Sensor die rechtstreeks op de klimaatcomputer kan worden aangesloten: Imko (Eijkelkamp).

4. Eenvoudige sensoren en uitlezing met de hand. (bv. AquaTag, SensorTag Solutions, Rotterdam).

Indien de teler wel vochtgehalte wil meten, maar voor veel lagere kosten wil gaan, bestaan er handmeters met vochtsensoren. Om een goede referentie op te bouwen moeten de sensoren dan op hun plek blijven zitten (niet van plek naar plek meten), en zullen er veel aangeschaft moeten worden om bijvoorbeeld een goed beeld te krijgen over de spreiding van vochtgehalte in de kas. De AquaTag biedt deze mogelijkheid. De kosten zijn vanaf ca. € 35 per sensor en € 800 voor een hand-uitleesapparaat. In dit geval zal de teler voor elke meting de meetpunten af moeten lopen en zal hij/zij een handmatige/half geautomatiseerde administratie moeten opzetten om vochtgehalte te volgen in zijn kas. De kalibratie van dit type sensoren is niet eenvoudig, maar ongecalibreerd zijn ze wel geschikt om trends te herkennen. Het systeem kan handig zijn om in combinatie met de lysimeter te gebruiken om het moment van begin uitspoeling te koppelen aan een vocht setpoint.

Er komen regelmatig nieuwe systemen op de markt. Het draadloze systeem PlantCare, geleverd via Eijkelkamp (Giesbeek) is bijvoorbeeld zo'n systeem.



Afbeelding 5. Eenvoudige handapparatuur (Aqua-Tag).

## 3.2 Monitoring en analyse data bedrijven

Een aantal van de deelnemende praktijkbedrijven zijn intensiever gevolgd voor wat betreft de irrigatiestrategie en uitspoeling, de emissievracht en op andere bedrijven is meer aandacht geweest voor de interpretatie van de waarden van de vochtsensoren. Verder is er een meer gedetailleerde studie gedaan naar de waterbalans, om de gegevens van de lysimeter beter te kunnen interpreteren.

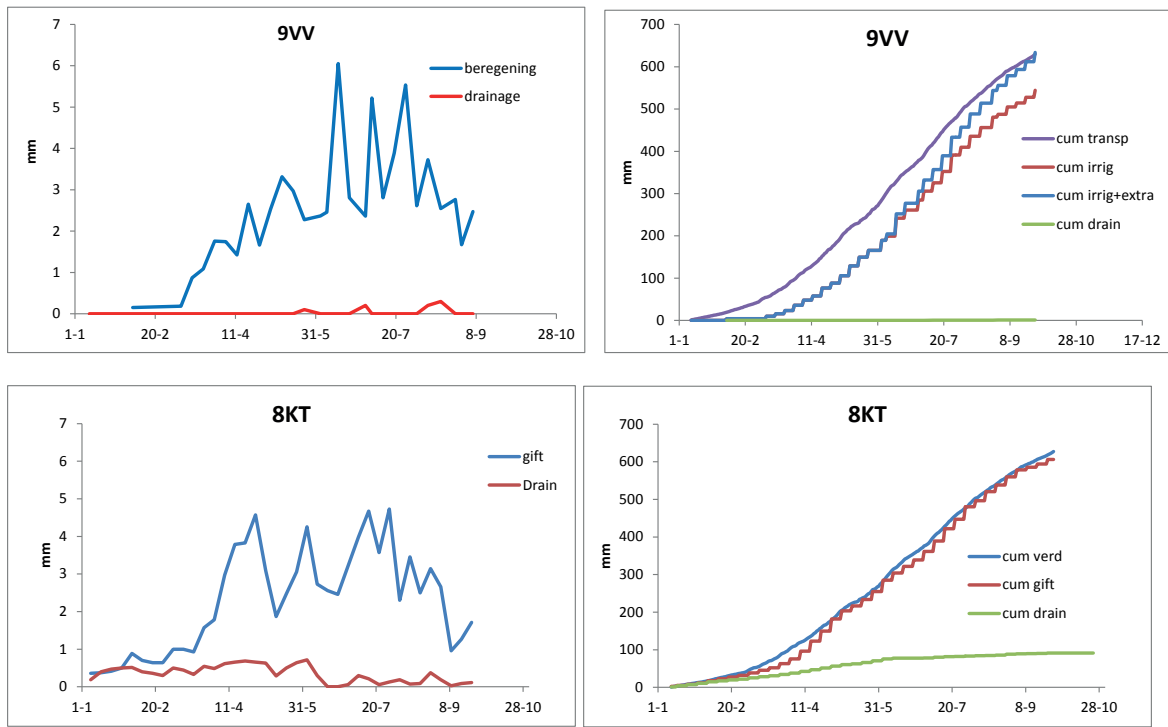
### 3.2.1 Irrigatie management bioteelt bedrijven

De watergift en de gemeten drainage van bedrijf 9VV en 8KT voor het teeltseizoen 2013 zijn weergegeven in Figuur 1. Op beide bedrijven was sprake van een paprikateelt, met min of meer gelijke plantdatum, namelijk eind december 2012. Er was een duidelijk verschil in watergeefregime tussen beide bedrijven: bij 9VV is bij de aanvang en de eerste maanden van de teelt beperkt beregend, bij 8KT was dit duidelijk meer. De reden voor de verschillen waren de problemen met verzilting op het bedrijf 8KT, opgebouwd in de loop van een aantal jaren. Op dit bedrijf is daarom bewust ruimer water gegeven dan de berekende verdamping, om verdere verzouting te voorkomen en enige doorspoeling te bewerkstelligen. Voorafgaande aan de teelt was gespoeld met ca. 120 mm. Bij 9VV was er nauwelijks drain gemeten in de lysimeter, bij 8KT is regelmatig drain gevonden, zeker in de eerste maanden. In de eerste weken was er zelfs meer dan of evenveel drain als beregend. Het is aannemelijk dat er sprake is van een na-ijl effect van de actie van het doorspoelen medio december. Bij 9VV is de watergift dusdanig minder geweest dan de verdamping zodat een watertekort in de lysimeter is opgetreden, waarbij de planten groeiachterstand opliepen. Er is corrigerend extra water gegeven, echter te laat om de groeiverschillen te kunnen herstellen. De gecorrigeerde gift is in de grafiek van 9VV (Figuur 1.) als extra gift opgenomen, maar geldt dus alleen voor de lysimeter. De watergift bij 8KT zou ongeveer op de berekende verdamping hebben gezeten. Op moment van beëindigen van de teelt is er netto nauwelijks verschil tussen verdamping en irrigatie. Uit het verloop zou er in de eerste maanden van de teelt ook bij 8KT minder beregend zijn dan de berekende verdamping. Het feit dat er wel drain is geweest is een indicatie dat het verdampingsmodel hier overschat. Dit zou voor een belangrijk deel verklaard kunnen worden uit problemen met luisaantasting op dit bedrijf in de voorjaarsperiode, waardoor de gewasontwikkeling ernstig was gehinderd. De effecten hiervan zijn overigens lastig te parameteriseren, wellicht dat een periodieke correctie op de LAI een mogelijkheid biedt om de schattingen via het model te optimaliseren.

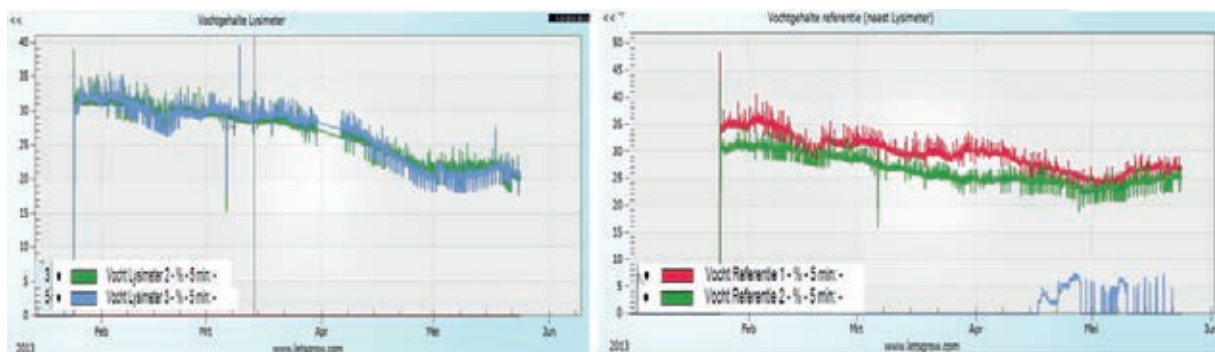
De geringere gift dan verdamping bij 9VV waren duidelijk zichtbaar op de vochtsensoren (Figuur 2.). Door technische gebreken zijn deze slechts tot juni geregistreerd. In de lysimeter waren de gehalten duidelijk al eerder sterk aan het dalen dan in de referentie, naast de lysimeter. Dit signaal is echter door de teler te laat opgemerkt.

Bij bedrijf 8KT is regelmatig het drainwater bemonsterd en geanalyseerd op nutriënten en EC. De resultaten laten zien dat er vooral in het begin van de teelt een vrij hoog  $\text{NO}_3^-$  gehalte wordt gemeten, na de zomerperiode daalt dit vrij sterk. Dit is ook in de eerdere jaren van het project gevonden en heeft te maken met de onbalans tussen N-aanbod uit mineralisatie van de toegepaste (organische-) meststoffen die vooral snel na toediening optreedt en de gewasvraag gedurende het teeltseizoen. Aan de hand van de berekende waterbalans gegevens per maand is de N- en P-vracht van de uitspoeling gemeten (Figuur 4.). De combinatie van het verloop van de drain en de concentratie maakt dat er een duidelijk piek is in N-uitspoeling in het voorjaar. De P-uitspoeling is met ca. 1 kg/ha/jaar betrekkelijk gering.

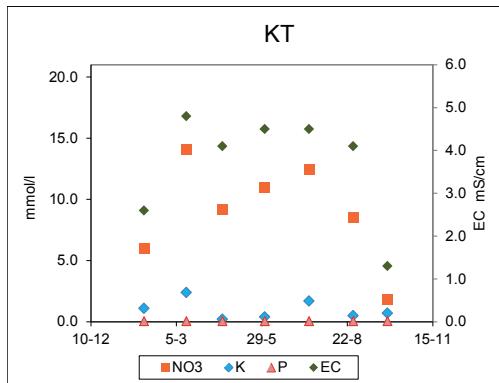
Net als in de eerdere jaren van het onderzoek is gevonden, blijkt dat de uitspoeling van bioteelt bedrijven gering is. Deze groep telers stemt de watergift bewust goed af op de gewasbehoefte. Niettemin blijkt dat periodiek extra watergiften soms tot verrassend hoge N-uitspoeling kan leiden, omdat de N-min gehalten in de bodem door sterke mineralisatie soms hoog kunnen zijn. De ervaring heeft geleerd dat dit vrijwel altijd in de eerste vier maanden van de teelt optreedt, dit is vaak ook de periode dat er extra water wordt gegeven, omdat men bang is dat de bodemvochtgehalten te ongelijk worden. Het verdient daarom aanbeveling deze "reparatiegift" uit te stellen en in het najaar te laten plaatsvinden als de N-min gehalten meestal lager zijn. Dit is in het afgelopen jaar opnieuw bevestigd.



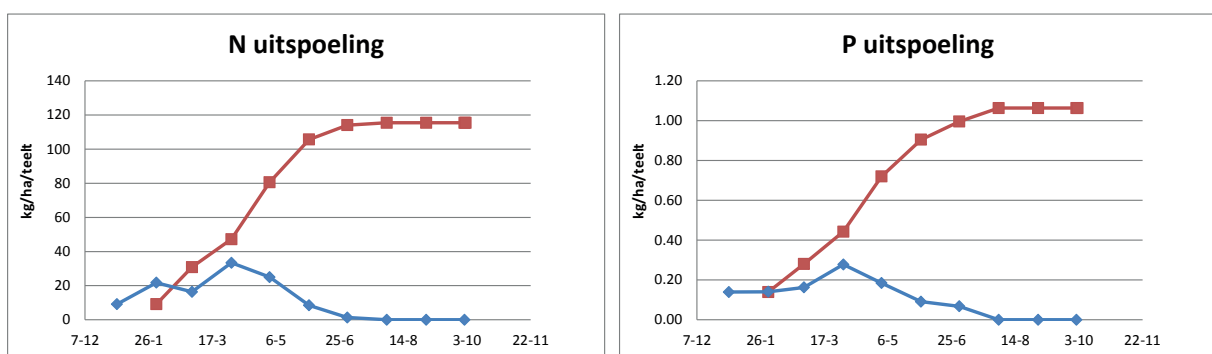
Figuur 1. Watergift en hoeveelheid gemeten drainage in de lysimeter in mm/dag (links) en de cumulatieve gift en drain (rechts) over het gehele teeltjaar van beide bioteelt bedrijven 9VV en 8KT met tomaat; watergift bij 9VV tevens met gecorrigeerde gift in de lysimeter.



Figuur 2. Gemeten vochtgehalten met vochtsensoren bij 9VV in de lysimeter en in een referentieplot, sensoren op 20 (rood), 35 (groen) en 60 (blauw) diepte. Sensor op 20 cm in de lysimeter en 60 cm in de referentie waren defect.



Figuur 3. Gehalten aan nutriënten en de EC in monsters van drainwater afkomstig van de lysimeter bij bedrijf 8KT.



Figuur 4. Berekende uitspoeling aan N en P, in kg/ha per maand (blauw) en cumulatief (rood) over de gehele teelt bij bedrijf 8KT.

### 3.2.2 Interpretatie van vochtsensoren

De interpretatie van meetdata van de vochtsensoren is vaak onderwerp van discussie met telers. In het project wordt daarom veel aandacht besteed aan het meekijken en meedenken met de telers of bedrijfsleiders. Het is ondoenlijk alle situaties die voorkomen te bespreken. In deze paragraaf worden een aantal karakteristieke situaties besproken.

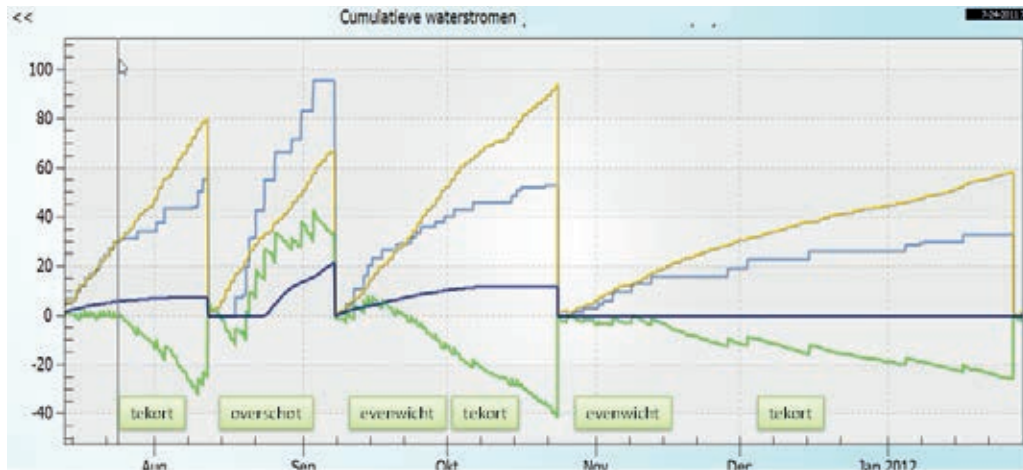
#### Voorbeeld 1. Slateelt

In de slateelt (zandgrond, toplaag 20 cm met verhoogd organische stof, grondwater ca. 80 - 90 cm beneden maaiveld; 7KG) doen zich sterk wisselende situaties voor. De teeltduur varieert van kort (5 wk) tot lang (12 wk), ook zijn er braakperiodes. De watergift is op sommige momenten vrij hoog, naar inzicht van de teler om vochtverschillen in de bodem te vereffenen (Figuur 5.). Illustratief is de reactie van de vochtsensoren op drie diepten (20, 35 en 60 cm; Figuur 6.). Logischerwijs reageert de bovenste sensor het meest direct op de watergift en ook is het effect op vochtonttrekking door verdamping het snelst zichtbaar. De vochtgehalten op 35 cm lopen daaraan vrijwel parallel, zij het dat de amplitudes beperkter zijn en sommige watergiftten komen niet tot op die diepte tot uiting. De onderste sensor geeft een stabiel verloop en de waarden tonen slechts een trage reactie op veranderingen in de bodemlagen erboven. De grootste verandering is te zien in de periode half aug. tot half sept. In die teelt is er een forse watergift gepleegd, waarbij de bovenste twee sensoren sterk stegen, met een vertraging van ca. een week is ook op 60 cm een stijging zichtbaar.

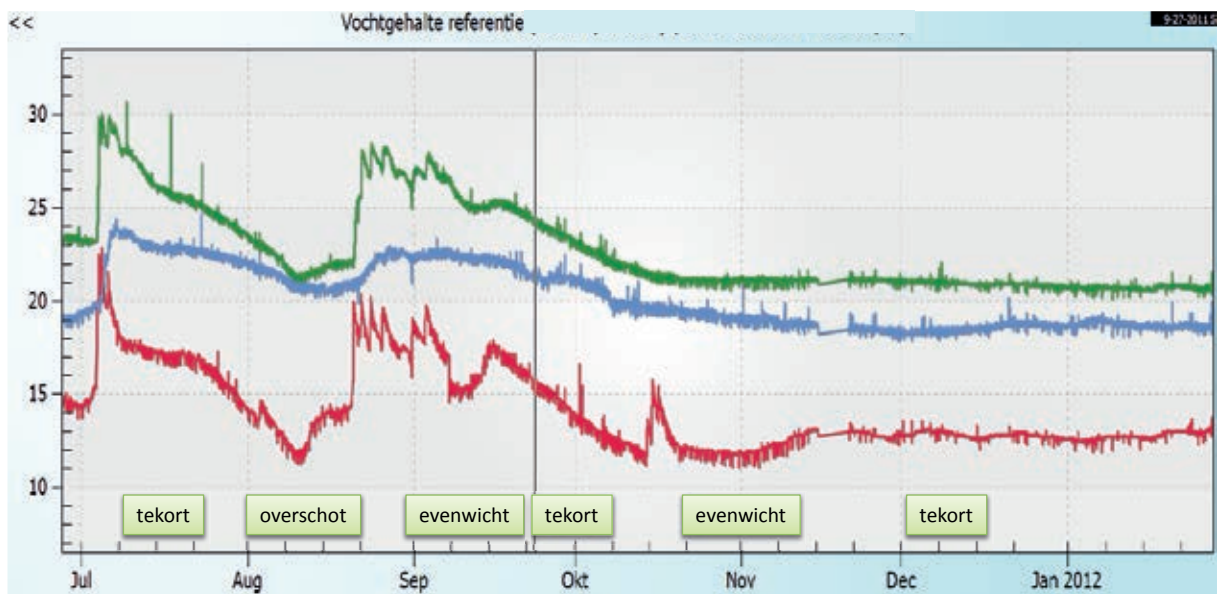
#### Voorbeeld 2 Chrysant

Een goed voorbeeld van het gedrag van de sensoren en vochtgehalten in een teeltsituatie bij chrysant (6JM) is gegeven in Figuur 7, zandgrond, vochtsensoren op drie diepten (20, 35 en 60 cm). Bij de start van een teelt is er meestal sprake van een relatief droge situatie. De aangietbeurt direct na het planten is meestal niet zichtbaar aan de vochtsensoren, het water blijft in de toplaag hangen.

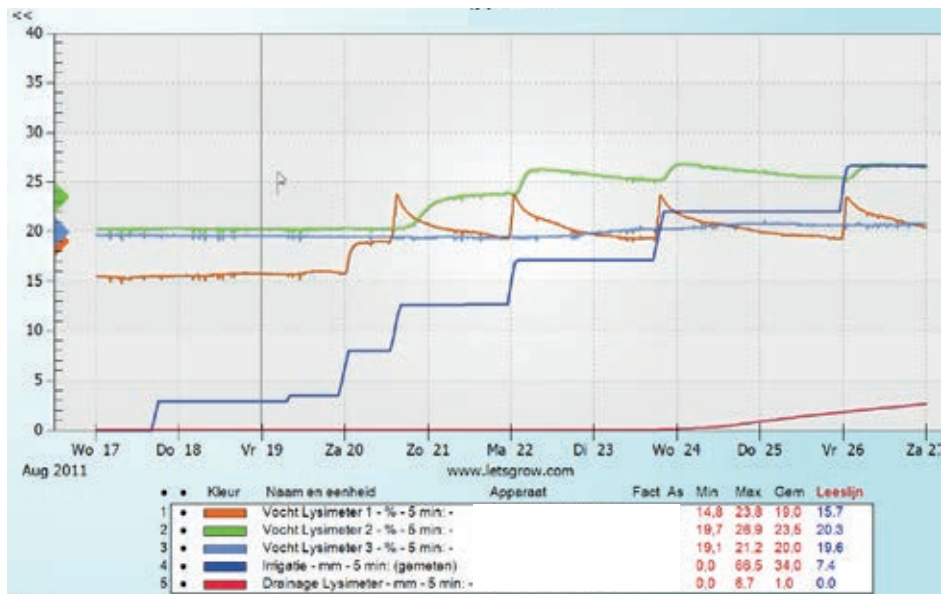
Bij de eerste wat grotere gietbeurt is dan alleen een reactie te zien bij de bovenste sensor, de tweede sensor toont pas na een derde gietbeurt enige - vertraagde - reactie. Duidelijk is ook te zien dat het gemiddelde vochtgehalte van de bovenste sensor niet meer stijgt na een gietbeurt. Er is een piekwaarde direct na het gieten, gevolgd door een geleidelijke daling, die wordt veroorzaakt door herverdeling in de bodem (uitzakken) en vochtonttrekking door het gewas en verdamping vanaf het grondoppervlak. Dat de gemiddelde vochtgehalten niet meer stijgt geeft aan dat er kennelijk een evenwichtssituatie is in het vochtgehalte op die hoogte in het bodemprofiel. De vochtgehalten in de tweede laag hebben nog een aantal gietbeurten meer nodig om tot evenwicht te komen, ook zijn de piekwaarden veel meer afgevlakt. De sensor op 60 cm diepte reageert pas na de 5<sup>e</sup> gietbeurt, als de 2<sup>e</sup> sensor ook tot evenwicht is gekomen. Opvallend is dat ca. 2 dagen nadat de sensor op 60 cm stijgt er ook drain in de lysimeter wordt gemeten.



Figuur 5. Cumulatieve watergift, berekende verdamping en berekend beregeningoverschot van vier opeenvolgende slateelten.



Figuur 6. Verloop van de gemeten vochtgehalten op drie dieptes van de vier opeenvolgende slateelten uit Figuur 5. rood: 20 cm; groen: 35 cm; blauw: 60 cm.

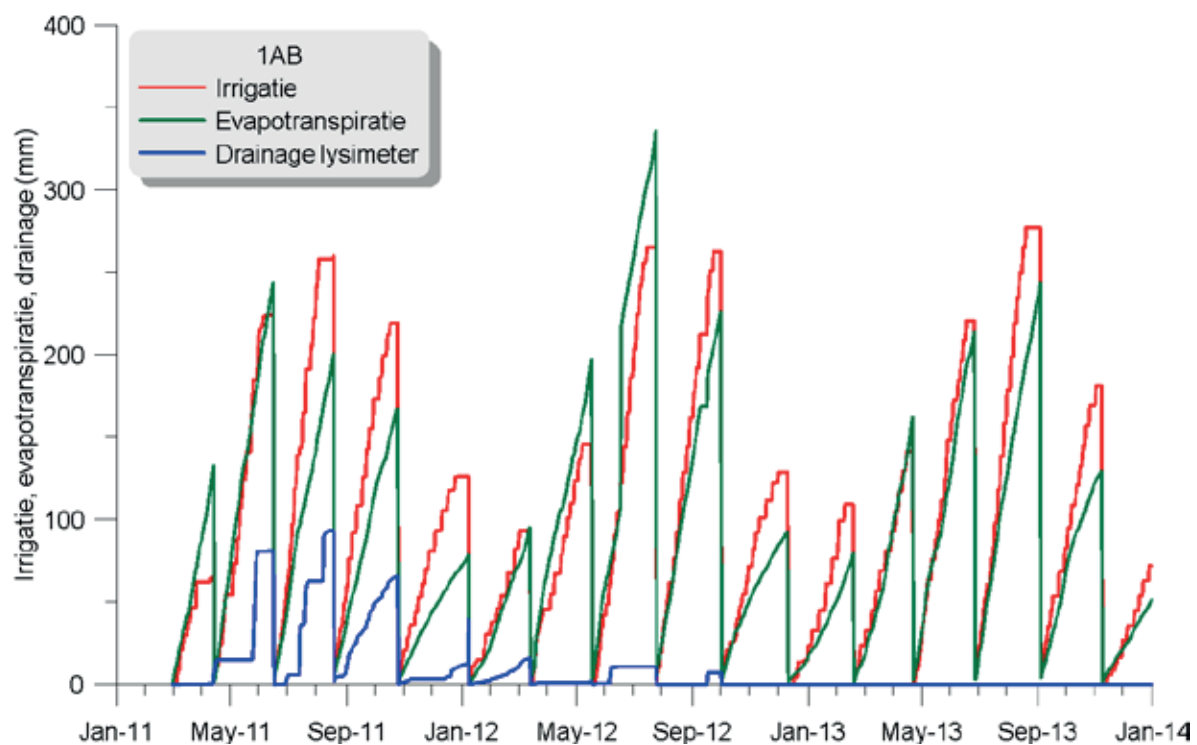


Figuur 7. Watergift, drain in lysimeter en vochtgehalten op drie diepten bij een chrysantenteelt.

### 3.2.3 Waterbalans

#### 1AB

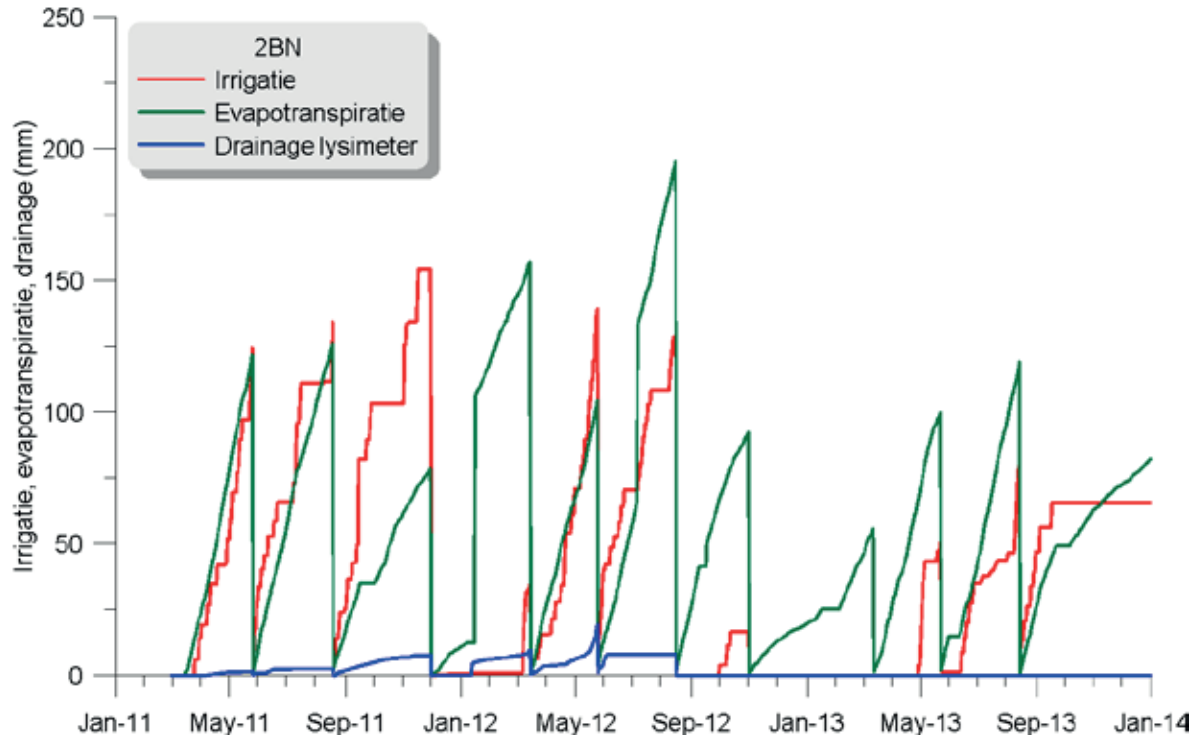
De waterbalans uitgesplitst over de teelten is weergegeven in Figuur 8. In de meeste gevallen werd meer water gegeven dan berekend met het verdampingsmodel. Het is niet duidelijk of er in de teelten 10 tot en met het einde geen werkelijk drainage heeft plaatsgevonden of dat de drainmetingen niet goed zijn uitgevoerd.



Figuur 8 Gemeten irrigatie, berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel (Vgl. [1]), en gemeten drainage in de lysimeter als functie van de tijd voor bedrijf 1AB.

## 2BN

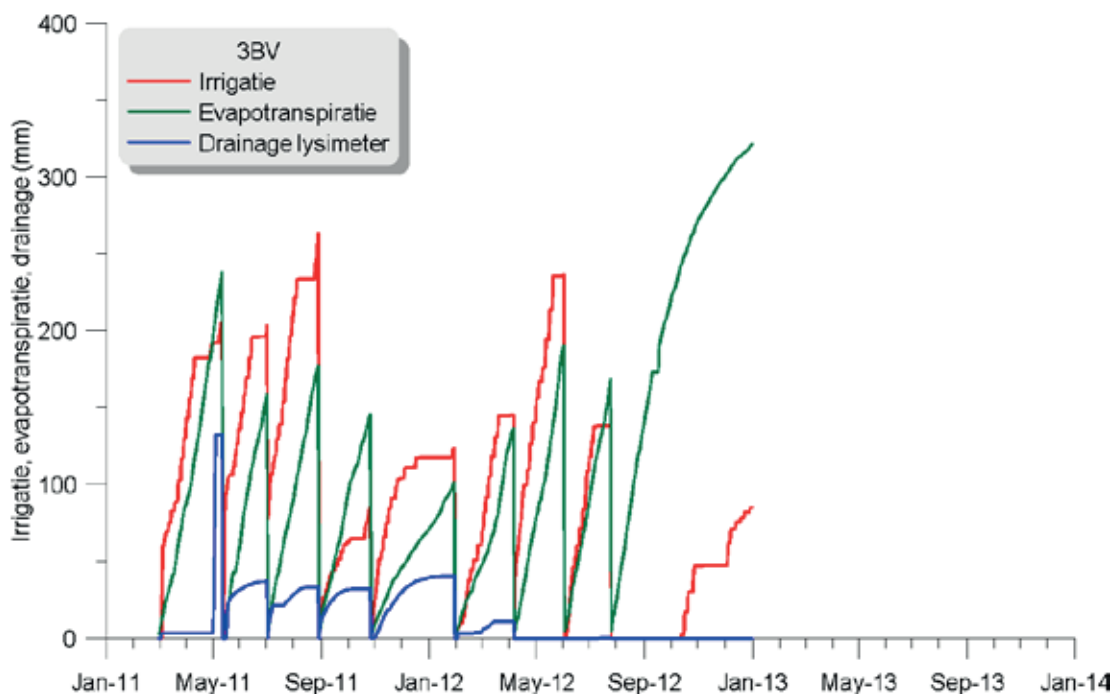
De waterbalans uitgesplitst over de teelten is weergegeven in Figuur 9. De irrigatiegegevens voor teelten 4, 7, 8 en 9 ontbreken deels of geheel, waardoor geen goed overzicht over de waterbalans voor deze teelten verkregen kan worden. Vanaf eind augustus 2012 zijn er geen drainagegegevens. Het is niet duidelijk of er in die periode geen werkelijk drainage heeft plaatsgevonden of dat de drainmetingen niet goed zijn uitgevoerd.



Figuur 9 Gemeten irrigatie, berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel (Vgl. [1]), en gemeten drainage in de lysimeter als functie van de tijd voor bedrijf 2BN.

## 3BV

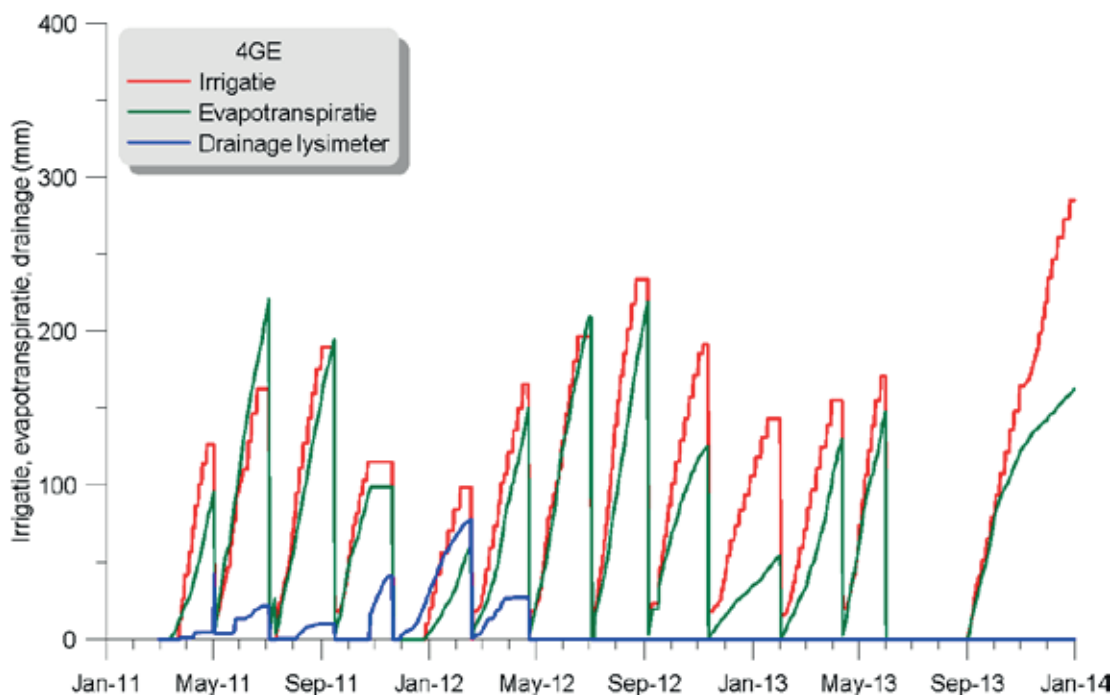
De waterbalans uitgesplitst over de teelten is weergegeven in Figuur 10. Bij de eerste teelten is relatief veel drainage gemeten. Dit wordt toegeschreven aan de hoge startgiften bij aanvang van een nieuwe teelt die hoger was dan de uitdroging die had plaatsgevonden aan het eind van de voorafgaande teelt. Vanaf het voorjaar 2012 tot en met het einde is er geen drain geregistreerd. Het is niet duidelijk of er in die periode geen werkelijk drainage heeft plaatsgevonden of dat de drainmetingen niet goed zijn uitgevoerd. Vanaf 2013 zijn er geen metingen beschikbaar i.v.m. het beëindiging van het bedrijf.



Figuur 10. Gemeten irrigatie, berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel (Vgl. [1]), en gemeten drainage in de lysimeter als functie van de tijd voor bedrijf 3BV.

#### 4GE

De waterbalans uitgesplitst over de teelten is weergegeven in Figuur 11. Voor een groot aantal teelten was de irrigatie vrijwel gelijk aan de berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel, en in de overige teelten werd meer water gegeven. Opvallend zijn de hoge drainage hoeveelheden in de teelten 4, 5 en 6. Vanaf eind april 2012 is er geen drain geregistreerd. Het is niet duidelijk of er in die periode geen werkelijk drainage heeft plaatsgevonden of dat de drainmetingen niet goed zijn uitgevoerd.

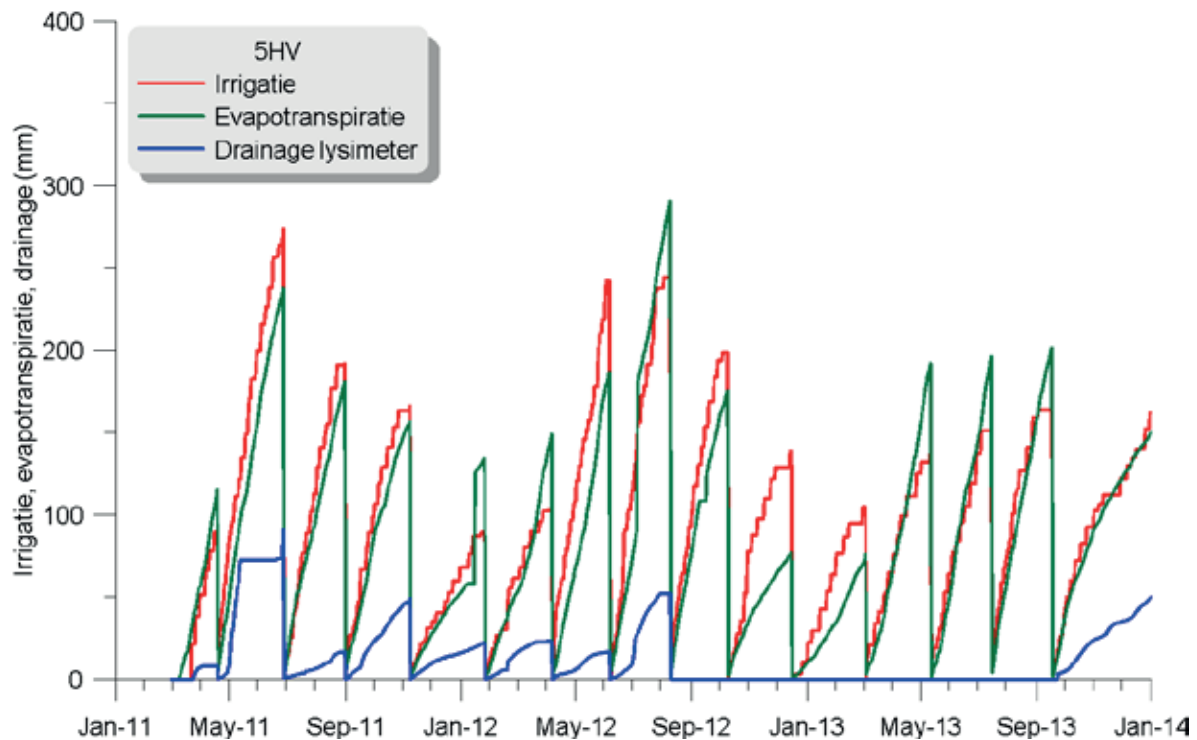


Figuur 11. Gemeten irrigatie, berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel (Vgl. [1]), en gemeten drainage in de lysimeter als functie van de tijd voor bedrijf 4GE.



## 5HV

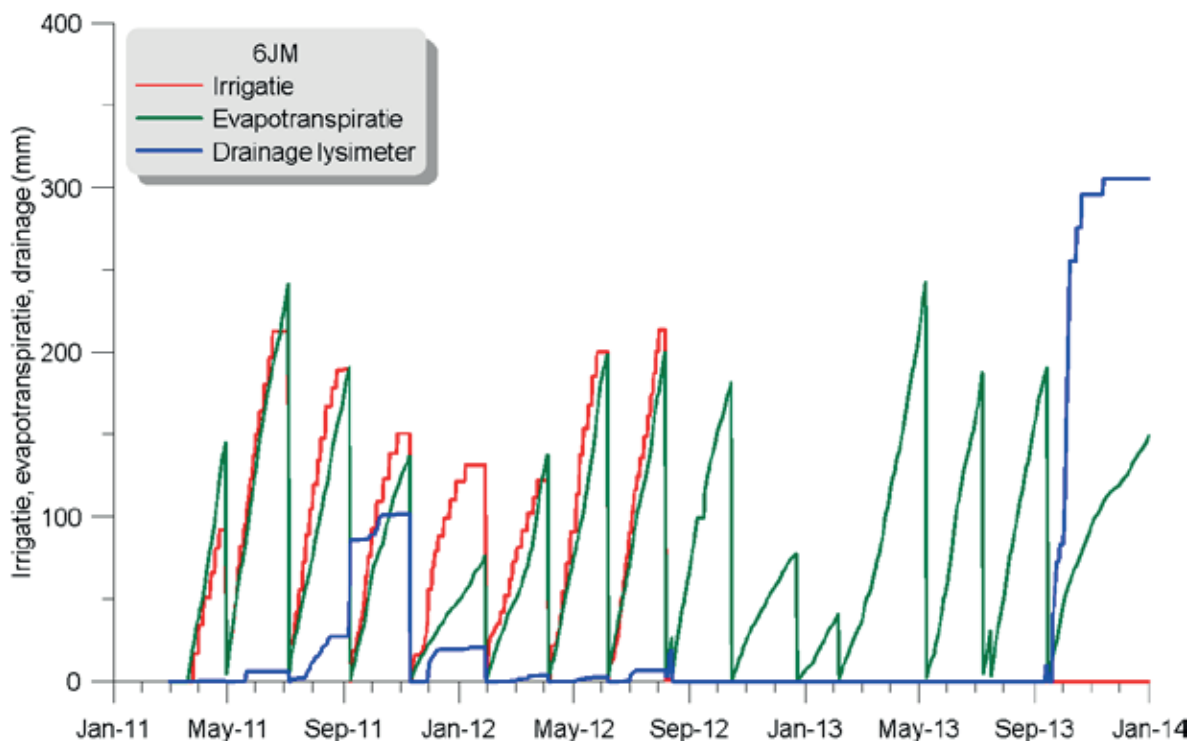
De waterbalans uitgesplitst over de teelten is weergegeven in Figuur 12. Bij deze teler zijn er enkele teelten waarbij meer water is gegeven dan de berekende verdamping volgens het verdampingsmodel, en teelten waar juist minder water is geven. Opvallend is echter dan in beide situaties drain is gemeten. Dat duidt er op dat het verdampingsmodel niet een goed beeld geeft van de werkelijk verdamping dan wel dat er geen goede registratie van de irrigatie heeft plaatsgevonden. Van medio augustus 2012 tot medio september 2013 ontbreken drainagegegevens. Het is niet duidelijk of er in die periode geen drainage heeft plaatsgevonden of dat de drainmetingen niet goed zijn uitgevoerd. Vanaf eind september 2013 is weer drain geregistreerd in LetsGrow, maar het is nog niet duidelijk of de waarden correct zijn: bij een zo goed overeenkomst tussen watergeven en verdamping wordt immers niet veel drain verwacht.



Figuur 12. Gemeten irrigatie, berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel (Vgl. [1]), en gemeten drainage in de lysimeter als functie van de tijd voor bedrijf 5HV.

## 6JM

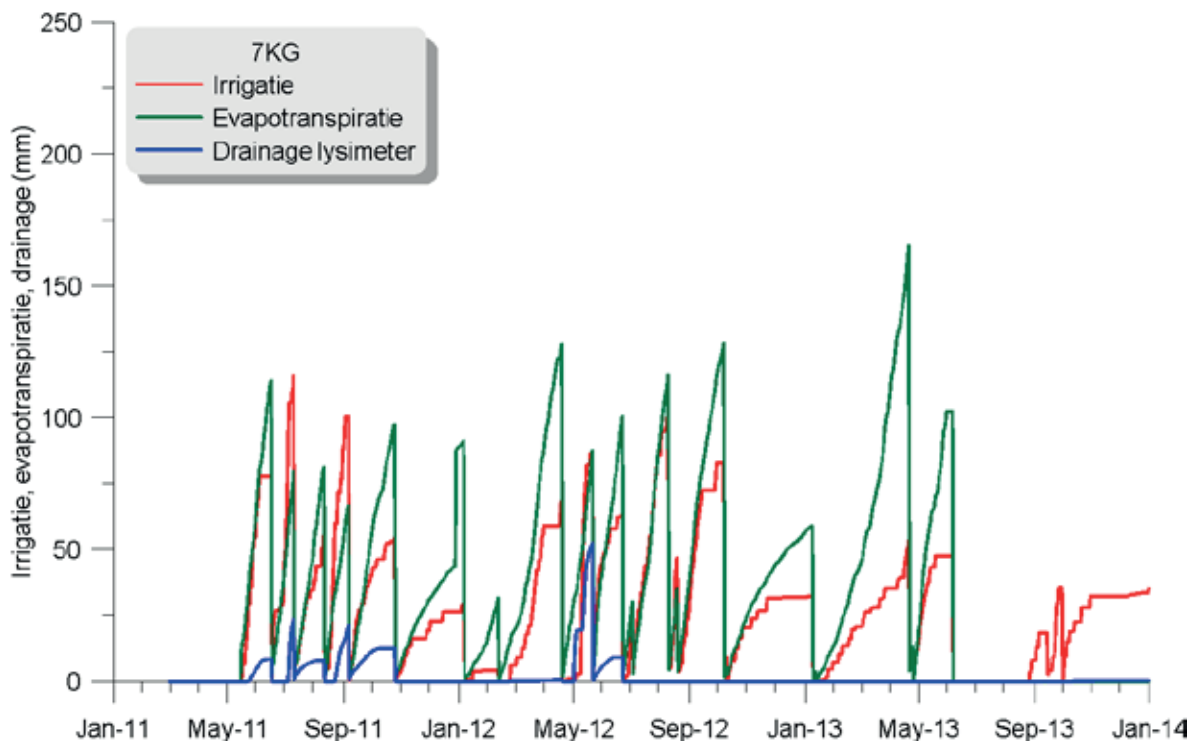
De waterbalans uitgesplitst over de teelten is weergegeven in Figuur 13. Behalve voor teelt 5 is er bij de eerste 8 teelten sprake van vrijwel gelijke gemeten irrigatie en berekende verdamping met het verdampingsmodel. Met name voor de teelten 6, 7 en 8 wordt hierbij dan ook een zeer geringe drain gemeten. Van medio augustus 2012 tot en met het einde ontbreken irrigatiegegevens. Van medio augustus 2012 tot medio september 2013 ontbreken drainagegegevens. Het is niet duidelijk of er in die periode geen werkelijk drainage heeft plaatsgevonden of dat de drainmetingen niet goed zijn uitgevoerd. De drainage die is geregistreerd na medio september 2013 is onwaarschijnlijk hoog.



Figuur 13. Gemeten irrigatie, berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel (Vgl. [1]), en gemeten drainage in de lysimeter als functie van de tijd voor bedrijf 6JM.

### 7KG

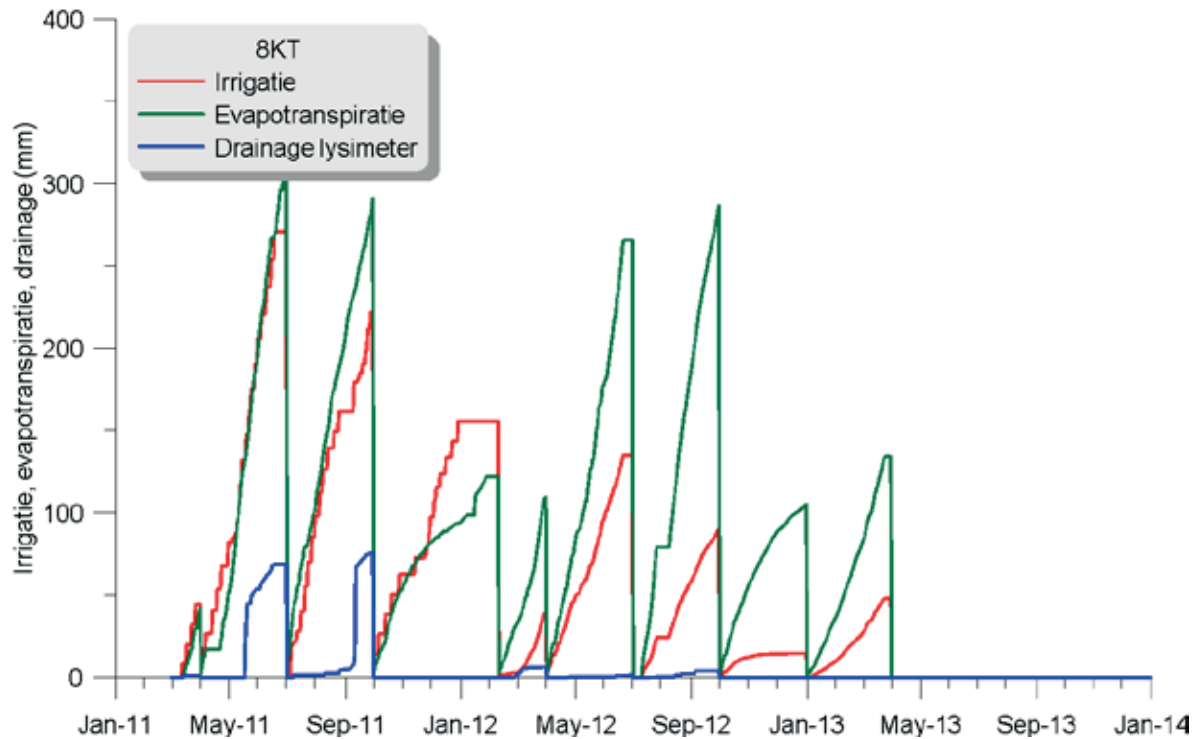
De waterbalans uitgesplitst over de teelten is weergegeven in Figuur 14. Van eind juni 2012 tot en met het einde ontbreken drainagegegevens. Het is niet duidelijk of er in die periode geen werkelijk drainage heeft plaatsgevonden of dat de drainmetingen niet goed zijn uitgevoerd.



Figuur 14. Gemeten irrigatie, berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel (Vgl. [1]), en gemeten drainage in de lysimeter als functie van de tijd voor bedrijf 7KG.

## 8KT

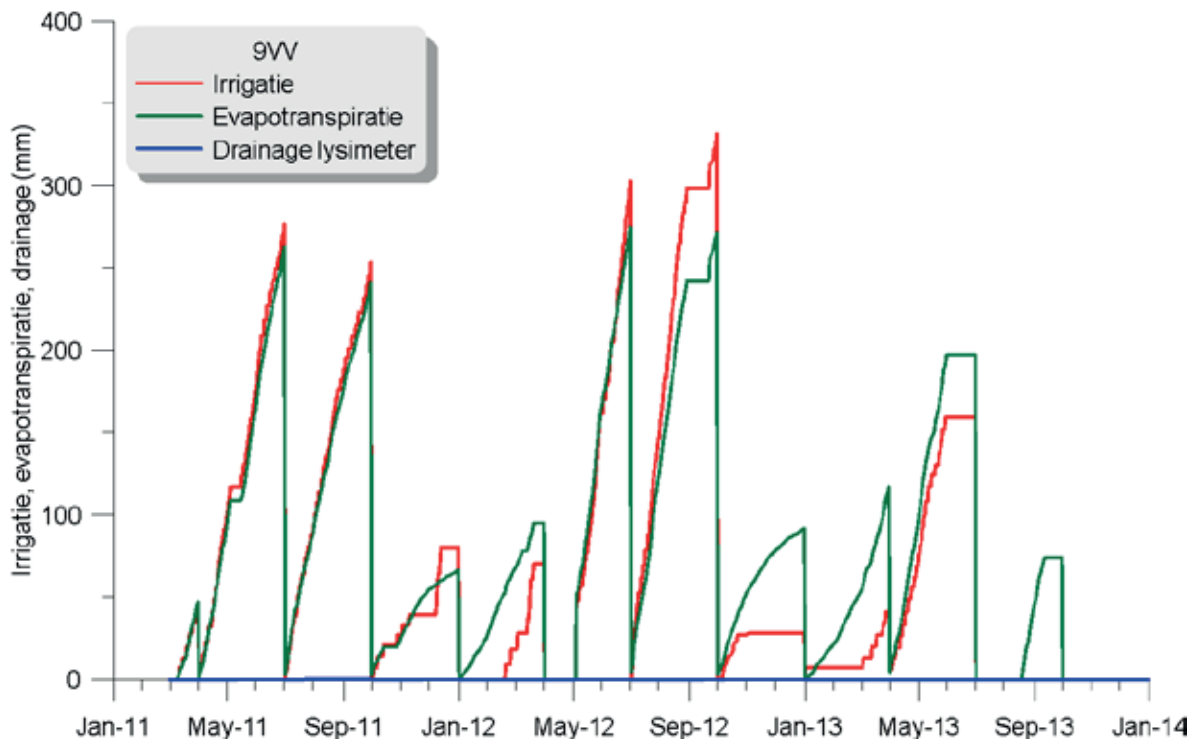
De waterbalans uitgesplitst over de teelten is weergegeven in Figuur 15. Behalve in het vierde kwartaal 2011 is de berekende verdamping met het verdampingsmodel groter dan de gemeten irrigatie. Hieruit kan niet worden verklaard dat er drainage is gemeten in enkele periodes. Vanaf april 2013 ontbreken meetgegevens.



Figuur 15. Gemeten irrigatie, berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel (Vgl. [1]), en gemeten drainage in de lysimeter als functie van de tijd voor bedrijf 8KT.

## 9V

De waterbalans uitgesplitst over de teelten is weergegeven in Figuur 16. Deze teler geeft water op basis van het verdampingsmodel. Dat is goed te zien in 2001 en in het tweede kwartaal van 2012. In de overige kwartalen is de overeenkomst tussen berekende verdamping en gemeten irrigatie niet goed. Over de gehele periode is geen drain gemeten.



Figuur 16. Gemeten irrigatie, berekende evapotranspiratie volgens het verdampingsmodel (Vgl. [1]), en gemeten drainage in de lysimeter als functie van de tijd voor bedrijf 9VV.

### 3.2.4 Teruggerekende verdamping $ET^*$

Zoals eerder genoemd zijn bij de eerste teelten per bedrijf de metingen niet betrouwbaar, zodat de waarde voor  $ET^*$  en  $F_{ET}$  (Vgl. [2]+[3]) niet betrouwbaar zijn. De verdamping volgens de balansmethode kan alleen worden toegepast als er drain is gerealiseerd. Als er geen drain ontstaat, kan namelijk niet worden uitgesloten dat de bodem indroogt. Hier is ervoor gekozen dat er minimaal 1% drain in een teelt moet zijn bereikt om een betrouwbare schatting voor  $ET^*$  en  $F_{ET}$  te verkrijgen.

Uit de beschrijving van de waterbalansgegevens in sectie 3.1 is gebleken dat voor vrijwel alle bedrijven de meetreeksen sinds medio/eind 2012 incompleet zijn: meestal ontbreken drainagegegevens, en in sommige gevallen ook irrigatiegegevens. In dat geval is het berekenen van  $ET^*$  en  $F_{ET}$  niet verantwoord.

In feite hebben we nu niet meer informatie beschikbaar om de resultaten zoals beschreven in Heinen *et al.* (2012ab) uit te breiden met nieuwe gegevens.

Omdat de gegevens uit de database (LetsGrow) en de startdata van de teelten op een paar plaatsen gewijzigd is t.o.v. Heinen *et al.* (2012ab) worden hieronder de berekende  $ET^*$  en  $F_{ET}$  waarden per bedrijf en per teelt gegeven (Tabel 2.).

Tabel 2. Overzicht per bedrijf van de totale irrigatie (*I*), de verdamping (*ET*) en de drainage (*D*) voor de teelten (exclusief braakperiodes) waarvoor een gemiddelde correctiefactor *f* is berekend.

Bedrijf	I (mm)	ET (mm)	D (mm)	$f = ET^*/ET$	Aantal teelten
1AB	1662	1676	320	0.801	9
2BN	715	782	48	0.852	6
3BV	1026	957	286	0.773	5
4GE	860	820	219	0.782	6
5HV	1671	1661	320	0.813	8
6JM	1314	1326	190	0.847	7
7KG	251 <sup>1</sup>	393	38	0.543	4
8KT	667 <sup>2</sup>	1046	155	0.489	2
9VV	1583	1664	1	0.950	3

<sup>1</sup> inclusief een periode braakligging.

<sup>2</sup> Hoogstwaarschijnlijk hogere watergift, registraties litertellers onbetrouwbaar gebleken

Voor de chrysantenbedrijven : 1AB, 4GE,5HV, 6JM is een uitkomst van de correctiefactor met gemiddeld ruim 0.8 een bevredigend resultaat. Immers de verschillen tussen bedrijven, zoals kasconstructie, cultivar en effecten van grondsoort én de meetfout van de drain van de lysimeter maken dat de verwachting dat de uitkomst afwijkt van 1 al groot. Uit de metingen kan door ervaring de "offset" per bedrijf verrekend worden in het model en zou tot een zelflerend systeem aangepast kunnen worden.

Er zijn twee bedrijven, 7KG en 8KT met een sterk afwijkende correctiefactor. Bij 7KG was de periode waarover gerekend is inclusief een periode met braakligging tussen met name teelten in de zomer. Dit is niet meegenomen in de waterbalans, echter er is wel berekend in die braakperiode heeft daardoor heeft wel invloed gehad op het vochtgehalte in de bodem en heeft daardoor de hoeveelheid drainwater sterk beïnvloed. Bij 8KT is hoogstwaarschijnlijk de watergift hoger geweest dan geregistreerd, aangezien achteraf bleek dat de registraties door litertellers onjuist waren. De lage uitkomst van correctiefactor *f* moet daaraan worden toegeschreven.



## 4 Conclusie en samenvatting

- Om tegemoet te komen aan de bezwaren van telers, dat het systeem te duur is, is er een goedkopere versie van de lysimeter ontwikkeld. Deze is voorzien van een eenvoudige en handmatig te bedienen drainmeting. Er zijn geen concessies gedaan aan de robuustheid van de bak zelf en de randvoorwaarden voor het goed te kunnen meten.
- Er is een inventarisatie gemaakt van op de markt aanwezige en voor de specifieke wensen van glastuinbouw geschikte vochtsensoren. Ondanks het grote en diverse aanbod is er geen sensor die aan alle eisen voldoet. Met name de wens van telers om sensoren direct te kunnen koppelen aan klimaatcomputers is (nog) niet haalbaar. Dit ligt overigens meer aan de communicatieprotocollen die de klimaatcomputers hanteren dan aan de sensoren zelf. Aan de wens voor sensoren op een “prikstok” kan worden voldaan, echter er is momenteel (nog) maar in één type beschikbaar. Aan de wens om draadloos te kunnen werken kan voldaan worden, er is steeds meer aanbod die dergelijke techniek biedt. Door de zich snel ontwikkelende markt is overigens de verwachting dat de gemaakte inventarisatie snel verouderd is.
- De monitoring resultaten bij de deelnemende bedrijven geven het volgende beeld:
  - o Sommige telers zijn meer gemotiveerd om met het systeem bezig zijn dan anderen. Dit is gedreven door nieuwsgierigheid, of zij zien er voor hun teelt voordelen in. Er zijn telers die meer bezig zijn met de vochtsensoren, anderen hebben hun interesse meer in de drain, c.q. het gedrag van de lysimeter.
  - o De eerder geconstateerde verschillende typen teler: ‘natte’, ‘zoekende’ en ‘droge’ teler zijn nog steeds te vinden. Wel zijn de verschillen geringer geworden. Met name de natte telers zijn minder extreem, anderzijds blijken de droge telers op langere termijn gezien iets meer water te geven.
  - o De verschillen tussen grondsoorten en hydrologische situaties blijken groot. Dit is te zien aan reacties van de vochtsensoren en aan het verloop van de drain in de lysimeters. Ook de actuele verdamping is per gewas verschillend. Verschillen in weer, klimaatinstellingen, kasconstructie, rassen en mogelijk nog andere teeltkundige zaken spelen hier een grote rol.
  - o Daardoor is het proces van opzoeken van de grenzen, waarmee bedoeld wordt wat de minimale watergift is zonder concessies aan het teeltresultaat en gericht op beperking van emissies, een traject dat voor elke teler moet worden doorlopen. Het is onmogelijk hiervoor standaard waardes te geven.
  - o Telers die aangaven dat ze het idee hadden goed water te geven bleken meestal aan de ‘natte’ kant. Het ‘gevoel’ van telers is daarom geen goede raadgever. De watergift afstemmen naar gewasbehoefte, zoals van telers in de ‘Zorgplicht’ wordt gevraagd, kan daardoor niet zonder hulpmiddelen. Een goed model voor de watergift is een eerste stap, echter zonder terugkoppeling van vochtsensoren geeft onvoldoende zekerheid voor de teler. Nog beter zijn lysimeters omdat hiermee fysiek de uitspoeling kan worden bepaald. Ter controle op de lysimeter zijn vochtsensoren een goede aanvulling, omdat (langdurig) een tekort aan watergift door de lysimeter niet wordt gesignaleerd.
  - o Een blijvend risico is dat op termijn verzouting van de grond kan ontstaan. Via capillaire aanvoer komen zouten uit de ondergrond mee omhoog. Bij langdurige afhankelijkheid van capillaire aanvoer kan dit voor problemen zorgen. Dit zal dan periodiek weer tot een doorspoel-actie moeten leiden, met mogelijk hoge emissie tot gevolg
  - o Voor het succesvol zijn is ook duidelijk gebleken dat alleen een robuust systeem, een systeem dat betrouwbaar, storingsvrij en waarbij geen of zo min mogelijk extra handelingen bij teeltwisselingen moeten worden verricht, kans van slagen heeft. Zodra een teler op het moment dat hij/zij even tijd heeft genomen om naar een meetresultaat te kijken bij herhaling teleurgesteld wordt omdat er geen data zijn, storing of uitval van waarden is, zal hij/zij een dergelijk systeem aan de kant zetten.
  - o Van het grootste belang is verder dat er een teeltkundig voordeel moet zijn te behalen. Voor alleen “milieuwinst” zal hij/zij geen investeringen doen. Het verdiepen van inzicht in de bodemprocessen is daarnaast ook een belangrijk motief.
  - o De emissie is soms nog zeer fors, in deze richting is nog veel winst te behalen.
  - o Met een systeem als in het voorgaande project gestart en hier verder doorontwikkeld geeft perspectief om ook op de lange termijn in de grond te kunnen telen. Emissies kunnen inzichtelijk gemaakt worden en levert zo een belangrijke bijdrage aan het voldoen aan de zorgplicht voor de grondgebonden teelten. De kennis zal leiden tot het verder ontwikkelen van strategieën en maatregelen zodat emissies tot een minimum beperkt kunnen worden.





## 5 Referenties

- Balendonck, J., W. Voogt, A. van Winkel, G.-J. Swinkels, H. Janssen, M. Heinen, H. van Dorland, F. Zwinkels. 2012.  
Ontwikkeling emissie-managementsysteem grondgebonden teelt; bodemvochtsensoren en modulaire opbouw van het systeem. Rapport GTB-1191.  
Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.
- Heinen, M., F. Assinck, W. Voogt, G.-J. Swinkels, J. Balendonck. 2012a.  
Ontwikkeling emissie-managementsysteem grondgebonden teelt; modellen. Rapport GTB-1192.  
Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk. (ook verschenen als Alterra-rapport 2369, Alterra, Wageningen)
- Heinen, M., F. Assinck, W. Voogt, G.-J. Swinkels, J. Balendonck. 2012b.  
Ontwikkeling emissie-managementsysteem grondgebonden teelt; modellen. Alterra-rapport 2369, Alterra, Wageningen. (ook verschenen als: Rapport GTB-1192.  
Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk).
- Voogt, W., F.B.T. Assinck, J. Balendonck, G. Blom-Zandstra, M. Heinen en F.H. de Zwart. 2002.  
Minimalisering van de uitspoeling bij teelten in kasgrond. Verslag van geïntegreerd onderzoek naar de mogelijkheden en effecten van minimalisering van de watergift bij chrysantenteelt. PPO rapport 543, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Sector Glastuinbouw, Naaldwijk.
- Voogt, W., J.A. Kipp, R. de Graaf en L. Spaans. 2000.  
A fertigation model for glasshouse crops grown in soil. Acta Horticulturae 537: 495-502.
- Voogt, W., F. Zwinkels, J. Balendonck, H. van Dorland, A. van Winkel, M. Heinen. 2012a.  
Ontwikkeling emissie-managementsysteem grondgebonden teelt; de lysimeter en drainmeter. Rapport GTB-1190.  
Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.
- Voogt, W., J. Janse, F. van der Helm, J. Balendonck, M. Heinen, A. van Winkel. 2012b.  
Ontwikkeling emissie-managementsysteem grondgebonden teelt; toetsing in de praktijk. Rapport GTB-1193.  
Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.



# Bijlage I Details teelten

Startdata teelten per bedrijf.

Bedrijf	Start teelt
1AB	10-02-2011 chrysant (Euro); 14-04-2011 chrysant (Euro); 16-06-2011 chrysant (Zembla); 19-08-2011 chrysant (Zembla); 26-10-2011 chrysant (Zembla); 09-01-2012 chrysant (Zembla); 14-03-2012 chrysant (Zembla); 18-05-2012 chrysant (Zembla); 25-07-2012 chrysant (Zembla); 02-10-2012 chrysant (Zembla); 11-12-2012 chrysant (Zembla); 19-02-2013 chrysant (Zembla); 23-04-2013 chrysant (Zembla); 27-06-2013 chrysant (Zembla); 05-09-2013 chrysant (Zembla); Stomen: 18-08-2011; 24-07-2012
2BN	16-03-2011 violier; 26-05-2011 trachelium; 19-08-2011 violier; 01-12-2011 braak; 15-03-2012 violier; 25-05-2012 trachelium; 16-08-2012 violier; 01-11-2012 campanul; 13-03-2013 violier; 23-05-2013 trachelium; 15-08-2013 brassica
3BV	01-03-2011 matricaria; 12-05-2011 matricaria; 02-07-2011 matricaria; 29-08-2011 matricaria; 27-10-2011 matricaria; 30-01-2012 matricaria; 06-04-2012 matricaria; 05-06-2012 matricaria; 25-07-2012 matricaria Geen data in 2013 i.v.m. opheffen bedrijf.
4GE	01-03-2011 chrysant; 03-05-2011 chrysant; 04-07-2011 chrysant; 11-07-2011 chrysant; 16-09-2011 chrysant; 21-11-2011 chrysant; 18-02-2012 chrysant; 23-04-2012 chrysant; 03-07-2012 chrysant; 05-09-2012 chrysant; 12-11-2012 chrysant; 02-02-2013 chrysant; 13-04-2013 chrysant; 01-06-2013 chrysant; 01-09-2013 chrysant
5HV	09-02-2011 chrysant (Euro); 19-04-2011 chrysant (Euro); 28-06-2011 chrysant (Euro); 01-09-2011 chrysant (Euro); 09-11-2011 chrysant (Euro); 27-01-2012 chrysant (Major); 07-04-2012 chrysant (Major); 07-06-2012 chrysant (Major); 10-08-2012 chrysant (Major); 10-10-2012 chrysant (Major); 17-12-2012 chrysant (Major); 05-03-2013 chrysant (Major); 13-05-2013 chrysant (Major); 16-07-2013 chrysant (Major); 18-09-2013 chrysant (Major) Stomen: 20-04-2011; 08-06-2012; 18-12-2012
6JM	24-02-2011 chrysant; 30-04-2011 chrysant; 05-07-2011 chrysant; 08-09-2011 chrysant; 11-11-2011 chrysant; 30-01-2012 chrysant; 05-04-2012 chrysant; 07-06-2012 chrysant; 16-10-2012 chrysant; 24-12-2012 chrysant; 06-02-2013 chrysant; 10-05-2013 chrysant; 18-07-2013 chrysant; 15-09-2013 chrysant Stomen: 14-08-2012; 17-07-2013
7KG	16-05-2011 sla (Peter); 17-06-2011 braak; 11-07-2011 sla (Peter); 12-08-2011 braak; 07-09-2011 sla (Weston); 26-10-2011 sla (Abeba); 07-01-2012 braak; 12-02-2012 sla (Peter); 20-04-2012 braak; 22-05-2012 sla (Amico); 23-06-2012 braak; 03-07-2012 sla (Amico); 10-08-2012 braak; 20-08-2012 sla (Amico); 08-10-2012 braak; 11-10-2012 sla (Abeba); 10-01-2013 braak; 14-01-2013 sla; 22-04-2013 braak; 26-04-2013 sla; 07-06-2013 braak; 13-06-2013 sla; 15-07-2013 braak; 15-08-2013 sla; 15-09-2013 braak; 01-10-2013 sla Stomen: 01-05-2012. Spoelen: 06-06-2013
8KT	13-01-2011 paprika (Spider op onderstam Snooker); 19-11-2011 braak 09-01-2012 tomaat (Annamay op onderstam Brigeor); 21-11-2012 braak 10-01-2013 paprika; 15-11-2013 braak
9VV	03-01-2011 ? 15-11-2011 braak 06-01-2012 tomaat (Komeet, op onderstam Maxifort) 01-01-2013 ?



## Bijlage II Gewijzigde data

### LetsGrow

Alle negen bedrijven waren aangesloten op LetsGrow ([www.letsgrow.com](http://www.letsgrow.com)), en de gegevens voor irrigatie, verdamping en drainage zijn uit de LetsGrow database opgehaald (15-11-2013).

Na grafische controle van de gegevens zijn de volgende meetwaarden handmatig gewijzigd:

- 1AB 16-06-2012 23:00 ongelofwaardige drain op nul gesteld
- 1AB 17-06-2012 00:00 ongelofwaardige drain op nul gesteld
- 1AB 24-07-2012 01:00 ongelofwaardige drain op nul gesteld
- 1AB 11-09-2013 23:00 t/m 14-11-2013 23:00 ongelofwaardige drain op nul gesteld
  
- 5HV 23-05-2013 13:00 ongelofwaardige irrigatie, op nul gesteld
  
- 9VV 02-04-2012 20:00 ongelofwaardige drain op nul gesteld
- 9VV 19-04-2012 16:00 ongelofwaardige drain op nul gesteld
- 9VV 20-04-2012 16:00 ongelofwaardige drain op nul gesteld
- 9VV 21-04-2012 09:00 ongelofwaardige drain op nul gesteld



## Bijlage III Waterbalansdata bedrijven

Overzicht per bedrijf per teelt (inclusief braakperiodes, aangeduid met toevoeging b) van irrigatie (I), verdamping (ET), drainage (D) en berekende correctiefactor f.

Bedrijf	Teelt	I (mm)	ET (mm)	D (mm)	f = ET*/ET
1AB	Teelt 01	65.79	132.58	6.10	0.450
	Teelt 02	224.03	243.41	80.92	0.588
	Teelt 03	260.35	200.66	93.16	0.833
	Teelt 04	218.95	167.20	65.54	0.918
	Teelt 05	125.98	78.65	39.26	1.103
	Teelt 06	93.22	95.08	15.82	0.814
	Teelt 07	145.80	196.81	1.79	0.732
	Teelt 08	265.68	335.58	10.62	0.760
	Teelt 09	262.64	225.95	6.92	1.132
	Teelt 10	128.85	92.44	0.00	1.394
	Teelt 11	109.06	79.28	0.00	1.376
	Teelt 12	141.35	162.39	0.00	0.870
	Teelt 13	220.40	213.92	0.00	1.030
	Teelt 14	277.00	243.40	0.00	1.138
	Teelt 15	181.20	129.60	0.00	1.398
	Teelt 16	71.90	51.30	0.00	1.402
2BN	Teelt 01	124.44	121.68	1.60	1.010
	Teelt 02	134.24	126.05	2.46	1.045
	Teelt 03	154.36	78.39	7.63	1.872
	Teelt 04b	34.20	156.74	9.47	0.158
	Teelt 05	139.20	104.43	19.16	1.149
	Teelt 06	128.36	195.18	7.91	0.617
	Teelt 07	16.56	92.22	0.00	0.180
	Teelt 08b	0.00	55.68	0.00	0.000
	Teelt 09	50.76	99.72	0.00	0.509
	Teelt 10	80.34	119.13	0.00	0.674
	Teelt 11	65.50	82.20	0.00	0.797
3BV	Teelt 01	205	238	132	0.306
	Teelt 02	203	158	37	1.048
	Teelt 03	263	177	33	1.299
	Teelt 04	86	145	32	0.368
	Teelt 05	123	101	41	0.821
	Teelt 06	145	137	11	0.981
	Teelt 07	236	190	0	1.243
	Teelt 08	138	168	0	0.818
	Teelt 09	85	321	0	0.265
4GE	Teelt 01	126.60	95.87	42.18	0.881
	Teelt 02	162.46	221.04	21.54	0.638
	Teelt 03b	0.00	26.45	0.01	0.000
	Teelt 04	191.50	194.25	9.77	0.936
	Teelt 05	115.05	98.63	40.74	0.753

Bedrijf	Teelt	l (mm)	ET (mm)	D (mm)	f = ET*/ET
	Teelt 06	98.48	60.16	77.60	0.347
	Teelt 07	165.67	149.96	27.06	0.924
	Teelt 08	196.56	209.05	0.04	0.940
	Teelt 09	233.66	219.05	0.00	1.067
	Teelt 10	191.46	125.71	0.00	1.523
	Teelt 11	143.12	54.30	0.00	2.636
	Teelt 12	155.06	130.33	0.00	1.190
	Teelt 13	170.80	147.57	0.00	1.157
	Teelt 14	0.00	0.00	0.00	#DIV/0!
	Teelt 15	284.80	162.50	0.00	1.753
5HV	Teelt 01	90	116	8	0.705
	Teelt 02	274	238	91	0.770
	Teelt 03	192	181	17	0.968
	Teelt 04	166	157	49	0.749
	Teelt 05	89	134	22	0.499
	Teelt 06	103	149	23	0.534
	Teelt 07	242	187	17	1.207
	Teelt 08	245	290	52	0.663
	Teelt 09	199	176	0	1.131
	Teelt 10	139	77	0	1.802
	Teelt 11	105	76	0	1.376
	Teelt 12	139	192	0	0.726
	Teelt 13	151	196	0	0.771
	Teelt 14	164	201	0	0.815
	Teelt 15	162	150	50	0.750
6JM	Teelt 01	92.46	144.83	0.24	0.637
	Teelt 02	212.85	241.26	6.05	0.857
	Teelt 03	189.99	190.71	48.72	0.741
	Teelt 04	150.62	136.77	101.65	0.358
	Teelt 05	131.60	76.11	20.58	1.459
	Teelt 06	122.43	137.43	3.62	0.864
	Teelt 07	200.41	198.72	3.01	0.993
	Teelt 08	213.61	200.21	6.59	1.034
	Teelt 09b	1.02	26.45	18.48	-0.660
	Teelt 10	0.00	181.36	0.00	0.000
	Teelt 11	0.00	77.29	0.00	0.000
	Teelt 12	0.00	40.50	0.00	0.000
	Teelt 13	0.00	242.27	0.00	0.000
	Teelt 14	0.00	187.61	0.00	0.000
	Teelt 15b	0.00	30.30	0.00	0.000
	Teelt 16	0.00	190.40	9.50	-0.050
	Teelt 17	0.00	148.90	305.50	-2.052
7KG	Teelt 01	77.72	113.94	8.43	0.608
	Teelt 02b	115.82	79.79	23.53	1.157
	Teelt 03	55.88	81.28	7.99	0.589
	Teelt 04b	100.33	66.76	21.08	1.187



Bedrijf	Teelt	l (mm)	ET (mm)	D (mm)	f = ET*/ET
	Teelt 05	54.36	97.33	12.46	0.430
	Teelt 06	28.96	91.11	0.00	0.318
	Teelt 07b	4.06	31.51	0.00	0.129
	Teelt 08	68.33	127.72	0.54	0.531
	Teelt 09b	87.38	87.58	52.24	0.401
	Teelt 10	63.25	100.24	9.10	0.540
	Teelt 11b	18.03	30.17	0.00	0.598
	Teelt 12	100.08	116.20	0.00	0.861
	Teelt 13b	46.74	35.13	0.00	1.330
	Teelt 14	82.80	128.22	0.00	0.646
	Teelt 15b	9.14	5.35	0.00	1.708
	Teelt 16	32.26	58.92	0.01	0.547
	Teelt 17b	1.52	3.42	0.00	0.445
	Teelt 18	53.34	165.12	0.00	0.323
	Teelt 19b	7.11	12.99	0.00	0.548
	Teelt 20	47.50	102.34	0.00	0.464
	Teelt 21b	0.00	0.00	0.00	#DIV/0!
	Teelt 22	0.00	0.00	0.00	#DIV/0!
	Teelt 23b	0.00	0.00	0.00	#DIV/0!
	Teelt 24	18.30	0.00	0.10	#DIV/0!
	Teelt 25b	35.60	0.00	0.00	#DIV/0!
	Teelt 26	35.10	0.00	0.40	#DIV/0!
8KT	Kwartaal 01	44.69	41.90	1.26	1.036
	Kwartaal 02	270.80	317.61	68.77	0.636
	Kwartaal 03	222.53	291.03	75.27	0.506
	Kwartaal 04	155.59	121.89	0.00	1.276
	Kwartaal 05	38.95	109.32	6.15	0.300
	Kwartaal 06	134.82	265.60	1.33	0.503
	Kwartaal 07	89.87	286.58	3.93	0.300
	Kwartaal 08	14.60	105.12	0.00	0.139
	Kwartaal 09	48.08	134.06	0.00	0.359
	Kwartaal 10	0.00	0.00	0.00	#DIV/0!
	Kwartaal 11	0.00	0.00	0.00	#DIV/0!
	Kwartaal 12	0.00	0.00	0.00	#DIV/0!
9VV	Kwartaal 01	40.16	47.29	0.00	#DIV/0!
	Kwartaal 02	276.47	262.86	0.19	0.000
	Kwartaal 03	253.31	240.94	0.27	0.000
	Kwartaal 04	79.96	66.34	0.12	0.000
	Kwartaal 05	70.30	95.01	0.00	0.000
	Kwartaal 06	302.70	274.63	0.13	0.000
	Kwartaal 07	331.36	271.46	0.08	0.000
	Kwartaal 08	27.96	91.59	0.13	0.000
	Kwartaal 09	41.10	117.03	0.00	0.000
	Kwartaal 10	159.23	196.86	0.00	0.000
	Kwartaal 11	0.00	73.90	0.00	0.000
	Kwartaal 12	0.00	0.00	0.00	0.000



# Bijlage IV Lysimeter 'light'

Werktekening van de lysimeter Light versie

